



1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή
«Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και
τις Φυσικές Επιστήμες»

Ρόδος, Παρασκευή 17 και Σάββατο 18 Οκτωβρίου 2014

Πρακτικά Συνεδρίου

Επιμέλεια: Χρυσάνθη Σκουμπούρη, Μιχάλης Σκουμιός

Ρόδος 2015

«Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»
Πρακτικά του Συνεδρίου

Επιμέλεια έκδοσης: Σκουμπορδή Χ. και Σκουμιός Μ.

Σκουμπορδή Χ. και Σκουμιός Μ. (2015) Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με
Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές
Επιστήμες», σελ. 1-1134.

ΣΥΝΔΙΟΡΓΑΝΩΤΕΣ

- Εργαστήριο Μαθησιακής Τεχνολογίας και Διδακτικής Μηχανικής του Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ. του Πανεπιστημίου Αιγαίου
- Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αιγαίου
- Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου
- Κέντρο Επαγγελματικής Κατάρτισης «Γεώργιος Γεννηματάς»
- Π.Μ.Σ. «Επιστήμες της Αγωγής - Εκπαίδευση με Χρήση Νέων Τεχνολογιών», ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- Π.Μ.Σ. «Παιδικό βιβλίο και παιδαγωγικό υλικό», ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Υπό την Αιγίδα

της Σχολής Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου

1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή

***«Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές
Επιστήμες»***

Ρόδος, Παρασκευή 17 και Σάββατο 18 Οκτωβρίου 2014

Συνέδριο με σύστημα κριτών

Όλες οι εργασίες του συνεδρίου κρίθηκαν ανωνύμως από δυο κριτές. Οι κριτές ήταν μέλη της επιστημονικής επιτροπής του συνεδρίου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ	7
ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ	7
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ	8
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	10

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΟΜΙΛΙΑ

Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες	14
<i>Μιχαήλ Σκουμιάς και Χρυσάνθη Σκουμπουρδή</i>	

ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΟΜΙΛΙΕΣ

Science education for all children, a challenge for their future	39
<i>Pierre Léna</i>	
Η δημιουργία και η χρήση «Μαθησιακών Αντικειμένων»: από τα τεχνο-κοινωνικά περιβάλλοντα, στη σχολική τάξη	50
<i>Κώστας Ραβάνης</i>	
Μαθηματική Δραστηριότητα μέσα στο Παιχνίδι και στο Εκπαιδευτικό Υλικό	60
<i>Μαριάννα Τζεκάκη</i>	
Εικονικό και συμβατικό απτικό υλικό στη μάθηση και τη διδασκαλία των μαθηματικών: Θεωρητική ανάλυση.	72
<i>Γιώργος Φεσάκης</i>	
Η Κριτική της Ηγεμονίας μιας ‘Ιδεολογίας Βεβαιότητας’ στα Μαθηματικά και στη Μαθηματική Εκπαίδευση	106
<i>Άννα Χρονάκη</i>	

ΣΥΜΠΟΣΙΟ

Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικών Επιστημών για την Υποχρεωτική Εκπαίδευση – Προτεινόμενο Εκπαιδευτικό Υλικό.....	137
<i>Κατερίνα Πλακίτση και εμπειρογνώμονες</i>	
Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών Χημείας Γυμνασίου και Προτεινόμενο Εκπαιδευτικό Υλικό	152
<i>Γεώργιος Τσαπαρλής, Αναστασία Γεωργιάδου, Κωνσταντίνος Καφετζόπουλος, Σουλτάνα Λευκοπούλου και Γεωργία Φαντάκη</i>	
Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών Γεωγραφίας Δημοτικού - Γυμνασίου και Προτεινόμενο Εκπαιδευτικό Υλικό	161
<i>Αικατερίνη Κλωνάρη, Αχιλλέας Μανδρίκας, Αθηνά Καραμπάτσα, Άνθιμος Χαλκίδης, Αναστασία Μελίστα και Μαρία Τζουρά</i>	

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ

Αξιολόγηση Επιτραπέζιων Παιχνιδιών	174
<i>Χρυσάνθη Σκουμπουρδή, Πιννίκα Βασιλεία, Ανδριώτη Μαριάννα, Καραγκιόζογλου Νεκταρία-Ευτυχία, Κατσαρά Ευδοκία, Μανδουλάκη Ελένη, Παρδάλη Βασιλική, Χατζηκοκολάκη Ιωάννα</i>	

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Σχεδιασμός, παραγωγή, χρήση και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για τα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση

- Μελέτη Περίπτωσης για την Επιλογή Μεθόδου Επίλυσης Προβλήματος από τους Μαθητές ως Στοιχείο της Διδασκαλίας των Μαθηματικών..... 187
Αλέξανδρος Βασιλειάδης
- Ανάπτυξη και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για τα ηλεκτρικά κυκλώματα σε μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου 200
Στέλλα Θεοφάνους και Μιχάλης Σκουμιάς
- Σχεδιάζοντας Εκπαιδευτικό Υλικό για Ταλαντούχα και Χαρισματικά Παιδιά..... 220
Κωνσταντίνος Καράμπελας, Σταματία Μαντικού, Αλέξανδρος Τόδας, Γεώργιος Κατσούρης, Σαράντης Καρβουνίδης, Μαρία Γσιόκανου
- Παραλλαγές Μαθηματικών Προβλημάτων 236
Ελένη Κίτσιου, Κωνσταντίνος Τάτσης και Αγάπιος Πάνος
- Η συμβολή ενός εκπαιδευτικού υλικού για τον κύκλο του νερού στις γνώσεις και το ενδιαφέρον των μαθητών της Δ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου..... 257
Χριστίνα-Ρουσώ Κυριαζίδου και Μιχαήλ Σκουμιάς
- Η συμβολή ενός εκπαιδευτικού υλικού για τις αλλαγές κατάστασης και τη θερμοκρασία στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών σε μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου 275
Γεωργία Μουτζούρη και Μιχαήλ Σκουμιάς
- Το χειραπτικό υλικό ως μέσο κατανόησης του πολλαπλασιαστικού συλλογισμού σε παιδιά με σύνδρομο Asperger 295
Ιωάννης Νούλης και Σόνια Καφούση
- Ένα «Λεωφορείο» σε μια σχολική τάξη με μαθητές Ρομά: Από το «γεκ, ντούι, τριν» στον πίνακα διπλής εισόδου..... 313
Ιωάννης Παπαδόπουλος και Στυλιανός Μακρής
- Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού για τη Διδασκαλία της Νανοτεχνολογίας στο Δημοτικό Σχολείο: Πιλοτική Εφαρμογή..... 327
Γεώργιος Πέικος και Λεωνίδα Μάνου και Άννα Σπύρτου
- Παιδαγωγικές αναγνώσεις των σχολικών βιβλίων Φυσικών Επιστημών από τους εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης 347
Σπύρος Σαγιάννης, Κώστας Δημόπουλος
- Το υλικό της Montessori για τα μαθηματικά στο νηπιαγωγείο 362
Χρυσάνθη Σκουμπουρδή και Ουρανία Γκουτζίνα
- Παιχνίδι κάλυψης επιφάνειας για το νηπιαγωγείο..... 379
Χρυσάνθη Σκουμπουρδή και Πελαγία-Καλοτίνα Μαλαματένιου
- Εκπαιδευτικό υλικό για τις Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό Σχολείο: ανάπτυξη και παρουσίαση του υλικού σε Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας..... 393
Άννα Σπύρτου, Παναγιώτα Ζάχου
- Ο σχεδιασμός, η εφαρμογή και η αξιολόγηση μιας διδακτικής ακολουθίας διδασκαλίας και μάθησης για το φαινόμενο της εναλλαγής των εποχών 409
Ιωάννης Σταράκης & Κρυσταλλία Χαλκιά

Διασκαλία του ηλεκτρομαγνητισμού στην ΣΤ΄ τάξη του δημοτικού σχολείου με τη χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων της πραγματικότητας: μια μελέτη περίπτωσης συγκρότησης και εφαρμογής εκπαιδευτικού υλικού.....	419
<i>Φώτης Τουλιόπουλος, Εμμανουήλ Σοφός, Ηλίας Βασιλειάδης</i>	
Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου στις Φυσικές Επιστήμες: σχεδιασμός εκπαιδευτικού υλικού για την επιμόρφωση εκπαιδευτικών.....	439
<i>Μαρία Η. Χαϊτίδου, Άννα Σπύρτου, Πέτρος Καριώτογλου</i>	
«Μικροί ερευνητές ήχου»: ένα εκπαιδευτικό σενάριο για την ευαισθητοποίηση.....	452
<i>Βασιλεία Χρηστίδου, Αναστασία Δημητρίου, Μαρία Παπαδοπούλου, Στέργιος Γραμμένος και Νίκος Μπάρκας</i>	
Σχεδιασμός, παραγωγή, χρήση και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για τα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση	
Αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για την ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιας ζώνης/νησιωτικού χώρου στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση.....	473
<i>Παναγιώτης Βαγιάννης, Γιώργος Τσιρτσής, Βασιλική Βασιλάρου, Μαρία Κακαρίδου</i>	
Μαθηματικά Προβλήματα με Επιλογή Δεδομένων.....	483
<i>Βασίλης Καραγιάννης</i>	
Συλλογή, Διαμόρφωση και Οργάνωση Διαδικτυακού Εκπαιδευτικού Υλικού στις Φυσικές Επιστήμες για την Αξιοποίηση του στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση	502
<i>Δρ. Ευστράτιος Καρβέλας, Χριστίνα Μαστή, Άννα Μυρωνάκη, MSc και Δρ. Στέλιος Ορφανός</i>	
Ανάλυση σχολικών εγχειριδίων: μια συγκριτική μελέτη Ελλάδας και Ηνωμένων Πολιτειών	517
<i>Γιάννης Μαραβέλης, Βασίλης Κουλαϊδής και Κώστας Δημόπουλος</i>	
Η σχέση θεωρίας και υλικού στο σχεδιασμό μιας πρότασης για τη διδασκαλία του Πυθαγορείου Θεωρήματος.....	538
<i>Ανδρέας Μούτσιος-Ρέντζος</i>	
Όψεις της απόδειξης στο σχολικό βιβλίο της Άλγεβρας της Α΄ Λυκείου	561
<i>Ανδρέας Μούτσιος-Ρέντζος & Διονυσία Πίτσιλη-Χατζή</i>	
Ανάλυση ερωτήσεων σχολικών εγχειριδίων Φυσικής Β΄ Γυμνασίου ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές.....	579
<i>Λεμονιά Σαπουντζή και Μιχαήλ Σκουμιάς</i>	
Χώρος Ανάπτυξης Εκπαιδευτικού Υλικού για τη Δραστηριότητα «Τετάρτες στη Σχολή Θετικών Επιστημών».....	597
<i>Δημήτρης Ταρνανίδης, Σταματία Αρτέμη, Ανθούλα Μαΐδου, Χαρίτων Πολάτογλου</i>	597
Ο αιτιακός συλλογισμός των μαθητών ως παράγοντας για το σχεδιασμό διδακτικού υλικού στις Φυσικές Επιστήμες	606
<i>Παρασκευή Τσακμάκη και Παναγιώτης Κουμαράς</i>	
Πειραματικό Εκπαιδευτικό Υλικό για τη Χημεία Β΄ Λυκείου, με βάση τη Σύνδεση του Μαθήματος με τη Ζωή και τις Εφαρμογές	620
<i>Γεώργιος Τσαπαρλής και Εμμανουήλ Στεργίου</i>	
Η χρήση των σχολικών βιβλίων από τους Κύπριους εκπαιδευτικούς Φυσικής.....	637
<i>Δημήτριος Φιλίππου και Κώστας Δημόπουλος</i>	

Εκπαιδευτικό υλικό: διεπιστημονικές προσεγγίσεις

- Το παραμύθι ως εκπαιδευτικό υλικό στο μάθημα των μαθηματικών στο Δημοτικό 652
Ματθαίος Αντωνόπουλος και Χρυσούλα Χούτου
- Διαδακτικές προτάσεις για τη διδασκαλία Φυσικών Επιστημών για την Προώθηση της Πολιτισμικής Κληρονομιάς μέσω Εικονικού Μουσείου – Ηλεκτρονικό Εκπαιδευτικό εγχειρίδιο..... 663
Μαρία Καμπουροπούλου-Σαββαΐδου, Πέρσα Φώκιαλη, Ιωάννα Ευσταθίου
- Η Γεωμετρικότητα του Παραδοσιακού Οικισμού της Λίνδου μέσα από εγχειρίδια για την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση 674
Μαρία Καμπουροπούλου-Σαββαΐδου, Πέρσα Φώκιαλη, Ιωάννα Ευσταθίου
- Όταν η Θεατρική Τέχνη συναντά τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες:..... 688
Μαρία Κλαδάκη
- Η Διδασκαλία των Μαθηματικών με Οδηγό την Τέχνη και Όχημα τις Νέες Τεχνολογίες..... 704
Πέτρος Κλιάπης, Κωνσταντία Πολύζου

Εκπαιδευτικό υλικό με χρήση νέων τεχνολογιών για τα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες

- Η χρήση των εκπαιδευτικών λογισμικών στη διδακτική πράξη. Παίζοντας με τα κλάσματα: Ένα ηλεκτρονικό παιχνίδι για τους ρητούς..... 720
Ευγένιος Αυγερινός & Ρόζα Βλάχου
- Συγχρονες Τάσεις της Έρευνας για το Εκπαιδευτικό Υλικό που Αναμορφώνει και Βελτιώνει τις Γνώσεις και τις Πεποιθήσεις των Εκπαιδευτικών Β'θμιας Εκπαίδευσης για την Έννοια της Παράγωγης Συνάρτησης 742
Ευγένιος Αυγερινός & Λουίζα Θεμιστοκλέους
- Για Ένα Ψηφιακό Σύστημα Διαχείρισης Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά με τη Χρήση Νέων Τεχνολογιών..... 748
Ευγένιος Αυγερινός και Αθανάσιος Καραγεωργιάδης
- Κάνοντας μαθηματικά μέσα από παιχνίδι: οι αλλαγές στις απόψεις των μαθητών 759
Δέσποινα Δεσλή
- Δικτυακό υλικό για πειράματα από απόσταση..... 770
Νικόλαος Δίντσιος, Σταματία Αρτέμη, Χαρίτων Πολάτογλου
- Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων για το μάθημα της Γεωγραφίας στην υποχρεωτική εκπαίδευση 785
Αικατερίνη Κλωνάρη
- Σύνθεση Μεταγνωστικού Περιβάλλοντος Συνεργατικής Μάθησης στη Φυσική από Ανεξάρτητα Λογισμικά 805
Γεώργιος Κρητικός και Αγγελική Δημητρακοπούλου
- Διασκευάζοντας μικροπειράματα του Ψηφιακού Σχολείου ως εφελτήριο για τον εκπαιδευτικό: Μια περίπτωση σχεδιασμού γύρω από την εξίσωση 823
Χρόνης Κυνηγός και Δημήτρης Διαμαντίδης
- Σχεδιασμός και ανάπτυξη ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού με βάση τη διερώτηση: το παράδειγμα της δράσης των ενζύμων 843
Ανδρέανη Μπάτελμαν & Κωνσταντίνος Π. Κωνσταντίνου

Η Χρήση Εκπαιδευτικού Λογισμικού στη Δημιουργία Δραστηριοτήτων ως Εισαγωγή στην Έννοια του Ρυθμού Μεταβολής.....	860
<i>Δήμητρα Ρεμούνδου και Ευγένιος Αυγερινός</i>	
Εκπαιδευτικό Υλικό Για Τις Νανοεπιστήμες.....	878
<i>Δημήτρης Ταρνανίδης, Κλαίρη Αχιλλέως, Σταύρος Παπαδόπουλος, Στυλιανός Φριλίγκος, Χαρίτων Πολάτογλου</i>	

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Εκπαιδευτικό υλικό για εξ-αποστάσεως εκπαίδευση στο πλαίσιο ερευνητικής εργασίας – συνεργασία τριτοβάθμιας με σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.....	890
<i>Σταματία Αρτέμη, Ανθούλα Μαΐδου, Νίκος Δίντσιος, Χαρίτων Πολάτογλου</i>	
Μια βαλίτσα με ... ιδέες.....	906
<i>Γεωργία Δούβλη</i>	
Οπτικοακουστικοποίηση και ψηφιοποίηση των πειραμάτων της Φυσικής του μαθήματος «Φυσικά Ερευνά και Ανακαλύπτω» της Ε΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου	917
<i>Δημήτρης Κοντοδήμος και Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης</i>	
Εισαγωγή στο όριο συνάρτησης στο x_0	927
<i>Χρίστος Κωνσταντόπουλος, Αλέξανδρος Μαναρίδης</i>	
Εκπαιδευτικό Υλικό για τις έννοιες του ηλεκτρισμού για το σχολικό εγχειρίδιο της Έ Τάξης Δημοτικού για τυφλούς μαθητές σε περιβάλλον συνεκπαίδευσης βλεπόντων	937
<i>Κωνσταντίνος Κώτσης και Αριάδνη Τακουρίδου</i>	
Εκπαιδευτικό Υλικό για την έννοια της θερμότητας για το σχολικό εγχειρίδιο της Έ Τάξης Δημοτικού για τυφλούς μαθητές σε περιβάλλον συνεκπαίδευσης βλεπόντων	948
<i>Κωνσταντίνος Κώτσης και Αριάδνη Τακουρίδου</i>	
Εκπαιδευτικό Υλικό για την ενότητα της Μηχανικής για το σχολικό εγχειρίδιο της Έ Τάξης Δημοτικού για τυφλούς μαθητές σε περιβάλλον συνεκπαίδευσης βλεπόντων	967
<i>Κωνσταντίνος Κώτσης και Αριάδνη Τακουρίδου</i>	
Επίλυση τριγωνομετρικών εξισώσεων: Η περίπτωση της $\eta\mu x = a$	977
<i>Αλέξανδρος Μαναρίδης και Νικόλαος Κολλάρας</i>	
Πρόσημο Τριωνύμιου	987
<i>Δημήτριος Μαντέλλος</i>	
Η λειτουργία Εργαστηρίου Μαθηματικών σε επίπεδο σχολικής μονάδας: πλαίσιο λειτουργίας και αρχικά αποτελέσματα.....	1001
<i>Ειρήνη Περυσινάκη, Ανδρέας Βαρβεράκης, Δημήτριος Καλκιάκης και Αλέξανδρος Συγκελάκης</i>	
Παιχνίδια του εμπορίου ως εργαλεία για την υποστήριξη της διερευνητικής μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες.....	1012
<i>Θεόδωρος Πιερράτος και Παναγιώτης Κουμαράς</i>	
Φυσικές Επιστήμες και Δημιουργικότητα: Ανακαλύπτοντας τα ηλεκτρικά κυκλώματα με την βοήθεια “γλυπτών” από αγωγίμη πλαστελίνη.....	1023
<i>Γεώργιος Πριμεράκης</i>	
Η μαθηματική λογοτεχνία ως διδακτικό εργαλείο:	1032
<i>Αμαλία Σουραντάνη και Κωνσταντίνος Τάτσης</i>	

Σχεδιασμός και Δημιουργία Παγνιωδών μαθησιακών δραστηριοτήτων σε εικονικούς κόσμους για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.....	1048
<i>Δρ. Νικόλαος Ταψής, Αγάθη Βαρσαμίδου, Δρ. Ευστράτιος Καρβέλας, Δρ. Ευαγγελία Μουλά, Αγγελική Νικολάου, Δρ. Στέλιος Ορφανός και Δρ. Μιχάλης Φιλίππου</i>	
«Υπολογιστικά υποστηριζόμενη διερεύνηση στις Φυσικές Επιστήμες για τις Ε΄ και Στ΄ τάξεις του Δημοτικού και για το Γυμνάσιο».....	1063
<i>Ξανθίπη Τσορτανίδου</i>	

ΑΝΑΡΤΗΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Οι Ερευνητές της Φλώρινας: Ένα Επιτραπέζιο Παιχνίδι Ηλεκτρισμού, Μιγμάτων και Τοπικής Ιστορίας.....	1071
<i>Ασημίνα Ανδρικού Πασχαλία Δάρατζη</i>	
Το «επιστημονικό» κουτί του τρένου: Ανάπτυξη και παρουσίαση εκπαιδευτικού υλικού από μαθητές δημοτικού.....	1076
<i>Αγγελική Βασιλούδη και Γεώργιος Κοταμπάσης</i>	
Σχεδιασμός, Κατασκευή και Αξιολόγηση Εκπαιδευτικού Υλικού για την Ερμηνεία του Φαινομένου των Εποχών από Μαθητές της Ε΄ Τάξης του Δημοτικού.....	1084
<i>Στέργιος Γκίτσας</i>	
Number and Operations in Italian Pre-Primary School: Guidelines and Materials.....	1093
<i>Silvia Mion</i>	
Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού από μαθητές της Ε΄ τάξης του Δημοτικού σε μαθησιακό περιβάλλον ανοιχτής διερεύνησης σχετικά με την αιφορία τοπικών κοινοτήτων: το παράδειγμα του Αμμοχωρίου.....	1102
<i>Ευαγγελία-Ζωή Μπαρά</i>	
Electricians' Game: Κατασκευή Εκπαιδευτικού Υλικού μέσα από ένα Πρότζεκτ Φυσικής στην Ξένη Γλώσσα για το Δημοτικό Σχολείο.....	1110
<i>Αντωνία Σούδη</i>	
Διερευνώντας τις αντιλήψεις των μαθητών της Α΄ Γυμνασίου για το μάθημα της Φυσικής.....	1118
<i>Συμεών Τσελέντης, Μαρία Χατζηγεωργίου, Ιωάννης Πολίτης</i>	

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ	1132
ΧΟΡΗΓΟΙ	1134

ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Σκουμπουρδή Χρυσάνθη
Σκουμιάς Μιχαήλ
Καλαβάσης Φραγκίσκος

Ζουμπά Χρυσούλα
Κρητικός Γεώργιος

Βαϊτσίδα Γεωργία
Βρατσάλη Νεφέλη
Γιαννάς Νικόλαος
Καμενίδου Νατάσα
Καντίνου Κατερίνα
Καραγκιόζογλου Νεκταρία
Καράμπελας Κωνσταντίνος
Καστρονή Καλλιόπη
Κερπηνώτη Θεώνη
Κολοκυθάς Δημήτριος
Κωνσταντινίδης Παύλος
Κωνσταντίνου Μαίρη
Μανδυλάκη Ελένη
Μαντζαβίνου Χαρά
Μυλωνά Μαργαρίτα
Πιννίκια Βασιλεία
Σέλληνα Χριστίνα
Σκανδαλάκη Εμμανουέλα
Φιρογλάνης Μόσχος
Φούντα Χριστίνα
Χαλκιά Σοφία
Χρυσανθή Παρασκευή

ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Διακογεωργίου Αικατερίνη
Κουτσιούμπα Ολυμπία
Μανωλιού Ανθούλα
Μαστροκούκου Αικατερίνη
Μαστροκούκου Γεωργία
Καταχριστόφας Γεώργιος
Καραμάκος Αθανάσιος
Ευσταθίου Ευστάθιος
Μιχαήλ Μιχάλης
Τόγια Σωτηρία
Τριανταφυλλάκη Σοφία
Γιαννακοπούλου Αφροδίτη
Μακαρούνα Φωτεινή
Σαρή Ασημίνα

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Αυγερινός Ευγένιος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Βαβουγιός Διονύσιος, ΠΤΕΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Βαμβακούση Ξένια, ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Βλαχάκης Γεώργιος, ΣΑΣ, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
Γαβρίλης Κώστας, Σχολικός Σύμβουλος Μαθηματικών
Δεσλή Δέσποινα, ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Δημητρακοπούλου Αγγελική, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Δημητρίου Αναστασία, ΤΕΕΠΗ, Πανεπιστήμιο Θράκης
Δημόπουλος Κωνσταντίνος, ΤΚΕΠ, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Ζαχάρος Κωνσταντίνος, ΤΕΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Πατρών
Ζόγκζα Βασιλική, ΤΕΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Πατρών
Καλαβάσης Φραγκίσκος, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Καλδρυμίδου Μαρία, ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Καλογερία Ελισάβετ, Μαθηματικός, Διδάκτωρ του ΕΚΠΑ
Καλογιαννάκης Μιχαήλ, ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης
Καριώτογλου Πέτρος, ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Καφούση Σουλτάνα, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Κεϊσόγλου Στέφανος, Σχολικός σύμβουλος, Πρόεδρος ΕΠΕΔΙΜ
Κλωνάρη Αικατερίνη, Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Κολέζα Ευγενία, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιων Πατρών
Κολιόπουλος Δημήτριος, ΤΕΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Πατρών
Κόνσολας Εμμανουήλ, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Κουλαϊδής Βασίλειος, ΤΚΕΠ, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Κουμαράς Παναγιώτης, ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Κρητικός Γεώργιος, Διδάκτωρ Διδακτικής Φυσικής
Κωνσταντίνου Κωνσταντίνος, ΤΕΑ, Πανεπιστήμιο Κύπρου
Κώτσης Κωνσταντίνος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Λεμονίδης Χαράλαμπος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Λέλα Λυμπεροπούλου, Σχολική Σύμβουλος Μαθηματικών
Μούτσιος-Ρέντζος Ανδρέας, Διδάκτωρ Διδακτικής Μαθηματικών
Παντίδος Παναγιώτης, ΤΕΠΑΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Παπαγεωργίου Γεώργιος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Θράκης
Πλακίτση Κατερίνα, ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Πόταρη Δέσποινα, ΤΜ, Πανεπιστήμιο Αθηνών
Ραβάνης Κωνσταντίνος, ΤΕΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Πατρών
Σακονίδης Χαράλαμπος, ΠΤΔΕ, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Σέρογλου Φανή, ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Σκορδούλης Κωνσταντίνος, ΠΤΔΕ, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Σκουμιός Μιχαήλ, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Σκουμπουρδή Χρυσάνθη, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Σμυρναίου Ζαχαρούλα, Τμήμα Φιλοσοφίας, Παιδαγωγικής και Ψυχολογίας, ΕΚΠΑ
Σολομονίδου Χριστίνα, ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σπύρτου Άννα, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Σταθοπούλου Χαρίκλεια, ΠΤΕΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σταυρίδου Ελένη, ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Σταύρου Δημήτριος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης
Τάτσης Κωνσταντίνος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Τζανάκης Κωνσταντίνος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης
Τζεκάκη Μαριάννα, ΤΕΠΑΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Τσαπαρλής Γεώργιος, ΤΧ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Τσελφές Βασίλης, ΤΕΑΠΗ, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Φερεντίνος Σπύρος, Σχολικός Σύμβουλος Μαθηματικών
Φεσσάκης Γιώργος, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Χαλκιά-Θεοδωρίδου Κρυσταλλία, ΠΤΔΕ, Εθνικό Καποδ. Πανεπιστήμιο Αθηνών
Χασάπης Δημήτρης, ΤΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Αθηνών
Χατζηγεωργίου Ιωάννης, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Χατζηνικήτα Βασιλεία, ΣΑΣ, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
Χιονίδου-Μοσκόφογλου Μαρία, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Χρηστίδου Βασιλεία, ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Χρίστου Κωνσταντίνος, ΚΕΕΑ, Πανεπιστήμιο Κύπρου
Χρονάκη Άννα, ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Ψύλλος Δημήτριος, ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Ψυχάρης Σαράντος, ΑΣΠΑΙΤΕ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στον τόμο αυτό δημοσιεύονται οι εργασίες που παρουσιάστηκαν είτε ως αυτοτελείς ομιλίες είτε ως αναρτημένες ανακοινώσεις στο 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή με θέμα: «**Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες**», το οποίο πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις της Σχολής Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου στη Ρόδο κατά το διάστημα 17-18 Οκτωβρίου 2014.

Το Συνέδριο διοργανώθηκε από το Εργαστήριο Μαθησιακής Τεχνολογίας και Διδακτικής Μηχανικής του Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ. του Πανεπιστημίου Αιγαίου και από το Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αιγαίου, σε συνεργασία με την Περιφέρεια Ν. Αιγαίου, με το Κέντρο Επαγγελματικής Κατάρτισης «Γεώργιος Γεννηματάς», το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Παιδικό Βιβλίο Παιδαγωγικό Υλικό», το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμες της Αγωγής – Εκπαίδευση με χρήση Νέων Τεχνολογιών», υπό την αιγίδα της Σχολής Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Προτάσσεται, στα Πρακτικά, το κείμενο των επιμελητών της έκδοσης, το οποίο απετέλεσε και την εισαγωγική ομιλία στο Συνέδριο και ακολούθως τα κείμενα των προσκεκλημένων ομιλητών. Στη συνέχεια, παρατίθενται τα άρθρα που παρουσιάστηκαν ως αυτοτελείς ομιλίες στις αντίστοιχες θεματικές συνεδρίες και έπειτα τα άρθρα που παρουσιάστηκαν ως αναρτημένες ανακοινώσεις.

Τα άρθρα έχουν κατηγοριοποιηθεί ανάλογα με το θέμα που διαπραγματεύονται και αφορούν:

- στο σχεδιασμό, την παραγωγή, τη χρήση και την αξιολόγηση του εκπαιδευτικού υλικού για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες,
- σε εκπαιδευτικό υλικό για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες που υποστηρίζεται από τις νέες τεχνολογίες και
- στο εκπαιδευτικό υλικό για διεπιστημονικές προσεγγίσεις.

Ως οργανωτική επιτροπή της έκδοσης των Πρακτικών του Συνεδρίου θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά όλους και όλες που συμμετείχαν στο Συνέδριο, είτε ως συγγραφείς εργασιών είτε ως ακροατές.

Θα θέλαμε ακόμη να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερω τους προσκεκλημένους ομιλητές μας, τον Pierre Léna, Ομότιμο Καθηγητή του Πανεπιστημίου Paris-Diderot και μέλος της Γαλλικής Ακαδημίας Επιστημών, τον Κωνσταντίνο Ραβάνη, Καθηγητή του Πανεπιστημίου Πατρών, τη Μαριάννα Τζεκάκη, Καθηγήτρια του Α.Π.Θ., την Άννα Χρονάκη, Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και τον Γιώργο Φεσσάκη, Επίκουρο Καθηγητή του Πανεπιστημίου Αιγαίου οι οποίοι με το κύρος και την επιστημονικότητά τους συνεισέφεραν τα μέγιστα στην επιτυχία του Συνεδρίου.

Είμαστε, επίσης, ιδιαίτερα ευγνώμονες στους κριτές που διέθεσαν μέρος του πολύτιμου χρόνου τους για την αξιολόγηση τόσο των περιλήψεων, όσο και των κειμένων που κατατέθηκαν προς δημοσίευση. Η βοήθειά τους ήταν καθοριστική όχι μόνο για την

επιλογή των ανακοινώσεων που παρουσιάστηκαν στο Συνέδριο, αλλά και για τη διασφάλιση της επιστημονικότητας και της ποιότητας των Πρακτικών. Ωστόσο, θα θέλαμε να υπογραμμίσουμε ότι την ευθύνη για την τελική μορφή των άρθρων που περιέχει ο τόμος αυτός φέρουν αποκλειστικά οι συγγραφείς, οι οποίοι είχαν την ευκαιρία να επανεξετάσουν τις υπό έκδοση εργασίες τους μετά τη διαδικασία της αξιολόγησης.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε επίσης όλους τους συναδέλφους και τις συναδέλφισες, εθελοντές και εθελόντριες φοιτητές και φοιτήτριες και τα μέλη της οργανωτικής και της υποστηρικτικής επιτροπής, που βοήθησαν στη διοργάνωση του Συνεδρίου, στην επιτυχή διεξαγωγή του και στην έκδοση των Πρακτικών.

Η διοργάνωση ενός Συνεδρίου αποτελεί αναμφισβήτητα ένα «κομμάτι» από τη ζωή όσων το εμπνεύστηκαν και το υλοποίησαν. Έχουμε την αίσθηση όμως ότι αποτελεί και ένα «κομμάτι» της ζωής των ανθρώπων που στάθηκαν δίπλα μας από την εκκίνηση μέχρι το τέλος του όλου εγχειρήματος. Το Συνέδριο δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί, ιδιαίτερα αυτήν τη χρονική περίοδο, αν δεν είχαμε την ηθική και οικονομική υποστήριξη φορέων και ατόμων.

Από τη θέση αυτή θέλουμε να ευχαριστήσουμε θερμά όσους πίστεψαν σε αυτή την προσπάθεια και δέσμευσαν χρόνο και πόρους για να γίνει πραγματικότητα αυτό το Συνέδριο, και ειδικότερα:

- την Κοσμητεία της Σχολής Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου και ιδιαίτερα τον Κοσμήτορα της Σχολής Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Βρατσάλη, για την πολύμορφη, συστηματική και αμέριστη ενθάρρυνσή του σε όλα τα στάδια της διοργάνωσης αλλά και για την οικονομική υποστήριξη που πρόθυμα μας παρείχε. Επίσης, γιατί έθεσε υπό την αιγίδα της Σχολής το Συνέδριο.
- τον Διευθυντή του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμες της Αγωγής - Εκπαίδευση με Χρήση Νέων Τεχνολογιών» Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Αλεβίζο Σοφό, καθώς και τον Διευθυντή του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Παιδικό Βιβλίο και Παιδαγωγικό Υλικό», Καθηγητή Ιωάννη Παπαδόπουλο που πρόθυμα αποδέχθηκαν να είναι συνδιοργανωτές στο Συνέδριο και για την οικονομική τους υποστήριξη.
- την Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου που είναι συνδιοργανωτής του συνεδρίου και ιδιαίτερα τον Περιφερειάρχη κ. Γεώργιο Χατζημάρκο καθώς και τον εντεταλμένο περιφερειακό σύμβουλο Δια βίου Μάθησης κ. Αγγελο Ανανία για την ενθάρρυνσή τους και για τη οικονομική υποστήριξη που μας παρείχαν.
- το Κέντρο Επαγγελματικής Κατάρτισης «Γεώργιος Γεννηματάς» που επίσης ανήκει στους συνδιοργανωτές του Συνεδρίου και ιδιαίτερα τον Πρόεδρό του κ. Δημήτριο Τσοπανάκη και τον διευθυντή κατάρτισης κ. Κωνσταντίνο Χατζηδάκη για την οικονομική υποστήριξή του προς το Συνέδριο.

Επιπλέον, θέλουμε να ευχαριστήσουμε τους χορηγούς του Συνεδρίου που πρόθυμα ανταποκρίθηκαν στο κάλεσμά μας και ειδικότερα:

- το Δήμο Ρόδου, και ιδιαίτερα το Δήμαρχο Ρόδου κ. Φώτη Χατζηδιάκο και την εντεταλμένη δημοτική σύμβουλο Προγραμματισμού και Οργάνωσης, Ευρωπαϊκών Προγραμμάτων – Διασύνδεση του Δήμου με το Πανεπιστήμιο Αιγαίου κ. Βασιλική Ξεπαπαδάκη.
- την Ιερά Μητρόπολη Ρόδου,
- το ίδρυμα Montalabert
- το ίδρυμα Εμμανουήλ και Μαρίας Σταματίου
- το university press
- τα ξενοδοχεία AquaMare και Mediterranean.

Τέλος, ιδιαίτερες ευχαριστίες απευθύνουμε στον κ. Φραγκίσκο Καλαβάση, Καθηγητή του Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ. του Πανεπιστημίου Αιγαίου που εμπνεύστηκε αυτό το Συνέδριο, που συνέλαβε την ιδέα να οργανωθεί ένα τέτοιο Συνέδριο εστιασμένο στο εκπαιδευτικό υλικό στο οποίο να συνυπάρχουν οι ερευνητικοί χώροι της Διδακτικής των Μαθηματικών και της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.

Η κατάθεση των Πρακτικών του Συνεδρίου, σήμερα, στη δημοσιότητα δημιουργεί σε εμάς ιδιαίτερη χαρά και ικανοποίηση. Μέσα από τις εισηγήσεις, τον επιστημονικό διάλογο τους προβληματισμούς και τα συμπεράσματα, που περιέχονται στα Πρακτικά του Συνεδρίου, φαίνεται καθαρά το έντονο ενδιαφέρον για την Έρευνα στο εκπαιδευτικό υλικό, ένα ερευνητικό – επιστημονικό πεδίο, πολύ σημαντικό για το χώρο της εκπαίδευσης.

Πιστεύουμε επίσης ότι τα συμπεράσματα αυτού του Συνεδρίου θα αποτελέσουν το ερέθισμα για έναν ευρύτερο επιστημονικό και κοινωνικό διάλογο, για το επιστημονικό πεδίο του εκπαιδευτικού υλικού, ανάμεσα στους ερευνητές, τους εκπαιδευτικούς της πράξης και την πολιτεία που θα στοχεύει στην ενίσχυση και τη βελτίωση της παρεχόμενης εκπαίδευσης.

Οι Επιμελητές της Έκδοσης

Χρυσάνθη Σκουμπουρδή και Μιχαήλ Σκουμιός

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΟΜΙΛΙΑ

Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες

Μιχαήλ Σκουμιός¹ και Χρυσάνθη Σκουμπουρδή²

¹ Π.Τ.Δ.Ε Πανεπιστήμιο Αιγαίου, skoumios@rhodes.aegean.gr.

² Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, kara@aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή αποτελεί την εισαγωγική ομιλία για το 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή με θέμα: «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες». Αρχικά, η εργασία εστιάζει στην προβληματική που διέπει το Συνέδριο. Ειδικότερα, συζητείται συνοπτικά η αναγκαιότητα των πολιτών να χρησιμοποιούν ιδέες και έννοιες των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών στη ζωή τους, παρουσιάζονται τα βασικά προβλήματα που έχουν εντοπιστεί για τη διδασκαλία και τη μάθηση στις δύο αυτές επιστημονικές περιοχές και καταδεικνύεται η σημασία της έρευνας για την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Στη συνέχεια, η εργασία διαπραγματεύεται το ρόλο, τη χρήση και την αποτελεσματικότητα του υφιστάμενου εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Ειδικότερα, αποσαφηνίζεται η έννοια του εκπαιδευτικού υλικού, αναφέρονται τα είδη του, συζητούνται ζητήματα που αφορούν στον ρόλο των υλικών και των μέσων στη διδακτική διαδικασία και παρουσιάζονται ερευνητικά δεδομένα που σχετίζονται με τη χρήση και την αποτελεσματικότητά του στην εκπαιδευτική πράξη. Ακολούθως, η εργασία επικεντρώνεται σε θέματα ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Ειδικότερα, αναδεικνύεται η αναγκαιότητα διαμόρφωσης μικρού αριθμού βασικών αρχών ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού και στη συνέχεια, παρουσιάζονται βασικές αρχές οι οποίες, αν ληφθούν υπόψη, μπορεί να οδηγήσουν στην ανάπτυξη λειτουργικού εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία και τη μάθηση τόσο των Μαθηματικών όσο και των Φυσικών Επιστημών. Τέλος, τίθενται ερωτήματα για διερεύνηση τα οποία σχετίζονται με τη σχεδίαση, την ανάπτυξη και την αξιολόγηση του εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, καθώς και με τις αλληλεπιδράσεις του υλικού με τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: εκπαιδευτικό υλικό, εποικοδομητική προσέγγιση, Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί σημαντικές εξελίξεις σε όλους τους επιμέρους κλάδους των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών που επηρεάζουν τη ζωή μας. Οι νέες γενιές μαθηματικών μοντέλων, οι αλγόριθμοι για την πρόβλεψη των σεισμών, οι νανοεπιστήμες και η χρήση ψηφιακών τεχνολογιών για τις επικοινωνίες είναι ορισμένες από αυτές. Όμως, παρά τις παραπάνω εξελίξεις παραμένουν άλυτα αρκετά τεχνικά, δεοντολογικά και ηθικά προβλήματα, όπως είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η ρύπανση των νερών και του αέρα, η μείωση και η εξαφάνιση των ειδών και η ελάττωση των ενεργειακών πόρων. Συνεπώς, τα σημερινά παιδιά θα μεγαλώσουν σε έναν κόσμο μέσα στον οποίο θα χρειαστεί να εφαρμόζουν έννοιες των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών, να εκτιμούν, να αντιλαμβάνονται γεγονότα και να οργανώνουν πληροφορίες, να επικοινωνούν ιδέες, να παίρνουν αποφάσεις βασισμένες σε αποδεικτικά στοιχεία και να συνεργάζονται με άλλους για να αντιμετωπίσουν αυτά τα προβλήματα και να αποτρέψουν την κλιμάκωσή τους (Krajcik, 2014).

Επίσης, τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια, στα επιστημονικά πεδία που μελετούν τις μαθησιακές και γνωστικές διαδικασίες, έχουν πραγματοποιηθεί σημαντικές προόδους στην κατανόηση σχετικά με το πώς οι μαθητές μαθαίνουν Μαθηματικά και Φυσικές Επιστήμες και πώς τα Μαθηματικά και οι Φυσικές Επιστήμες θα μπορούσαν να διδαχθούν για να συνεισφέρουν στην προετοιμασία των μαθητών για ένα κόσμο που συνεχώς εξελίσσεται (NRC, 2012). Όμως, παρά τις παραπάνω σημαντικές προόδους, ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι οι μαθητές (Shwartz, Weizman, Fortus, Krajcik, & Reiser, 2008): (α) δεν κατανοούν τις βασικές ιδέες των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών, (β) απομνημονεύουν γεγονότα, (γ) μαθαίνουν να επιλύουν προβλήματα από συνήθεια, (δ) δε συνδέουν όσα διδάσκονται με την καθημερινή ζωή και (ε) δεν έχουν κίνητρα για να προάγουν τη μάθησή τους.

Αναδύεται λοιπόν η αναγκαιότητα να μελετηθούν κατ' αρχήν οι αιτίες για τις οποίες η εκπαίδευση των μαθητών στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες δεν έχει ικανοποιητικά μαθησιακά αποτελέσματα. Σε αυτήν την κατεύθυνση έχει ιδιαίτερη σημασία η συστηματική μελέτη των εκπαιδευτικών διαδικασιών που σχετίζονται με τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες.

Ένα πλαίσιο για τη μελέτη της εκπαιδευτικής διαδικασίας συνήθως περιλαμβάνει: (α) τους μαθητές, (β) το εκπαιδευτικό υλικό και (γ) τους εκπαιδευτικούς. Ωστόσο, πέραν αυτού του πλαισίου έχει ιδιαίτερη σημασία και το ευρύτερο πλαίσιο τόσο το οικογενειακό όσο και το κοινωνικό-οικονομικό αλλά και αυτό της εκπαιδευτικής πολιτικής (βλ. Σχήμα 1). Ανάμεσα στα παραπάνω πλαίσια δεν υφίστανται μονόδρομες σχέσεις, όπως συνήθως προτείνεται (Chingos & Whitehurst, 2012), αλλά αντίθετα, τα πλαίσια αλληλοεπιδρούν καθιστώντας το ζήτημα της εκπαιδευτικής διαδικασίας πολυπαραγοντικό. Επισημαίνεται, ότι οι ερευνητικές προσπάθειες για τη μελέτη της εκπαιδευτικής διαδικασίας έχουν επικεντρωθεί κυρίως στους εκπαιδευτικούς και στους μαθητές και λιγότερο, στο εκπαιδευτικό υλικό (Banilower, Smith, Weiss, Malzahn, Campbell, & Weis, 2013).

Το συνέδριο αυτό ασχολείται με τον τομέα που έχει μελετηθεί λιγότερο, το

εκπαιδευτικό υλικό χωρίς βέβαια να υπάρχει απόλυτος διαχωρισμός του από τους άλλους τομείς. Πιο συγκεκριμένα, στο επίκεντρο του συνεδρίου βρίσκονται η σχεδίαση, η παραγωγή και η αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, αλλά και οι αλληλεπιδράσεις του εκπαιδευτικού υλικού με τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές.



Σχήμα 1: Το πολυδιάστατο πλαίσιο μελέτης της εκπαιδευτικής διαδικασίας (προσαρμογή από: Chingos & Whitehurst, 2012)

Η μαθησιακή διαδικασία διαμορφώνεται σε μεγάλο βαθμό από το εκπαιδευτικό υλικό που οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Το εκπαιδευτικό υλικό επιδρά άμεσα στη μάθηση των μαθητών καθώς οι μαθητές αλληλεπιδρούν με αυτό (Braswell, Lutkus, Grigg, Santapau, Tay-Lim & Johnson, 2011). Επίσης, επηρεάζει έμμεσα τη μάθηση των μαθητών μέσω των επιδράσεών του στους εκπαιδευτικούς και τις διδακτικές επιλογές τους (Moulton, 1997; Reyes, Reys, Lapan, & Holliday, 2003). Το εκπαιδευτικό υλικό λοιπόν έχει σημαντικές επιπτώσεις στη μάθηση των μαθητών και μάλιστα, οι επιπτώσεις αυτές είναι σχεδόν ισάξιες ή και μεγαλύτερες από αυτές που συνδέονται με τις διαφοροποιήσεις στην αποτελεσματικότητα του εκπαιδευτικού (Chingos & Whitehurst, 2012).

ΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΓΙΑ ΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Έννοια και είδη εκπαιδευτικού υλικού για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες

Τα εκπαιδευτικά υλικά αποτελούν τη μία από τις δύο μεγάλες κατηγορίες υλικού ως «εξειδικευμένα υλικά», δηλαδή υλικά που είναι ειδικά κατασκευασμένα ή τροποποιημένα για εκπαιδευτικούς σκοπούς (Σκουμπουρδή, 2012). Η άλλη κατηγορία υλικού διαμορφώνεται από τα «υφιστάμενα υλικά», δηλαδή εκείνα τα υλικά και μέσα που υπάρχουν στην καθημερινότητά μας ανεξάρτητα από την εκπαιδευτική διαδικασία (όπως το ανθρώπινο σώμα και τα μέλη του, υλικά και μέσα της καθημερινής μας ζωής, βιβλία και ιστορίες, παιχνίδια κλπ).

Τα εκπαιδευτικά υλικά είναι ποικίλα και μπορεί να προέρχονται (Σκουμπουρδή, 2012:152-153):

- από το ξεκίνημα των επιστημών (όπως ο άβακας, το tangram, το θερμοσκόπιο κλπ)
- από την εξέλιξη των επιστημών και είναι συνδεδεμένα με τη θεωρητική θεμελίωση των υλικών στην εκπαίδευση (όπως τα δώρα του Froebel, το υλικό της Montessori, τα εργαστηριακά αμαξίδια, ο ηλεκτρικός χρονομετρητής κλπ), καθώς και
- από την ανάπτυξη της Διδακτικής των πεδίων αυτών είτε ως αναδιαμορφώσεις των προηγούμενων υλικών (όπως η αριθμητική ράβδος, τα pattern blocks, τα pentominoes, οι αισθητήρες δύναμης και κίνησης κλπ) είτε ως καινοτομίες (όπως ο μαθηματικός καθρέπτης).

Επίσης, μπορεί να είναι οποιοδήποτε υλικό και μέσο (έντυπο ή ψηφιακό) σχεδιάζεται από εκπαιδευτικούς ή/και μαθητές, για να υποστηρίξει τη διαδικασία της διδασκαλίας και της μάθησης των γνωστικών αυτών αντικειμένων.

Έντονη είναι η τάση, τα τελευταία χρόνια, σχεδιασμού εκπαιδευτικών υλικών, ως «καλών διδακτικών πρακτικών», «καινοτόμων προτάσεων» κλπ, όπως συνηθίζεται να ονομάζονται, τα οποία ενώ φαίνεται να έχουν ενδιαφέρον, ταυτόχρονα δημιουργούν προβληματισμό και ποικίλα ερωτήματα σχετικά με το: (α) αν είναι απαραίτητη η δημιουργία αυτού του υλικού, (β) αν έχει αξιολογηθεί η χρήση του σε σχέση με άλλα παρόμοια υλικά, (γ) αν η ανάπτυξή του έχει βασιστεί σε θεωρητικά δεδομένα και σε ερευνητικά αποτελέσματα ή είναι αυθαίρετη κατασκευή, (δ) αν έχει σχεδιαστεί ο τρόπος ένταξής του στην εκπαιδευτική πράξη, (ε) αν έχει κάποια συνέχεια το υλικό αυτό ή είναι μεμονωμένη προσπάθεια, καθώς και άλλα ερωτήματα παρόμοιου προβληματισμού.

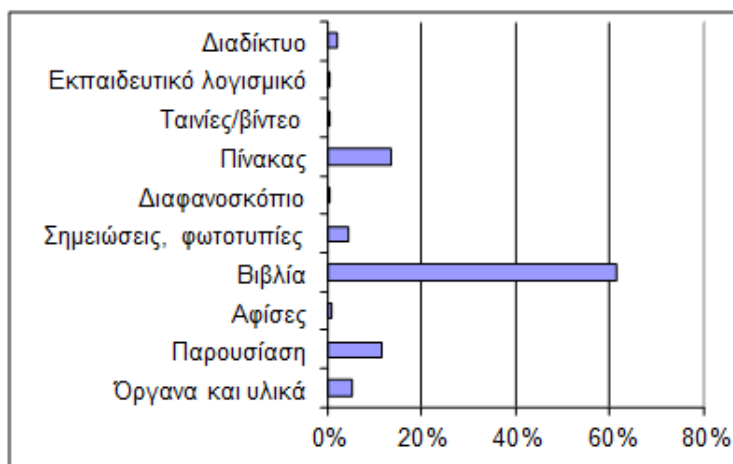
Οι παραπάνω προβληματισμοί αναδεικνύουν την αναγκαιότητα για περαιτέρω μελέτη των αρχών ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού, καθώς και τη διερεύνηση των αλληλεπιδράσεων του υλικού με τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς με απώτερο στόχο αυτό να είναι αποτελεσματικό στη διαδικασία της διδασκαλίας και μάθησης.

Παρά το ευρύ φάσμα των ειδών εκπαιδευτικού υλικού, στη διδακτική πράξη χρησιμοποιείται συνήθως ένα μικρό μέρος αυτού του φάσματος, ιδιαίτερα όσο μεγαλώνουν οι εκπαιδευτικές βαθμίδες. Η ποικιλία του ενταγμένου, στη διδακτική/μαθησιακή διαδικασία, υλικού είναι αρκετά μεγάλη στο νηπιαγωγείο, όπου δεν

υπάρχει σχολικό εγχειρίδιο και τα παιδιά είναι μικρά και ελαχιστοποιείται καθώς τα χρόνια περνάνε όπου εκτός από το σχολικό εγχειρίδιο και το ενσωματωμένο σε αυτό υλικό, ίσως κάποια φύλλα εργασίας με σχεδιασμένες διδακτικές προτάσεις και κάποια γεωμετρικά όργανα, δεν φαίνεται να περισεύει συχνά χώρος και χρόνος για άλλο εκπαιδευτικό υλικό.

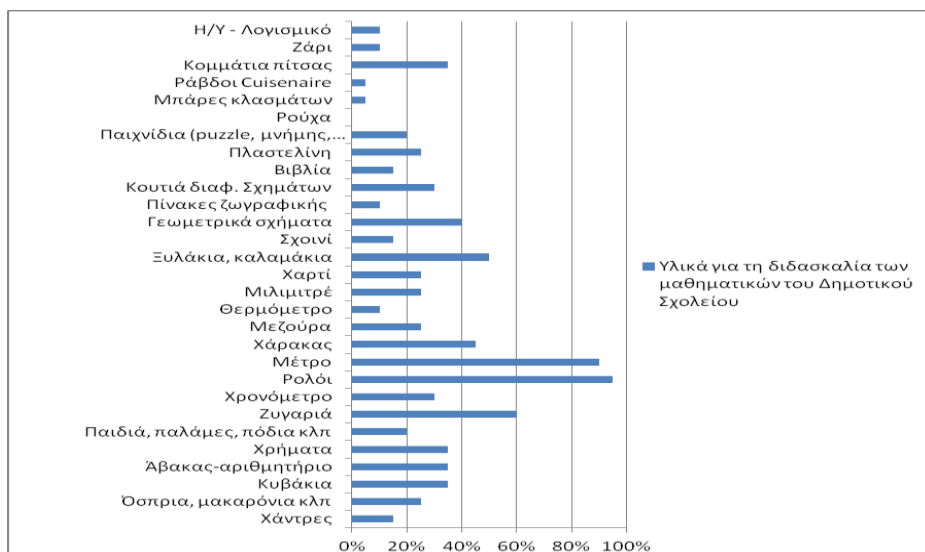
Το έντυπο εκπαιδευτικό υλικό κυριαρχεί στη διδακτική πράξη, αφού χρησιμοποιείται ιδιαίτερα συχνά από τους εκπαιδευτικούς, με το σχολικό εγχειρίδιο να αποτελεί συχνά το αποκλειστικό μέσο για τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο (Davis, 2009; Fan & Zhu, 2007; Newton & Newton, 2006; Weiss, Nelson, Boyd & Hudson, 1989). Οι εκπαιδευτικοί συνήθως επεξεργάζονται με τους μαθητές τους ζητήματα που περιλαμβάνονται στο σχολικό εγχειρίδιο και συχνά ακολουθούν τη σειρά των θεμάτων του, καθώς η παιδαγωγική τους προσέγγιση επηρεάζεται από τον διδακτικό σχεδιασμό αυτού του υλικού (Reyes, Reys, Lapan, & Holliday, 2003; Schmidt, McKnight, Houang, Wang, Wiley, Cogan & Wolfe, 2001).

Στον ελληνικό χώρο, η χρήση των σχολικών εγχειριδίων καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του διδακτικού χρόνου κατά τη διδασκαλία τόσο των Μαθηματικών όσο και των Φυσικών Επιστημών. Στο Σχήμα 2 αποτυπώνονται οι συχνότητες χρήσης διαφόρων ειδών εκπαιδευτικού υλικού κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Ε΄ τάξη του δημοτικού σχολείου, όπως καταγράφηκαν από παρατήρηση της διδακτικής πράξης (Skoumios, in press). Διαπιστώνεται ότι κυριαρχεί η χρήση των σχολικών εγχειριδίων έναντι των άλλων ειδών εκπαιδευτικού υλικού.



Σχήμα 2: Χρήση διαφόρων ειδών εκπαιδευτικού υλικού κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Ε΄ τάξη του δημοτικού σχολείου (Skoumios, in press).

Σε αντιδιαστολή με τα παραπάνω δεδομένα, στο Σχήμα 3 αποτυπώνεται η μεγάλη ποικιλία υλικού, όπως αναφέρεται από τους εκπαιδευτικούς, ότι χρησιμοποιείται για τη διδασκαλία των μαθηματικών στο δημοτικό σχολείο, εκτός του σχολικού εγχειριδίου, του οποίου η χρήση θεωρείται υποχρεωτική.



Σχήμα 3: Υλικά για τη διδασκαλία των μαθηματικών του δημοτικού σχολείου.

Το εκπαιδευτικό υλικό στη διδακτική και τη μαθησιακή διαδικασία και η αποτελεσματικότητά του

Έχει καταγραφεί από έρευνες ότι η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών, τόσο της πρωτοβάθμιας όσο και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, υποστηρίζει, θεωρητικά τουλάχιστον, τη σημασία του υλικού στη διδακτική/μαθησιακή διαδικασία, αναφέροντας ποικίλες τεκμηριώσεις, όπως τη συγκεκριμενοποίηση των αφηρημένων εννοιών, το κίνητρο που προσφέρει για συμμετοχή κλπ. (Grant, Peterson & Shogreen-Downer, 1996; McCulloch Vinson, 2001; Μπούφη, 1996). Όμως, άλλοι παράγοντες όπως η πολύχρονη εμπειρία, η επιδίωξη μεγάλου βαθμού ελέγχου και η διδασκαλία στις ανώτερες εκπαιδευτικές βαθμίδες φαίνεται να είναι πιο ισχυροί και να αποθαρρύνουν την ένταξη του υλικού στην πράξη εφόσον έχει παρατηρηθεί και καταγραφεί ότι η χρήση του περιορίζεται τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά (Deci, Spiegel, Ryan, Koestner & Kauffman, 1982; Manfreda Kolar & Hodnik Čadež, 2010; Moyer & Jones, 2004).

Έχει αποδειχθεί ότι η επιλογή και η διαχείριση υλικών για τη διδασκαλία επηρεάζεται από τις γνώσεις περιεχομένου και τις παιδαγωγικές γνώσεις των

εκπαιδευτικών (Parada & Sacristán, 2010), καθώς και από τις θεωρίες μάθησης που υιοθετούν. Η χρήση του υλικού γίνεται συχνά εμπειρικά και βασίζεται στη θεωρία μετάδοσης της γνώσης, καθώς και στις δομιστικές προσεγγίσεις κατά τις οποίες αναλύεται, από τον εκπαιδευτικό, η λειτουργία του υλικού και συνδέεται με την έννοια, με αποτέλεσμα οι μαθητές να οδηγούνται σε μηχανική διαχείριση του υλικού και άρα σε δυσκολία διαμόρφωσης νοητικών δράσεων από τον χειρισμό του (Becker & Selter, 1996; Jacobs & Kusiak, 2006; Kilpatrick, Swafford & Findell, 2001; Szendrei, 1996; Thompson & Thompson, 1990), καθώς και σε ερμηνείες διαφορετικές από εκείνες των εκπαιδευτικών (Baroody, 1989; Clements & Sarama, 2007). Το υλικό, σε αυτές τις περιπτώσεις δεν γίνεται εργαλείο στα χέρια των παιδιών, αλλά παραμένει ένα τεχνούργημα προς χρήση.

Ο ρόλος του υλικού στη μαθησιακή διαδικασία έχει συζητηστεί όχι μόνο με τον γνωστικό τομέα (Ambrose, 2002; Lesh, Post & Behr, 1987; Meira, 1998; Moyer, 2001; Szendrei, 1996; Varol & Farram, 2006; Watson & de Geest, 2005; Zazkis & Liljedahl, 2004), αλλά και με τον επικοινωνιακό (Barone & Taylor, 1996; Hiebert & Wearne, 1993; Jurdak & Abu Zein, 1998; Kroll & Halaby, 1997; Mercer & Sams, 2006, τον κοινωνικοπολιτισμικό (Davison, 1990; Σταθοπούλου, Σκουμπουρδή & Καφούση, 2008), καθώς και με τον ψυχολογικό συναισθηματικό τομέα (Gellert, 2004; McCulloch Vinson, 2001; Sowell, 1989).

Ως προς τον γνωστικό τομέα, ο οποίος έχει μελετηθεί περισσότερο, ποικίλοι είναι οι παράγοντες που τον επηρεάζουν κατά τη μαθησιακή διαδικασία όταν γίνεται χρήση υλικού, οι οποίοι πολλές φορές είναι αντικρουόμενοι (Σκουμπουρδή, 2012). Ένας παράγοντας είναι η χρήση ίδιων ή διαφορετικών υλικών για την ανάπτυξη μιας έννοιας. Υπάρχουν απόψεις που θεωρούν ότι η χρήση ενός είδους υλικού βοηθάει περισσότερο στην αναπαράσταση μιας ιδέας των Μαθηματικών ή των Φυσικών Επιστημών επειδή τα παιδιά αποκτούν επιδεξιότητα στον χειρισμό του μέσω της επαναλαμβανόμενης χρήσης του σε διαφορετικές καταστάσεις (Clements & McMillen, 1996; Hiebert & Wearne, 1993; Kilpatrick, Swafford & Findell, 2001). Έτσι, εξοικειώνονται με τη χρήση του και κατανοούν σε βάθος τη φύση, τα χαρακτηριστικά, τις δυνατότητες και τα όρια του υλικού (Boulton-Lewis, 1998). Άλλοι πάλι υποστηρίζουν ότι η χρήση ποικιλίας υλικών και μέσω των βοηθών στην οργάνωση και την κατασκευή της γνώσης, καθώς επιτρέπει τον χειρισμό των εννοιών και διαδικασιών με πολλούς τρόπους και από διαφορετικές οπτικές (Baroody, 1990; Cobb, 1995; Jacobs & Kusiak, 2006; Streefland, 2000; Yerushalmy, 1997). Θεωρούν ότι αν ο χρήστης είναι γνώστης του υλικού, τότε αυτό δεν αποτελεί μαθησιακό εργαλείο και δεν μπορεί να εξυπηρετήσει τον σκοπό της δραστηριότητας (Winograd & Flores, 1986).

Άλλος παράγοντας που επηρεάζει τη μαθησιακή διαδικασία όταν γίνεται χρήση υλικού είναι συγκεκριμένα χαρακτηριστικά υλικών τα οποία επηρεάζουν την ικανότητα των παιδιών να ανταποκριθούν σε συγκεκριμένα θέματα. Για παράδειγμα, ο τύπος του υλικού και ο τρόπος χρήσης του μπορεί να επηρεάσουν διάφορες ικανότητες των παιδιών (Σκουμπουρδή, 2012) όπως: την ικανότητα καταμέτρησης (Λεμονίδης, 1999; Shipley & Shepperson, 1990), την ικανότητα άμεσης εκτίμησης μιας ποσότητας (Clements &

Sarama, 2007; Καρούση, 2008), την ικανότητα διαίρεσης (Charles & Nason, 2000; Frydman & Bryant, 1988; Pothier & Sawada, 1983; Skoumpourdi & Sofikiti, 2009; Wing & Beal, 2004), την ικανότητα αντίληψης των σχημάτων ή/και δημιουργίας παρανοήσεων τόσο για τα δισδιάστατα (Σκουμπουρδή, 2004; Skoumpourdi & Μρακοπούλου, 2011; Χρονάκη & Δημουλά, 2005), όσο και για τα τρισδιάστατα σχήματα (Leeson, 1995; Leeson, Stewart & Wright, 1997), την ικανότητα μέτρησης μήκους και εμβαδού (Doig, Cheeseman & Lindsay 1995; Outhred & Mitchelmore, 2000; Σκουμπουρδή & Παπαϊωάννου-Στραβολαΐμου, 2011; Zacharos & Ravanis, 2000) κλπ.

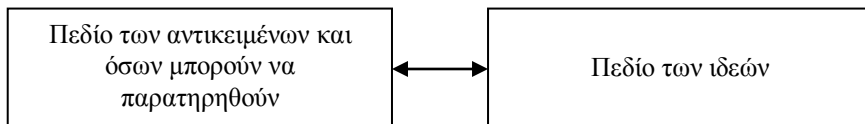
Άλλοι παράγοντες που διαμορφώνουν τη θετική σχέση μεταξύ υλικού και μάθησης είναι: (α) η επίγνωση των μαθητών ότι υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ του υλικού και της έννοιας που διδάσκεται και ότι σχετίζονται τα επιμέρους στοιχεία του υλικού με στοιχεία της έννοιας, καθώς και (β) η ικανότητα των μαθητών να μετασχηματίζουν τις δράσεις τους με το υλικό σε εικονιστικές και νοητικές διεργασίες κατασκευής της έννοιας (Moyer, 2001) και να τις επικοινωνούν ώστε να επιτύχουν βαθύτερη κατανόηση.

Εξέχουσα θέση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών κατέχουν οι πειραματικές δραστηριότητες που εκτελούνται από τους μαθητές με χρήση οργάνων και υλικών. Ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι οι πειραματικές δραστηριότητες μπορεί να συμβάλουν σημαντικά στην επίτευξη των στόχων της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Ειδικότερα, μπορεί να είναι αποτελεσματικές στο να βοηθήσουν τους μαθητές να οικοδομήσουν νέα γνώση (Gunstone, 1991; Högström et al., 2010; Tiberghien, Veillard, Le Maréchal, Buty, & Millar, 2001; Tobin, 1990), να αναπτύξουν δεξιότητες επιστημονικής μεθόδου (Giddings, Hofstein, & Lunetta, 1991; Hofstein, Navon, Kipnis, & Mamlok-Naaman, 2005; Högström et al., 2010) και δεξιότητες που αφορούν σε χειρισμό οργάνων και υλικών (Hofstein & Lunetta, 1982; Tobin, 1990) και να προάγουν θετικές στάσεις απέναντι στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών (Hofstein, Shore, & Kipnis, 2004; Hofstein & Lunetta, 1982; 2004; Lazarowitz & Tamir, 1994).

Χωρίς να παραγνωρίζεται η συμβολή των πειραματικών δραστηριοτήτων στην επίτευξη των στόχων της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, έχουν εγερθεί ερωτήματα που σχετίζονται με την αποτελεσματικότητά τους και την καταλληλότητα του εκπαιδευτικού υλικού που υποστηρίζει τις πειραματικές δραστηριότητες (Abrahams & Millar, 2008; Hodson, 1991; Hofstein & Lunetta, 2004; Osborne, 1993; Wellington, 1993). Υποστηρίζεται ότι συχνά αυτό που λαμβάνει χώρα μέσα στα εργαστήρια ή στις σχολικές τάξεις συνεισφέρει ελάχιστα στη μάθηση (Hodson, 1991) και ότι οι μαθητές περισσότερο επικεντρώνονται στην «τυπική» ολοκλήρωση της άσκησης παρά στη μάθηση εννοιών από την εκτέλεση της εργαστηριακής άσκησης (Berry, Mulhall, Gunstone & Loughran 1999).

Ο θεμελιώδης σκοπός μιας πειραματικής δραστηριότητας είναι να βοηθήσει τους μαθητές να συνδέσουν δύο πεδία: το πεδίο των αντικειμένων και το πεδίο των ιδεών (Tiberghien, 2000) (βλ. Σχήμα 4). Όμως, τα ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι και πειραματικές δραστηριότητες είναι γενικά αποτελεσματικές στο να καθιστούν ικανούς τους μαθητές να πραγματοποιούν αυτά που πρέπει να κάνουν με τα φυσικά αντικείμενα, αλλά είναι πολύ λιγότερο αποτελεσματικές στο να καθιστούν ικανούς τους μαθητές να

χρησιμοποιούν τις επιστημονικές ιδέες και να αναστοχάζονται πάνω στα δεδομένα που έχουν συλλέξει» (Abrahams & Millar, 2008, p. 1945).



Σχήμα 4: Πειραματική δραστηριότητα: συνδέοντας τα δύο πεδία της γνώσης (Tiberghien, 2000).

Έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες στις οποίες αναλύθηκαν βιντεοταινίες από πειραματικές δραστηριότητες που υλοποίησαν μαθητές, προκειμένου να διερευνηθεί η σχέση ανάμεσα στις δράσεις των μαθητών και τον προφορικό τους λόγο (Becu-Robinault 2002, Bisdikian & Psillos 2002, Buty 2002, Hucke & Fischer 2002, Sander, Schecker & Theyben, Aufschnaiter & Schumacher 2002, Skoumios & Passalis 2010; Todas & Skoumios, 2014). Από τις έρευνες αυτές προέκυψε ότι κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης των πειραματικών δραστηριοτήτων ο λόγος των μαθητών εστιάζεται κυρίως στο «πεδίο των αντικειμένων» και όχι στο «πεδίο των ιδεών». Επίσης, ο χειρισμός των οργάνων και των υλικών και η λήψη μετρήσεων είναι οι κυρίαρχες δραστηριότητες των μαθητών που καταλαμβάνουν σημαντικό μέρος του διαθέσιμου χρόνου τους, ενώ η συνεισφορά αυτών των δραστηριοτήτων στο να καταστήσουν τους μαθητές ικανούς να συνδέσουν το πείραμα με τη θεωρία είναι ελάχιστη. Έρευνες καταδεικνύουν ότι το εκπαιδευτικό υλικό (φύλλο εργασίας) και ο τρόπος που αυτό καθοδηγεί του μαθητές επηρεάζει την όλη διαδικασία υλοποίησης της πειραματικής δραστηριότητας (Hucke & Fischer, 2002; Lunetta, 1998).

Αναφορικά με το υπάρχον έντυπο και το ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιείται στα σχολεία για τις Φυσικές Επιστήμες, ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι αυτό (Kesidou & Roseman, 2002; Shwartz, Weizman, Fortus, Krajcik, & Reiser, 2008): (α) καλύπτει πολλά θέματα σε επιφανειακό επίπεδο, (β) εστιάζει και δίνει έμφαση στην τεχνική ορολογία, (γ) αποτυγχάνει να εξετάσει και να επεξεργαστεί την προηγούμενη γνώση των μαθητών, (δ) παρέχει στους μαθητές λίγες ευκαιρίες για να αναπτύξουν εξηγήσεις για τα φαινόμενα και (ε) χαρακτηρίζεται από έλλειψη συνοχής με συνέπεια να μην επικεντρώνεται ο μαθητής σε μια σταδιακή οικοδόμηση της γνώσης με την πάροδο του χρόνου.

Με βάση τα παραπάνω, αναδύεται η αναγκαιότητα περαιτέρω μελέτης των αρχών ανάπτυξης του εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες με απώτερο στόχο αυτό να είναι αποτελεσματικό για όλους τους μαθητές.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Η συναφής ερευνητική βιβλιογραφία έχει αποτυπώσει ένα ιδιαίτερα μεγάλο αριθμό αρχών σχετικά με την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές

Επιστήμες και ίσως για αυτόν τον λόγο δε λαμβάνονται συχνά υπόψη κατά τη δημιουργία ενός νέου υλικού. Όμως, έχει επισημανθεί ότι η αναγνώριση ενός μικρού αριθμού βασικών αρχών, βασισμένων στα ευρήματα της έρευνας, μπορεί να διαδραματίσει πιο σημαντικό ρόλο στο να περιορίσει το χάσμα ανάμεσα στην υπάρχουσα κατάσταση του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας και σε αυτήν που είναι ανάγκη να υπάρχει (Roth, 2014). Αυτό μπορεί να συμβεί γιατί, αντί να γίνεται επιλογή από ένα ευρύ φάσμα αρχών, οι ερευνητές και οι εκπαιδευτικοί μπορούν να εστιάζουν στις βασικές αρχές και να τις εφαρμόζουν αποτελεσματικά.

Ως «βασικές αρχές» ανάπτυξης αποτελεσματικού εκπαιδευτικού υλικού θεωρούμε τις αρχές που αν ληφθούν υπόψη για τον σχεδιασμό και τη διαχείριση του εκπαιδευτικού υλικού στη διδακτική πράξη μπορούν να υποστηρίξουν πιο δυναμικά τη μάθηση του συνόλου των μαθητών.

Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα της συναφούς ερευνητικής βιβλιογραφίας των τελευταίων δεκαετιών εντοπίστηκαν ορισμένες βασικές αρχές ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού, τόσο για τα Μαθηματικά όσο και για τις Φυσικές Επιστήμες.

Το εκπαιδευτικό υλικό να κατασκευάζεται μετά από αποτίμηση της αναγκαιότητάς του

Μία από τις βασικές αρχές που λαμβάνεται υπόψη κατά την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού είναι ότι εκπαιδευτικό υλικό θα πρέπει να κατασκευάζεται μετά από αποτίμηση της αναγκαιότητάς του (Romberg, 1992). Για να θεωρηθεί απαραίτητος ο σχεδιασμός ενός νέου προϊόντος θα πρέπει να υπάρχει ανάγκη γι' αυτό το προϊόν, να υπάρχει τεκμηρίωση για την εκπλήρωση αυτής της ανάγκης και το νέο προϊόν να έχει προτερήματα σε σχέση με άλλα παρόμοια. Αρχικά, δηλαδή, καθορίζεται η ανάγκη που δημιουργείται για την ανάπτυξη νέου εκπαιδευτικού υλικού. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται μελέτη για να εντοπιστεί τυχόν κατάλληλο υλικό, που υπάρχει ήδη, αξιολογείται αν μπορεί να καλύψει τον στόχο που έχει τεθεί και αν όχι αναπτύσσεται νέο εκπαιδευτικό υλικό. Είναι απαραίτητη η αξιολόγηση της αναγκαιότητας για τη δημιουργία νέου εκπαιδευτικού υλικού, η διερεύνηση, η καταγραφή και η αξιολόγηση των χαρακτηριστικών παρόμοιων υφιστάμενων υλικών, των δυνατοτήτων και των ορίων χρήσης τους, αλλά και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του εκπαιδευτικού υλικού που σχεδιάζεται να αναπτυχθεί.

Να πραγματοποιείται για το εκπαιδευτικό υλικό διαμορφωτική και συνολική αξιολόγηση

Μια άλλη αρχή που λαμβάνεται υπόψη κατά την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού είναι η πραγματοποίηση διαμορφωτικής και συνολικής αξιολόγησης του υλικού (Romberg, 1992). Μέσω της διαμορφωτικής αξιολόγησης, αξιολογείται αν το εκπαιδευτικό υλικό πληροί τις κατασκευαστικές προδιαγραφές. Αν δηλαδή είναι υψηλής ποιότητας, αν επιτυγχάνονται με τη χρήση του τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα, αν τα μη επιδιωκόμενα αποτελέσματα είναι ελάχιστα ή ανύπαρκτα και αν παρέχονται υποστηρικτικές υπηρεσίες για τη χρήση του. Αξιολογείται η διαφάνεια, η αποτελεσματικότητα, η χρηστικότητα και η σαφήνιά του (Kilpatrick, Swafford & Findell, 2001), καθώς και η γνωστική και η

παιδαγωγική του ακρίβεια (Zbiek, Heid, Blume & Dick, 2007). Στη συνολική αξιολόγηση αποτιμάται αν το υλικό είναι έτοιμο προς χρήση. Γίνεται δηλαδή σαφές σε τι διαφέρει το αποτέλεσμα της χρήσης του από τα όμοιά του, ποια διαφορά υπάρχει στο κόστος του νέου προϊόντος (αν πρόκειται να διατεθεί στην αγορά) από τα όμοιά του, καθώς και αν υπάρχει επάρκεια τέτοιου υλικού, ώστε να εξασφαλίζεται η συνέχεια της χρήσης του.

Η συγκρότηση του εκπαιδευτικού υλικού να βασίζεται στις σύγχρονες θέσεις για τη μάθηση

Μια άλλη σημαντική αρχή που λαμβάνεται υπόψη κατά την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού είναι να αναπτύσσεται σύμφωνα με τις σύγχρονες θέσεις για τη μάθηση. Το εκπαιδευτικό υλικό προκειμένου να είναι αποτελεσματικό είναι αναγκαίο να αναπτύσσεται σύμφωνα με αυτά που είναι γνωστά για το πώς οι μαθητές μαθαίνουν. Οι σύγχρονες θέσεις για τη μάθηση τόσο στα Μαθηματικά όσο και στις Φυσικές Επιστήμες θεωρούν ότι ο μαθητής οικοδομεί ενεργητικά τη γνώση μέσα από γνωστικές, κοινωνικές και πολιτισμικές διαδικασίες (NGSS Lead States, 2013). Οι μαθητές κατέχουν αντιλήψεις οι οποίες έχουν διαμορφωθεί από τις εμπειρίες τους κυρίως εκτός του σχολικού χώρου. Επομένως, προκειμένου να σχεδιαστεί αποτελεσματικά το μαθησιακό περιβάλλον αυτές οι αντιλήψεις των μαθητών αποτελούν το υπόβαθρο για τη συγκρότηση του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας (NRC, 2012).

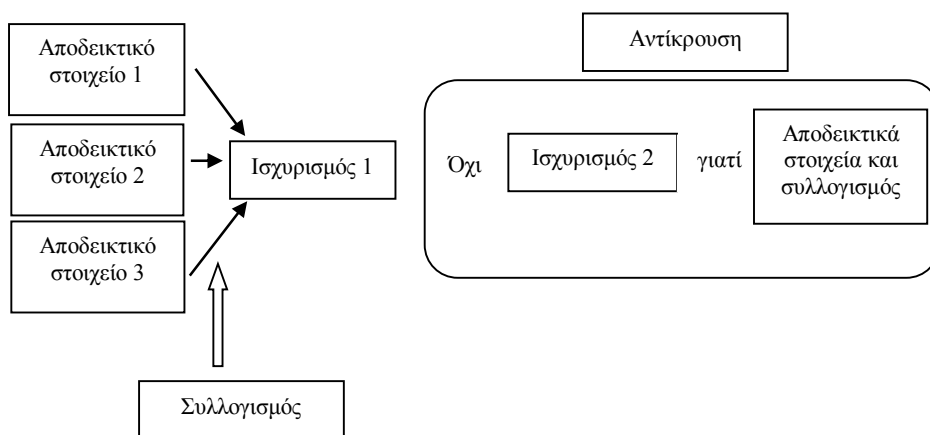
Οι υποστηρικτές των παραδοσιακών θεωριών μάθησης, σχεδιάζουν τα εκπαιδευτικά υλικά με την «από πάνω προς τα κάτω» διαδικασία κατά την οποία το περιεχόμενο αναλύεται, απλοποιείται και ενσωματώνεται στο υλικό, με σκοπό τη «μεταφορά» του στον μαθητή. Αντίθετα, οι υποστηρικτές των θεωριών που βασίζονται στην εποικοδομητική (κατασκευαστική) προσέγγιση αναπτύσσουν το εκπαιδευτικό υλικό με την «από κάτω προς τα πάνω» διαδικασία (Gravemeijer & Stephan, 2002). Αναζητούν μοντέλα τα οποία προέρχονται από τις αυθόρμητες δράσεις και στρατηγικές των μαθητών, καθώς και από την τρέχουσα γνώση τους και τα μετατρέπουν σε διδακτικά μοντέλα τα οποία εντάσσουν στην τάξη με τέτοιο τρόπο ώστε να ανατροφοδοτεί τον εκπαιδευτικό σχεδιασμό και τη διδασκαλία.

Με βάση αυτήν την προσέγγιση έχουν προταθεί διάφορα διδακτικά μοντέλα για τη σχεδίαση του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας που αποσκοπούν στη μάθηση βασικών ιδεών και εννοιών των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών μέσω της χρήσης πρακτικών (Driver & Oldham, 1986; Bybee, 1997; Eisenkraft, 2003; Schwarz & Gwekwerere, 2007; Marshall et al. 2009, Minner et al. 2010). Παρά τις διαφοροποιήσεις τους τα μοντέλα αυτά διαμορφώνουν μία βάση για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού, υποστηρίζουν τον εκπαιδευτικό και οργανώνουν τη διδακτική ακολουθία ώστε οι μαθητές να έχουν πολλαπλές ευκαιρίες να κατανοήσουν τις ιδέες και τις έννοιες μέσω της πρακτικής, της ανατροφοδότησης, της αναθεώρησης και του αναστοχασμού.

Το εκπαιδευτικό υλικό να υποστηρίζει την επιχειρηματολογία των μαθητών

Η επιχειρηματολογία, μέσω της οποίας οι μαθητές προτείνουν αποδεικτικά στοιχεία για να υποστηρίξουν ένα ισχυρισμό, προσπαθούν να πείσουν τους συμμαθητές τους, εκφράζουν αμφιβολίες, διατυπώνουν ερωτήσεις και συσχετίζουν διαφορετικές απόψεις, θεωρείται ως βασικό συστατικό της εκπαίδευσης των μαθητών στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες (Driver, Newton, & Osborne, 2000).

Το επιχειρήμα, στο σχολικό πλαίσιο, συντίθεται από τέσσερα συστατικά στοιχεία (McNeill & Krajcik, 2012): ισχυρισμό, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμό και αντίκρουση (βλ. Σχήμα 5). Ο ισχυρισμός είναι ένα συμπέρασμα που απαντά σε μια ερώτηση ή ένα πρόβλημα. Τα αποδεικτικά στοιχεία είναι τα δεδομένα εκείνα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό. Ο συλλογισμός συνδέει τον ισχυρισμό με τα αποδεικτικά στοιχεία και φανερώνει το λόγο για τον οποίο τα δεδομένα θεωρούνται ως αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό χρησιμοποιώντας αρχές. Η αντίκρουση αιτιολογεί πως ή γιατί ένας εναλλακτικός ισχυρισμός είναι λανθασμένος.



Σχήμα 5: Πλαίσιο επιχειρημάτων (McNeill & Krajcik, 2012)

Η συναφής βιβλιογραφία αναδεικνύει ποικίλα προβλήματα σχετικά με τα επιχειρήματα των μαθητών. Οι μαθητές συνηθίζουν να προτείνουν ισχυρισμούς χωρίς να τους αιτιολογούν (Jiménez-Aleixandre, Rodríguez & Duschl, 2000). Έχουν δυσκολία στο να χρησιμοποιούν στα επιχειρήματα τους συλλογισμούς που συνδέουν τα αποδεικτικά στοιχεία με τους ισχυρισμούς (Songer & Gotwals, 2012). Ο συλλογισμός είναι το συστατικό εκείνο με το οποίο οι μαθητές εμφανίζουν τη μεγαλύτερη δυσκολία (McNeill, Lizotte, Krajcik, & Marx, 2006).

Όμως, ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι είναι δυνατή η ανάπτυξη της επιχειρηματολογίας, μέσω κατάλληλα σχεδιασμένου εκπαιδευτικού υλικού, ακόμη και σε παιδιά μικρής ηλικίας (Michaels, Shouse & Schweingruber, 2008; Zemal-Saul, 2009). Υποστηρίζεται ότι η διαδικασία συγκρότησης τεκμηριωμένων επιχειρημάτων μπορεί να

συνεισφέρει στην καλύτερη κατανόηση της φύσης της επιστημονικής γνώσης από τους μαθητές (Sandoval & Reiser, 2004), μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να αναστοχαστούν πάνω σε αυτά που έχουν μάθει (Tishman & Perkins, 1997), να σκεφτούν κριτικά και να οικοδομήσουν νέα γνώση (Klein, 2004; Zohar & Nemet, 2002).

Το εκπαιδευτικό υλικό να είναι επιμορφωτικό για τους εκπαιδευτικούς

Το εκπαιδευτικό υλικό για τους μαθητές δεν παραγνωρίζει το σημαντικό ρόλο του εκπαιδευτικού στη σχολική τάξη. Οι εκπαιδευτικοί εν τέλει σχηματοποιούν πως το εκπαιδευτικό υλικό θα παρουσιαστεί στη τάξη (Forbes & Davis, 2010). Επιλέγουν τα στοιχεία του υλικού που θα εμπλέξουν στη διδασκαλία και δίνουν έμφαση σε εκείνες τις όψεις του εκπαιδευτικού υλικού με βάση αυτά που γνωρίζουν και τις πεποιθήσεις τους σχετικά με το τι θα είναι καλύτερο για τους μαθητές τους. Αν οι πεποιθήσεις του εκπαιδευτικού σχετικά με τη διδασκαλία συντάσσονται με τη φιλοσοφία συγκρότησης του εκπαιδευτικού υλικού τότε είναι πιο πιθανό ότι θα υπάρχει μια συνεργατική σχέση ανάμεσα στο υλικό και την πρακτική (Taylor, Getty, Kowalski, Wilson, Carlson, Van Scotter, in press). Αντίθετα, μπορεί ένας εκπαιδευτικός να αντιλαμβάνεται τη διδασκαλία και έχει πεποιθήσεις διαφορετικές από τη φιλοσοφία του εκπαιδευτικού υλικού, δημιουργώντας ένα κενό ανάμεσα σε αυτά που οι δημιουργοί του εκπαιδευτικού υλικού επιδιώκουν και σε αυτά που οι εκπαιδευτικοί εφαρμόζουν στη σχολική τάξη (Ball & Cohen, 1996).

Ένα λοιπόν χαρακτηριστικό του αποτελεσματικού εκπαιδευτικού υλικού είναι ότι αυτό οφείλει να είναι επιμορφωτικό για τον εκπαιδευτικό και όχι μόνο για τους μαθητές. Το επιμορφωτικό εκπαιδευτικό υλικό επιδιώκεται να υποστηρίξει τους εκπαιδευτικούς να αναπτύξουν ένα στέρεο υπόβαθρο στο πεδίο των γνώσεων και των πρακτικών.

Το εκπαιδευτικό υλικό να υποστηρίζει τη χρήση πρακτικών των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών

Ο όρος πρακτικές των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών αναφέρεται στις κύριες πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες (NRC, 2012). Τα τελευταία 2-3 χρόνια τείνει να χρησιμοποιείται αντί του όρου δεξιότητες έρευνας για να δώσει έμφαση στο ότι η εμπλοκή με την επιστημονική έρευνα απαιτεί όχι μόνο δεξιότητες αλλά και γνώση γύρω από κάθε μια πρακτική που ακολουθείται (NRC, 2012).

Η ενεργός εμπλοκή των μαθητών με πρακτικές μπορεί να τους βοηθήσει να κατανοήσουν τη διαδικασία ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης, να οικοδομήσουν βασικές ιδέες και έννοιες των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών, να προκαλέσει την περιέργεια και το ενδιαφέρον τους και να τους παρακινήσει σε περαιτέρω έρευνα (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007). Συνεπώς, το εκπαιδευτικό υλικό είναι αναγκαίο να παρέχει ευκαιρίες στους μαθητές να εμπλακούν και να χρησιμοποιούν αυτές τις πρακτικές των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών.

Για την εκπαίδευση των μαθητών στα Μαθηματικά έχουν προταθεί οκτώ

πρακτικές Μαθηματικών (CCSS, 2010):

- M1. Κατανόηση προβλημάτων και επίλυσή τους.
- M2. Διατύπωση ποσοτικών και αφαιρετικών συλλογισμών.
- M3. Οικοδόμηση τεκμηριωμένων επιχειρημάτων και κρίση του συλλογισμού των άλλων.
- M4. Μοντελοποίηση.
- M5. Στρατηγική χρήση υλικών και άλλων μέσων.
- M6. Ακρίβεια.
- M7. Αναζήτηση και κατανόηση των δομών των Μαθηματικών.
- M8. Αναζήτηση και διατύπωση της κανονικότητας σε επαναλαμβανόμενο συλλογισμό.

Πίνακας 1: Οι πρακτικές στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες και οι συσχετίσεις τους.

Πρακτικές Μαθηματικών (CCSS, 2010)	Πρακτικές Φυσικών Επιστημών (NGSS, 2013)
M1. Κατανόηση προβλημάτων και επίλυσή τους M2. Διατύπωση ποσοτικών και αφαιρετικών συλλογισμών M3. Οικοδόμηση τεκμηριωμένων επιχειρημάτων και κρίση του συλλογισμού των άλλων M4. Μοντελοποίηση M5. Στρατηγική χρήση υλικών και άλλων μέσων M6. Ακρίβεια M7. Αναζήτηση και κατανόηση των δομών των Μαθηματικών M8. Αναζήτηση και διατύπωση της κανονικότητας σε επαναλαμβανόμενο συλλογισμό	ΦΕ1. Υποβολή ερωτημάτων ΦΕ2. Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων ΦΕ3. Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας ΦΕ4. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων ΦΕ5. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης ΦΕ6. Συγκρότηση εξηγήσεων ΦΕ7. Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία ΦΕ8. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών

Επίσης, για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οι ακόλουθες οκτώ πρακτικές Φυσικών Επιστημών (NGSS, 2013):

- ΦΕ1. Υποβολή ερωτημάτων
- ΦΕ2. Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων
- ΦΕ3. Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας
- ΦΕ4. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων
- ΦΕ5. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης
- ΦΕ6. Συγκρότηση εξηγήσεων
- ΦΕ7. Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία
- ΦΕ8. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

Επισημαίνεται ότι οι πρακτικές ανάμεσα των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών δεν είναι ασύνδετες. Αντίθετα, υπάρχουν αρκετές συσχετίσεις ανάμεσά τους (βλ. Πίνακα 1).

Το εκπαιδευτικό υλικό να χαρακτηρίζεται από συνοχή

Έχει επισημανθεί ότι το εκπαιδευτικό υλικό, το οποίο συνήθως χρησιμοποιείται στα σχολεία, καλύπτει πολλά και ασύνδετα μεταξύ τους θέματα σε «επιφανειακό» επίπεδο (Krajcik et al., 2014). Η έρευνα καταδεικνύει ότι μια τέτοια προσέγγιση επιτρέπει στους μαθητές να αποκτήσουν κατακερματισμένες γνώσεις και τους εμποδίζει να αντιληφθούν τις συνδέσεις μεταξύ των εννοιών και να κατανοήσουν τις βασικές ιδέες των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών (Shwartz, Weizman, Fortus, Krajcik, & Reiser, 2008). Συνεπώς, το αποτελεσματικό εκπαιδευτικό υλικό είναι αναγκαίο να έχει συνοχή. Η συνοχή μπορεί να έχει τρεις όψεις.

(α) Εστίαση στις «μαθησιακές προόδους» ή στις «μαθησιακές τροχιές»

Οι μαθησιακές πρόοδοι ή οι μαθησιακές τροχιές είναι οι εμπειρικά τεκμηριωμένες υποθέσεις αναφορικά με το πώς οι μαθητές κατανοούν και είναι ικανοί να χρησιμοποιούν σε διαρκώς πιο πολύπλοκο επίπεδο τις βασικές έννοιες, τις ιδέες και τις σχετικές πρακτικές των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών με την πάροδο του χρόνου (Duschl, Schwein-gruber, & Shouse, 2007).

Η μαθησιακή τροχιά, αποτελείται από εικασίες για τη μαθησιακή εξέλιξη της τάξης σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και αποτελείται από τρία μέρη: τον στόχο, το μαθησιακό μονοπάτι, δηλαδή τα επίπεδα συλλογισμού των παιδιών και τη διδασκαλία η οποία βοηθάει τα παιδιά να διασχίσουν το μονοπάτι (Gravemeijer, Cobb, Bowers & Whit-enack, 2000; Thompson, 2002).

Εκπαιδευτικό υλικό αναπτυγμένο με βάση τη διαμορφωμένη υποθετική μαθησιακή πρόοδο ή μαθησιακή τροχιά των μαθητών κάθε ηλικίας μπορεί να επιφέρει θετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη των βασικών ιδεών των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Η γνώση των «μαθησιακών προόδων» ή των «μαθησιακών τροχιών» παρέχει σημαντικά στοιχεία όχι μόνο για τη συγκρότηση του εκπαιδευτικού υλικού, αλλά και για τη διαμόρφωση της διδακτικής διαδικασίας και για την αξιολόγηση των μαθητών.

(β) Εστίαση στις βασικές ιδέες και έννοιες των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών

Η δεύτερη όψη της συνοχής σχετίζεται με την εστίαση του εκπαιδευτικού υλικού σε ένα περιορισμένο αριθμό βασικών ιδεών των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών που συνδέονται με ένα περιορισμένο αριθμό εγκάρσιων εννοιών (εννοιών που «διατρέχουν» τους επιμέρους κλάδους των Μαθηματικών ή των Φυσικών Επιστημών).

Ελαττώνοντας τον αριθμό των ιδεών και εννοιών που πρέπει να οικοδομηθούν από τους μαθητές απομένει περισσότερος χρόνος για να εμπλακούν οι μαθητές με έρευνα και επιχειρηματολογία ώστε να επιτύχουν μια σε βάθος κατανόηση. Οι μαθητές χρειάζονται χρόνο και στοιχεία για να αλλάξουν τις αρχικές αντιλήψεις τους και χρειάζονται επίσης χρόνο για να διαπραγματευτούν τις νέες ιδέες, να τις εφαρμόσουν σε νέα πλαίσια πριν τις ενσωματώσουν στον τρόπο σκέψης τους (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007).

(γ) «Συνύφανση» γνώσης και πρακτικής

Η τρίτη όψη της συνοχής σχετίζεται με το ότι «η γνώση και η πρακτική πρέπει να συνυφαίνονται για να δημιουργήσουν μαθησιακές εμπειρίες στους μαθητές» (NRC, 2012, p. 11). Οι μαθητές δεν θα μπορούσαν να μάθουν για τις πρακτικές των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών χωρίς να μαθαίνουν για τις βασικές ιδέες και έννοιες των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών και δεν θα μπορούσαν να μάθουν τις βασικές ιδέες και έννοιες των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών χωρίς να χρησιμοποιούν τις αντίστοιχες πρακτικές (Krajcik et al., 2014). Συνεπώς, οι δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού είναι αναγκαίο να εμπλέκουν τις βασικές ιδέες, τις εγκάρσιες έννοιες και τις πρακτικές των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η ύπαρξη κοινών αρχών ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες υποδηλώνει ότι υπάρχουν «γέφυρες» ανάμεσα στους δύο ερευνητικούς χώρους. Αυτή η διαπίστωση αποτελεί σημαντικό στοιχείο που συνάδει με την επιλογή του συνεδρίου να συνυπάρχουν οι ερευνητικοί χώροι της Διδακτικής των Μαθηματικών και της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Ωστόσο, γύρω από τα ζητήματα που αφορούν στην αλληλεπίδραση των δύο ερευνητικών χώρων αλλά και στην ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες παραμένουν αναπάντητα αρκετά και σημαντικά ερωτήματα. Στη συνέχεια, αναφέρονται ενδεικτικά ορισμένα από αυτά.

Μπορεί η έρευνα για την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά να συνεισφέρει στην έρευνα για την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού στις Φυσικές Επιστήμες και αντίστροφα; Αν ναι, πώς μπορεί αυτό να γίνει εφικτό;

Πώς μπορεί η μελλοντική έρευνα να περιορίσει το χάσμα ανάμεσα στην υφιστάμενη κατάσταση σε ότι αφορά το εκπαιδευτικό υλικό και τη διδακτική διαδικασία και σε αυτήν που διαμορφώνεται από τα σύγχρονα ερευνητικά δεδομένα;

Ποια είναι τα επόμενα βήματα που πρέπει να ακολουθήσουμε ως ερευνητική κοινότητα για να εντοπίσουμε ένα περιορισμένο αριθμό αρχών ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού και διδακτικών πρακτικών που να μπορούν να εφαρμοστούν εύκολα από τους εκπαιδευτικούς και που θα τους επιτρέψουν να διδάξουν αποτελεσματικά τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες για όλους τους μαθητές;

Τα αναπάντητα ερωτήματα είναι πολλά και σύνθετα. Ο δρόμος για την απάντησή τους είναι μακρύς και απαιτεί προσπάθεια, επιμονή και κόπο. Όμως, έχουμε καθήκον να τον ακολουθήσουμε ως το τέλος του. Όχι μόνο γιατί αυτή είναι η εργασία που έχουμε επιλέξει αλλά και γιατί όλοι όσοι ασχολούμαστε με την εκπαίδευση έχουμε εν τέλει απέναντί μας παιδιά και αυτό συνιστά μια τεράστια ευθύνη. Όπως είπε ο Ken Robinson, χρησιμοποιώντας λόγια του ποιητή William Butler Yates, «... κάθε μέρα, με κάθε τρόπο, τα παιδιά μας, απλώνουν τα όνειρά τους κάτω από τα πόδια μας. Εμείς πρέπει να πατήσουμε όσο πιο ελαφριά γίνεται».

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abrahams, I., & Millar, R., (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- Ambrose, R. (2002). Are we overemphasizing manipulatives in the primary grades to the detriment of girls? *Teaching Children Mathematics*, 9(1), 16-21.
- Ball, D., & Cohen, D. K. (1999). *Instruction, Capacity, and Improvement*, CRPE report.
- Banilower, E., Smith, P. S., Weiss, I., Malzahn, K., Campbell, K., & Weis, A. (2013). *Report of the 2012 National Survey of Science and Mathematics Education*. Chapel Hill, NC: Horizon Research, Inc.
- Barone, M., & Taylor, L. (1996). Peer tutoring with mathematics manipulatives: A practical guide. *Teaching Children Mathematics*, 3(1), 8-15.
- Baroody, A.J. (1989). Manipulatives don't come with guarantees. *Arithmetic Teacher*, 37(2), 4-5.
- Becker, P., & Selter, C. (1996). Elementary school practices. In A. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick & C Laborde (eds.), *International Handbook of Mathematics Education* (pp. 511-564). Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Becu-Robinault K. (2002). Modelling activities of students during a traditional labwork. In D. Psillos and H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 51-64.
- Berry, A., Mulhall, P., Gunstone, R.F., & Loughran, J.J., (1999). Helping Students Learn from Laboratory Work. *Australian Science Teachers Journal*, 45(1), 27-31.
- Boulton-Lewis, G. (1998). Children's strategy use and interpretations of mathematical representations. *Journal of Mathematical Behavior*, 17(2), 219-237.
- Braswell, J. S., Lutkus, A. D., Grigg, W. S., Santapau, S. L., TayLim, B., & Johnson, M. (2011). *The Nation's Report Card: Mathematics 2000*, Washington, D.C.: National Center for Education Statistics.
- Buty, C. (2002). Modelling in geometrical optics using a microcomputer. In D. Psillos & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 231-242.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Charles, K., & Nason, R. (2000). Young children's partitioning strategies. *Educational Studies in Mathematics*, 43, 191-221.
- Chingos, M. M., & Whitehurst, G. J. (2012). *Choosing blindly: Instructional materials, teacher effectiveness, and the Common Core*. Washington, DC: Brookings Institution.
- Clements D., & McMillen, S. (1996). Rethinking "concrete" manipulatives. *Teaching Children Mathematics*, 2(5), 270-279.
- Clements, D., & Sarama, J. (2007). Early childhood mathematics learning. In F. Lester (ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning a project of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. 461-555). Information Age

- Publishing, USA.
- Cobb, P. (1995). Cultural tools and mathematical learning: A case study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(4), 362-385.
- Common Core State Standards for Mathematics Practice
<http://www.corestandards.org/Math/Practice/>
- Davis, J. (2009). Understanding the influence of two Mathematics textbooks on prospective secondary teachers' knowledge. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 12, 365-389.
- Davison, D. (1990). An ethnomathematics approach to teaching language minority students. In J. Reyhner (ed.), *Effective language education practices and native language survival* (Ch. 11, pp. 143-148). Choctaw, OK: Native American Language Issues.
- Deci, E., Spiegel, N., Ryan, R., Koestner, R., & Kauffman, M. (1982). The effects of performance standards on teaching styles: The behaviour of controlling teachers. *Journal of Educational Psychology*, 74, 852-859.
- Doig, B., Cheeseman, J., & Lindsay, J. (1995). The medium is the message: Measuring area with different media. In B. Atweh & S. Flavel (eds.), *Proceedings of the 18th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (Vol. 1, pp. 229-240). Darwin, Australia: MERGA.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 287-312.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science, *Studies in Science Education*, 18, 105-122.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.
- Fan, L., & Zhu, Y. (2007). Representation of problem-solving procedures: A comparative look at China, Singapore, and US mathematics textbooks. *Educational Studies in Mathematics*, 66, 61-75.
- Forbes, C.T., & Davis, E.A. (2010). Curriculum design for inquiry: Preservice elementary teachers' mobilization and adaptation of science curriculum materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 365-387.
- Frydman, O., & Bryant, P. (1988). Sharing and the understanding of number equivalence by young children. *Cognitive Development*, 3, 323-339.
- Gellert, U. (2004). Didactic material confronted with the concept of mathematical literacy. *Educational Studies in Mathematics*, 55(1-3), 163-179.
- Giddings, G.J., Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (1991). Assessment and evaluation in the science laboratory. In B. E. Woolnough (Ed.). *Practical science* (pp. 167-178). Milton Keynes: Open University Press.
- Grant, S.G., Peterson, P.L., & Shogreen-Downer, A. (1996). Learning to teach mathematics in the context of system reform. *American Educational Research*

- Journal*, 33(2), 509-541.
- Gravemeijer, K., & Stephan, M. (2002). Emergent models as an instructional design heuristic. In K. Gravemeijer, R. Lehrer, B. van Oers & L. Verschagel (eds.), *Symbolizing modelling and tool use in mathematics education* (pp. 145-169). Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- Gravemeijer, K., Cobb, P., Bowers, J., & Whitenack, J. (2000). Symbolizing, modeling, and instructional design. In P. Cobb, E. Yackel, & K. McClain (eds.), *Symbolizing and communicating in mathematics classrooms: Perspectives on discourse, tools, and instructional design* (pp. 225-273). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Gunstone, R.F. (1991). Reconstructing theory from practical experience. In Woolnough, B.E. (ed.), *Practical science*. Milton Keynes: Open University Press, 67-77.
- Hiebert, J., & Wearne, D. (1993). Instructional tasks, classroom discourse, and students' learning in second-grade arithmetic. *American Educational Research Journal*, 30(2), 393-425.
- Hodson, D. (1991). Practical work in science: Time for a reappraisal. *Studies in Science Education*, 19, 175-184.
- Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, 201-217.
- Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundation for the 21st century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Naaman-Mamlok, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791-806.
- Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2010). Labwork and Learning in Secondary School Chemistry: The Importance of Teacher and Student Interaction. *Research in Science Education*, 40, 505-523.
- Hucke, L., & Fischer, H. E. (2002). The link of theory and practice in traditional and in computer-based university laboratory experiments. In D. Psillos & H. Niedderer (eds.), *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 205-218). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Jacobs, R.V., & Kusiak, J. (2006). Got tools? Exploring children's use of mathematics tools during problem solving. *Teaching Children Mathematics*, 12(9), 470-477.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Rodríguez, A. B., & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84, 757-792.
- Jurdak, M., & Abu Zein, R. (1998). The effect of journal writing on achievement in and attitudes towards mathematics. *School Science and Mathematics*, 98(8), 412-419.
- Καρούση, Σ. (2008). Άμεση εκτίμηση ποσοτήτων από παιδιά 3-6 ετών. *Ερευνα στη Διδακτική των Μαθηματικών*, 2, 9-28. Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα.
- Kesidou, S., & Roseman, J.E. (2002). How well do middle school science programs measure up? Findings from Project 2061's curriculum review. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 522-549.

- Kilpatrick, J. Swafford, J., & Findell, B. (2001). *Adding it up: helping children learn mathematics* (pp. 87-102). Washington DC: National Academy Press.
- Klein, P. D. (2004). Constructing scientific explanation through writing. *Instructional Science*, 32, 191-231.
- Krajcik, J. (2014). The *Importance of Viable Models in the Construction of Professional Development*. In B. Wojnowski, & C. Pea (Eds.). *Models and approaches to STEM professional development*. Washington, DC: National Science Teachers Association.
- Krajcik, J., Codere, S., Dahsah, C., Bayer, R., & Mun, K. (2014). Planning Instruction to Meet the Intent of the Next Generation Science Standards. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 157-175.
- Kroll, C., & Halaby, M. (1997). Writing to learn mathematics in the primary school. *Young Children*, 52(4), 54-60.
- Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. In D. L. Gabel (ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. New-York: Macmillan, 94-130.
- Λεμονίδης, Χ. (1999). *Περίπατος στη μάθηση της στοιχειώδους αριθμητικής*. Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη ΑΕ.
- Leeson, N. (1995). Investigations of kindergarten students' spatial constructions. In B. Atweh & S. Flavel (eds.), *Proceedings of 18th Conference of Mathematics Education Research Group of Australasia* (pp. 384-389). Darwin, AU: MERGA.
- Leeson, N., Stewart, R., & Wright, R. (1997). Young children's knowledge of three-dimensional shapes: Four case studies. In F. Biddulph & K. Carr (eds.), *Proceedings of 20th Conference of Mathematics Education Research Group of Australasia* (Vol. 1, pp. 310-317). Hamilton, New Zealand: MERGA.
- Lesh, R., Post, T., & Behr, M. (1987). Representations and translations among representations in mathematics learning and problem solving. In C. Janvier (ed.), *Problems of representation in the teaching and learning of mathematics* (pp. 33-40). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lunetta, V.N. (1998). The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching. In K. Tobin and B. Fraser (Eds.). *International Handbook of Science Education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, 249-264.
- Manfreda Kolar, V., & Hodnik Čadež, T. (2010). Didactic material as a mediator between physical manipulation and thought processes in learning mathematics. In B. Maj, E. Swoboda & K. Tatsis (eds.), *Motivation Via Natural Differentiation in Mathematics*, (pp. 342-353). Poland: Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego.
- Marshall, J.C., Horton, B., & Smart, J. (2009). 4E X 2 Instructional Model: Uniting Three Learning Constructs to Improve Praxis in Science and Mathematics Classrooms *Journal of Science Teacher Education*, 20, 501-516.
- McCulloch Vinson, B. (2001). A comparison of preservice teacher's mathematics anxiety before and after a methods class emphasizing manipulatives. *Early Childhood Education Journal*, 29(2), 89-94.
- McNeill, K.L., & Krajcik, J. (2012). *Supporting grade 5-8 students in constructing*

- explanations in science: The claim, evidence and reasoning framework for talk and writing.* New York, NY: Pearson Allyn & Bacon.
- McNeill, K.L., Lizotte, D.J., Krajcik, J., & Marx, R.W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153-191.
- Meira, L. (1998). Making sense of instructional devices: The emergence of transparency in mathematical activity. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29(2), 121-142.
- Mercer, N., & Sams, C. (2006). Teaching children how to use language to solve maths problems. *Language and Education*, 20(6), 507-528.
- Michaels, S., Shouse, A., & Schweingruber, H. (2008). *Ready, Set, Science! Putting Research to Work in K-8 Classrooms.* Washington, DC: National Academies Press.
- Minner, D., Levy, A.J., & Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction - What Is It and Does it Matter: Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. [Science Education]. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
- Moulton, J. (1997). How Do Teachers Use Textbooks? A Review of the Research Literature, U. S. Agency for International Development, Health and Human Resources Analysis for Africa Project Technical Paper No. 74.
- Moyer, P. (2001). Are we having fun yet? How teachers use manipulatives to teach mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 47(2), 175-197.
- Moyer, P., & Jones, G. (2004). Controlling choice: Teachers, pupils and manipulatives in mathematics classrooms. *School, Science and Mathematics*, 104(1), 16-31.
- Μπούφη, Α. (1996). Ο ρόλος των εποπτικών υλικών και άλλων συμβολικών αναπαραστάσεων στη διδασκαλία και μάθηση των μαθηματικών του δημοτικού σχολείου. *Τα Εκπαιδευτικά*, 41-42, 188-201.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas.* Committee on Conceptual Framework for the New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- Newton, D.P. & Newton L.D. (2006). Could Elementary Mathematics Textbooks Help Give Attention to Reasons in the Classroom? *Educational Studies in Mathematics*, 64, 69-84.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States.* Washington, DC: The National Academies Press.
- Osborne, J. (1993). Alternatives to practical work. *School Science Review*, 75, 271, 117-123.
- Outhred, L., & Mitchelmore, M. (2000). Young children's intuitive understanding of rectangular area measurement. *Journal for Research in Mathematics Education*, 31 (2), 144-167.
- Parada, S.E., & Sacristán, A.I. (2010). Teacher's reflections on the use of instruments in their mathematics lessons: A case-study. In M. Pinto & T. Kawasaki (Eds.),

- Proceedings of the 34th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, pp. 25-32). Belo Horizonte, Brazil: PME.
- Pothier, Y., & Sawada, D. (1983). Partitioning: The emergence of rational number ideas in young children. *Journal for Research in Mathematics Education*, 14, 307-317.
- Reyes, R., Reys, B., Lapan, R., & Holliday, G. (2003). Assessing the Impact of Standards-Based Middle Grades Mathematics Curriculum Materials on Student Achievement, *Journal for Research in Mathematics Education*, 34(1), 74-95.
- Romberg, T. (1992). Perspectives on scholarship and research methods. In D. Grows (ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning a project of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. 49-64). New York, NY, England: Macmillan Publishing Co. Inc.
- Roth, K. (2014). *Elementary science teaching*. In Norman G. Lederman and Sandra K. Abell (Eds.) *Handbook of Research on Science Education, Volume II*. New York: Routledge.
- Sander, F., Schecker, H., & Niedderer, H. (2002). Computer Tools in the Lab - Effects Linking Theory and Experiment. In D. Psillos and H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 219-230). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Sandoval, W.A., & Reiser, B.J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88, 345-372.
- Schmidt, W.H., McKnight, C.C., Houang, R.T., Wang, H., Wiley, D.E., Cogan, L.S., & Wolfe, R.G. (2001). *Why Schools Matter: A Cross-National Comparison of Curriculum and Learning*, San Francisco: Jossey-Bass.
- Schwarz, C.V., & Gwekwerere, Y.N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, 91(1), 158-186.
- Shipley, E., & Shepperson, B. (1990). Countable entities: Developmental changes. *Cognition*, 34: 109-136.
- Shwartz, Y., Weizman, A., Fortus, D., Krajcik, J., & Reiser, B. (2008). The IQWST experience: Using coherence as a design principle for a middle school science curriculum. *Elementary School Journal*, 109, 199-219.
- Skoumios, M. (in press). Science instructional materials usage in Greek primary schools. *The International Journal of Science in Society*.
- Skoumios, M., & Passalis, N. (2010). Chemistry Laboratory Activities: The Link between Practice and Theory. *The International Journal of Learning*, 17(6), 101-114.
- Σκουμπουρδή, Χ. (2004). Μορφές εικονικής αναπαράστασης της έννοιας του τριγώνου στα μαθηματικά του δημοτικού σχολείου. Στο Δ. Χασάπης (επιμ.), *3^ο Διήμερο Διαλόγου για τη Διδασκαλία των Μαθηματικών: Εικόνα, σχήμα και λόγος στη διδασκαλία των μαθηματικών* (σελ. 105-116). Εκδόσεις Copy City, Θεσσαλονίκη.
- Σκουμπουρδή, Χ. (2012). Σχεδιασμός ένταξης υλικών και μέσων στη μαθηματική εκπαίδευση των μικρών παιδιών. Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα.

- Skoumpourdi, C., & Μπρακοπούλου Ι. (2011). The prints: A picture book for pre-formal geometry. *Early Childhood Education Journal*, 39 (3), 197-206.
- Σκουμπούρδη, Χ., & Παπαϊωάννου-Στραβολαίμου, Δ. (2011). Μέτρηση εμβαδού, από νήπια, μέσω της κάλυψης επιφάνειας με χρήση βοηθητικών μέσων. *Έρευνα στη Διδακτική των Μαθηματικών*, 6, 39-59.
- Skoumpourdi, C., & Sofikiti, D. (2009) Young children's material manipulating strategies in division tasks. In M. Tzekaki, M. Kaldrimidou & H. Sakonidis (eds.), *Proceedings of the 33rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 5, 137-144), Thessaloniki, Greece: PME.
- Songer, N. B., & Gotwals, A. W. (2012). Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(2), 141-165.
- Sowell, E. (1989). Effects of manipulative materials in mathematics instruction. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20(5), 498-505.
- Σταθοπούλου, Χ., Σκουμπούρδη, Χ., & Καφούση, Σ. (2009). Η διδασκαλία των μαθηματικών σε πολυγλωσσικές τάξεις: ανατρέποντας τις κοινωνικές ανισότητες. Στο Χ. Γκόβαρης (επιμ.), *Διαπολιτισμικό σχολείο - Ζητήματα διδασκαλίας και μάθησης* (σελ. 131-148). Εκδόσεις Ατραπός, Αθήνα.
- Streefland, L. (2000). *Ρεαλιστικά μαθηματικά στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση*. Επιμέλεια Ε. Κολέζα. Εκδόσεις Leader Books, Αθήνα.
- Szendrei, J. (1996). Concrete materials in the classroom. In A. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick & C. Laborde (eds.), *International handbook of mathematics education* (pp. 411-434). Netherlands: Kluwer, Academic Publishers.
- Taylor, J, Getty, S, Kowalski, C, Wilson, J, Carlson, J., & Van Scotter, P. (in press). An efficacy trial of research-based curriculum materials with curriculum-based professional development. *American Educational Research Journal*.
- Thompson, P. (2002). Didactic objects and didactic models in radical constructivism. In K. Gravemeijer, R. Lehrer, B. van Oers & L. Verschagel (eds.), *Symbolizing modeling and tool use in mathematics education* (pp. 197-220). Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- Thompson, P., & Thompson, A. (1990). Salient aspects of experience with concrete manipulatives. In *Proceedings of the 14th Annual Meeting of the International Group for the Psychology of Mathematics* (pp. 46-52), Mexico City.
- Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school. In R. Millar, J. Leach, & J. Osborne (Eds.), *Improving science education: The contribution of research* (pp. 27-47). Buckingham: Open University Press.
- Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J.F., Buty, C., & Millar, R. (2001). An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, 85(5), 483-508.
- Tishman, S., & Perkins, D. (1997). The language of thinking. *Phi Delta Kappan*, 78, 368-374.
- Tobin, K. G. (1990). Research on science laboratory activities: In pursuit of better

- questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90, 403-418.
- Todas, A., & Skoumios, M. (2014). Practical Work in Primary Science: Actions and Verbalized Knowledge. *The International Journal of Early Childhood Learning*, 20, 37-50.
- Varol, F., & Farram, D. (2006). Early mathematical growth: how to support young children's mathematical development. *Early Childhood Education*, 33(6), 381-387.
- Watson, A., & De Geest, E. (2005). Principled teaching for deep progress: improving mathematical learning beyond methods and materials. *Educational Studies in Mathematics*, 58, 209-234.
- Weiss I., Nelson, B., Boyd, S., & Hudson. S. (1989). *Science and Mathematics Education Briefing Book*, New York: Horizon Research, Inc, Chapel Hill, NC.
- Wellington, J. (1998). Practical work in science. Time for a reappraisal. In J. Wellington (Ed.). *Practical work in school science: Which way now?* (pp. 3-15). London: Routledge.
- Wing, R., & Beal, C. (2004). Young children's judgements about the relative size of shared portions: the role of material type. *Mathematical Thinking and Learning*, 6(1), 1-14.
- Winograd, T., & Flores, F. (1986). *Understanding computers and cognition: a new foundation for design*. NJ: Alex, Norwood.
- Χρονάκη, Α., & Δημουλά, Μ. (2005). Ίδια και διαφορετικά: Κατανόηση της έννοιας του τριγώνου από παιδιά πρώτης δημοτικού. Στο Χ. Κυνηγός (επιμ.), *1ο Συνέδριο της Ένωσης Ερευνητών Διδακτικής Μαθηματικών: Η διδακτική μαθηματικών ως πεδίο έρευνας στην κοινωνία της γνώσης* (σελ. 259-268), Αθήνα.
- Yerushalmy, M. (1997). Designing representations: Reasoning about functions of two variables. *Journal of research in Mathematics Education*, 28(4), 431-466.
- Zacharos, K., & Ravanis, K. (2000). The tranformation of natural to geometrical concepts, concerning children 5-7 years old. The case of measuring surfaces. *European Early Childhood Education Research*, 8(2), 63-72.
- Zazkis, R., & Liljedahl, P. (2004). Understanding primes: The role of representation. *Journal for Research in Mathematics Education*, 35(3), 164-186.
- Zemal-Saul, C. (2009). Learning to teach elementary school science as argument. *Science Education*, 93(4), 687-719.
- Zbiek, R., Heid, M., Blume, G., & Dick, T. (2007). Research on technology in mathematics education. In F. Lester (ed.), *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning A project of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. 1169-1207). USA: Information Age Publishing.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 35-62.

ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΟΜΙΛΙΕΣ

Science education for all children, a challenge for their future

Pierre Léna

Emeritus professor, Université Paris-Diderot, France, pierre.lena@obspm.fr

ABSTRACT

In the last decade, the need for deep changes in basic science education (K-9) emerged worldwide. The goal is to make all students able to reason properly over natural phenomena and technical objects, in order for them to cope with a rapidly changing and increasingly complex world. Pilot projects, often led by science Academies, have demonstrated that an inquiry pedagogy is an adequate answer to this need. An active student, experimenting, hypothesizing, arguing is led to build up a solid knowledge, able to encompass a variety of situations in the future profession or citizen's role. The heart of inquiry shall be described, and its pedagogical developments analyzed on the basis of pilot projects in Europe, but also elsewhere in the world.

INTRODUCTION

The UN Goals of the Millenium were decided with the new century for the period 2000-2015. Universal basic education was one of their most explicit objectives “Everywhere, boys and girls should have access to primary education”. Some of these goals have been reached, since the number of children left out of school dropped from 102 millions (2000) to 57 millions (2014). Yet, the poor quality of some teaching leaves 250 millions unable to read and write after four years of schooling, while social pressures produce a drop in school attendance, reaching 25% of the students at the end of primary school. Considering teenagers and young adults, 123 millions have a poor writing and reading. On the positive side, literacy at the end of primary education has progressed in some regions: from 68 to 89 % in North Africa, from 60 to 81 % in Southern Asia.

In 2015, the UN will decide the Sustainable Development Goals (SDG) for the period 2015-2030. Without abandoning the previous goal of universal “reading, writing, counting”, it focuses on new challenges, which imply for the students a capacity of understanding and reasoning, where science education can play a central role. This is the point we want to address here, by examining how this can be achieved, on the basis of lessons learned in the last two decades, worldwide, in the practice of science education.

Basic education for K-9 students has three fundamental goals: transmitting the legacy of the past and the cultures it has built; opening the eyes to the present, with all its

diversity and complexity; preparing for the world of tomorrow, including the skills necessary to live, exert a profession and be a responsible citizen. Science education has to contribute to these three goals. Which youth? Which world? Which education? are the three questions it must then address.



Fig. 1: A changing youth: fascination of young children (Uruguay) by the digital revolution. Here they are equipped with XOs, small computers (and today, tablets) produced by One Laptop per Child. (Courtesy A. Battro).

WHICH YOUTH?

Schools have a tendency to reproduce themselves, with a slow adaptation to the changes in generations. But today, the changes in the youth of the world are extremely rapid and represent a challenge for all school systems. Let briefly identify some of these changes. Globalisation of exchanges, migrations and easy communications through Internet are creating today a planetary youth, which discovers, resonates and lives at a different scale than the traditional national or local one in the past (Fig.1). Jobs are affected by the mondialisation as well, with a rapid turn-over, huge exchanges of migrant manpower [1], and fast change in the needed skills. The traditional family model is shaken up by these changes: the one-child family in China, the increase of divorces in industrialized countries, the migrations and their impact, the crisis of the traditional models of authority. Last, but not least, poverty is affecting huge populations, and especially the young who suffer most from injustice, as their future is hampered by their lack of education.

Hence, one has seen in the last decade, protesting movements of young people who showed, worldwide, their unhappiness with the future they felt presented to them (Fig.2).



Fig. 2: Dissatisfaction of the youth worldwide at the beginning of the 2010 decade. (From Sachs, J., see Ref. 2).

WHICH WORLD?

After two centuries of development of science, the XXth century has seen its fruits in terms of technologies, which have changed almost every aspect of the human life: transport, health, energy, alimentation, communications, war have been transformed on the basis of scientific knowledge. In the last decades, this knowledge helped to understand the threats humanity has to face for its future, in order to remain sustainable [2] [3] [4]. Examples are numerous. Among them, climate change and biodiversity exhaustion are the most often quoted, and probably the most serious ones [5] (Fig. 3, Fig. 4). This world is the one in which the children and teen-agers, students of today's school, will live in.

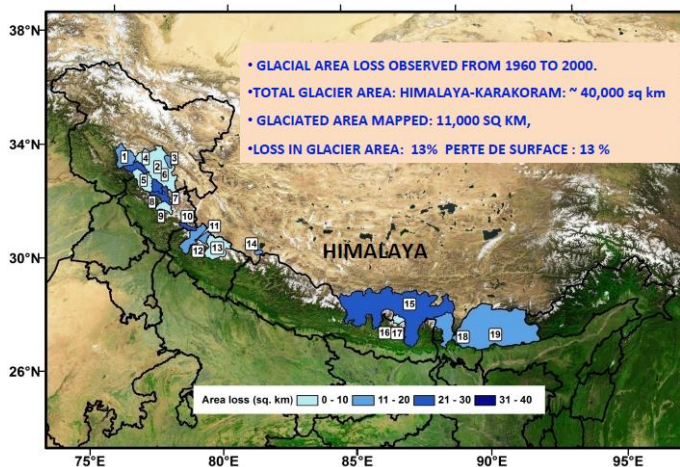


Fig. 3: The recent changes in glacier coverage in the Himalaya. The change is due to several factors, including global heating and soot deposit (from coal cooking in India and Pakistan) which blackens the glacier’s surface and increases their heat absorption from solar radiation. (From Ramanathan, V., see Ref. 2).

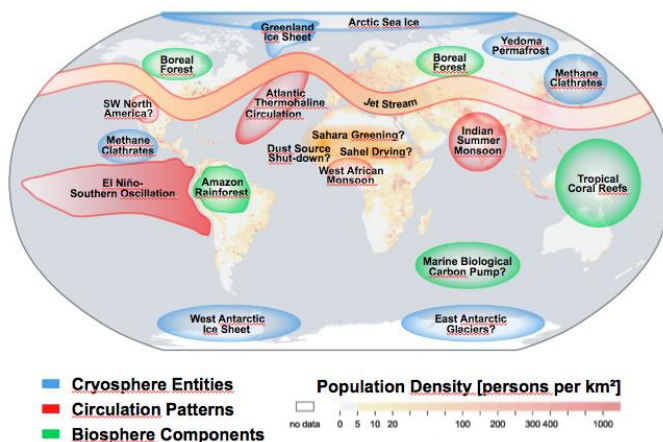


Fig. 4: The potential instabilities (“tipping points”, which could result from the current climatic change: atmosphere, hydrosphere, cryosphere, biosphere are all potentially threatened by abrupt changes (phase transitions) which are extremely difficult to predict with some accuracy. (Adapted from Lenton et al. 2008, by H.G. Schnellhuber, see Ref. 2).

WHICH BASIC EDUCATION?

For this changing youth in this changing world, basic education has also to change. I would here focus on two aspects of this needed change: the role of science and technology education, for preparing adults able to reason and understand; the need for an ethical vision of human solidarity. *Schooling as usual* is no longer acceptable.

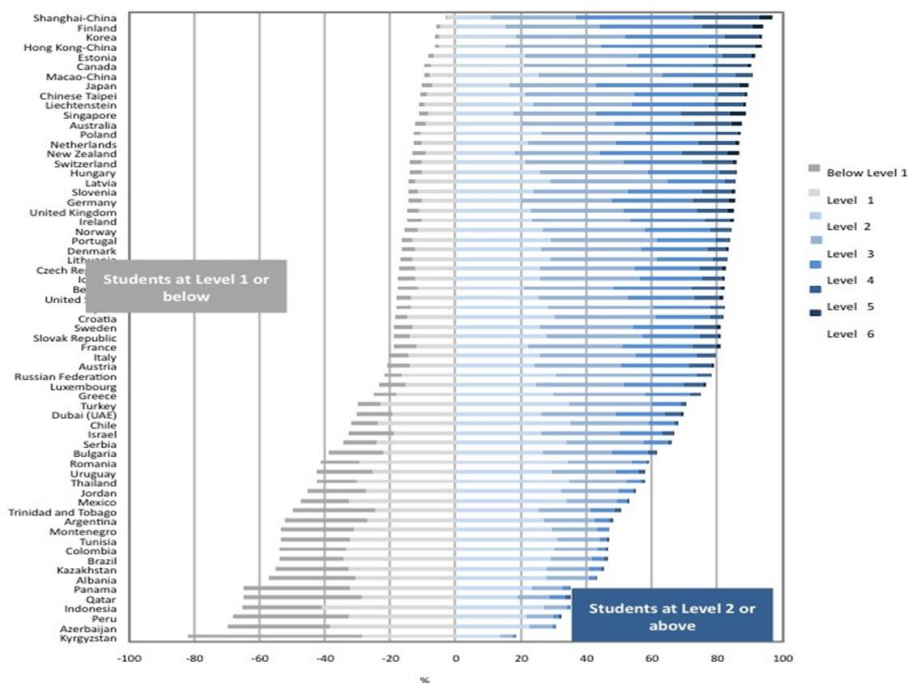


Fig. 5: A view of the OECD/PISA global results in science performances (year 2009 results, 2012 have since be published). The highest score is 6, the lowest is 0.

The results of the PISA enquiries, published by OCDE, are well known (Fig. 5) and deserve to be carefully studied, as they are very different for individual countries. Yet they show global tendencies. PISA considers three fields of competencies, two of them dealing with science education (natural sciences and mathematics). The performances at the age of 15 are decreasing when the level of development (measured by the Gross National Product of the country) increases, while the interest of students for science and technology follows an inverse pattern, girls being always less interested than boys. Globally, the increase of scientific and technical knowledge in modern societies is not accompanied by an adhesion of the youth, nor by an acquisition of this knowledge by the students.

As early as the mid-1990s, the need to reverse this trend was felt by some precursors, who saw there a risk for the youth, but also for the society as a whole. Hence the concept of Inquiry Based Science Education (IBSE) developed and led to the implementation, in many countries, of pilot projects to develop, mostly within primary schools. These pilot projects are based on active involvement of students, experimenting, arguing, hypothesizing, and developing a new relation to science based on their curiosity guided by the teacher [6]. Here are a few conclusions reached after nearly two decades of IBSE development:

- Over 80 countries have been exposed to IBSE presentations and trainings;
- A good understanding of the meaning and contents of inquiry in primary education, and in some cases middle schools;
- Several tenths of pilot projects have been created, sometimes for over a decade, testing in classrooms and teacher training the actual practice of inquiry [7];
- Educational authorities have slowly been convinced of the importance to renew science education, and sometimes to formally adopt inquiry as an ingredient in their curricula (Australia, China, France, Scotland among others);
- Yet, no overall vision of a curriculum, for basic education, covering and integrating math, natural sciences and technology/engineering (STEM) has yet been produced, although this seems to be the direction of the future [8] [9] [10] [11];
- It has been demonstrated that training the teachers to this new vision of their role, with more active students, is possible, but it takes time [12] (Fig. 6), and is costly if implemented at the scale of primary education in a whole country [13] [14];
- Assessment plays a great role in the effective implementation of any curriculum or pedagogy. The optimal methods to assess inquiry, in a manner being either formative or summative, begins only to be analyzed, and is far from being implemented in the above mentioned pilot projects [15].

As changes in the youth and in the world are requiring science education to deeply evolve, one may trust that the trend towards inquiry, as observed in the last two decades in primary and middle school, shall continue in the next one, with more action on teacher training, STEM curricula, assessment, extension to new countries. This may not be sufficient to cope with the challenges of the future, and deeper changes may be required in schooling. The objectives of these changes, in term of preparing the youth to the world of tomorrow, could be threefold:

- With the overwhelming amount of information easily available, *knowledge with understanding* becomes more important than *knowing facts and rules*. This changes the whole learning pattern, especially in science and technology.
- The changes in jobs, so rapid at the pace of technological changes, require to cultivate *creativity* ; the migrations of populations, moving for example tens of millions of youngsters from the traditional village cultures to megapoles, requires to cultivate *self-confidence* and emergence of hidden talents, especially for the poorest children;

- The globalisation of issues, and of their needed solutions (climate, water, food...) requires schooling to implement a sense of human *solidarity*, beyond nations and borders, conjugated with a sense of *responsibility*. Ethical aspects must accompany science education.

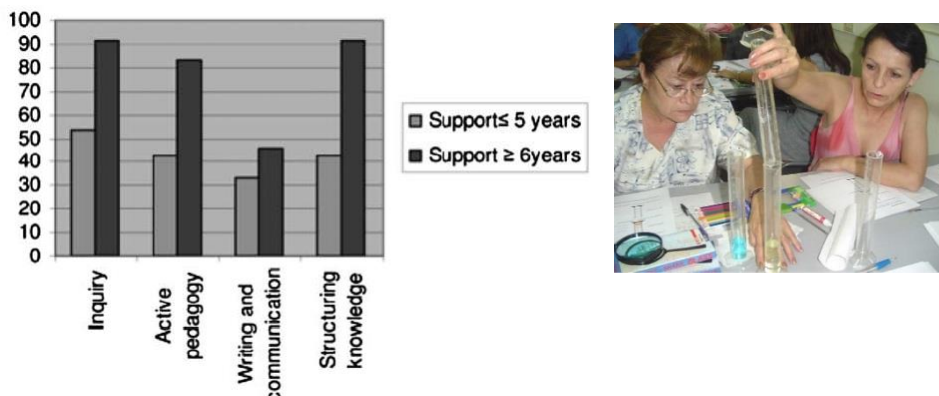


Fig. 6: Training of primary school teachers for an inquiry pedagogy. The left graph shows the fraction of a large teacher’s group, in France, who master various aspects of inquiry’s pedagogy, for less than 5 years of training and practice, or for more than 5 years. The differences are striking. (From Ref. 12).

School as usual is no longer adequate. These changes will impact : content and curriculum ; methods and content of assessment, formative and summative, both for students and teachers; teacher training, especially critical in science education, and even more if ethical considerations have to accompany it.

Science is universal; the curiosity of children is also universal, but needs to be aroused in different social and cultural contexts; inquiry seems to reveal itself as quite universal in the validity of its pedagogical principles. But the implementation of the above mentioned changes will remain specific to each culture, and no universal schooling model seems desirable. The price would be to lose the precious diversity of the humans on this Earth! Yet, as already demonstrated in the development of pilot projects over the last twenty years, international exchanges, coaching, cross-fertilisation are extremely fruitful, based on the universal factors just mentioned.

THE ROLE OF THE SCIENTIFIC COMMUNITY

In the last decades, the development of inquiry in school systems owes a great deal to the personal involvement of a number of high-repute scientists, who decided to share their research time with a deep interest for elementary education (Fig. 7). At first, this may seem odd, as the scientific facts and concepts appearing in the curricula are fairly simple: water,

air, shadows, plants, seasons, etc: why should they need contributions of advanced scientists? Experience has shown that the first-hand practice of science at a high level of research greatly helps to understand the cognitive difficulties of students, the pedagogical difficulties of teachers to convey not only facts – relatively easy to learn, even by heart and without understanding –, but also the process of scientific thought, the precious ability of reasoning. To summarize the lessons learned on the role of scientists and engineers in the implementation of inquiry, and more broadly STEM education, among educational authorities and teachers [16]:

- They can convey a sense of urgency on sustainable development issues – humanity on Earth in 2050 –, this sense being not based on ideological views of an abstract ecology, but on facts properly analyzed;
- They can provide an approach, if not an understanding of the complexity, which characterizes most of the issues of the world today: system analysis; multifactorial or non-linear processes; hidden variables; statistical uncertainties and decision theory. Complexity also means confluence of many traditional disciplinary fields, which often install in the present curricula a compartmentalization of knowledge, hampering understanding of these complex issues;
- As scientists, who are daily practitioners of science, but also know how science has developed in history, they can help educators to recognize the nature of scientific thought and its process of development, the paradox of searching – and finding – a truth which nevertheless keeps evolving, the role of mistakes and dead ends in the discovery process;
- As engineers, they can convey the way a complex system – a tower, an aircraft, a new medicine – is developed, with a combination of imagination, rigorous scientific thought, empirical tests, economical considerations and appropriate technologies, existing or to be developed [17];
- They can introduce to the beauty of nature and mathematics, to the sense of mystery which it creates, as Einstein was always underlining, to the subsequent admiration for human intelligence who deciphers it, and – if they have a religious faith – to the respect for Creation.



Fig. 7: A set of great scientists who have transformed science education, in their own country and beyond, during the decades 1990-2010.

In the immense proliferation of information science and technology today are producing, it may be difficult to decide what is essential to be conveyed to youngsters, in elementary and middle school science education (K-9). Hence a number of researchers are today trying to isolate a set of *big ideas on science* which would be considered as vital for youngsters having to live as adults in the next decades, and to cope with the world of the 2050s, with over 9 billions inhabitants. Hard science, cognitive science and pedagogy have to join in this effort, upstream of the design of curricula [18].

Ideas on science are nevertheless not sufficient, if one considers the intimate thread between science, engineering and modern societies. Ideas about science, its nature, its process are important. Ethics and values do not stem out of science, they belong to other faces of our common humanity, but they obviously have to be taken in consideration when science and engineering address broad issues such as precaution vs. risk, poors vs. riches, tomorrow vs. future generations, etc.

CONCLUSION

The last two decades have shown a real mobilisation of the scientific community, at national, regional (e.g. the European Union and its Commission) and international levels, to care for a renewal of science education. Some success have been achieved, and many lessons learned, material and resources have been produced and made broadly available [19]. Today, new pressing issues appear, with sustainable development and its challenges for education. It becomes necessary to build up on these previous steps a new vision of

schooling and of teacher's role in STEM, with an increasing involvement of the scientific and engineering communities, as well as the educational one.

REFERENCES

- [1] See Archer, M. "Being trafficked to work. Human trafficking", in *Sustainable development, sustainable humanity*, A Workshop of the Pontifical Academies (Sciences and Social Sciences), Vatican City, April 2014. <http://www.casinapioliv.va/content/accademia/en/events/2014/sustainable/statement.html>
- [2] See all the presentations presented at *Sustainable development, sustainable humanity*, A Workshop of the Pontifical Academies (Sciences and Social Sciences), Vatican City, April 2014. *Op. cit.*
- [3] Bonnet, R. M., Woltjer, L. *Surviving 1000 centuries. Can we do it?*, Springer, 2008.
- [4] Arnould, J., Blamont, J. *Lève-toi et marche. Propositions pour un futur de l'humanité*, O. Jacob, Paris, 2009.
- [5] Pimm, S.L. et al, "The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution and protection", *Science*, 344, 987 (2014).
- [6] Harlen, W. (coord.) *Learning through inquiry, The Fibonacci project*, 2012. www.fibonacci-project.eu. See also the derived documents: *Inquiry in Science Education; Inquiry in Mathematics Education*.
- [7] See for example *La main à la pâte*, stemming from France (www.fondation-lamap.org), or *Haus der kleinen Forscher* in Germany (www.haus-der-kleinen-forscher.de), or *Primary Connections* in Australia (<https://www.primaryconnections.org.au/>).
- [8] In France, *Socle commun de connaissances, de compétences et de culture* (2015). <http://www.education.gouv.fr/cid2770/>
- [9] In UK, *Vision for science and mathematics education*, The Royal Society, 2014.
- [10] In USA, *Next generation science standards* (2013). www.nextgenscience.org
- [11] In China, Wei, Yu *What to be proven by ten years of Learning by Doing?* China Science and Technology Press, Beijing, 2011.
- [12] Delclaux, M., Saltiel, E. "An evaluation of local teacher support strategies for the implementation of inquiry-based science education in French primary schools" *Education 3-13* (2011), <http://dx.doi.org/10.1080/03004279.2011.564198>
- [13] In France, see Léna, P. "Des Maisons pour la science au service des professeurs", *Reflets de la Physique*, n° 42, p. 30 (2014).
- [14] In Chile, the program *Ensenanza Ciencia Basadas en la Indigacion*. www.ecbichile.cl
- [15] Harlen, W. *Assessment & Inquiry-Based Science Education*, Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Program (2013). www.interacademies.net/activities/projects/12250.aspx Translations in various languages are also available at this address.
- [16] Léna, P. "Education in science: its value and the role of the scientific community", *Rend. Fis. Acc. Lincei*, 23, 13-16 (2012), Springer.

- [17] For the role of engineering basic education, see Miaoullis, I. “K-12 Engineering. The Missong Core Disciplin”, in *Holistic Engineering Education Beyond Technology*. Grasso D. & Burkins M.B. Eds., 2010, Springer.
- [18] Harlen, W. (dir.) *Principles and big ideas in science education* (2010). www.ase.org.uk. Second revised and augmented edition in press (2015), at the same address.
- [19] For example, the resources available on the *La main à la pâte* Website (www.fondation-lamap.org) and its numerous declinations in other languages (English, German, Spanish, Serbian, Vietnamese, Arabic...).

Η δημιουργία και η χρήση «Μαθησιακών Αντικειμένων»: από τα τεχνο-κοινωνικά περιβάλλοντα, στη σχολική τάξη

Κώστας Ραβάνης

Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία
Πανεπιστήμιο Πατρών
ravanis@upatras.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας και οι εφαρμογές τους συγκροτούν ένα σύνθετο πολιτισμικό, κοινωνικό, πολιτικό και οικονομικό φαινόμενο. Έτσι, κάθε απόπειρα αξιοποίησης των ΤΠΕ και των εφαρμογών τους και πρωτίστως αυτών οι οποίες απευθύνονται στην εκπαίδευση κάθε επιπέδου και βαθμίδας, απαιτεί και προϋποθέτει πολλαπλές ασφαλιστικές δικλείδες. Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιείται μια έντονη συζήτηση ή μάλλον αρκετοί παράλληλοι και συχνά ασύμβατοι διάλογοι ή μονόλογοι για τη δημιουργία σύγχρονων και αποτελεσματικών ψηφιακών διδακτικών υλικών. Τα υλικά αυτά περιγράφονται συχνά ως «Μαθησιακά Αντικείμενα» (ΜΑ). Αν και είμαστε ακόμα μακριά από έναν κοινά αποδεκτό ορισμό για το τι είναι τα ΜΑ, σε μια περιγραφική γλώσσα αυτά είναι ειδικές ψηφιακές οντότητες οι οποίες αποτελούν εκπαιδευτικούς πόρους για τις διδακτικές διαδικασίες. Στο κείμενο αυτό γίνεται προσπάθεια να τεθούν ερωτήματα σχετιζόμενα με τη δημιουργία και την εκπαιδευτική πρόσληψη της χρήσης των ΜΑ, με το πλαίσιο γένεσης των ΜΑ ως εκπαιδευτικών υλικών, με τα ευρύτερα διακυβεύματα της δημιουργίας και της χρήσης ΜΑ στις εκπαιδευτικές διαδικασίες. Τέλος συζητείται το ενδεχόμενο ενδιαφέρον της Κοινωνικής Σημειωτικής ως πεδίου σύγκλισης και σύνθεσης διαφορετικών οπτικών γωνιών προσέγγισης των ΜΑ.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας, Μαθησιακά Αντικείμενα, εκπαιδευτικό υλικό.*

ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΥΛΙΚΟ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ: ΤΑ ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

Η ανάπτυξη ψηφιακού υλικού για την εκπαίδευση αποτελεί ερευνητική και αναπτυξιακή δραστηριότητα η οποία αρκετές δεκαετίες πλέον έχει δώσει πυκνά και ενδιαφέροντα αποτελέσματα τόσο διεθνώς όσο και στη χώρα μας. Ωστόσο, και παρά την ωριμότητα των σχετικών γνωστικών περιοχών και πρακτικών, το εύρος, η ποικιλία, η συνεχής εξέλιξη και οι αποκλίσεις θεωρητικών προσεγγίσεων και μέσων, έχουν δημιουργήσει ένα

περιβάλλον που χαρακτηρίζεται από πολυπλοκότητα. Η πολυπλοκότητα αυτή πολλαπλασιάζεται όσο κινούμαστε από το χώρο της έρευνας στο χώρο της εκπαιδευτικής εφαρμογής. Ο πληθωρισμός προϊόντων, οι πολύ μεγάλοι εύρους πρακτικές δημιουργίας τους οι οποίες άλλοτε κινούνται στο χώρο της εμπορικής και άλλοτε στο χώρο ευρύτερης εκπαιδευτικής και παιδαγωγικής παραγωγής, η ασαφής σχέση τους με την έρευνα και τα αποτελέσματά της, η αέναη κινητικότητα γύρω από αυτά με εκδόσεις, συνέδρια, συναντήσεις, ευρεία δημοσιότητα, συνεχή ρητορεία αρμοδίων και κυρίως αναρμοδίων, καθιστούν τον κόσμο της εκπαίδευσης αμήχανο και ευάλωτο στη μαζική πίεση της παραγωγής και συνεχούς ανανέωσής τους.

Η σύγκλιση πολλών ρευμάτων μελέτης και αναζητήσεων, οδήγησε τα τελευταία χρόνια σε σχηματισμούς για τα ψηφιακά προϊόντα και ιδιαίτερα γι' αυτά που απευθύνονται στην εκπαίδευση. Οι σχηματισμοί αυτές αποσκοπούν σε ορθολογικές ταξινομήσεις, ανάδειξη κύριων χαρακτηριστικών και γενικότερα στοιχείων της οργάνωσής τους. Έτσι οδηγηθήκαμε στην έννοια του «Μαθησιακού Αντικειμένου» (Learning Object - Objet d'apprentissage) που παραπέμπει σε ψηφιακές οντότητες οι οποίες αποτελούν εκπαιδευτικούς πόρους που χρησιμοποιούνται και επαναχρησιμοποιούνται σε περιβάλλοντα μάθησης και διδακτικές διαδικασίες. (Hodgins, 2003). Βέβαια, η ποικιλία και η πολυπλοκότητα των Μαθησιακών Αντικειμένων είναι τέτοια που η γενική ενασχόληση μαζί τους έχει περισσότερο χαρακτήρα οργάνωσης της σχετικής συζήτησης, παρά εμβάθυνσης στα ζητήματα δημιουργίας και εφαρμογής. Έτσι, η αναγνώριση της πολυμορφίας και των πολλαπλών σημάνσεων και εκφράσεων, άλλοτε δίνει έμφαση προς την τεχνολογική [content objects (Verbert & Duval, 2008), information objects (Clark, 1998)] και άλλοτε προς την εκπαιδευτική και διδακτική τους διάσταση [educational objects (Friesen, 2001), knowledge objects (Merrill, 1999)].

Σε μια προσπάθεια ταξινόμησης των χαρακτηριστικών των Μαθησιακών Αντικειμένων, δηλαδή «ανάγνωσης» του περιεχομένου τους, η σχετική βιβλιογραφία κινείται σε τρία επίπεδα: το τεχνολογικό, το εκπαιδευτικό και το διδακτικό (Dodani, 2002. Παπανίκου & Σάμψων, 2008, Ravanis et al., 2011); Ας προσεγγίσουμε λοιπόν τα Μαθησιακά Αντικείμενα (ΜΑ) στο πλαίσιο αυτής της, σχηματικής έστω, κατηγοριοποίησης η οποία διακρίνει τεχνολογικές, ευρύτερες εκπαιδευτικές αλλά και στενότερα διδακτικές όψεις.

Τεχνολογικά χαρακτηριστικά

Η προσέγγιση μέσω των χαρακτηριστικών των ΜΑ από την άποψη της τεχνολογικής τους συγκρότησης, αποσκοπεί στην απάντηση ορισμένων ερωτημάτων όπως για παράδειγμα:

- Το ΜΑ είναι ένας αυτόνομος πόρος ή μια συλλογή διακριτών πόρων (επίπεδο συνάθροισης) (Wiley, 2002; Ally, 2004; Barritt & Alderman, 2004);
- Η σύνδεση των πόρων οδηγεί σε μια σταθερή δομή ή έχει προβλεφθεί αναδιάταξη των πόρων που οδηγούν σε άλλες επιτρεπόμενες δομές (Wiley, 2002; Ally, 2004; Barritt & Alderman, 2004);

- Έχει σχεδιαστεί η επαναχρησιμοποίηση των MA; Αν ναι μπορεί να προσαρμοστεί ως σύνολο στις απαιτήσεις της νέας εκπαιδευτικής χρήσης ή απλώς χρησιμοποιούνται ορισμένα τμήματά του (Wiley, 2002; Polsani, 2003; Rehak & Mason, 2003);
- Είναι εφοδιασμένα με «μετα-δεδομένα», δηλαδή με στοιχεία τα οποία μας επιτρέπουν να τα ταξινομούμε και να τα αναζητούμε (Barritt & Alderman, 2004);

Εκπαιδευτικά χαρακτηριστικά

Όμως, πέραν της οπτικής γωνίας της μελέτης τεχνολογικών χαρακτηριστικών, η δημιουργία αντικειμένων για εκπαιδευτική χρήση, θέτει αναπόφευκτα ερωτήματα και από αυτή την πλευρά:

- Ένα MA έχει γενική δομή και οργάνωση που υπηρετεί με σαφήνεια έννοιες, διαδικασίες ή παρουσίαση πληροφοριών;
- Η δημιουργία του MA πραγματοποιείται με βάση τα ειδικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού στον οποίον απευθύνεται (Sosteric & Hesemeir, 2002);
- Έχουν προβλεφθεί διαδικασίες αξιολόγησης για το δημιουργούμενο MA (L'Allier, 1997);

Διδακτικά χαρακτηριστικά

Τέλος, η εμπλοκή των MA στις διδακτικές και μαθησιακές διαδικασίες, δημιουργεί ένα πλαίσιο με αμιγώς "διδακτικά" ερωτήματα όπως για παράδειγμα:

- Υπάρχει εμφανής σχεδιασμός που συσχετίζει το MA και τη χρήση του με επιδιωκόμενους στόχους των διδακτικών δραστηριοτήτων (Ally 2004; McGreal 2004);
- Συνδυάζονται με άλλα MA έτσι ώστε να δημιουργούνται πιο σύνθετες εκπαιδευτικές οντότητες, όπως για παράδειγμα μια σειρά εννοιών ή κάποια υποενότητα αναλυτικού προγράμματος;
- Μετασχηματίζονται εύκολα ώστε να λειτουργούν σε διαφορετικές δομές μάθησης όπως οι παραδοσιακές σχολικές τάξεις, η υποβοηθούμενη από υπολογιστές μάθηση, η εξ αποστάσεως εκπαίδευση;

ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ: ΓΙΑ ΕΝΑ ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

Οι πολύπλευρες προσεγγίσεις των MA, οι οποίες συχνά κινούνται σε ασύμβατες διαδρομές, αντιστοιχούν στην επιστημολογική σύγχυση που αναπόφευκτα συνοδεύει τη συνύπαρξη στον ίδιο χώρο δημιουργίας τους, ειδικών από εντελώς διαφορετικές επιστημονικές περιοχές. Βέβαια, η αναζήτηση των διεπιστημονικών συνθέσεων στην ανάπτυξη της έρευνας και στη δημιουργία προϊόντων δεν είναι μια πρωτοτυπία της περιοχής για την οποία συζητάμε. Όμως, αποκτά ιδιαίτερη μορφή και σημασία καθώς ο χώρος αναφοράς τους είναι η εκπαίδευση της οποίας η αποστολή, οι σκοποί, οι στόχοι και

οι ρυθμοί λειτουργίας, κινούνται σε πολύ διαφορετικές κατευθύνσεις από αυτές στις οποίες κινείται η παραγωγή προϊόντων πληροφορικής.

Πράγματι, τα προϊόντα αυτά, όταν παράγονται για εμπορικούς σκοπούς προσανατολίζονται στη μέγιστη διάδοση και στο κέρδος, ενώ όταν δημιουργούνται στα πλαίσια ομάδων έρευνας η έμφαση δίνεται στην τεχνολογική καινοτομία και στην εκπαιδευτική αποτελεσματικότητα. Άλλωστε και τα δίκτυα επικύρωσης των αντικειμένων αυτών είναι διαφορετικά: στην πρώτη κατεύθυνση ή "αγορά" προϊόντων και υπηρεσιών, ενώ στη δεύτερη η παιδαγωγική έρευνα και πράξη.

Οι παράγοντες αυτοί, συνδυαζόμενοι με τα παραδοσιακά εμπόδια των εκπαιδευτικών διαδικασιών όπως, για παράδειγμα, η δημιουργία και εφαρμογή των αναλυτικών προγραμμάτων, οι υλικοί περιορισμοί της σχολικής πραγματικότητας, η βασική εκπαίδευση και επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, δημιουργούν ένα ορθολογικό πλαίσιο ανάπτυξης και εκπαιδευτικής χρήσης των ΜΑ. Στο πλαίσιο, αυτό οι πολύπλευρες συνεισφορές, καθώς δεν υπακούουν σε ένα "θεσμικό" σύστημα κανόνων και κριτηρίων ικανό να γεφυρώσει τις διαφορετικές προοπτικές, συχνά οδηγούν σε στρεβλώσεις και ανισορροπίες μεταξύ των διαφορετικών χαρακτηριστικών με συνηθέστερο σύμπτωμα την κυριαρχία των τεχνολογικών διαστάσεων έναντι των εκπαιδευτικών και διδακτικών χαρακτηριστικών.

Από πού όμως θα μπορούσε να απορρέει κάποιο σύστημα κανόνων και κριτηρίων για τη δημιουργία ΜΑ; Δεδομένου ότι τα προϊόντα αυτά έχουν ως τελικούς αποδέκτες πρωτίστως μαθητές/τριες και δευτερευόντως εκπαιδευτικούς, σε μια ορθολογική προοπτική, αποτελεί μονόδρομο η άντληση των θεωρητικών προκειμένων για τη συγκρότηση ΜΑ από τις βασικές δεξαμενές των Διδακτικών των επιμέρους αντικειμένων μάθησης και διδασκαλίας. Όμως, δεδομένου ότι τα ΜΑ αυτά είναι ψηφιακά, είναι αναγκαίο να αναζητήσουμε και άλλα εργαλεία στήριξης των οποίων κύριες μαθησιακές διαστάσεις αποτελούν η κατανόηση και η συγκρότηση σημασιών στη σκέψη των εκπαιδευόμενων. Θα προσπαθήσουμε στη συνέχεια να εστιάσουμε σε ορισμένες βασικές όψεις του ζητήματος της δημιουργίας μαθησιακών αντικειμένων.

Οι προκείμενες των σύγχρονων Διδακτικών

Αν το σημείο εκκίνησης των παραδοσιακών κατασκευαστών ΜΑ είναι οι τεχνολογικές προκλήσεις του εγχειρήματος, στις σύγχρονες Διδακτικές των ειδικών αντικειμένων μάθησης, η αφετηρία κάθε εκπαιδευτικής διαδικασίας είναι οι βιωματικές νοητικές παραστάσεις για αντικείμενα, οντότητες, σχέσεις, φαινόμενα και έννοιες, δηλαδή τα σχήματα συλλογισμών που συγκροτούνται στην παιδική σκέψη από το κοινωνικό και φυσικό περιβάλλον πριν από τη διδασκαλία. Οι συλλογισμοί αυτοί παρεμβάλλονται και, πολύ συχνά, εμποδίζουν κάθε προσπάθεια "μετάδοσης" νέας γνώσης καθώς υποβάλλουν απαντήσιμες συνήθως ασύμβατες με τη νέα γνώση. Γι' αυτό άλλωστε συνήθως οι συμβατικές διδακτικές διαδικασίες αποτυγχάνουν αφού δεν παίρνουν υπόψη τους περιορισμούς που απορρέουν από τη βιωματική σκέψη των παιδιών (Ραβάνης, 2003; Καλαβάσης, Καφούση & Σκουμπουρδή, 2006).

Περνώντας από το υποκείμενο των διδακτικών διαδικασιών στα αντικείμενα μάθησης, πρέπει να σταθούμε στο επιστημολογικό πλαίσιο συγκρότησης των διδακτικών αντικειμένων όπως αυτό αποτυπώνεται στα προγράμματα και τα εγχειρίδια, αλλά και της ανασυγκρότησής τους όταν επιχειρείται η εφαρμογή τους σε πραγματικές σχολικές τάξεις. Η προβληματική της μετάβασης από το επιστημονικό αντικείμενο, στο σχεδιασμό διδακτικού υλικού και από εκεί στη επεξεργασία του υλικού με τα παιδιά, αναδεικνύει πολύπλοκες σχέσεις, λεπτές διεργασίες και κυρίως στήριξη στην υπόθεση πως η διαδικασία αυτή δεν είναι μια ρουτίνα απλοποίησης αλλά μια προσπάθεια μετασχηματισμού του επιστημονικού αντικειμένου με βάση ορισμένες επιστημολογικές, ψυχολογικές και διδακτικές δεσμεύσεις (Κολιόπουλος, 2006). Η παρεμβολή της τεχνολογίας στην πορεία για τη δημιουργία ΜΑ πολλαπλασιάζει τα προβλήματα και διευρύνει τον επιστημολογικό ορίζοντα της προσπάθειας. Κυρίως όμως θέτει με άλλους όρους το ζήτημα της σχέσης απλοποίησης και μετασχηματισμού για τη δημιουργία της σχολικής γνώσης (Κόμης & Τζιμογιάννης, 2006).

Η βασικότερη διάσταση σε οποιοδήποτε ζήτημα μάθησης και διδασκαλίας είναι το ζήτημα της ενεργητικής κατασκευής της γνώσης. Στο επίπεδο του σχεδιασμού των διδακτικών διαδικασιών, εκτός της συμπερίληψης των δύο προηγούμενων παραγόντων, αυτό σημαίνει ότι υπάρχει ανάγκη να δοθεί στα παιδιά χώρος και χρόνος να αλληλεπιδράσουν με το εκπαιδευτικό υλικό, με τους εκπαιδευτικούς, αλλά και μεταξύ τους, καθώς γνωρίζουμε καλά ότι τα οφέλη από αυτές τις αλληλεπιδράσεις είναι σημαντικά (Ζόγκζα, 2007; Ζαχάρος, 2013; Σκουμιός, 2013).

Τα τρία αυτά θέματα, ο κόσμος της σκέψης του παιδιού, η δυναμική της κατασκευής της σχολικής γνώσης και ο σχεδιασμός των διαδικασιών διδακτικής διαμεσολάβησης, όσο και αν αποτελούν πλέον εμπεδωμένες θεωρητικές και εμπειρικές επιλογές στις κοινότητες της έρευνας στις Διδακτικές των ειδικών μαθησιακών αντικειμένων, συχνά σε μια προοπτική δημιουργίας ΜΑ αμελούνται, υποβαθμίζονται ή αγνοούνται. Η διαδρομή αυτή συνήθως δεν είναι συνειδητή και σχετίζεται κυρίως με το πλαίσιο παραγωγής των ΜΑ παρά με κάποιο σχεδιασμό.

Το θέμα είναι εξαιρετικά περίπλοκο καθώς το ζήτημα των ΜΑ δεν αποτελεί μόνο μια υπόθεση επικεντρωμένη στη δημιουργία, αλλά εξίσου στραμμένη στη χρήση τους σε διαφορετικά επίπεδα και εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Για παράδειγμα, όταν μαθητές/τριες και εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν τα ΜΑ, τους προσδίδουν άλλες ιδιότητες και λειτουργίες από αυτές τις οποίες υπέθεταν οι δημιουργοί τους, αν θεωρήσουμε δεδομένη τη σχεδιαστική μέριμνα για το εκπαιδευτικό και παιδαγωγικό πλαίσιο της χρήσης τους.

Πέρα από τις δυσκολίες που εμφανίζονται στο επίπεδο της σχέσης δημιουργών και χρηστών, η πολυπλοκότητα πολλαπλασιάζεται από υλικές παραμέτρους της εκπαίδευσης όπως τα αναλυτικά προγράμματα, τα σχολικά εγχειρίδια και οι στόχοι τους, οι τεχνικές προϋποθέσεις των σχολικών μονάδων, η τεχνολογική και διδακτική ετοιμότητα των εκπαιδευτικών κλπ. Στη σύνθετη αυτή κατάσταση που δημιουργείται δεν σκιάζονται ή θολώνουν απλώς μια σειρά από κρίσιμες παράμετροι της εκπαιδευτικής και διδακτικής διαδικασίας, αλλά κυρίως εγκαθίσταται ένα ειδικό είδος σύγχυσης η οποία

οφείλεται στα ΜΑ. Η διάχυτη αίσθηση δυσαρέσκειας ή τουλάχιστον έλλειψης αξιοσημείωτης αναβάθμισης του διδακτικού έργου, παρά την πολυετή και με πολλαπλές ευκαιρίες και δυνατότητες χρήση ΜΑ στην εκπαίδευση, είναι εύλογο να σχετίζεται με τη σύγχυση αυτή.

Αν λοιπόν η διαπίστωση της αναποτελεσματικότητας πρέπει να διαπεράσει την εξωτερική επιφάνεια μιας απλής δυσαρέσκειας ή κάποιων γενικών διαπιστώσεων και να αναζητήσει εξηγήσεις και λύσεις στον πυρήνα του προβλήματος, το ελάχιστο που ίσως θα μπορούσε να γίνει προκειμένου να αντιμετωπιστεί η πολυπλοκότητα στην οποία αναφερθήκαμε, θα ήταν να επιδιωχθεί η κοινή νοηματοδότηση δημιουργών και χρηστών ΜΑ με στόχο μια ορθολογική προσέγγισή τους από τη σύλληψη του σχεδίου δημιουργίας τους μέχρι τη στιγμή που καθίστανται διδακτικά εργαλεία. Καθώς όμως τα κοινά νοήματα απορρέουν από κοινούς κώδικες ανάγνωσης του πεδίου, φαίνεται ότι είναι αναγκαία η χρήση ενός συστήματος "ανάγνωσης" των ΜΑ, δηλαδή μιας γλώσσας πιθανότατα νέας και άγνωστης για όλους τους εμπλεκόμενους, όπως για παράδειγμα τους μηχανικούς οι οποίοι αναπτύσσουν τις εφαρμογές, τους διδακτικούς που μελετούν τα σχετικά ζητήματα από την πλευρά ενός καινοτόμου εργαλείου, αλλά και τους εκπαιδευτικούς που θα κληθούν να εργαστούν με αυτά στην πραγματική σχολική τάξη. Τα τελευταία χρόνια στην προοπτική αυτή έχει αρχίσει μια σχετική συζήτηση στο εσωτερικό του επιστημονικού πεδίου της Κοινωνικής Σημειωτικής (Βορβυλάς, 2011; Vorvilas, 2014).

Προς αναζήτηση ενός συστήματος κοινών σημασιών: το εκπαιδευτικό αποτύπωμα της Κοινωνικής Σημειωτικής

Τα ΜΑ ως ψηφιακές οντότητες, αποτελούν ειδικά σημειωτικά συστήματα τα οποία καθίστανται αντικείμενα μάθησης εάν και εφόσον μαθητές/τριες ή/και εκπαιδευτικοί είναι σε θέση να τα αξιοποιήσουν, δηλαδή να τα αποκωδικοποιήσουν και να οικειοποιηθούν. Έτσι, η αποτελεσματική αξιοποίηση των ΜΑ θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη της τις διαφορετικές ικανότητες αντίληψης και δεξιότητες κατανόησης που απαιτούνται σε σχέση με την προσέγγιση (α) ενός κειμένου, (β) μιας στατικής ή δυναμικής εικόνας, (γ) ενός ηχητικού αποσπάσματος ή (δ) ενός συνδυασμού και των τεσσάρων αυτών σημειωτικών τρόπων επικοινωνίας (Ravanis et al., 2011).

Σε αυτό το πλαίσιο, τα τελευταία χρόνια έχουν αναδειχθεί ως κυρίαρχες έννοιες αυτή του πολυγραμματισμού, ο οποίος αναφέρεται στην ικανότητα εκτίμησης της μορφικής ποικιλίας που χαρακτηρίζει τα διάφορα σημειωτικά συστήματα και η συμπληρωματική σε αυτόν έννοια της πολυτροπικότητας, η οποία αναφέρεται στην ποικιλία των σημειωτικών τρόπων με τους οποίους οργανώνονται τα σημειωτικά συστήματα (Baldry, 2000; Jewitt & Kress, 2003; Kress & van Leeuwen, 2001). Στην ανάδειξη διαφορών όψεων των δυο παραπάνω εννοιών, σημαντική είναι η συμβολή της Κοινωνικής Σημειωτικής.

Η Κοινωνική Σημειωτική αφορά στη μελέτη των πρακτικών που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι προκειμένου να είναι σε θέση να δημιουργούν και να ανταλλάσσουν νοήματα σε διάφορα κοινωνικά περιβάλλοντα. Έχοντας τις καταβολές της στην Συστημική Λειτουργική Γραμματική (Halliday & Matthiessen, 2004), υποθέτει πως τα μη γλωσσικά

σημειωτικά συστήματα οργανώνονται περίπου, και κατ' αναλογία προς τη γλώσσα, μέσα από τρεις μεταλειτουργίες: την αναπαραστατική μεταλειτουργία (ideational metafunction) η οποία αφορά στον τρόπο με τον οποίο διάφοροι σημειωτικοί πόροι συνδέονται μεταξύ τους και αναπαριστούν την πληροφορία, την διαπροσωπική μεταλειτουργία (interpersonal metafunction) η οποία αφορά στις σχέσεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στον πομπό και το δέκτη της πληροφορίας και την κειμενική μεταλειτουργία (textual metafunction) η οποία αφορά στους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους οι σημειωτικοί πόροι παράγουν πολυτροπικά κείμενα και σημασίες. Η Κοινωνική Σημειωτική διερευνά τις παραπάνω διαστάσεις σε μια σειρά από πεδία όπως: η ερμηνεία των εικόνων, η διαφήμιση στον τύπο και την τηλεόραση, τα ντοκιμαντέρ και ο κινηματογράφος, η ομιλία, η μουσική και ο ήχος, η κίνηση, η οργάνωση του επιστημονικού λόγου και ο μαθηματικός συμβολισμός, οι πολυμεσικές εκπαιδευτικές εφαρμογές και ο παγκόσμιος ιστός (van Leeuwen, 2005).

Οι προηγούμενες σημειωτικές προϋποθέσεις τις οποίες παρουσιάσαμε, χωρίς αμφιβολία, αφορούν και στην ανάπτυξη ΜΑ για την διδασκαλία διαφόρων αντικειμένων καθώς αυτά αποτελούν εκπαιδευτικό υλικό ειδικής μορφής (Vorvilas, Karalis & Ravanis, 2010, 2011). Μάλιστα, δεδομένου ότι η χρήση τους απαιτεί και προκαλεί σημαντικές τροποποιήσεις τόσο στο σχολικό περιβάλλον, όσο και στη δομή της επικοινωνίας, οι απαιτήσεις ανάλυσης των επιπτώσεων των εφαρμογών τους στις παιδαγωγικές και διδακτικές διαδικασίες, είναι εξειδικευμένες και αυξημένες. Αν λοιπόν υποθέσουμε ότι η σύνθεση και η ανάλυση των ΜΑ γίνεται σε ένα πλαίσιο του οποίου τα χαρακτηριστικά σχετίζονται με μια σημειωτική προσέγγισή τους, τότε διαμορφώνονται κοινοί άξονες της συζήτησης και επικοινωνίας των εμπλεκόμενων, παρά το ότι στην πραγματικότητα υπερβαίνουν όλες τις επιμέρους ειδικεύσεις τους. Βέβαια η υπέρβαση αυτή ανοίγει ένα νέο πεδίο ερωτημάτων, καθώς μια τέτοια οπτική γωνία προϋποθέτει ειδική εκπαίδευση για όλους. Όμως, παρά τις αυτονόητες δυσχέρειες, η προοπτική συνθέσεων και κοινής προοπτικής, στο εσωτερικό ενός πλαισίου στο οποίο κυριαρχεί μια γλώσσα επικοινωνίας που μπορεί να είναι κατανοητή τόσο στον κόσμο της εκπαίδευσης όσο και στον κόσμο της τεχνολογίας, δίνει μια ορατή διέξοδο καθώς ουσιαστικά δημιουργείται ένα κοινό λεξικό "ανάγνωσης" των ΜΑ.

ΠΡΟΣ ΜΙΑ ΝΕΑ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ: ΤΟ ΑΙΤΗΜΑ ΤΗΣ ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ

Η υπόθεση που διατυπώσαμε εδώ δεν αποτελεί παρά μια ενδεχόμενη διέξοδο στο ζήτημα του αναπροσανατολισμού της δημιουργίας ΜΑ για την εκπαίδευση. Προϋποθέτει βέβαια ορισμένες βασικές αλλαγές στις γενικότερες σχετικές αντιλήψεις και κυρίως αναγνώριση του προβλήματος και των αδιεξόδων. Πράγματι, η προοπτική αυτή απαιτεί ένα περιβάλλον δημιουργίας ΜΑ για την εκπαίδευση στο οποίο συνυπάρχουν τεχνικοί, ερευνητές της Διδακτικής και εκπαιδευτικοί, έτοιμοι να αναζητήσουν κοινές δημιουργικές συνέργειες σε ένα επίπεδο όμως διαφορετικό από αυτό στο οποίο συνηθίζουν να εργάζονται.

Ουσιαστικά πρόκειται για μια άσκηση διεπιστημονικότητας καθώς η συνεργασία για τη δημιουργία και το σχεδιασμό της χρήσης ΜΑ απαιτεί τη διάνοιξη οδών για την οργανική σύνδεση όλων των πλευρών. Μια σύνδεση που δεν απορρέει από την τεχνική συγκόλληση επιθυμιών ή αναγκών και αποφάσεων, αλλά από την εγκατάλειψη της εμμονής στις βασικές προτεραιότητες των εμπλεκόμενων και την αναδημιουργία της προβληματικής τους στην τοποθέτηση κοινών ερωτημάτων και στην προσπάθεια της από κοινού επίλυσής τους. Και η προοπτική μιας σημειωτικής προσέγγισης των ΜΑ δημιουργεί ένα κατάλληλο πλαίσιο για τη σύγκλιση αυτή.

Σε ότι αφορά πάντως το ρόλο των εκπαιδευτικών σε μια τέτοια διαδικασία, είναι βέβαιο ότι απαιτείται κατ' αρχάς μετάβαση από τον/την εκπαιδευτικό-χρήστη στον/την εκπαιδευτικό που κυριαρχεί στα μέσα και στα αντίστοιχα θεωρητικά εργαλεία αλλά επίσης και την οργανική σύνδεσή τους με τις ερευνητικές κοινότητες. Και εδώ ίσως ο ρόλος των πανεπιστημιακών Τμημάτων Εκπαίδευσης μπορεί να είναι καθοριστικός καθώς οι ερευνητικές ομάδες που εργάζονται στο εσωτερικό τους είναι σε θέση να κινηθούν σε τέτοιες κατευθύνσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ally, M. (2004). Designing effective learning objects. In P. McGreal (Ed.), *Online education using learning objects* (pp. 87-97). London: Routledge Falmer.
- Baldry, A. (Ed.). (2000). *Multimodality and multimodality in the distance learning age*. Campobasso, Italy: Palladino Editore.
- Barritt C., & Alderman, Lee, F. (2004). *Creating a reusable Learning Objects strategy*. San Francisco, CA: John Wiley & Sons Inc.
- Clark, R. C. (1998). Recycling knowledge with Learning Objects. *Training & Development*, 52, 60-61
- Dodani, M. (2002). The dark side of object learning: Learning Objects. *Journal of Object Technology*, 1(5), 37-42.
- Friesen, N. (2001). What are Educational Objects? *Interactive Learning Environments*. 9(3), 219-230.
- Halliday, M. A. K., & Matthiessen, C. (2004). *An introduction to functional grammar*. London: Arnold.
- Hodgins, W. (2003). IEEE LTSC | WG12. Retrieved from <http://ltsc.ieee.org/wg12/>.
- Jewitt, C., & Kress, G., (Eds.) (2003). *Multimodal Literacy*. New York: Peter Lang.
- Kress, G., & van Leeuwen, T. (2001). *Multimodal discourse: The modes and media of contemporary communication*. London: Arnold.
- L'Allier J. (1997). Frame of Reference: NETg's Map to the Products, Their Structure and Core Beliefs. NetG. Retrieved from <http://www.im.com.tr/framerefer.htm>.
- McGreal, R. (2004). *Online education using Learning Objects*. London and New York: Routledge Falmer.
- Merrill, M. D. (1999). Instructional design based on knowledge objects. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: A new paradigm of*

- instructional theory*, V. II (pp. 397-424). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Polsani P. R. (2003). Use and abuse of reusable Learning Objects. *Journal of Digital Information*, 3(4). Retrieved from <https://journals.tdl.org/jodi/index.php/jodi>.
- Ravanis, K. Matalliotaki, E. Vorvilas, G., & Komis, V. (2011). Les «Objets d'Apprentissage» à l'enseignement : quels choix didactiques et épistémologiques ? *Synergies Sud-Est Européen*, 3, 53-62.
- Rehak D., & Mason R. (2003), Keeping the learning in Learning Objects. In A. Littlejohn (Ed.), Reusing online resources: A sustainable approach to e-learning (pp. 20–34). London: Routledge.
- Sosteric, M., & Hesemeier, S. (2002). When is a Learning Object not an object: A first step towards a theory of learning objects. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 3(2), 1-16.
- van Leeuwen, T. (2005). *Introducing Social Semiotics*. London & New York: Routledge.
- Verbert, K., & Duval, E. (2008). ALOCOM: a generic content model for learning objects. *International Journal on Digital Libraries*, 9(1), 41-63.
- Vorvilas, G. (2014). Logical meanings in multimedia learning materials: a multimodal discourse analysis. *Acta Didactica Napocensia*, 7(2), 25-40.
- Vorvilas, G. Karalis, T., & Ravanis, K. (2010). Applying Multimodal Discourse Analysis to Learning Objects' User Interface: some preliminary remarks. *Contemporary Educational Technology*, 1(3), 255-266.
- Vorvilas, G. Karalis, T., & Ravanis, K. (2011). Designing Learning Objects: A genre-based approach. *Journal of Baltic Science Education*, 10(2), 114-126.
- Wiley, D. A., 2002. Connecting Learning Objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In D. A. Wiley (Ed.), *The instructional use of Learning Objects*, (pp. 3-23). Bloomington, IN: Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications and Technology.
- Βορβυλάς, Γ. (2011). Ο σχεδιασμός μαθησιακών αντικειμένων με τη χρήση κειμενικών μικρο-ειδών. Στο Χ. Παναγιωτακόπουλος (Επιμ.), *Πρακτικά 2^ο Πανελληνίου Συνεδρίου «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»* (σ. 133-140). Πάτρα: ΕΗΥΕΤ-ΠΤΔΕ/ΕΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Πατρών. Διαθέσιμο στη διεύθυνση <http://www.cetl.elemedu.upatras.gr/proc2/proceedings/1-0133.pdf>.
- Ζαχάρος, Κ. (2013). *Η Μαθηματική δραστηριότητα στην Προσχολική Εκπαίδευση. Θεωρητικές προσεγγίσεις και πρακτικές εφαρμογές*. Αθήνα: Καμπύλη
- Ζόγκζα, Β. (2007). *Η Βιολογική γνώση στην παιδική ηλικία: Ιδέες των παιδιών και διδακτικές προσεγγίσεις*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Καλαβιάσης, Φ. Καφούση, Σ., & Σκουμπουρδή, Χ. (2006). Η σύνδεση της έρευνας για τη μάθηση και τη διδασκαλία των Μαθηματικών με τη σχολική πρακτική». Στο Β. Σβολόπουλος (Επιμ.), *Σύνδεση εκπαιδευτικής έρευνας και πράξης* (σ. 87-96). Αθήνα: Ατραπός.

- Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης* Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κόμης Β. & Τζιμογιάννης Α. (2006). Ο Προγραμματισμός ως μαθησιακή δραστηριότητα: από τις εμπειρικές προσεγγίσεις στη γνώση παιδαγωγικού περιεχομένου. *Θέματα στην Εκπαίδευση*, 7(3), 229-255.
- Παπανίκου, Χ., & Σάμψων, Δ. (2008). Τα “Μαθησιακά” Αντικείμενα ως μια νέα θεώρηση του Ηλεκτρονικού Εκπαιδευτικού Περιεχομένου: Επισκόπηση του Πεδίου. Στο *Πρακτικά του Συνεδρίου ΕΤΠΕ* (σ. 181-188). Λευκωσία: Πανεπιστήμιο Κύπρου. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://www.etpe.eu/custom/pdf/etpe1306.pdf>.
- Ραβάνης, Κ. (2003). *Εισαγωγή στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Σκουμιάς, Μ. (2013). Η συμμετοχή των μαθητών στη διαλογική επιχειρηματολογία μέσω διαδικασιών κοινωνικογνωστικής σύγκρουσης: η περίπτωση της πλεύσης βύθισης των σωμάτων στα υγρά. Στο Γ. Κόκκινος & Μ. Μοσκοφόγλου-Χιονίδου (Επιμ.), *Επιστήμες της Εκπαίδευσης: από την ασθενή ταξινόμηση της Παιδαγωγικής στη διεπιστημονικότητα και τον επιστημονικό υβριδισμό* (σ. 312-338). Αθήνα: Ταξιδευτής.

Μαθηματική Δραστηριότητα μέσα στο Παιχνίδι και στο Εκπαιδευτικό Υλικό

Μαριάννα Τζεκάκη

Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
tzekaki@auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εισήγηση θα παρουσιαστεί η ερμηνεία της έννοιας της μαθηματικής δραστηριότητας στις μικρές ηλικίες όπως αναδεικνύεται στις διαφορετικές προτεινόμενες στην ηλικία αυτή εκπαιδευτικές, αναπτυξιακές, διδακτικές και κοινωνικο-πολιτισμικές προσεγγίσεις.

Θα γίνει προσπάθεια να συνδεθεί η έννοια αυτή με τα στοιχεία του παιχνιδιού και τα χαρακτηριστικά του εκπαιδευτικού υλικού. Μια τέτοια σύνδεση απαιτεί ένα διδακτικό σχεδιασμό που εκτός από τις γενικότερες παιδαγωγικές αρχές (στήριξη στις προηγούμενες εμπειρίες και γνώσεις, στις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα των παιδιών) προσανατολίζεται σ' ένα πλαίσιο που συνδέει τη δράση και τον τρόπο σκέψης των παιδιών με τα έργα και τα μαθηματικά νοήματα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σημασία της μαθηματικής εκπαίδευσης στις μικρές ηλικίες γενικά δεν αμφισβητείται. Έχει θεμελιωθεί ερευνητικά η κρίσιμη αξία της αλλά και το γεγονός ότι τα παιδιά 4-8 χρόνων έχουν τη δυναμική να αναπτύξουν σημαντικές μαθηματικές ιδέες. Η επιστημονική κοινότητα προσφέρει αξιόλογα ερευνητικά δεδομένα που μπορούν να στηρίξουν την εκπαίδευση στις ηλικίες αυτές με πλούσιο υλικό, δραστηριότητες και παιχνίδια (Mulligan, & Mitchelmore, 2013; Levenson, Tsamir & Tirosh, 2011; Sarana & Clements, 2009; Gisburg et als., 2008; van den Heuvel-Panhuizen et al., 2008, κ.ά).

Αναδεικνύεται ωστόσο ένα ιδιαίτερος προβληματισμός σχετικά με το αν η εφαρμογή των δραστηριοτήτων αυτών με παράλληλη χρήση υλικού και γενικότερα η, κατά τα άλλα, ευχάριστη και αρκετά δημιουργική ενασχόληση των παιδιών τα οδηγεί σε κάποια μαθηματική ανάπτυξη. Ο Van oers (2013) επισημαίνει ότι αν και τα παιδιά επιδεικνύουν μια συμπεριφορά (πχ. μετρούν ή αναγνωρίζουν σχήματα) που για τους ενήλικες μοιάζει μαθηματική γιατί ταιριάζει με τη δική τους κατανόηση για το τι είναι Μαθηματικά, συχνά δεν μπορούν να εφαρμόσουν αυτή τη 'γνώση' σε νέες καταστάσεις ή να απαντήσουν σε ερωτήσεις σχετικά με αριθμούς ή γεωμετρικές μορφές.

Προκύπτει λοιπόν το ερώτημα για το ποια είναι εκείνη η ειδική δράση που είναι απαραίτητο να αναπτυχθεί από τα παιδιά, ποιο υλικό να χρησιμοποιηθεί και ποια χρήση του να γίνει ώστε να εκκινήσει και να αρχίσει να θεμελιώνεται βαθμιαία η ανάπτυξη μαθηματικών εννοιών και διεργασιών; Καθώς διαπιστώνουμε ότι υπάρχουν ακόμα

σοβαρές δυσκολίες στο σχεδιασμό ενός κατάλληλου προγράμματος για τα Μαθηματικά στις μικρές ηλικίες που να εφαρμόζεται αποτελεσματικά από τους εκπαιδευτικούς, είναι σημαντικό να βαθύνουμε τον προβληματισμό σχετικά με το πώς αναπτύσσονται οι μαθηματικές ιδέες και πώς μπορούν οι μικροί μαθητές να φτάσουν σε ένα επίπεδο μαθηματικής σκέψης και δράσης, σύμφωνα και με τους στόχους των προγραμμάτων (Newton & Alexander, 2013).

Στην εισήγηση θα δοκιμάσουμε να παρουσιάσουμε συνοπτικά την έννοια της μαθηματικής δραστηριότητας στις μικρές ηλικίες όπως αναδεικνύεται στις σχετικές προτεινόμενες εκπαιδευτικές προτάσεις. Στη συνέχεια θα επιδιώξουμε να συνδέσουμε τη δράση αυτή με τα στοιχεία του παιχνιδιού και τα χαρακτηριστικά του εκπαιδευτικού υλικού.

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΤΙΣ ΜΙΚΡΕΣ ΗΛΙΚΙΕΣ

Θεωρητικές προσεγγίσεις

Ακόμα και μέχρι τις μέρες μας η κοινωνία, οι γονείς και πολλοί εκπαιδευτικοί δεν πιστεύουν στην ανάγκη μιας σοβαρής μαθηματικής εκπαίδευσης για τις μικρές ηλικίες. Θεωρούν ότι είναι αρκετό να ασχολούνται τα παιδιά με απλοϊκές δραστηριότητες, να μετρούν, να αναγνωρίζουν σχήματα ή να επαναλαμβάνουν ένα μοτίβο. Αν και η επιστημονική έρευνα ανέδειξε μια ποικιλία από διδακτικές προτάσεις που επηρέασαν τα προγράμματα σπουδών σε παγκόσμια και σε εθνική κλίμακα (ΔΕΠΠΣ, 2003 και Νέο Πρόγραμμα, 2011), στην τάξη των νηπιαγωγείων και δημοτικών δεν εντοπίζονται ανάλογες αλλαγές.

Στις κεντρικές ερευνητικές εκπαιδευτικές προτάσεις μπορούμε να κατατάξουμε αρχικά τη συστηματική μελέτη της μαθηματικής ανάπτυξης στα μικρά παιδιά από τους Sarama & Clements (2009) πάνω σε ένα (κυρίως ψυχολογικό) θεωρητικό πλαίσιο που ονομάζουν *‘ιεραρχική αλληλεπιδραστικότητα’*. Η προσέγγιση αυτή επικεντρώνεται στις τροχιές μάθησης, δηλαδή περιγραφές της σκέψης του παιδιού που συνδέονται με έργα και υλικό σύμφωνο με την πρόοδο αυτής της σκέψης. Για παράδειγμα, στην ανάλυση και σύνθεση σχημάτων, οι ερευνητές κατανέμουν την ανάπτυξη της σκέψης των παιδιών σε έξι επίπεδα με τις ανάλογες ενέργειες (προ-σύνθεση, συναρμολόγηση κομματιών, δημιουργία εικόνων, σύνθεση σχημάτων, σύνθεση με αντικατάσταση και τακτική σύνθεση σχημάτων, βλ. σχετικά, Καπλάνη & Τζεκάκη, 2013). Για την εξέλιξη αυτής της σκέψης προτείνουν δράσεις και υλικό που υποστηρίζουν το πέρασμα από το ένα επίπεδο στο άλλο, όπως είναι για παράδειγμα τα σχέδια για τις συνθέσεις σχημάτων ή τα ταγκράμ (Clements, & Sarama 2009).

Σημαντικό έργο σε αντίστοιχη αναπτυξιακή βάση, που όμως αλλάζει τον προσανατολισμό της μαθηματικής εκπαίδευσης των μικρών ηλικιών με την εισαγωγή κι άλλων διαστάσεων εκτός από την αριθμητική και τη γεωμετρία, οι English, Mullighan και Mitcelmore (2013) ασχολήθηκαν με τα δομικά χαρακτηριστικά των Μαθηματικών, τις κανονικότητες και τις δομές σε ένα πρόγραμμα που ονομάστηκε *‘επίγνωση κανονικότητας και δομών’*, προτείνοντας σημαντικές μαθηματικές δράσεις. Για

παράδειγμα, άρχισαν να εισάγουν στα παιδιά την αναπαραγωγή ή τη συνέχιση κανονικοτήτων, την συμπλήρωση χωρικών τετραγωνισμένων σχημάτων ή τον χωρισμό σχημάτων σε μέρη (Mulligan, & Mitchelmore, 2013).

Δίνοντας μεγαλύτερη σημασία στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των Μαθηματικών, οι Levenson, Tsamir & Tirosh (2011) μελέτησαν την διδασκαλία της Γεωμετρίας στις μικρές ηλικίες προτείνοντας την προσέγγιση των γεωμετρικών εννοιών με τη βοήθεια ‘*ορισμών εργασίας*’ που τα παιδιά χρησιμοποιούν για να αναγνωρίσουν, να συγκρίνουν, να βρουν ιδιότητες και σχέσεις στα σχήματα. Για παράδειγμα, δίνουν στερεοτυπικά και μη γεωμετρικά σχήματα και ζητούν από τους μαθητές να τα αναγνωρίσουν και να δικαιολογήσουν την απάντηση, δημιουργώντας έτσι βαθμιαία έναν ‘ορισμό’ για κάθε σχήμα που δεν είναι ακριβώς μαθηματικός αλλά εισάγει βαθμιαία τα παιδιά στην αναγνώριση μιας γεωμετρικής μορφής με βάση ιδιότητες και σχέσεις.

Η κοινωνικο- παιδαγωγική θέση ‘*Μαθηματικά μέσα από παιχνίδι*’ δίνει ενδιαφέρουσες προτάσεις στη μαθηματική εκπαίδευση των μικρών παιδιών (Wager, 2013). Για να συμπληρώσει τη σύνδεση του ευχάριστου παιχνιδιού με το μαθηματικό περιεχόμενο ή τα μαθηματικά αντικείμενα με τη μαθηματική μάθηση ο Van oers (2013) προσθέτει στο παιχνίδι τη χρήση της γλώσσας και την επικοινωνία σε μια πολιτισμικό – ιστορική οπτική της *Θεωρίας της Δράσης*. Για παράδειγμα, μετά από μια δράση ή κατασκευή τα παιδιά ενθαρρύνονται να περιγράψουν με λόγια ή να εξηγήσουν τις επιλογές τους στα υπόλοιπα παιδιά.

Τις προτάσεις που αναφέραμε φυσικά συμπληρώνουν και άλλες προσεγγίσεις όπως η ‘*αναδύομη μοντελοποίηση*’ της σχολής του Feudendahl (1983; Gravenmeijer, 1997) που εντάσσουν σχετικές εφαρμογές και υλικό και για τις μικρές ηλικίες, όπως και η ‘*θεωρία των διδακτικών καταστάσεων*’ της γαλλικής σχολής με επίσης γενικότερη ερευνητική δραστηριότητα στην οποία εντάσσονται και οι μικρές ηλικίες (Brousseau, 1997) όπως κι άλλες σχετικές θεωρίες.

Μελετώντας τις σχετικές προσεγγίσεις, αρχικά αισθάνεται κανείς ότι όλες μπορεί να γίνουν αποδεκτές και να εφαρμοστούν με επιτυχία. Ωστόσο η ανάπτυξη αυθεντικής μαθηματικής δραστηριότητας στις μικρές ηλικίες είναι πιο περίπλοκη από ότι αρχικά φαίνεται. Όλες οι προηγούμενες προτάσεις συγκλίνουν στην άποψη ότι επιδιώκουμε να αναπτύξουμε στους μικρούς μαθητές μια *υψηλού επιπέδου σκέψη* και να καλλιεργήσουμε από τις μικρότερες ηλικίες συνήθειες και νοητικές ρουτίνες για συστηματικές επεξεργασίες. Αλλά ο τρόπος για να το πετύχουμε αυτό δεν είναι τόσο απλός.

Στην κάθε μία από τις προηγούμενες προτάσεις μπορούμε να βρούμε διαστάσεις που λείπουν, και ασαφείς συνδέσεις με τη μαθηματική γνώση που επιδιώκουμε να προσεγγίσουμε. Για παράδειγμα στην πρόταση Sarama & Clements οι δραστηριότητες ανάλυσης και σύνθεσης των σχημάτων δεν αποσαφηνίζονται πως συνδέονται μεταγενέστερα με τη γεωμετρική γνώση που αφορά τα γεωμετρικά σχήματα. Όμοια η ανάπτυξη επίγνωσης για τις κανονικότητες και τις δομές των English, Mullighan και Mitchelmore είναι σημαντική αλλά δεν επεξηγεί πώς συνδέονται αυτές οι δράσεις με τις μαθηματικές κανονικότητες και τις δομές που βρίσκουν εφαρμογή στην επιστήμη. Ακόμα και η πιο ‘μαθηματικοποιημένη’ προσέγγιση των Levenson, Tsamir και Tirosh είναι

ενδιαφέρουσα αλλά δεν κάνει σαφές το πώς οδηγεί από τους ‘ορισμούς εργασίας’ στους μαθηματικούς ορισμούς; Αντίστοιχα η προσέγγιση μέσα από το παιχνίδι είναι αμφίβολο αν οδηγεί σε γενικεύσεις, όπως αναφέρθηκε ήδη και η επικοινωνία ή ανταλλαγή δεν είναι βέβαιο ότι αποκτά μαθηματικό προσανατολισμό, με αποτέλεσμα να καταλήγει ο εκπαιδευτικός να ‘μαθηματικοποιεί’ την αυθόρμητη δράση των παιδιών.

Γενικά, παραμένουν πολλά ερωτήματα σχετικά με τη μαθηματική εκπαίδευση στις μικρές ηλικίες. Μετά την αναγνώριση της κρισιμότητας της όπως και του γεγονότος ότι τα παιδιά έρχονται στο σχολείο με πολλές μαθηματικές ιδέες ή αναπτύσσουν σχετικές διαδικασίες (όπως μετρούν, συγκρίνουν, αναγνωρίζουν σχήματα, μοτίβα, κλπ) άρχισαν τα τελευταία χρόνια πιο ουσιαστικοί προβληματισμοί γι’ αυτή την εκπαίδευση. Τα παιδιά χρησιμοποιούν πολλά μαθηματικά αντικείμενα (όπως και όλοι μας), εμπλέκονται σε καταστάσεις με μαθηματικό περιεχόμενο, ή αναπτύσσουν κάποιες μαθηματικές διεργασίες (λύνουν προβλήματα, εξετάζουν, εξηγούν, αναστοχάζονται, κλπ.), ενώ παράλληλα χρησιμοποιούν υλικά ή τεχνολογία με μαθηματικά χαρακτηριστικά. Τους μαθαίνουν όμως όλα αυτά Μαθηματικά; Τους επιτρέπουν να αναπτύξουν μαθηματικές ιδέες προς την κατεύθυνση ανάπτυξης μαθηματικών εννοιών; Τι από όλα αυτά τους οδηγεί στην εξοικείωση με τον τρόπο που λειτουργεί και εξελίσσεται η μαθηματική επιστήμη και την προσέγγιση μαθηματικών νοημάτων (Τζεκάκη, 2010);

Αυθεντική Μαθηματική δραστηριότητα

Όπως αναφέρθηκε ήδη η μαθηματική ανάπτυξη, λόγω της γενικής και αφηρημένης φύσης των Μαθηματικών, είναι πιο περίπλοκη από όσο φαίνεται. Η εμπλοκή με μαθηματικά αντικείμενα, η δράση σε πρακτικό επίπεδο, η πραγματοποίηση ενός παιχνιδιού ή η χρήση ενός υλικού επιτρέπουν πιθανόν χρήσιμη και ενδιαφέρουσα ενεργοποίηση των παιδιών αλλά δεν οδηγούν απαραίτητα στην ανάπτυξη μαθηματικών ιδεών ή στην προσέγγιση μαθηματικών νοημάτων. Αναφέραμε ήδη ότι τα παιδιά υλοποιούν δράσεις στο χώρο, προσανατολίζονται, βρίσκουν θέσεις, μετρούν μεγέθη, υπολογίζουν αποστάσεις, μετρούν ποσότητες κλπ., παίζουν μαθηματικά παιχνίδια ή διαβάζουν ιστορίες με μαθηματικό περιεχόμενο (van den Heuvel-Panhuizen, et als, 2008) ή ακόμα χρησιμοποιούν ένα ‘μαθηματικό’ εκπαιδευτικό υλικό. Πολλά από αυτά μπορούν να τα κάνουν και πριν ή χωρίς κάθε διδακτική προσέγγιση.

Τι είναι όμως όλη αυτή η ‘γνώση’ που προσεγγίζουν; Είναι μαθηματική; Μήπως είναι απλά γνώση γενική, καθημερινή, αντιληπτική, κιναισθητική, κοινωνική ή σε σύνδεση με τις εμπειρίες και τις ανάγκες; Φυσικά αποτελεί ένα προηγούμενο για να αναπτυχθούν ιδέες και στρατηγικές προς την κατεύθυνση της μαθηματικής ανάπτυξης, αλλά οι εκπαιδευτικοί θα χρειαστεί να είναι συνειδητοί ότι τα στοιχεία αυτά που αναφέραμε δεν αποτελούν από μόνα τους μαθηματική γνώση.

Είναι σημαντικό λοιπόν να διερευνηθεί η πιθανή σύνδεση αυτής της γνώσης με την μαθηματική ανάπτυξη που ενδιαφερόμαστε να πετύχουμε., και για το σκοπό αυτό μας είναι απαραίτητη η αποσαφήνιση του τι αποτελεί μαθηματική δραστηριότητα, τι αποτελεί μαθηματικό έργο και τι ανάπτυξη μαθηματικών ιδεών (και στη συνέχεια εννοιών) στις ηλικίες που μας απασχολούν.

Αρχικά ως *μαθηματική δραστηριότητα* (με την έννοια της μαθηματικής επεξεργασίας) μπορούμε να θεωρήσουμε ένα σύνολο από *μαθηματικές δράσεις* που, από τη σύνθεση πολλών και διαφορετικών για το ζήτημα αυτό θέσεων (Tzekaki, 2014; Τζεκάκη, 2011), μπορεί να συνοψισθεί στην ακόλουθη (ατελή ακόμα λίστα): αναζήτηση ιδιοτήτων και σχέσεων, αναγνώριση και αναζήτηση κανονικοτήτων και κοινών δομών, ανάλυση και σύνθεση σε μέρη και μοναδιαία μέρη, συνδέσεις, γλωσσική και αναπαρασταστική απόδοση (με εικόνες, σχήματα, σύμβολα), εξηγήσεις και τεκμηριώσεις, αναστοχασμός και γενίκευση... Όλες αυτές οι δράσεις εκκινούν από αυθεντικά ερωτήματα, πραγματικά προβλήματα, άγνωστες και προκλητικές καταστάσεις, παιχνίδια και συνδυάζονται με τις αντίστοιχες διεργασίες που περιλαμβάνουν διατύπωση υποθέσεων, επιλύσεις, μοντελοποιήσεις, χρήση πηγών και εργαλείων, αποδείξεις, μεταγνωστικές επεξεργασίες και τυποποιήσεις.

Κατά συνέπεια, τα *μαθηματικά έργα* που προτείνουμε, είναι φανερό ότι πρέπει (αρχικά) να σχετίζονται με τα ενδιαφέροντα και τις ανάγκες των παιδιών, να συνυπολογίζουν τις προηγούμενες εμπειρίες και γνώσεις, να είναι προκλητικά, ευχάριστα, να κινούν ο ενδιαφέρον των παιδιών, αλλά επίσης είναι απαραίτητο να συνδέονται με τις μαθηματικές δράσεις που επιδιώκουμε να αναπτύξουμε και το σχετικό μαθηματικό περιεχόμενο. Ένα πλαίσιο για το σχεδιασμό ή την επιλογή ενός κατάλληλου μαθηματικού έργου είναι απαραίτητο να αποσαφηνίζει (Keitel 2006): τη σύνδεση με την επιδιωκόμενη *μαθηματική ιδέα* (αφορά μια νέα ιδέα, μια απλή γνωριμία, μία προσέγγιση, μια μέθοδο, μια σύνθεση, μια διεύρυνση παλαιότερης ιδέας;), το *είδος του έργου* που προτείνει (εφαρμογή, δοκιμή, ρεαλιστική κατάσταση, πρόβλημα, έρευνα, κατασκευή, μοντέλο, επεξεργασία των δεδομένων, αναπαράσταση, παιχνίδι, δραματοποίηση;), τις *μαθηματικές δράσεις* που ενθαρρύνει (όπως αναφέρθηκαν), τις *αναπαραστάσεις* που χρησιμοποιεί, τα *εργαλεία* που προτείνει και τις *διεργασίες* που ενδυναμώνει (όπως αναφέρθηκαν).

Οι μαθηματικές έννοιες δεν αποτελούν γνώσεις που αναπτύσσονται με άμεση προσέγγιση. Κάθε κομμάτι μαθηματικής γνώσης απαιτεί μια μακροπρόθεσμη ανάπτυξη κατά τη διάρκεια της οποίας ένα μέρος της σχετικής έννοιας οικοδομείται στο μυαλό των παιδιών, και το μέρος αυτό βαθμιαία εμπλουτίζει τη σχετική γνώση, που σε βάθος χρόνου παίρνει ευρύτερες διαστάσεις και σταθεροποιείται σε ένα ορισμένο επίπεδο (Confrey & Kazak, 2006). Για το λόγο αυτό η διδασκαλία του κάθε κομματιού της μαθηματικής γνώσης απαιτεί ένα ολοκληρωμένο σχέδιο και η διδασκαλία του συστηματικές εμπειρίες και δραστηριότητες από μικρή ηλικία, που ακολουθούν όχι μόνο την πρόοδο της σκέψης των παιδιών, αλλά και την *πρόοδο της ίδιας της γνώσης σε αυτό το επίπεδο της σκέψης των παιδιών*.

Το παράδειγμα που ακολουθεί μας δίνει μια εικόνα για το επίπεδο στο οποίο μπορούν να φτάσουν τα παιδιά προσχολικής ηλικίας μέσα σε ένα κατάλληλο περιβάλλον με μαθηματικές δράσεις και μαθηματικά έργα. Σε ένα νηπιαγωγείο πραγματοποιήθηκε ένα πρόγραμμα διδασκαλίας γεωμετρικών εννοιών. Η σχετική προσέγγιση στηρίχθηκε στο μαθηματικό περιεχόμενο των γεωμετρικών σχημάτων και περιελάμβανε, την

αντίληψη και σύγκριση (άρα την διάκριση) των σχημάτων, την ανάλυση ιδιοτήτων (και μέσα από κατασκευές), την ανάλυση των μεταξύ τους σχέσεων (και μέσα από αναλύσεις και συνθέσεις), όπως και την κατηγοριοποίηση των σχημάτων της ίδιας ομάδας (πχ. των τριγώνων ή των τετραπλεύρων). Για την προσέγγιση των στοιχείων αυτών, σχεδιάστηκαν δραστηριότητες και παιχνίδια με το αντίστοιχο υλικό και τα παιδιά δούλεψαν σε ομάδες σε μια ποικιλία – αντίστοιχων με το περιεχόμενο – μαθηματικών έργων. Το μοντέλο διδασκαλίας που εφαρμόστηκε (συνδυάζοντας τις θεωρητικές προσεγγίσεις που αναφέρθηκαν), στόχευε επιπλέον και στην ανάπτυξη της ικανότητας *γενίκευσης* στα παιδιά αναφορικά με τις ιδιότητες και σχέσεις των γεωμετρικών σχημάτων, μέσα από τον αναστοχασμό και την αυτοδιόρθωση. Για το σκοπό αυτό, εκτός από την ανάπτυξη διαλόγου στο τέλος κάθε έργου, μετά το πέρας μιας ομάδας δράσεων ενθαρρύνονταν οι μαθητές να εξάγουν συμπεράσματα και να τα καταγράψουν με τον τρόπο που τα ίδια επέλεξαν (συνήθως ζωγραφική). Μερικά από τα *συμπεράσματα* στα οποία κατέληξαν τα παιδιά διατυπώνουν σημαντικές μαθηματικές ιδέες, όπως για παράδειγμα: «*Όπως και να γυρίσω το σχήμα δεν αλλάζει καθόλου, είναι πάντα το ίδιο σχήμα*» ή «*Για να βάλω τα τρίγωνα σε ομάδες προσέχω τις γωνίες και τις πλευρές*» ή ακόμα «*Δεν μας νοιάζει αν ένα σχήμα είναι κοντό ή ψηλό ή λεπτό ή χοντρό. Κοιτάζω πάντα τις γωνίες και τις πλευρές*» (Παπαδοπούλου & Τζεκάκη, 2014).

ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

Σύνδεση της μαθηματικής δραστηριότητας με το παιχνίδι

Η έρευνα έχει καταδείξει ότι μεγάλο μέρος της μαθηματικής δράση των παιδιών μπορεί να αναπτυχθεί μέσα από το κατάλληλο παιχνίδι. Αυτό βοηθά, όχι μόνο να προσεγγίσουν τα παιδιά σημαντικές μαθηματικές ιδέες, αλλά επίσης διδακτικά να απομακρυνθούν από την τυπική, παραδοσιακή διδασκαλία. Το παιχνίδι τόσο στις μικρές ηλικίες (όσο και σε μεγαλύτερες) έχει ένα σημαντικό μαθησιακό χαρακτήρα. Πολλές προσεγγίσεις από τον Dewey, μέχρι τον Piaget και τον Vygotsky, ενισχύουν αυτή τη θέση και ενθαρρύνουν τους εκπαιδευτικούς να το χρησιμοποιούν στη σχολική τάξη (Wager, 2013). Ωστόσο συχνά η προσέγγιση με το παιχνίδι όπως και με τις άλλες δραστηριότητες για τις οποίες μιλήσαμε παραμένουν ευχάριστες ενασχολήσεις χωρίς τα αποτελέσματα που ελπίζουμε.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι το *‘μαθαίνω Μαθηματικά’* σημαίνει *‘κάνω Μαθηματικά’*, δηλαδή αντιμετωπίζω μια άγνωστη ή προκλητική κατάσταση, δοκιμάζω να πετύχω ένα στόχο, ξεκινώντας από όσα ξέρω κι από όσο μπορώ δημιουργώ νέους τρόπους, νέες εξηγήσεις και νέες ερμηνείες, άρα πετυχαίνω νέες κατανοήσεις (Brousseau, 1997). Μια τέτοια διαδικασία απαιτεί, εκτός από τα άλλα χαρακτηριστικά σύνδεσης με τις μαθηματικές ιδέες που αναφέραμε, ατομική ενεργοποίηση και εμπλοκή, σκοπιμότητα και κίνητρο και συμπερασματική, αναστοχαστική σκέψη. Το παιχνίδι εισάγει με φυσικό τρόπο πολλά από τα στοιχεία αυτά.

Αποφεύγοντας να δοκιμάσουμε να ορίσουμε το παιχνίδι ή τη μάθηση μέσα από το παιχνίδι, είναι εύκολο να εντοπίσουμε στοιχεία του παιχνιδιού που αντιστοιχούν με τα στοιχεία μιας αυθεντικής μαθησιακής δράσης (Pampling Samuleson, 2008). Το παιδί

συμμετέχει στο παιχνίδι γιατί αισθάνεται κάποια *πρόκληση* και νοιώθει ευχαρίστηση, ακολουθεί κάποιους *κανόνες* ή ένα σενάριο και *οργανώνει τη δράση* του με βάση τους κανόνες αυτούς, χρησιμοποιεί το εμπλεκόμενο υλικό, αναπτύσσει τακτικές, *στρατηγικές*, υφίσταται περιορισμούς και *ελέγχεται* (Salen & Zimmerman, 2004).

Όμοια μια μαθησιακή διαδικασία (ατομική ή συλλογική) προϋποθέτει εμπλοκή στην αντιμετώπιση μιας κατάστασης με βάση ένα ισχυρό εσωτερικό κίνητρο που σχετίζεται περισσότερο με την ικανοποιητική οργάνωση της κατάστασης και την επίτευξη ενός τρόπου διαχείρισης της εμπειρίας, (von Glasersfeld, 2007). Συχνά οι εκπαιδευτικοί προτείνουν ως παιχνίδια κατασκευασμένες καταστάσεις, ιστορίες και παραμύθια, όπως και δραματοποιήσεις, που δεν επιδιώκουν με συστηματικό τρόπο την ατομική ή συλλογική νοητική δραστηριοποίηση πάνω σε ένα συγκεκριμένο θέμα αλλά απλά την εμπλοκή σε ένα σενάριο ή μια ιστορία, που κάποιες φορές παρασέρνει τα παιδιά σε άλλους στόχους (Τζεκάκη, 2010).

Στη συνέχεια, η λεγόμενη βιωματική συμμετοχή σε μια μαθησιακή διαδικασία, όπως και στο παιχνίδι, απαιτεί μια συστηματική οργάνωση δράσης και σκέψης. Κάθε πραγματική κατάσταση που αντιμετωπίζουμε περιορίζεται από κάποιους κανόνες και η επιτυχής αντιμετώπιση της αποτελεί μιας μορφής 'νίκη'. Για το σκοπό αυτό το άτομο κινητοποιεί τις γνώσεις που έχει, τις επανεξετάζει, τις διευρύνει, αναπτύσσει τακτικές και στρατηγικές και αναστοχάζεται πάνω στη δράση του. Το στοιχείο αυτό είναι κρίσιμο για την ανάπτυξη μιας στρατηγικής ή τη δημιουργία μιας ιδέας καθώς δεν είναι η ίδια η δράση που δημιουργεί μια ιδέα, αλλά η *σκέψη πάνω στη δράση* (Duvall, 2000). Για παράδειγμα, ένα παιχνίδι σε ζευγάρια όπως τα 'στοιχήματα' όπου το ένα παιδί στο ζευγάρι κρατάει στο χέρι του 5 (αντίστοιχα, 6 7 ή 8 ή 10) σπίρτα, τα μοιράζει στα δύο του χέρια, κρύβει το ένα πίσω από την πλάτη και δείχνει το άλλο χέρι με τα σπίρτα, ρωτώντας πόσο σπίρτα έχω κρυμμένα, οδηγεί το δεύτερο παιδί να συστηματοποιήσει αναλύσεις και συνθέσεις 5 στοιχείων και τα δύο παιδιά να αναπτύξουν στρατηγικές μοιρασιάς που τους κάνουν να κερδίσουν (βλ. σχετικά, Τζεκάκη, 2007). Το παιχνίδι αυτό μπορεί να αποτελέσει μέρος ενός συνόλου δράσεων που σχετίζεται με την ανάλυση και σύνθεση της ποσότητας 5 στοιχείων.

Συχνά οι εκπαιδευτικοί μένουν ικανοποιημένοι που οι μαθητές ανέπτυξαν κάποιες προσεγγίσεις, άσχετα αν κάποιες είναι κιναισθητικές, πρακτικές ή αξιοποιούν καθημερινές εμπειρίες και δεν οδηγούν σε ουσιαστικότερες μαθηματικές ιδέες. Αναφέραμε ήδη ότι τα παιδιά εμπλέκονται και δραστηριοποιούνται σε διάφορα παιχνίδια αλλά οι δράσεις τους είναι μεμονωμένες, δεν έχουν συνδέσεις και διαδοχή, δεν οδηγούν αναστοχασμό και κατά συνέπεια δεν καταλήγουν σε γενικεύσεις προς την κατεύθυνση μια ανάπτυξης μαθηματικής ιδέας (Van oers, 2013; Doverborg & Prampling Samuleson, 2011)

Το παιχνίδι είναι μια συμβολική δράση και με την έννοια αυτή μοιάζει ως ένα βαθμό με τη ζωή (μέρος την οποίας είναι και η μάθηση). Ζητά παρόμοιο είδος δράσης από τον παίκτη, παρόμοιο είδος συναίσθηματος, κίνητρο, κλπ. Αποδίδει αντίστοιχες εμπειρίες, δεξιότητες, μεθόδους, στρατηγικές και γνώσεις Βέβαια διαφέρει από τη ζωή, γιατί στο παιχνίδι μπορεί ο παίκτης να ξεπεράσει τις περισσότερες από τις συνθήκες ή τις

δυσκολίες και να καταφέρει να κερδίσει (Wouters et als., 2013). Με την έννοια αυτή το παιχνίδι ‘διδάσκει’. Το μαθηματικό παιχνίδι ‘διδάσκει’ επίσης και οδηγεί σε μαθηματικά οφέλη, αρκεί να σχεδιαστεί με προσοχή ως προς το περιεχόμενο και τη μαθηματική δράση που προκαλεί, να διατηρεί την αυθεντικότητα ενός πραγματικού παιχνιδιού και να παίζεται με την ανάλογη σοβαρότητα.

Αντίστοιχα στοιχεία ισχύουν και για τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού.

Σύνδεση της μαθηματικής δραστηριότητας με το εκπαιδευτικό υλικό

Η σημασία χρήσης εκπαιδευτικού υλικού εμπράγματου ή ψηφιακού στην ανάπτυξη μαθηματικών ιδεών δεν αμφισβητείται. Η σημασία αυτή συνδέεται κυρίως με δύο στοιχεία: την ικανότητα του υλικού να ενθαρρύνει *δραστηριότητες και εμπειρίες* που συνδέονται με μαθηματικά νοήματα, και το σχεδιασμό του με τρόπο ώστε να δημιουργεί κατάλληλες *εξωτερικές αναπαραστάσεις* για μαθηματικές έννοιες και διαδικασίες.

Αρχικά, ως προς τις *δραστηριότητες*, και ειδικά για τη διδασκαλία των Μαθηματικών, το εκπαιδευτικό υλικό αποτελεί ένα μέσο σύνδεσης του ‘συγκεκριμένου’ με το ‘αφηρημένο’ (όπως οι μαθηματικές έννοιες). Ωστόσο είναι σημαντικό να ειπωθεί ότι η διάκριση ‘συγκεκριμένο’ ή ‘αφηρημένο’ είναι μια θεωρητική κατασκευή καθώς ακόμα και μία ‘*συγκεκριμένη*’ δράση είναι ουσιαστικά μια καλή *νοητική δράση*. Για παράδειγμα, όταν τα παιδιά κάνουν έργα με πραγματικό υλικό για να προσεγγίσουν τους αριθμούς, ουσιαστικά, αν κι έχουν ‘συγκεκριμένο’ υλικό, δεν θα μπορέσουν να εκτελέσουν κανένα έργο αν δεν *ξέρουν τι να κάνουν με το υλικό αυτό*. Θα το βρουν το ίδιο αφηρημένο, μη συνδεδεμένο με την πραγματικότητα, μυστήριο, τυχαίο και περίεργο όσο βρίσκουν και τους ίδιους τους αριθμούς που υποτίθεται ότι το υλικό θα τους βοηθήσει να προσεγγίσουν. Τελικά μια ιδέα ή μια έννοια δεν μπορεί να θεωρηθεί συγκεκριμένη ή μη συγκεκριμένη, γιατί γενικά είναι *αφηρημένη* και το αντίστοιχο ισχύει και για το υλικό που την παρουσιάζει (Gravemeijer, 1997). Η μόνη διάκριση που μπορούμε να κάνουμε βρίσκεται στο κατά πόσο το υλικό επιτρέπει ή όχι μία συγκεκριμένη αισθητηριακή ή πρακτική προσέγγιση, πχ. μπορεί το παιδί να το δει, να το πιάσει ή να το χειριστεί με κάποιο τρόπο.

Γενικά, οι μαθηματικές ιδέες μπορούν να κατασκευαστούν μέσα από πραγματικές καταστάσεις με τη χρήση συγκεκριμένου υλικού, αλλά αυτή η κατασκευή δεν συνδέεται τόσο με τα φυσικά ή πραγματικά του χαρακτηριστικά αυτού του υλικού *όσο από τη δράση που το υλικό επιτρέπει και τη γενίκευση αυτής της δράσης που κάνει το παιδί* σε σύνδεση με άλλες ιδέες και καταστάσεις (Noss, Heyly & Hoyles, 1997).

Στη συνέχεια *ως προς τις αναπαραστάσεις*, όλες οι έννοιες (όπως και οι μαθηματικές) επειδή είναι ‘ιδεατές’ αποδίδονται με τη χρήση διαφόρων *αναπαραστατικών μέσων*. Τα συγκεκριμένα υλικά που χρησιμοποιούνται για να τις προσεγγίσουμε είναι κι αυτά *αναπαραστάσεις* (λόγος, σύμβολα, μοντέλα, εικονικά μοντέλα κλπ.). Για παράδειγμα, η λέξη ‘τρία’ ή το σύμβολο 3, αποτελούν τρόπους να παρασταθεί η αριθμητική έννοια, και για αυτή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένα χειραπτικό υλικό, μια εικόνα ή ένα ψηφιακό σχήμα.

Όλα αυτά τα στοιχεία αποτελούν εξωτερικές αναπαραστάσεις και όπως είναι γνωστό είναι μέσα για να δημιουργηθούν οι *εσωτερικές αναπαραστάσεις* των εννοιών. Σε όλες τις θεωρητικές προσεγγίσεις εντοπίζουμε την κοινή θέση ότι όλες οι εξωτερικές αναπαραστάσεις όπως και το σχετικό εκπαιδευτικό υλικό διαμεσολαβούν στην *εννοιολογική συγκρότηση* του ατόμου, καθώς δίνουν υπόσταση σε ιδεατές οντότητες (Goldin, 1998).

Συχνά όμως η λειτουργία, η δομή ή η μορφή που έχουν αυτές οι αναπαραστάσεις, όπως άλλωστε και το σχετικό εκπαιδευτικό υλικό, δεν ευνοούν την επιδιωκόμενη μετάβαση από το συγκεκριμένο στο αφηρημένο, από το πρακτικό στη μαθηματική ιδέα, καθώς η ιδέα που παρουσιάζουν δεν γίνεται αντιληπτή στο παιδί ή γίνεται αντιληπτή με λάθος τρόπο (και ίσως τελικά χρειάζεται να εισαχθεί από τον εκπαιδευτικό). Σε κάποιες περιπτώσεις οι αναπαραστάσεις που χρησιμοποιούνται στηρίζουν το σχηματισμό εννοιών, αλλά σε κάποιες άλλες εμποδίζουν ή δημιουργούν λανθασμένες αντιλήψεις για τις έννοιες. Έτσι για παράδειγμα το γνωστό υλικό του Dienes, αν και ιδιαίτερα υποστηρικτικό, επιτρέπει την προσέγγιση σε κάποιες μόνο διαστάσεις των αριθμητικών εννοιών (τη σύνθεση και σύνδεση μονάδων), δημιουργώντας ίσως κάποιες λανθασμένες αντιλήψεις τόσο για τις αριθμητικές υποδιαίρεσεις όπως και για το συνεχές των αριθμητικών συνόλων.

Έτσι λοιπόν οι απαιτήσεις για το εκπαιδευτικό υλικό συγκεντρώνονται στην ανάγκη (1) να ενθαρρύνει την ανάπτυξη μαθηματικών δράσεων (όπως αναφέρθηκαν προηγούμενα), (2) να ορίζει και παριστά κατάλληλα το μαθηματικό αντικείμενο που αφορά και τις ιδιότητες του ή τις σχέσεις του με τα άλλα μαθηματικά αντικείμενα, αλλά επίσης (3) να είναι σε θέση προοδευτικά να *διευκολύνει το μαθητή να μετακινηθεί* από τα συγκεκριμένα υλικά στα μαθηματικά αντικείμενα που αναπαριστούν. Ο μοναδικός τρόπος να ξεπεραστεί η μονομέρεια των εκπαιδευτικών υλικών και ο περιορισμός των δράσεων και των γενικεύσεων που επιτρέπουν είναι η χρήση μιας *πολλαπλότητας υλικών ή αναπαραστάσεων* (Perry, & Dockett, 2008).

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι η χρήση εκπαιδευτικού υλικού και με τον τρόπο αυτό η διαμεσολάβηση αναπαραστατικών μέσων δεν οδηγεί αυτοονόητα στην προσέγγιση των μαθηματικών εννοιών και είναι δυνατό να οδηγήσει τόσο σε καλά, όσο και σε κακά αποτελέσματα. Η διδακτική τους αξιοποίηση απαιτεί προσεκτική επιλογή και κατάλληλη διαχείριση τους μέσα στην τάξη ώστε να συνδέεται με την αντίστοιχη επιλογή δραστηριοτήτων.

ΓΕΝΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ

Τα ερευνητικά αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την ικανότητα των μικρών μαθητών να μετασχηματίσουν τις αυθόρμητες ή άτυπες γνώσεις τους σε σημαντικές και ενδιαφέρουσες μαθηματικές ιδέες με την κατάλληλη διδακτική υποστήριξη. Συχνά στην εκπαίδευση περιοριζόμαστε σε δράσεις χωρίς προσανατολισμό, παιχνίδια ή άλλα έργα χωρίς συνδέσεις και γενικεύσεις και ενασχόληση με μαθηματικά αντικείμενα ή εκπαιδευτικό υλικό χωρίς φροντίδα για την ανάπτυξη αυθεντικής μαθηματικής δραστηριότητας που θα επιτρέψει τη σύγκλιση της άτυπης με την επιστημονική γνώση

(φυσικά σε βάθος χρόνου). Τα παιδιά στις μικρές ηλικίες μπορούν να κατανοήσουν ουσιαστικά και να προσεγγίσουν μαθηματικές έννοιες και διεργασίες (Τζεκάκη, 2007; Ginsburg, 2002.), όμως τα εκπαιδευτικά συστήματα και οι αντίστοιχες διδακτικές εφαρμογές ακολουθούν ασυντόνιστες δράσεις που δεν προσφέρουν την απαιτούμενη εμπάθυση και αναστοχασμό που απαιτεί μια τέτοια εμπάθυση (Ginsburg, et als., 2008). Είναι γεγονός ότι η μαθηματική εκπαίδευση στις μικρές ηλικίες, λόγω της ιδιαίτερης φύσης του αντικειμένου, είναι αρκετά σύνθετη. Για το λόγο αυτό, όπως αναφέραμε ήδη, απαιτείται για κάθε στοιχείο μαθηματικής γνώσης, από αυτό ακόμα το επίπεδο, ένα συστηματικό και ολοκληρωμένο διδακτικό σχέδιο με την αντίστοιχη πλαισίωση με έργα και υλικό, που στην εφαρμογή του θα οδηγήσει τα παιδιά σε μαθηματική δράση αλλά και συστηματική σκέψη των πάνω στη δράση τους.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Brousseau, G. (1997). *Theory of Didactical Situations in Mathematics*. Kluwer.
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2009). *Learning and Teaching Early Math. The Learning Trajectories Approach*. Routledge.
- Confrey, J., & Kazak, S. (2006). A Thirty- Year Reflection on Constructivism in Mathematics Education in PME. In A. Guitierrez & P. Boero (eds.), *Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education*, pp. 305 – 345. Sense Publishers.
- Doverborg, E., & Pramling Samuelsson, I. (2011). Early Mathematics in the Preschool Context. In N. Pramling & I. Pramling Samuelsson (eds.), *Educational Encounters: Nordic Studies in Early Childhood Didactics*. pp.37-64. Springer.
- Duval, R. (2000). Basic Issues of research in mathematics education. In T. Nakahara & M. Koyama (eds.), *Proceedings of the 24th Conference of PME*, Vol. 1, pp. 55-72. Hiroshima: Hiroshima University.
- English, L.D., & Mulligan, J. T. (eds.). *Reconceptualizing early mathematics learning*. Springer.
- Freudenthal, H. (1983). *Didactical phenomenology of mathematical structures*. Kluwer.
- Ginsburg, H. (2002). Little Children, Big Mathematics: Learning and Teaching in the Pre-School. In A. Cockburn & E. Nardi (eds.), *Proceedings of the 26th Conference of PME*, Vol. 1, pp. 003-014. Norwich: UEA, Norwich.
- Ginsburg, H. P., Lee, J. S., & Boyd, J. S. (2008). Mathematics education for young children: What it is and how to promote it. *Social Policy Report, XXII(I)*: 1-22.
- Goldin, G. (1998). Representational systems, learning, and problem solving in mathematics. *The Journal of Mathematical Behavior, Volume 17, Issue 2*: 137–165.
- Gravemeijer, K. (1997). Mediating between concrete and abstract. In T. Nunes & P. Bryant (eds.), *Learning and Teaching Mathematics*. pp. 163- 208. East Sussex, UK: Psychology Press.
- Keitel, C. (2006). ‘Setting a Task’ in German Schools. Different Frames for Different Ambitions. In D. J. Clarke, C. Keitel, & Y. Shimizu (eds.), *Mathematics Classrooms in Twelve Countries: The Insider’s Perspective*, pp. 37-57. Sense Publishers.

- Levenson, E., Tirosch, D., & Tsamir, P. (2011). *Preschool Geometry*. Sense Publishers.
- Mulligan, J. T., & Mitchelmore, M. C. (2013). Early awareness of mathematical pattern and structure. In L. D. English & J. T. Mulligan (eds.), *Reconceptualizing early mathematics learning*, pp. 47-66. Springer.
- Newton, K. J., & Alexander, P. A. (2013). Early Mathematics Learning in Perspective: Eras and Forces of Change. In L. D. English & J. T. Mulligan (eds.), *Reconceptualizing early mathematics learning*, pp. 5-28. Springer.
- Noss, R., Healy, L., & Hoyles, C. (1997). The construction of mathematical meanings: Connecting the visual with the symbolic. *Educational Studies of Mathematics*, 33: 203–233.
- Perry, B., & Dockett, S. (2008). Young children’s access to powerful mathematical ideas. In L. D. English (ed.), *Handbook of International Research in ME*, pp. 75-108. Routledge.
- Pramling Samuelsson, I. (2008). The Playing Learning Child: Towards a pedagogy of early childhood. *Scandinavian Journal of Educational Research*, Vol. 52, No. 6: 623–641.
- Salen, K., & Zimmerman, E. (2004). *Rules of play: Game design fundamentals*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Sarama, J., & Clements, D. H. (2009). *Early Childhood Mathematics Educations Research. The learning trajectories for young children*. Routledge.
- Tzekaki, M. (2014). Mathematics Activity in Early Childhood. Is it so simple? In Liljedahl, P., Nicol, C., Oesterle, S., & Allan, D. (eds.), *Proceedings of the 38th Conference of PME and the 36th Conference of PME-NA. Vol. 5*, pp. 289- 296. Vancouver, Canada: PME.
- van den Heuvel-Panhuizen, M., & van den Boogaard, S. (2008). Picture books as an impetus for kindergartners’ mathematical thinking. *Mathematical Thinking and Learning*, 10: 341-373.
- Van oers, B. (2013). Communicating About Number: Fostering Young Children’s Mathematical Orientation in the World. In L. D. English & J. T. Mulligan (eds.), *Reconceptualizing early mathematics learning*, pp 183 – 2014. Springer.
- von Glasersfeld, E. (2007). *Key Works in Radical Constructivism*. Sense Publishers.
- Wager, A.(2013). Practices that Support Mathematics Learning in a Play-Based Classroom. In L. D. English & J. T. Mulligan (eds.), *Reconceptualizing early mathematics learning*, pp 183 – 2014. Springer.
- Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H., & van der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105(2): 249.
- Καπλάνη, Ι, & Τζεκάκη, Μ. (2013). Ανάλυση και σύνθεση σχημάτων στην πρόιμη παιδική ηλικία. Στο Χ. Λεμονίδης, & Κ. Νικολατωνάκης (επιμ.) Πρακτικά του 5ου Συνέδριου της Ένωσης Ερευνητών της Διδακτικής των Μαθηματικών. Φλώρινα, ΕΝΕΔΙΜ –Πανεπιστήμιο Δ. Μακεδονίας.

- Παπαδοπούλου, Ε., & Τζεκάκη, Μ. (2014, υπό έκδοση). Γενίκευση στην προσχολική ηλικία: μια εφαρμογή στα γεωμετρικά σχήματα. Στο (Συλλογική Επιμέλεια). *Πρακτικά πανελληνίου συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή «Ανα- στοχασμοί για την παιδική ηλικία»*. Θεσσαλονίκη: ΤΕΠΑΕ – ΑΠΘ
- Τζεκάκη, Μ. (2011). Μαθηματική Δραστηριότητα και Μαθηματικά Έργα. Κεντρική Ομιλία. Στο Καλδρυμίδου, Μ. & Βαμβακούση, Ξ. (επιμ.). *Πρακτικά από το 4ο Συνέδριο της Ένωσης Ερευνητών της Διδακτικής των Μαθηματικών*, 51-66. Ιωάννινα, ΕΝΕΔΙΜ - Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Τζεκάκη, Μ. (2010). *Μαθηματική Εκπαίδευση για την προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία*. Θεσσαλονίκη: Ζυγός.
- Τζεκάκη, Μ. (2010b). Ερευνητικός και διδακτικός προσανατολισμός της μαθηματικής εκπαίδευσης στην προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία. Στο Δ. Γερμανός, & Μ. Κανατσούλη (επιμ.), *ΤΕΠΑΕ 09, Σύγχρονες παιδαγωγικές προσεγγίσεις στην προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία*, 171 – 188. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Τζεκάκη, Μ. (2007). *Μικρά παιδιά, μεγάλα μαθηματικά νοήματα*. Αθήνα: Gutenberg.

Εικονικό και συμβατικό απτικό υλικό στη μάθηση και τη διδασκαλία των μαθηματικών: Θεωρητική ανάλυση.

Γιώργος Φεσάκης

Επίκουρος Καθηγητής,
Πανεπιστήμιο Αιγαίου/ΤΕΠΑΕΣ
gfsakis@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αποτελεί θεωρητική ανάλυση της σχέσης των απτικών υλικών (*manipulatives*) και των εικονικών απτικών υλικών (*virtual manipulatives*) με τη μάθηση και τη διδασκαλία των μαθηματικών. Ειδικότερα επιχειρείται η αποσαφήνιση των εννοιών, η σύντομη κριτική ανασκόπηση ερευνών για τη μαθησιακή αποτελεσματικότητα των υλικών και περιγράφονται θεωρητικές προσεγγίσεις για την ερμηνεία του ρόλου των απτικών υλικών στην παραγωγή και τη μάθηση των μαθηματικών. Το θεωρητικό πλαίσιο της ανάλυσης περιλαμβάνει την προσέγγιση των απτικών υλικών ως μέσων για την κατασκευή, μερικών ισόμορφων, ενυπόστατων, αναπαραστάσεων των μαθηματικών ιδεών στο πλαίσιο της μαθηματικής μοντελοποίησης. Η έννοια συγκεκριμένο (*concrete*) επαναπροσδιορίζεται, ώστε να ερμηνευθεί ο ρόλος των λογισμικών υλοποιήσεων των απτικών υλικών στην κατανόηση και την κατασκευή μαθηματικών αφαιρέσεων. Η σύγκριση των εικονικών απτικών υλικών με τα συμβατικά (φυσικά και τεχνητά) γίνεται στη βάση των ερευνών για την αποτελεσματικότητα τους και των μοναδικών χαρακτηριστικών των λογισμικών που επιτρέπουν την ευκολότερη σύνδεση των ενυπόστατων προβολών των μαθηματικών ιδεών στον πραγματικό κόσμο με τις αντίστοιχες αφηρημένες μαθηματικές έννοιες. Για τη σύγκριση των απτικών υλικών και την ανάδειξη των μοναδικών χαρακτηριστικών των εικονικών επιστρατεύονται παραδείγματα υλοποιήσεων. Εξετάζεται επίσης, ο ρόλος των εικονικών απτικών στην διδασκαλία και τη σχολική πραγματικότητα σε σχέση με αυτόν των συμβατικών υλικών, καθώς και η επίδραση των εκπαιδευτικών. Η παρούσα ανάλυση ενδιαφέρει τους ερευνητές της μαθηματικής εκπαίδευσης, τους σχεδιαστές απτικού υλικού και τους μαχόμενους εκπαιδευτικούς που αναζητούν τρόπους να βελτιώσουν τη μάθηση των μαθηματικών ενώ ταυτόχρονα την καθιστούν περισσότερο ελκυστική και ψυχαγωγική.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Απτικό υλικό, Εικονικό απτικό υλικό, *manipulatives*, *virtual manipulatives*, θεωρητική ανάλυση, διδακτική των μαθηματικών

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μαθηματικοί επινόησαν εργαλεία και χρησιμοποίησαν διάφορα μέσα για την εργασία τους στο διάβα των αιώνων, από τον κανόνα, το διαβήτη και τον άβακα μέχρι τους Η/Υ. Η αξιοποίηση των εργαλείων αυτών στην μάθηση των μαθηματικών απαιτεί την εκπαιδευτική τους μελέτη (Durkus & Karakirik, 2006) ώστε να αποσαφηνιστεί ο ρόλος τους στη μάθηση και οι παράγοντες που τα καθιστούν αποτελεσματικά. Οι Η/Υ διευκολύνουν τους μαθηματικούς σε δύσκολους υπολογισμούς, την παραγωγή γραφημάτων και την επικοινωνία των μαθηματικών. Οι πρώτες εφαρμογές των Η/Υ στη μαθηματική εκπαίδευση αφορούν στην αυτόματη παραγωγή μαθηματικών υπολογισμών (Αριθμητική Ανάλυση) και την ανάπτυξη συμβολικών μαθηματικών μοντέλων (Τεχνητή Νοημοσύνη). Στη συνέχεια εμφανίστηκε η χρήση των Η/Υ για τη μάθηση των μαθηματικών μέσω αυτών. Οι πρώτες εφαρμογές μάθησης των μαθηματικών μέσω Η/Υ στηρίχθηκαν στην αυτοματοποίηση καλά ορισμένων διδακτικών μεθόδων της συμπεριφοριστικής προσέγγισης, όπως η προγραμματισμένη διδασκαλία. Οι εφαρμογές αυτές προσπάθησαν, ως ένα βαθμό, να υποκαταστήσουν τους εκπαιδευτικούς και τα κλασικά διδακτικά εγχειρίδια. Με την επικράτηση του κονστрукτιβισμού εμφανίζονται νέα εκπαιδευτικά λογισμικά που επιτρέπουν την διερεύνηση μαθηματικών εννοιών και σχέσεων μέσω ανοικτών δραστηριοτήτων. Χαρακτηριστικά λογισμικά της προσέγγισης αυτής είναι οι εκπαιδευτικές γλώσσες προγραμματισμού τύπου Logo και τα λογισμικά δυναμικής γεωμετρίας (Cabri, GeoGebra κ.ά.). Με τα κονστрукτιβιστικά εκπαιδευτικά λογισμικά ο Η/Υ αποκτά τον ρόλο γνωστικού εργαλείου αντί του συμπεριφοριστικού δασκάλου (Salomon et al., 1991). Ο Η/Υ στην προσέγγιση αυτή υποστηρίζει σύγχρονες μαθησιακές προσεγγίσεις (π.χ. η γνωστική μαθητεία, η διερευνητική, η αναστοχαστική, η εγκαθιδρυμένη μάθηση) για την κατασκευή μαθηματικής γνώσης στο πλαίσιο νοηματοδοτημένων και ελκυστικών περιβαλλόντων και δραστηριοτήτων. Ο Η/Υ ενισχύει υπάρχοντα τυπικά αναπαραστατικά συστήματα (π.χ. άλγεβρα) και επιτρέπει την επινόηση και υλοποίηση νέων (π.χ. δυναμικά συστήματα, κυψελωτά αυτόματα, κατηγορικό λογισμό) για την επίλυση προβλημάτων με την εφαρμογή μαθηματικής μοντελοποίησης. Πιο πρόσφατα οι Η/Υ αξιοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς για την υλοποίηση της ομαδοσυνεργατικής στρατηγικής της μάθησης στην μαθηματική εκπαίδευση μέσα από εργαλεία επικοινωνίας που παρέχουν οι δικτυακές τεχνολογίες.

Μέσα στην πορεία αυτή έχουν εμφανισθεί εντυπωσιακής ποικιλίας, εκπαιδευτικές εφαρμογές των Η/Υ και εκπαιδευτικό υλικό λογισμικής μορφής. Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας επιχειρείται θεωρητική ανάλυση της χρήσης των απτικών υλικών και των αντίστοιχων εικονικών απτικών υλικών στη μαθηματική εκπαίδευση. Τα απτικά υλικά είναι συμβατικό υλικό για την παραγωγή και τη μάθηση μαθηματικών του οποίου η προσομοίωση από τους Η/Υ ήταν εύλογο να δοκιμαστεί ως ιδέα. Υπάρχει διάχυτη η εντύπωση ότι η αξία των απτικών υλικών για τη μάθηση των μαθηματικών εδράζει κυρίως στην υλική τους υπόσταση και την δυνατότητα ενεργοποίησης της αφής και της όρασης. Οι έρευνες όμως για την αποτελεσματικότητα των εικονικών απτικών υλικών δείχνουν ότι αυτά είναι εξίσου αποτελεσματικά, ενώ σε συγκεκριμένες περιπτώσεις είναι αποτελεσματικότερα. Επιπλέον, τα εικονικά απτικά υλικά έχουν

επεκταμένες δυνατότητες σε σχέση με τα απτικά. Η θεωρητική ερμηνεία του φαινομενικά παράδοξου πειραματικού δεδομένου απαιτεί τον αναστοχασμό για τη βάση της μαθησιακής αξίας των απτικών υλικών. Τι είναι τελικά που τα καθιστά αποτελεσματικά εκτός της υλικής τους υπόστασης και της ενεργοποίησης της αφής; Για την προσέγγιση του ερωτήματος αυτού επιστρατεύονται θεωρητικές προσεγγίσεις της μαθηματικής εκπαίδευσης που επιτρέπουν την ενιαία ερμηνεία της μαθησιακής λειτουργίας των απτικών υλικών και των εικονικών τους αντίστοιχων.

Η εργασία έχει δομηθεί ως εξής: αρχικά οριοθετούνται σε κάποιο βαθμό οι έννοιες (παιδαγωγικό υλικό, ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό, απτικό υλικό και εικονικό απτικό υλικό), στη συνέχεια παρουσιάζονται θεωρητικές προσεγγίσεις για το απτικό υλικό, κατόπιν γίνεται σύντομη κριτική ανασκόπηση των εκπαιδευτικών ερευνών για την αποτελεσματικότητα των απτικών υλικών και των εικονικών απτικών υλικών, ακολουθεί η ανάλυση των πλεονεκτημάτων των εικονικών απτικών υλικών και στο τέλος γίνεται σύνοψη.

Σκοπός της παρούσας ανάλυσης είναι η παροχή ενός θεωρητικού πλαισίου για την ερμηνεία του ρόλου των απτικών υλικών στην μαθηματική εκπαίδευση και την προσέγγιση του ερωτήματος της σύγκρισης των απτικών υλικών με τα εικονικά. Επιπλέον η ανάλυση στοχεύει στην ανάδειξη του γενικότερου ρόλου και των δυνατοτήτων των εικονικών απτικών υλικών, της σχέσης τους με άλλα λογισμικά μαθηματικής εκπαίδευσης. Η ανάλυση ενδιαφέρει ερευνητές και εκπαιδευτικούς της διδακτικής των μαθηματικών καθώς και της αξιοποίησης των Η/Υ στην μάθηση των μαθηματικών.

ΑΠΟΣΑΦΗΝΙΣΗ ΕΝΝΟΙΩΝ

Το παιδαγωγικό υλικό γενικά

Ο όρος «παιδαγωγικό υλικό» περιλαμβάνει συνήθως οποιοδήποτε, φυσικό ή τεχνητό, ενυπόστατο αντικείμενο μπορεί να προσφέρει στα παιδιά ευκαιρίες ανάπτυξης της προσωπικότητας και των ικανοτήτων τους στο πλαίσιο διαφόρων μορφών δράσης στις οποίες εμπλέκονται ενεργά και αυθόρμητα όπως μαθησιακές δραστηριότητες (αυτοσχέδιες ή προσχεδιασμένες), παιχνίδια, δημιουργικά έργα κ.ά. (Σεραφεΐμ & Φεσάκης, 2009).

Η σημασία του παιχνιδιού και του παιδαγωγικού υλικού για την εκπαίδευση έχει επισημανθεί από φιλοσόφους ήδη από την εποχή του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη καθώς και από μεγάλους παιδαγωγούς όπως τον Κομένιο (1592-1670), τον Froebel (1782-1852) και την Montessori (1870-1952). Ο Froebel σχεδίασε παιδαγωγικό υλικό για μικρά παιδιά που είναι γνωστό και ως «τα δώρα του Froebel» (Εικόνα 1). Ο Froebel υποστήριξε το ελεύθερο παιχνίδι με τα «δώρα» του και σχεδίασε το υλικό αυτό με σκοπό να διευκολύνει την αυτοκατευθυνόμενη δραστηριότητα των παιδιών. Η υπερβολική καθοδήγηση και η υποχρέωση για τη χρήση του υλικού είναι αντίθετη με τη φιλοσοφία του σχεδιασμού του.



Εικόνα 1: Τα δώρα του Froebel

Παρόμοια, η Montessori έδωσε μεγάλη σημασία στο υλικό (Εικόνα 2) που πρότεινε στα πλαίσια του ομώνυμου παιδαγωγικού συστήματος. Κατά την Montessori τα παιδιά μαθαίνουν ανακαλύπτοντας και κατά συνέπεια το μαθησιακό υλικό θα πρέπει να έχει ενσωματωμένες λειτουργίες διαχείρισης των λαθών και παροχής αναδραστικής πληροφορίας για αυτορρύθμιση. Με τη χρήση των υλικών και των μηχανισμών ανάδρασης τα παιδιά έχουν τη δυνατότητα να διορθώνουν τα λάθη τους χωρίς να απευθύνονται σε ενήλικα-εκπαιδευτικό. Στο υλικό της Montessori περιλαμβάνονται ειδικά σχεδιασμένα παιχνίδια, δομικά στοιχεία, σύνολα γραμμάτων, επιστημονικά πειράματα, υλικά και μηχανισμοί ενεργοποίησης των πέντε αισθήσεων. Η Montessori υποστήριξε ότι τα παιδιά μαθαίνουν συχνά κατά τη διάρκεια ατομικών δραστηριοτήτων υψηλής συγκέντρωσης τις οποίες ο εκπαιδευτικός δεν θα πρέπει να διακόπτει.



Εικόνα 2: Υλικό Montessori

Από την μελέτη των παραπάνω παιδαγωγών και γενικότερα σχετικής βιβλιογραφίας (ενδεικτικά: Κυριαζοπούλου-Βαληνάκη 1977, Κουτσοβάνου 1993, Τριλιανός 2003, Σκουμπουρδή, 2004), γίνονται φανερές βασικές αρχές σχετικά με το παιδαγωγικό υλικό στην προσχολική ηλικία και γενικότερα όπως οι επόμενες:

- Ο χειρισμός υλικού από τα παιδιά συμβάλλει στην ανάπτυξη τους

- Στα παιδιά διατίθενται κατά προτίμηση χειροπιαστά υλικά σε σχέση με τις αφηρημένες αναπαραστάσεις εννοιών των οποίων η χρήση θα πρέπει να έπεται χρονικά
- Το παιδαγωγικό υλικό θα πρέπει να είναι αναπτυξιακά κατάλληλο, δηλαδή:
 - ο ανταποκρίνεται στα ενδιαφέροντα, τις ανάγκες και τις ικανότητες των παιδιών
 - ο είναι ελκυστικό, ασφαλές και γερό, διεγείρει τη φαντασία, ικανοποιεί την περιέργεια
 - ο δίνει πολλαπλές ευκαιρίες για αυτενέργεια, έκφραση και δημιουργία.
 - ο βοηθά στην ανάπτυξη εννοιών με ατομική ή/και ομαδική μάθηση
- Η ενσωμάτωση της χρήσης του βασίζεται στην αυθόρμητη εμπλοκή των παιδιών η οποία υποβοηθείται από κατάλληλα σχεδιασμένα παιχνίδια ή μαθησιακά σενάρια-δραστηριότητες.

Δεν είναι τυχαίο που οι πρώτες προσεγγίσεις του παιδαγωγικού υλικού αφορούν στα νεαρά παιδιά επειδή αποτελεί μια φυσική συνέχεια από τα παιχνίδια τους και έχουν περισσότερες ανάγκες για συγκεκριμένη σκέψη. Οι αρχές των πρωτοπόρων του παιδαγωγικού υλικού που παρουσιάστηκαν αν και είναι διαισθητικές και ενδεχομένως ατεκμηριώτες ερευνητικά, είναι χρήσιμες, διαχρονικές και αφορούν σε όλες τις βαθμίδες.

Ψηφιακό παιδαγωγικό υλικό

Με την εξάπλωση της χρήσης των Η/Υ στην εκπαίδευση εμφανίστηκαν και αυξάνονται διαρκώς υπολογιστικά αντικείμενα με σκοπό τη μάθηση. Τα αντικείμενα αυτά αποκαλούνται συνήθως ως ψηφιακό εκπαιδευτικό ή/και παιδαγωγικό «υλικό», παρά το γεγονός ότι στην πραγματικότητα δεν έχουν υλική υπόσταση αλλά λογισμική, ενώ μερικές φορές μπορεί να έχουν μικτή (π.χ. το υλικό εκπαιδευτικής ρομποτικής και αυτοματισμού). Αναφερόμαστε στα υπολογιστικά μαθησιακά αντικείμενα με τον όρο «ψηφιακό μαθησιακό υλικό» επειδή έχουν τον ίδιο σκοπό και αντιστοιχούν στα ενυπόστατα. Για να δηλώσουμε δηλαδή περισσότερο τον σκοπό τους και να παραπέμψουμε στο φυσικό ανάλογο ώστε γίνουν πιο εύκολα κατανοητά. Η σύμβαση αυτή εμποδίζει, ενδεχομένως, να σκεφτούμε τις νέες δυνατότητες του ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού επειδή άρρητα υποδηλώνει την ανάγκη ύπαρξης φυσικού αναλόγου. Επιπλέον, συχνά, γίνεται σύγχυση της έννοιας «μέσο» (φορέας πληροφορίας όπως έντυπα κείμενα, βιβλία, βίντεο, ηχητικά αποσπάσματα κ.ά.) με το «υλικό» (π.χ. κυβάρια, κουμπιά, πλακίδια, χάντρες, κορδόνια κ.ά.) το οποίο μπορεί να υποστεί μια αυθαίρετη σειρά από βασικές πράξεις για να αναπαραστήσει ενυπόστατα περισσότερο αφηρημένα συστήματα. Το «ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό» ως όρος, όπως χρησιμοποιείται σήμερα, περιλαμβάνει μέσα και αντικείμενα εντυπωσιακής ποικιλομορφίας όπως ψηφιοποιημένο κείμενο, εικόνες, πολυμέσα, ψηφιακά βιβλία, ψηφιακές αφηγήσεις, διαδραστικές ιστορίες, μαθησιακά αντικείμενα, ψηφιακά παιχνίδια, μικρόκοσμοι, προσομοιώσεις, υλικό εκπαιδευτικής ρομποτικής, εικονικό απτικό υλικό κ.ά. Σπανιότερα αναφέρεται ο όρος «ψηφιακό εκπαιδευτικό μετα-υλικό» που αφορά σε περιβάλλοντα συγγραφής ή προγραμματισμού γενικά (π.χ. Java, Logo, Scratch, e-toys) ή εξειδικευμένα (π.χ. μαθηματικά λογισμικά matlab, mathematica, Mathcad, R κ.ά.) με τα οποία μπορεί κανείς να κατασκευάζει μαθησιακό υλικό σε ψηφιακή μορφή. Ο επίσημος τεχνολογικός όρος που περιλαμβάνει

όλα τα παραπάνω είναι το «μαθησιακό αντικείμενο» (learning object) που ορίζεται ως οποιαδήποτε οντότητα ψηφιακή ή μη η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μάθηση, εκπαίδευση ή κατάρτιση (IEEE LTSC, 2002).

Η παρούσα εργασία εστιάζει στην ειδική κατηγορία μαθησιακών αντικειμένων των εικονικών απτικών υλικών (virtual manipulatives) (Moyer, Bolyard, & Spikell, 2002; Clements & McMillen, 1996). Το εικονικό απτικό υλικό, σε μια πρώτη προσέγγιση, προκύπτει ως λογισμική προσομοίωση απτικού υλικού που χρησιμοποιείται στη μάθηση των μαθηματικών. Η προσομοίωση του απτικού υλικού αποτελεί μια πρώτη εύλογη ιδέα για την παραγωγή ψηφιακού μαθησιακού υλικού. Τεχνολογικά εμφανίζεται με την ωρίμανση της τεχνολογίας των γραφικών διεπαφών των Η/Υ με τους χρήστες, κυρίως κατά τη δεκαετία του 1990. Αρχικά μπορεί κανείς να υποθέσει ότι υπάρχει αντίφαση στον όρο «εικονικό απτικό υλικό» καθώς και στα επιχειρήματα για την αποτελεσματικότητα της χρήσης εικονικού απτικού υλικού στη θέση του χειροπιαστού, κυρίως λόγω της άυλης φύσης του ψηφιακού. Η υπόθεση αυτή στηρίζεται στην παραδοχή ότι η μαθησιακή αξία του απτικού υλικού εδράζει κυρίως στην υλική του υπόσταση. Στην πραγματικότητα το ψηφιακό υλικό είναι δυνατό να εμπλουτίσει μαθησιακά δραστηριότητες οι οποίες περιλαμβάνουν και βιωματική προσέγγιση (Haugland 1995; Φεσάκης & Τασούλα, 2007). Η προσέγγιση του φαινομενικά παράδοξου της έννοιας των εικονικών απτικών υλικών αποτελεί αφετηρία και βασικό θέμα στην παρούσα εργασία.

Απτικό υλικό και εικονικό απτικό υλικό

Με τον όρο «απτικό υλικό» ή «χειροπιαστό υλικό» (manipulatives/concrete manipulatives) περιγράφεται μια σειρά από, τεχνητά ή φυσικά, υλικά αντικείμενα τα οποία μπορούν να υποστούν χειρισμούς (πράξεις με το χέρι όπως μετακινήσεις, στροφές, διατάξεις κ.ά.) και να αξιοποιηθούν ως μέσο για την ανάπτυξη κινητικών δεξιοτήτων ή την κατανόηση αφηρημένων μαθηματικών εννοιών (Λήμμα 1) (Manipulatives, n.d.). Γνωστά υλικά στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνουν (εικόνα 3) τουβλάκια, ξυλάκια, tangrams, γεωπίνακες, περιστρεφόμενα βελάκια, ζάρια, χάρακες, γεωμετρικά στερεά, αλγεβρικά πλακίδια, ράβδους κλασμάτων κ.ά. Εκτεταμένη ανάλυση για το θεωρητικό πλαίσιο και τον σχεδιασμό της ένταξης των υλικών στη διδασκαλία και τη μάθηση των μαθηματικών για τα νεαρά παιδιά μπορεί ο ενδιαφερόμενος αναγνώστης να βρει στο βιβλίο της Σκουμπουρδή (2012).



Εικόνα 3. Χαρακτηριστική ποικιλία από απτικό υλικό

Manipulatives (noun): any of various objects designed to be moved or arranged by hands as a means for developing motor skills or understanding abstractions, especially in mathematics. (Manipulative, n.d.)

Λήμμα 1. Λεξικογραφικός ορισμός της έννοιας Manipulative (n.d.)

Concrete (noun):

1. Of or relating to an actual, specific thing or instance; particular: had the concrete evidence needed to convict.
2. Existing in reality or in real experience; perceptible by the senses; real: concrete objects such as trees.
3. Formed by the coalescence of separate particles or parts into one mass; solid.

...

[... from Latin *concrētus* ... *to grow together*]. (Concrete, n.d.)

Λήμμα 2. Λεξικογραφικός ορισμός της έννοιας Concrete (n.d.)

Ο προσδιορισμός «concrete» (συγκεκριμένο) (Λήμμα 2) (Concrete, n.d) στα αγγλικά κείμενα διακρίνει το απτικό υλικό από το εικονικό (virtual) που έχει λογισμική φύση. Στα ελληνικά ο όρος «απτικό υλικό» κρίνεται αρκετός για να σημάνει την υλική φύση των αντικειμένων και ο προσδιορισμός «εικονικό» προστίθεται για να διακρίνει τις λογισμικές προσομοιώσεις αυτών. Εξάλλου, σε μαθησιακό πλαίσιο, η έννοια «concrete» ως επιθετικός προσδιορισμός των απτικών υλικών, όπως θα αναλυθεί και παρακάτω, είναι προτιμότερο να μην περιορίζεται στη δήλωση της υλικής υπόστασης των απτικών υλικών. Ειδικότερα, ο όρος «concrete» δηλώνει τη δυνατότητα που έχουν τα απτικά υλικά να παρέχουν πολλαπλές και διασυνδεδεμένες αναπαραστάσεις των αφηρημένων μαθηματικών ιδεών. Χρησιμοποιείται, δηλαδή, ο όρος όχι για τη συνήθη αντιδιαστολή «concrete-abstract» αλλά, μάλλον σύμφωνα με τη λατινική του ετυμολογία («to grow together») (Λήμμα 2) για να περιγράψει εμπειρίες (concrete experiences) στις οποίες με τη βοήθεια των απτικών υλικών οι μαθητές εξελίσσουν τα εννοιολογικά τους σχήματα και βελτιώνουν την εννοιολογική κατανόηση μαθηματικών ιδεών μέσω της διερεύνησης της σχέσης τους με άλλες.

Με τον όρο «εικονικό απτικό υλικό» (virtual manipulatives) αρχικά περιγράφονται οι λογισμικές προσομοιώσεις των απτικών υλικών που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία και τη μάθηση των μαθηματικών. Οι προσομοιώσεις αυτές παρουσιάζουν οπτική αναλογία/ομοιότητα με τα φυσικά υλικά και επιτρέπουν τη λογισμική υλοποίηση των βασικών πράξεων που εφαρμόζονται με το χέρι στα υλικά. Ο σχεδιασμός των εικονικών απτικών υλικών γίνεται ειδικά για κάθε μαθηματική έννοια, αν και υπάρχουν εικονικά απτικά υλικά γενικότερης χρήσης. Τα εικονικά απτικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντί των απτικών υλικών ή σε συνδυασμό με αυτά. Συχνά τα εικονικά απτικά υλικά επιτρέπουν περισσότερες πράξεις (π.χ. τεμαχισμό, συγκόλληση στοιχείων), ή την υλοποίηση πράξεων με μαθηματική ακρίβεια (π.χ. στροφές συγκεκριμένης γωνίας περιστροφής, μετακινήσεις συγκεκριμένου μέτρου κ.ά.) διευκολύνοντας έτσι τη σύνδεση με άλλες μαθηματικές έννοιες. Σταδιακά ο όρος αρχίζει να επεκτείνεται και να περιλαμβάνει προσομοιώσεις και αντικείμενα που δεν έχουν φυσικό ανάλογο, όπως φαίνεται και από τον πρώτο επίσημο ορισμό τους (Moyer, Bolyard, & Spikell, 2002): «*In our view, a virtual manipulative is best defined as an interactive, Web-based visual representation of a dynamic object that presents opportunities for constructing mathematical knowledge*» (Moyer et al., 2002, p.373).

Ο ορισμός επιτρέπει να χαρακτηριστεί ως εικονικό απτικό υλικό κάποιο λογισμικό αντικείμενο που δεν έχει φυσικό ανάλογο αρκεί να μπορεί κανείς να αλληλεπιδράσει μαζί του άμεσα (με το ποντίκι ή με συσκευές αφής) και να παρέχει ευκαιρίες για μάθηση μαθηματικών εννοιών και σχέσεων. Η πρώτη μεγάλη συλλογή εικονικού απτικού υλικού αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου National Library of Virtual Manipulatives (NLVM) από το Πολιτειακό Πανεπιστήμιο της πολιτείας UTAH των ΗΠΑ, το 1999. Σήμερα υπάρχει μια σειρά από δικτυακούς τόπους που διαθέτουν δωρεάν πρόσβαση σε virtual manipulatives (πίνακας 1), υποστηρικτικό υλικό (όπως σεναρία μαθημάτων, οδηγίες για εκπαιδευτικούς και γονείς, παραπομπές) και σύνθετες υπηρεσίες (όπως εργαλεία συγγραφής μαθημάτων και παρακολούθησης της προόδου κάθε μαθητή ξεχωριστά). Σποραδικά, εικονικά απτικά υλικά, μπορούν να βρεθούν σε διάφορους δικτυακούς τόπους όπως: http://harcourtschool.com/activity/elab2004/index_2004.html, <http://www.mathcats.com>, <http://www.mathplayground.com> κ.ά. Προσομοιώσεις και εικονικά απτικά υλικά για τη διδασκαλία και τη μάθηση των μαθηματικών μπορούν επίσης να βρεθούν σε δικτυακούς τόπους μαθηματικού/προγραμματιστικού λογισμικού όπως Geogebra (<http://www.geogebra.org>, <http://tube.geogebra.org/>), Mathworks Matlab, Wolfram Mathematica, PTC MathCAD, κ.ά. καθώς και σε δικτυακούς τόπους προγραμματιστικών εργαλείων για παιδιά και μεγαλύτερους, όπως το Scratch (<http://scratch.mit.edu/>), η Netlogo (<https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>) κ.ά. Η χώρα μας διαθέτει πλέον από το 2012 επίσημο αποθετήριο μαθησιακών αντικειμένων, το «Φωτόδεντρο», στο οποίο υπάρχουν αρκετά εικονικά απτικά υλικά που αναπτύχθηκαν ειδικά για τα μαθηματικά στο πλαίσιο του συγκεκριμένου έργου (Κυνηγός, 2014).

Πίνακας 1. Γνωστοί δικτυακοί τόποι με εικονικό απτικό υλικό

National Library of Virtual Manipulatives, Utah State University	http://nlvm.usu.edu/
Illustrations, resources for teaching Math, NCTM	http://illuminations.nctm.org/
SHODOR, resource for computational science education (πρώην arcytech.org)	http://www.shodor.org/interactivate/
Υπηρεσία του Math Forum, Drexel University	http://mathforum.org/mathtools/
Φωτόδεντρο, αποθετήριο μαθησιακών αντικειμένων του Υ.ΠΑΙ.Θ.	http://photodentro.edu.gr

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗ ΑΞΙΑ ΤΩΝ ΑΠΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Πού ανάγεται όμως και από πού πηγάζει η μαθησιακή αξία των απτικών υλικών; Συνάδουν με τις γενικές θεωρίες μάθησης και τις ειδικές θεωρίες για τη μάθηση των μαθηματικών; Τα ερωτήματα αυτά απασχολούν στην παρούσα ενότητα. Ειδικότερα, ο ρόλος των απτικών υλικών στη μάθηση προσεγγίζεται υπό το πρίσμα των σύγχρονων θεωριών μάθησης, την εκπαιδευτική θεωρία του Dienes για τα μαθηματικά, την εκπαιδευτική θεωρία της μαθηματικής μοντελοποίησης και την έννοια της «ολοκληρωμένα συγκεκριμένης» γνώσης.

Τα απτικά υλικά μέσα από τις θεωρίες μάθησης

Όπως αναφέρει και η Moyer (2001), η αποτελεσματικότητα των απτικών υλικών που καταγράφουν οι έρευνες είναι δυνατό να προβλεφθεί από τις σύγχρονες θεωρήσεις μάθησης οι οποίες υποστηρίζουν ότι οι έννοιες οικοδομούνται ως εργαλεία επίλυσης προβλημάτων κατά την αλληλεπίδραση του ατόμου με το περιβάλλον του. Τα απτικά υλικά αποτελούν ένα μέσο για τον εμπλουτισμό και τον προσανατολισμό της αλληλεπίδρασης αυτής προς τις έννοιες που ενσωματώνουν. Ειδικότερα σύμφωνα με τη θεωρία των σταδίων του Piaget (1971), τα παιδιά και ειδικότερα τα νεαρότερα μαθαίνουν καλύτερα από συγκεκριμένες εμπειρίες. Τα παιδιά μέχρι οκτώ ετών, κατά τον Piaget, βρίσκονται στο στάδιο των συγκεκριμένων λειτουργιών (concrete operations) και δεν έχουν την ωριμότητα να κατανοήσουν εύκολα αφηρημένες μαθηματικές έννοιες σε συμβολική μορφή ή λεκτικές περιγραφές χωρίς τη συνοδεία πολλαπλών εμπειριών με υλικά και σχήματα. Χρειάζονται επομένως τα υλικά αντικείμενα για να μπορέσουν να σκεφτούν συγκεκριμένα. Όσο μεγαλώνουν η ανάγκη αυτή μπορεί να φθίνει, αλλά ακόμα και μέχρι την ηλικία των 12 ετών τα περισσότερα παιδιά σκέφτονται καλύτερα με τα συγκεκριμένα αντικείμενα. Τα απτικά υλικά διευκολύνουν την καθοδηγούμενη αλληλεπίδραση με το περιβάλλον των παιδιών. Η αξία λοιπόν των απτικών υλικών γενικά και ειδικά για τα μαθηματικά είναι προβλέψιμη σύμφωνα με τη θεωρία του Piaget αν και

σήμερα η έννοια «συγκεκριμένο» έχει επεκταθεί ώστε να περιλαμβάνει και τα άυλα ισοδύναμα τους σε λογισμική μορφή.

Παρόμοια ο Bruner υποστηρίζει την ενεργό εμπλοκή των μαθητών στη μάθηση ώστε να ανακαλύψουν μόνοι τους αρχές και έννοιες. Επιπλέον ο Bruner (1966) υποστηρίζει ότι το άτομο έχει τρεις ιεραρχημένους τρόπους αναπαράστασης για να σκεφτεί για μια συγκεκριμένη έννοια ή ιδέα: τον πραξιακό (enactive) που περιλαμβάνει άμεση εμπειρία, δράση και χειροπιαστή εμπλοκή, τον οπτικό (iconic) που περιλαμβάνει τη χρήση μέσων οπτικοποίησης (video, φωτογραφίες κ.ά.) και το συμβολικό (symbolic) στο οποίο χρησιμοποιούνται πλέον αφηρημένα σύμβολα για την αναπαράσταση της πραγματικότητας. Οι τρεις τρόποι αναπαράστασης της σκέψης αντιστοιχούν σε τρία επίπεδα μάθησης. Ο Bruner προτείνει η διδασκαλία να ακολουθεί με τη σειρά τα τρία αυτά στάδια, επομένως τα απτικά υλικά εντάσσονται στην προσπάθεια προσέγγισης των εννοιών στο πρώτο και στο δεύτερο επίπεδο προκειμένου να διευκολυνθεί η μετάβαση στο τρίτο. Θα μπορούσε επίσης εύλογα κανείς να εικάσει ότι τα απτικά υλικά είναι ένας τρόπος να προσεγγίσει κανείς αφηρημένες μαθηματικές έννοιες στο πραξιακό επίπεδο σκέψης του Bruner ενώ τα εικονικά απτικά υλικά συνδυάζουν το πραξιακό με το οπτικό επίπεδο αναπαράστασης και βοηθούν τη μετάβαση στο συμβολικό.

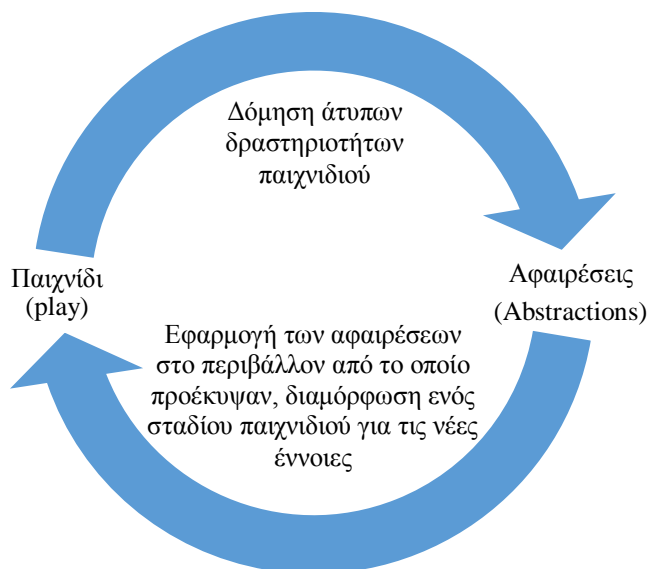
Το διαμεσολαβητικό ρόλο των πολιτισμικών εργαλείων στη μάθηση επεσήμανε και ο Vygotsky (1978) αναδεικνύοντας την πολύπλοκη σχέση μεταξύ απτικού υλικού, του κοινωνικού και πολιτισμικού περιβάλλοντος και της μάθησης. Η θεωρία μάθησης του Vygotsky μπορεί να βοηθήσει στην ανάλυση του τρόπου μάθησης των μαθηματικών μέσα από την αξιοποίηση πολιτισμικών μαθηματικών εργαλείων όπως: τα διάφορα είδη άβακα που έχουν επινοήσει διαφορετικές κοινωνίες ανθρώπων, τα γεωμετρικά και τα αστρονομικά εργαλεία, τα εργαλεία πλοήγησης, τα δομικά εργαλεία, τη πυξίδα, τα μέσα μέτρησης, μέχρι τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και τα λογισμικά μαθηματικά εργαλεία κ.ά. Τα εργαλεία αυτά, αν μελετηθούν στο πολιτισμικό πλαίσιο της εξέλιξης και της χρήσης τους, μπορούν να ενσωματωθούν σε αυθεντικές δραστηριότητες μάθησης και να διαμεσολαβήσουν για την εμπλουτισμένη αλληλεπίδραση των μαθητών με τους εκπαιδευτικούς, το περιβάλλον και τις αφηρημένες μαθηματικές έννοιες. Με τον τρόπο αυτό η κοινωνικοπολιτισμική προσέγγιση της μάθησης προσφέρει επίσης εύλογα και ισχυρά επιχειρήματα για την σκοπιμότητα της διερεύνησης της μαθησιακής αξίας των απτικών υλικών τόσο των απλών όσο και των λογισμικών.

Οι θεωρίες μάθησης διαθέτουν εννοιολογικά πλαίσια για την ερμηνεία και της μαθησιακής αξίας και τον σχεδιασμό της ενσωμάτωσης των εκπαιδευτικών υλικών γενικότερα. Ειδικά για τη σχέση των απτικών υλικών με τη μάθηση των μαθηματικών μπορούν να αξιοποιηθούν θεωρητικές προσεγγίσεις όπως η εκπαιδευτική θεωρία του Dienes και η θεωρία της μαθηματικής μοντελοποίησης που περιγράφονται στις επόμενες ενότητες.

Τα απτικά υλικά μέσα από την εκπαιδευτική θεωρία του Dienes για τα μαθηματικά
Ο Dienes (1969) διατύπωσε θεωρία ειδικά για τη μάθηση των μαθηματικών, σε μεγάλο βαθμό συμβατή με τη γενικότερη εξελικτική επιστημολογική θεωρία που ανέπτυξε ο

Piaget την ίδια περίπου χρονική περίοδο. Συνοπτικά, ο Dienes, υποστήριξε τη χρήση πολλαπλών ενσωματώσεων (embodiments) μιας μαθηματικής ιδέας ώστε να διευκολυνθεί η κατανόηση της από τους μαθητές. Στη θεωρία του, ο Dienes διατυπώνει τέσσερις βασικές αρχές κάθε μια από τις οποίες μπορεί να αξιοποιεί τα απτικά υλικά στην εφαρμογή της. Στη συνέχεια περιγράφονται σύντομα οι αρχές του Dienes και η σχέση τους με τα απτικά υλικά.

- **Η δυναμική αρχή (Dynamic principle):** Σύμφωνα με την πρώτη αρχή, η πραγματική κατανόηση μιας νέας μαθηματικής έννοιας είναι μια εξελικτική διαδικασία τριών διαδοχικών σταδίων (εικόνα 4). Το πρώτο στάδιο είναι το εισαγωγικό/προκαταρκτικό στο οποίο το παιδί έρχεται σε επαφή με την έννοια μέσω παιχνιδιού με τρόπο αδόμητο αλλά όχι τυχαίο. Στην φάση αυτή τα απτικά υλικά μπορούν να παίζουν το ρόλο του παιχνιδιού (toy) που φέρουν όμως με κάποιο τρόπο την έννοια. Τη φάση αυτή, την παιγνιώδη, ο Dienes την θεωρεί ως φυσικό συστατικό της μάθησης το οποίο θα πρέπει να εμφανίζεται και στις σχολικές αίθουσες. Η άτυπη έκθεση στις έννοιες ακολουθείται από το στάδιο των δομημένων μαθησιακών δραστηριοτήτων. Στο στάδιο αυτό παρέχονται στο παιδί εμπειρίες ισόμορφες (δομικά παρόμοιες/ανάλογες) με τις έννοιες που επιδιώκεται να μάθει. Το τρίτο στάδιο χαρακτηρίζεται από την ανάδυση/κατανόηση της μαθηματικής έννοιας και την παροχή αρκετών ευκαιριών για την επανεφαρμογή της στο φυσικό κόσμο. Ο Dienes μελέτησε σε βάθος τη διαδικασία αυτή (εικόνα 4) την οποία ονόμασε «κύκλο μάθησης» (Dienes 1971; Dienes and Golding 1971). Η ολοκλήρωση του κύκλου θεωρείται απαραίτητη για τη λειτουργική μάθηση των μαθηματικών εννοιών.



Εικόνα 4. Ο κύκλος μάθησης του Dienes (Post, 1981)

- **Η αρχή της αντιληπτικής διαφοροποίησης (Perceptual variability):** Η εννοιολογική μάθηση μεγιστοποιείται όταν τα παιδιά εκτίθενται σε μια έννοια μέσω ποικίλων φυσικών πλαισίων και ενσωματώσεων. Προτείνεται, δηλαδή, η χρήση διαφόρων εμπειρικών, υλικών και οπτικών, αναπαραστάσεων των εννοιών που να διατηρούν όμως τη βασική εννοιολογική δομή. Με τον τρόπο αυτό διευκολύνεται η αφαίρεση και η αντίληψη των εννοιών ανεξάρτητα από τα υλικά και το πλαίσιο εφαρμογής που τις μοντελοποιούν.
- **Η αρχή της μαθηματικής διαφοροποίησης (mathematical variability):** Αφορά τη συστηματική διαφοροποίηση των άσχετων με την έννοια μεταβλητών και ιδιοτήτων των αναπαραστάσεων διατηρώντας τις σχετικές σταθερές για τη γενίκευση της. Π.χ. στην εισαγωγή της έννοιας του παραλληλογράμμου μπορεί να διαφοροποιείται το μήκος των πλευρών, ο προσανατολισμός και οι γωνίες ενώ διατηρούνται οι απέναντι πλευρές παράλληλες. Η αρχή αυτή σε συνδυασμό με την προηγούμενη, κατά τον Dienes, διευκολύνουν την αφαίρεση και τη γενίκευση για τη διευκόλυνση της εννοιολογικής κατανόησης.
- **Η αρχή της κατασκευασιμότητας (Constructivity):** Σύμφωνα με την αρχή αυτή υπάρχουν δύο τύποι σκέψης ο κατασκευαστικός και ο αναλυτικός. Ο πρώτος θα μπορούσαμε να πούμε ότι αντιστοιχεί στο πραξιακό επίπεδο του Bruner, ενώ ο δεύτερος στο συμβολικό. Ο Dienes υποστηρίζει ότι είναι προτιμότερο οι

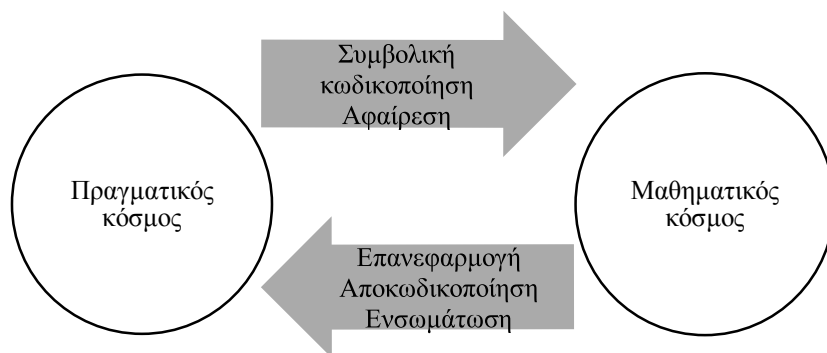
έννοιες να προσεγγίζονται, αρχικά, διαισθητικά μέσω συγκεκριμένων εμπειριών που θα επιτρέπουν στους μαθητές να τις κατασκευάζουν νοητικά και κατόπιν να γίνεται εισαγωγή στη συμβολική περιγραφή και την ανάλυση τους.

Το απτικό υλικό είναι φανερό ότι μπορεί να διευκολύνει την εφαρμογή των αρχών του Dienes, ταυτόχρονα οι αρχές του Dienes, υποδεικνύουν τρόπους αξιοποίησης του απτικού υλικού για την αποτελεσματικότερη κατανόηση μαθηματικών εννοιών. Οι αρχές του Dienes είναι συμβατές και με το εικονικό απτικό υλικό, το οποίο, σε σχέση με το συμβατικό, παρουσιάζει πλεονεκτήματα στην εφαρμογή τουλάχιστον των αρχών της διαφοροποίησης λόγω της ευελιξίας του.

Ο Dienes υποστήριξε ότι τα μαθηματικά θα πρέπει να τα μαθαίνει κανείς πέρα από χρηστικούς λόγους, για την εγγενή τους ομορφιά και χάριν προσωπικής ολοκλήρωσης και πληρότητας. Αντίθετα, η επόμενη θεώρηση της μάθησης των μαθηματικών και του ρόλου των απτικών υλικών στηρίζεται στη χρηστική τους εφαρμογή στο πλαίσιο της μαθηματικής μοντελοποίησης για την επίλυση προβλημάτων στον πραγματικό κόσμο.

Τα απτικά υλικά ως αναπαραστατικό μέσο στη μαθηματική μοντελοποίηση

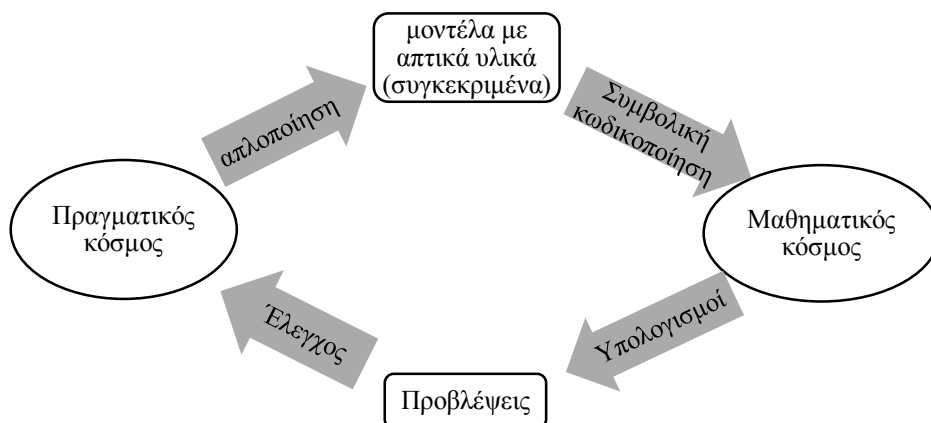
Μια άλλη θεωρητική προσέγγιση του ρόλου των απτικών υλικών στη μάθηση των μαθηματικών προέρχεται από τον Post (1981) και βασίζεται στη μαθηματική μοντελοποίηση. Τα μαθηματικά επιτρέπουν την περιγραφή, την πρόβλεψη και τον έλεγχο υποσυστημάτων του φυσικού κόσμου μέσω της κατασκευής μοντέλων.



Εικόνα 5. Μια σχέση μεταξύ πραγματικού και μαθηματικού κόσμου (Post, 1981)

Όπως φαίνεται στην εικόνα 5, κατασκευάζουμε μαθηματικά μοντέλα (αφηρημένα εννοιολογικά συστήματα) για να περιγράψουμε υποσυστήματα του πραγματικού κόσμου μέσω της διαδικασίας της συμβολικής τους αναπαράστασης και της μαθηματικής αφαίρεσης. Τα αφηρημένα/συμβολικά μαθηματικά μοντέλα είναι δυνατόν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή γνώσης και προβλέψεων για τον πραγματικό

κόσμο χωρίς να απαιτείται η άμεση αλληλεπίδραση με το φυσικό σύστημα λόγω της αναλογίας και της αντιστοιχίας που έχει σχηματιστεί μεταξύ των δύο κόσμων. Ο Post (1981), βασισμένος στον Lesh (1979), προτείνει ότι τα απτικά υλικά μπορούν να αξιοποιηθούν αποτελεσματικά ως μέσα για τη μαθηματική μοντελοποίηση. Στην εικόνα 6 φαίνεται ο ρόλος των απτικών υλικών στην παραγωγή ενυπόστατων μοντέλων.



Εικόνα 6. Ο ρόλος των απτικών υλικών στη μαθηματική μοντελοποίηση (Post, 1981)

Τα μοντέλα που κατασκευάζονται με τον τρόπο αυτό είναι μεν περισσότερο αφηρημένα από τον πραγματικό κόσμο, λιγότερο δε από τα τυπικά συμβολικά. Τα απτικά υλικά μπορούν έτσι να βελτιώσουν την ικανότητα μοντελοποίησης και επίλυσης προβλημάτων. Επιπλέον, η θεώρηση των απτικών υλικών ως μέσων κατασκευής μαθηματικών μοντέλων είναι ευρύτερης εμβέλειας από τη συνηθισμένη άποψη ότι τα απτικά υλικά χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία κυρίως αριθμητικής και γεωμετρίας.

Η μαθηματική μοντελοποίηση καθιστά αντιληπτή τη χρησιμότητα των μαθηματικών, ανεξάρτητα από το φιλοσοφικό ερώτημα αν τα μαθηματικά ανακαλύπτονται (υπάρχουν δηλαδή πέρα από τις αισθήσεις και το φυσικό κόσμο) ή επινοούνται από τους ανθρώπους. Με τη βοήθεια των μοντέλων μπορούμε να εμπλουτίσουμε την κατανόηση εννοιών και σχέσεων μεταξύ τους και να μάθουμε πώς να περιγράψουμε τυπικά και να ελέγχουμε φυσικά συστήματα, προβλέποντας τη συμπεριφορά των αντικειμένων που τα συναπαρτίζουν υπό συγκεκριμένες συνθήκες. Ιστορικά, οι αρχαίοι Αιγύπτιοι πιστεύεται ότι ανέπτυξαν τη Γεωμετρία για να μοντελοποιούν προβλήματα διαχείρισης της γης (ο Νείλος δημιουργούσε προβλήματα οριοθέτησης με τις πλημμύρες του). Παρόμοια η αστρονομία ανέπτυξε μαθηματικά μοντέλα για την ακριβή πρόβλεψη της κίνησης των πλανητών και τη μέτρηση του χρόνου. Δεν αποτελεί έκπληξη λοιπόν, το γεγονός ότι σημαντικός στόχος της μαθηματικής εκπαίδευσης είναι η ανάπτυξη της εκτίμησης των μαθητών στις δυνατότητες των

μαθηματικών να λύνουν προβλήματα από όλες τις εκφάνσεις της ζωής μέσω της μαθηματικής μοντελοποίησης (Duncan et al., 1996).

Η χρήση των μοντέλων αιτιολογείται συχνά χάριν οικονομίας, επειδή είναι πιο εύκολο να χειρίζεται κανείς το μοντέλο με τα απτικά υλικά για να λύσει το αρχικό πρόβλημα αντί να παρεμβαίνει στα πραγματικά αντικείμενα. Η μεταφορά γνώσης από το μοντέλο στο πραγματικό σύστημα και αντίστροφα προϋποθέτει δομική ομοιότητα μεταξύ τους, με άλλα λόγια τα δυο συστήματα να είναι ισόμορφα ως ένα βαθμό. Στην πραγματικότητα πλήρης ισομορφισμός μεταξύ των μαθηματικών εννοιών και των υλικών μοντέλων δεν μπορεί να υπάρξει γι' αυτό γίνεται λόγος για υλικές διερμηνείες ή ενσωματώσεις των ιδεών. Στη βάση του μερικού ισομορφισμού χρησιμοποιούνται τα απτικά υλικά για την εισαγωγή των μαθηματικών ιδεών/εννοιών. Κατά συνέπεια τα υλικά μοντέλα των ιδεών χρησιμοποιούνται για την, κατά αναλογία, εισαγωγή των ιδιοτήτων και των λειτουργιών των μαθηματικών ιδεών. Π.χ. κύβοι για το σύστημα των ακεραίων αριθμών, σκοινάκια ή ράβδοι για τα διαστήματα πραγματικών αριθμών, ορθογώνια για τον πολλαπλασιασμό ακεραίων, ή για τα κλάσματα αποτελούν απλά μερικώς ισόμορφα μοντέλα/διερμηνείες/ενσωματώσεις των αντίστοιχων μαθηματικών εννοιών.

Η μοντελοποίηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μάθηση και την αξιολόγηση. Τα μοντέλα που φτιάχνουν ή απλά χειρίζονται οι μαθητές βοηθούν στην εξωτερίκευση των γνωστικών τους δομών. Υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις για τη χρήση των μοντέλων στα περιβάλλοντα μάθησης: «μαθαίνω να μοντελοποιώ» και «μαθαίνω μέσω μοντέλων». Στην πρώτη προσέγγιση οι μαθητές αναμένεται να κατασκευάζουν τα δικά τους μοντέλα και οι κατασκευές τους αποτελούν το μέσο έκφρασης της γνώσης που ανέπτυξαν. Τα περιβάλλοντα προγραμματισμού τύπου Logo (microworlds, scratch κ.ά.), τα λογισμικά υπολογιστικής άλγεβρας (Mathematica, Matlab κ.ά.) και τα λογισμικά δυναμικής γεωμετρίας (Cabri, GeoGebra κ.ά.) μπορούν να υποστηρίξουν την υιοθέτηση αυτής της προσέγγισης ώστε να αξιοποιείται ο Η/Υ ως εργαλείο κατασκευής μοντέλων, στην πράξη όμως η υλοποίηση της προσέγγισης αυτής αποδεικνύεται δύσκολη ενώ διευκολύνεται αν προηγηθεί η μάθηση μέσω μοντέλων. Η μάθηση μέσω μοντέλων ενθαρρύνει το μαθητή να λύνει προβλήματα με τη βοήθεια έτοιμων μοντέλων. Η σημασία της αναπαράστασης στην επίλυση ενός προβλήματος είναι τόσο μεγάλη που ο Simon (1981) υποστηρίζει ότι η επίλυση ενός προβλήματος συνίσταται στην αναπαράσταση του με τρόπο ώστε η λύση του να είναι προφανής. Μέσα από το χειρισμό των παραμέτρων των έτοιμων μοντέλων οι μαθητές αναμένεται να κατανοήσουν τις σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων του μοντέλου και να κατασκευάσουν νόημα για τις σχετικές μαθηματικές έννοιες. Η προσέγγιση αυτή απαιτεί τη δημιουργία συγκεκριμένων μοντέλων, δραστηριοτήτων και απτικού υλικού για κάθε περιοχή των μαθηματικών.

Τα απτικά υλικά σε συνδυασμό με τα πιο τυπικά αναπαραστατικά συστήματα είναι δυνατό να διευκολύνουν την ολοκληρωμένη προσέγγιση της εκπαιδευτικής μαθηματικής μοντελοποίησης σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες. Η θεώρηση των απτικών υλικών ως μέσων μοντελοποίησης μειώνει τη σημασία της υλικής τους υπόστασης στη μαθησιακή τους αξία δίνοντας έμφαση περισσότερο στην εκφραστική και αφαιρετική τους ικανότητα σε σχέση με το μαθηματικό κόσμο. Υπό το πρίσμα αυτό είναι δυνατό να ερμηνευθεί

καλύτερα και ο ρόλος των εικονικών απτικών υλικών στη μαθηματική μοντελοποίηση και εκπαίδευση. Εξάλλου, η έμφαση στην υλική υπόσταση των απτικών υλικών για την ερμηνεία της μαθησιακής τους αξίας αποδεικνύεται ελλιπής και όπως αναλύεται στην επόμενη ενότητα.

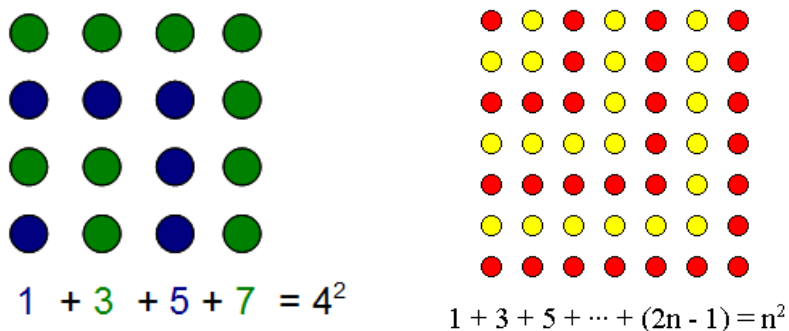
Η θεωρία της ολοκληρωμένα συγκεκριμένης γνώσης

Οι Clemmets & McMillen (1996) εστιάζοντας στην πηγή της μαθησιακής αξίας των απτικών υλικών έθεσαν το ερώτημα αν το απτικό υλικό ωφελεί τους μαθητές επειδή είναι συγκεκριμένο, έχει δηλαδή υλική υπόσταση και ενεργοποιεί αφή και όραση, όπως υποδηλώνει η συνήθης εννοιολογική προσέγγιση του όρου «concrete». Είναι αυτός ο αισθητηριακός χαρακτήρας που καθιστά τα απτικά υλικά μαθησιακά χρήσιμα; Αν ισχύει αυτό τότε τα προσομοιωμένα απτικά υλικά στην οθόνη των Η/Υ μπορούν να έχουν μαθησιακή αξία; Η απόδοση της μαθησιακής αξίας των απτικών υλικών αποκλειστικά στην υλική τους φύση αποδεικνύεται προβληματική. Όπως επισημαίνουν από εμπειρικά δεδομένα οι Clemmets & McMillen (1996):

1. Τα παιδιά δεν σχηματίζουν κατ' ανάγκη τις ίδιες νοητικές αναπαραστάσεις με αυτές των εκπαιδευτικών μέσω του απτικού υλικού. Για παράδειγμα οι εκπαιδευτικοί μπορεί να βλέπουμε τη σχέση των αριθμών και των πράξεων με τα ξύλινα ραβδάκια (rods) και να υποθέτουμε ότι και οι μαθητές θα κατανοήσουν την ίδια σχέση. Η υπόθεση όμως αυτή συχνά διαψεύδεται. Οι εκπαιδευτικοί γνωρίζουμε εκ των προτέρων πως λειτουργούν οι αριθμοί και είναι ευκολότερο να δουν την αντιστοιχία με τα ραβδάκια. Οι μαθητές, αντίθετα, οι οποίοι δεν διαθέτουν τη γνώση των αριθμών δεν είναι σίγουρο ότι κοιτώντας τα ξυλάκια θα μπόρουν να καταλάβουν τους αριθμούς. Ο Holt (1982) σε έρευνα του παρατήρησε ότι τα παιδιά που είχαν ήδη κατανοήσει τους αριθμούς ήταν ικανά να εκτελούν εργασίες με ή χωρίς υλικά, ενώ τα παιδιά που δεν μπορούσαν να λύσουν τα ίδια προβλήματα χωρίς υλικά δεν μπορούσαν να το κάνουν ούτε με τα υλικά. Εύρισκαν τα υλικά το ίδιο αφηρημένα, αυθαίρετα και ασύνδετα με την πραγματικότητα όπως και τους αριθμούς που αυτά υποτίθεται ότι αναπαριστούσαν.
2. Οι πράξεις με συγκεκριμένα αντικείμενα μπορεί να υποδηλώνουν νοητικές πράξεις διαφορετικές από αυτές που οι εκπαιδευτικοί επιδιώκουν να μάθουν οι μαθητές. Π.χ. σε πρόσθεση $5+4$ με την αριθμογραμμή οι μαθητές εντοπίζουν το 5 αριθμούν «ένα, δυο, τρία, τέσσερα» και βρίσκουν το αποτέλεσμα διαβάζοντας την ένδειξη. Η διαδικασία αυτή όμως δεν τους βοηθά να κάνουν την πρόσθεση νοητικά επειδή θα έπρεπε να αριθμήσουν «έξι, επτά, οκτώ, εννιά» και ταυτόχρονα να σκέφτονται ότι το έξι αντιστοιχεί στο 1, το επτά στο 2 κ.ο.κ (Gravemeijer, 1991).

Προκειμένου να εξηγήσουν το ρόλο των απτικών υλικών στη μάθηση οι Clements & McMillen (1996) προτείνουν την επέκταση της έννοιας του «συγκεκριμένου» και διακρίνουν τα επόμενα επίπεδα και είδη «συγκεκριμένης» γνώσης:

- **Αισθητηριακά συγκεκριμένη (Sensory-concrete) γνώση:** Οι μαθητές επιδεικνύουν αυτού του τύπου τη γνώση όταν χρησιμοποιούν αισθητηριακό (μεταφέρον ώση σε νευρικό κέντρο) υλικό για να νοηματοδοτήσουν μια ιδέα. Για παράδειγμα τα νεαρά παιδιά αρχικά μπορούν να αριθμήσουν, προσθέσουν, αφαιρέσουν κλπ με τη χρήση απτών αντικειμένων.
- **Ολοκληρωμένα συγκεκριμένη (integrated-concrete) γνώση:** Ο όρος «concrete» χρησιμοποιείται εδώ με το αρχικό λατινικό του νόημα («κάτι που αναπτύσσεται και ενδυναμώνεται με τη σύνδεση του με άλλα αντικείμενα» όπως το τσιμέντο) (Λήμμα 2), (Concrete n.d.) και περιγράφει το συνδυασμό πολλών διαφορετικών ιδεών σε μια σύνθετη διασυνδεδεμένη δομή γνώσης. Για παράδειγμα ένας μαθητής του δημοτικού που έχει να λύσει το πρόβλημα $\frac{3}{4} + \frac{3}{4}$ χρησιμοποιεί κέρματα και λύνει το αντίστοιχο $75 \text{ cents} + 75 \text{ cents} = 1.5 \text{ Ευρώ}$, οπότε συμπεραίνει ότι το ζητούμενο άθροισμα είναι $1 \frac{1}{2}$. Η σύνθετη γνωστική δομή του μαθητή περιλαμβάνει τα φυσικά αντικείμενα, τις πράξεις πάνω σε αυτά και τις αφαιρέσεις που αυτά αναπαριστούν. Οι μαθηματικές ιδέες (π.χ. «τέσσερα», « $\frac{3}{4}$ ») γίνονται συγκεκριμένες νοητικά και αποτελούν εργαλεία επίλυσης προβλημάτων για το μαθητή όπως τα κέρματα στο παραπάνω παράδειγμα. Η ολοκληρωμένα συγκεκριμένη γνώση χτίζεται μέσω της μάθησης και αφορά τη διασύνδεση εννοιών με διάφορους ειδικούς τρόπους. Αυτού του τύπου γνώση επιδιώκεται να αναπτυχθεί με τα απτικά υλικά, εικονικά και απλά.



Εικόνα 7. Αναπαραστάσεις και οπτικές αποδείξεις μαθηματικών σχέσεων

Επομένως η χρήση του απτικού υλικού δεν προκαλεί αυτόματα την κατανόηση των αντίστοιχων μαθηματικών ιδεών. Για παράδειγμα δεν είναι δυνατόν όποιος δει τις οπτικές αναπαραστάσεις της εικόνας 7 να σκεφτεί αυτόματα τις αλγεβρικές σχέσεις στις οποίες αντιστοιχούν. Οι μαθηματικές ιδέες είναι αφηρημένες δεν μπορούν να «συσκευαστούν» πλήρως σε υλικής υπόστασης δομές (απτά/χειροπιαστά τεχνουργήματα) όσο έξυπνες προσπάθειες και αν καταβάλουμε. Η σχέση που έχει ο μαθητής με μια μαθηματική ιδέα μπορεί να είναι: αισθητηριακά συγκεκριμένη (sensory concrete), αφηρημένη (abstract), ή ολοκληρωμένα συγκεκριμένη (integrated concrete) (Wilensky,

1991). Το απτικό υλικό είναι χρήσιμο για την αρχική οικοδόμηση νοήματος αλλά στη συνέχεια απαιτείται καθοδήγηση, σύνδεση με άλλες ιδέες και αναστοχασμός των μαθητών στις πράξεις τους για να επιτευχθεί μεταφορά του νοήματος πέρα από τα φυσικά υλικά, ώστε να αναπτύξουν ολοκληρωμένα συγκεκριμένη γνώση για τον κόσμο των μαθηματικών ιδεών (Clements & McMillen, 1996). Η ιδέα της ολοκληρωμένα συγκεκριμένης γνώσης μπορεί να δικαιολογήσει τη μαθησιακή αξία των εικονικών απτικών υλικών επειδή αυτά διευκολύνουν μέσα από τα πλεονεκτήματα τους τη διασύνδεση διαφόρων ιδεών, αναπαραστάσεων και τον αναστοχασμό, μέσω της διάδρασης και της παροχής αναδραστικής πληροφορίας. Τα πλεονεκτήματα αυτά των εικονικών απτικών υλικών αναλύονται περισσότερο σε ειδική ενότητα.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι διερευνώντας την έννοια «συγκεκριμένο» οι Clements & Mcmillen (1996), Clements (1999) και Wilensky (1991) υποστηρίζουν ότι η μαθησιακή αξία των απτικών υλικών δεν εδράζει στην υλική τους υπόσταση αλλά στη δυνατότητα να αισθητοποιούν προβολές/αναπαραστάσεις/διερμηνείες των μαθηματικών ιδεών στον πραγματικό κόσμο με πολλαπλούς και διασυνδεδεμένους τρόπους και να επιτρέπουν στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με αυτές ώστε να γνωρίσουν τις μαθηματικές ιδέες και τις τυπικές συμβολικές τους εκφράσεις. Η αντίληψη αυτή δικαιολογεί τη μαθησιακή αξία των απλών και των εικονικών απτικών υλικών και συνάδει με τις άλλες θεωρητικές προσεγγίσεις που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες ενότητες.

ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΠΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Βοηθά αλήθεια η χρήση των απτικών υλικών τους μαθητές να μάθουν μαθηματικά; Τα εικονικά απτικά υλικά είναι το ίδιο αποτελεσματικά; Στην ενότητα αυτή περιγράφεται σύντομη κριτική ανασκόπηση των σχετικών ερευνών.

Έρευνες για την αποτελεσματικότητα του απτικού υλικού

Όσον αφορά στην αποτελεσματικότητα της χρήσης των απτικών υλικών, σύμφωνα με τις ανασκοπήσεις των σχετικών ερευνών (Clements & McMillen, 1996; Sarama & Clements, 2009), το φυσικό απτικό υλικό βοηθά στη μάθηση των μαθηματικών. Ειδικότερα, οι έρευνες δείχνουν ότι οι μαθητές που χρησιμοποιούν απτικό υλικό στα μαθήματα των μαθηματικών έχουν συνήθως καλύτερες επιδόσεις (Driscoll, 1983; Sowell, 1989; Suydam, 1986; Johnson 2000) σε σχέση με τους μαθητές που δεν διδάσκονται με υλικά. Το μαθησιακό αποτέλεσμα βελτιώνεται ανεξάρτητα από το επίπεδο ικανότητας, την ηλικία των μαθητών ή το μαθηματικό αντικείμενο, αρκεί τα υλικά να έχουν νόημα, και να χρησιμοποιούνται εύστοχα (Driscoll, 1983; Sowell, 1989; Suydam, 1986). Τα υλικά βελτιώνουν επίσης τη διατήρηση της γνώσης, την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων και τις στάσεις των μαθητών έναντι των μαθηματικών όταν η διδασκαλία γίνεται από επιμορφωμένους εκπαιδευτικούς (Sowell, 1989). Τα οφέλη δηλαδή δεν έρχονται αυτόματα με τη χρήση των υλικών. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού κατά τη χρήση των απτικών υλικών είναι σημαντικός (Moyer, 2001) για τη δημιουργία νοήματος μέσα από την παροχή δομημένων δραστηριοτήτων, την καθοδήγηση της διερεύνησης και τη

σύνδεση του συγκεκριμένου με το συμβολικό. Εκπαιδευτικοί που δεν έχουν ικανοποιητική κατανόηση της απτικής αναπαράστασης τείνουν να χρησιμοποιούν τα υλικά περισσότερο ως ψυχαγωγική δραστηριότητα παρά ως διδακτική στρατηγική. Οι Suydam και Higgins (1976) επιβεβαίωσαν με μετα-ανάλυση ερευνών σε απτικά υλικά ότι η κατάλληλη τους χρήση παράγει καλύτερα μαθησιακά επιτεύγματα στους μαθητές. Για να προσδιορίσουν το περιεχόμενο της καλής χρήσης διατύπωσαν μια σειρά από προτάσεις για τους εκπαιδευτικούς. Ειδικότερα για τα απτικά υλικά πρότειναν να χρησιμοποιούνται:

1. συχνά και στο πλαίσιο ενός ολοκληρωμένου προγράμματος μαθηματικών με τρόπο συνεπή προς τους στόχους του προγράμματος αυτού
2. σε συνδυασμό με άλλα βοηθήματα και μέσα όπως εικόνες, διαγράμματα, εγχειρίδια, βίντεο κλπ
3. σε συνδυασμό με τις διερευνητικές και επαγωγικές προσεγγίσεις,
4. στην απλούστερη μορφή υλικών από τις διαθέσιμες,
5. στο πλαίσιο προγραμμάτων που ενθαρρύνουν την καταγραφή των αποτελεσμάτων με συμβολικό τρόπο (σύνδεση πράξεων με το συμβολικό επίπεδο).

Παρόμοια, νεότερες εργασίες (Butler et al., 2003; Sarama & Clements, 2009) προτείνουν η διδασκαλία να ακολουθεί την πορεία απτικά υλικά – αναπαραστάσεις – αφηρημένες έννοιες (Concrete-Representational-Abstract) αντί της συνηθισμένης πορείας Representational-Abstract.

Στις δυσκολίες με το απτικό υλικό αναφέρεται ότι δεν εξασφαλίζει από μόνο του επιτυχή μάθηση (Baroody, 1989) ούτε τη μεταφορά/γενίκευση της γνώσης (Fennema, 1972). Η χρήση των απτικών υλικών μπορεί να οδηγήσει σε μηχανιστική μάθηση χωρίς βαθύτερη κατανόηση. Δυσκολίες έχουν επίσης καταγραφεί στη σύνδεση των υπολογισμών με υλικό με τους συμβολικούς υπολογισμούς με μολύβι και χαρτί (Thompson & Thomson, 1990). Στη βιβλιογραφική ανασκόπηση της Mendiburo (2010) καταγράφονται επίσης πρακτικές δυσκολίες στη χρήση των φυσικών απτικών υλικών στα σχολεία σχετικά με το χρόνο που απαιτείται για την οργάνωση, τη διανομή και την περισυλλογή των υλικών, διαδικασίες που εκτός του ότι είναι χρονοβόρες δημιουργούν και προβλήματα διαχείρισης της τάξης. Ένα δεύτερο πρόβλημα είναι ότι, οι νεαροί μαθητές συχνά χρησιμοποιούν τα υλικά για να παίξουν αντί να ολοκληρώσουν τις εργασίες τους. Πρόβλημα επίσης αποτελεί η δυσκολία εξατομικευμένης παρακολούθησης, παροχής υποστήριξης και πληροφορίας ανάδρασης από τους εκπαιδευτικούς σε μαθητές πολυπληθών τμημάτων. Οι δυσκολίες αυτές σε συνδυασμό με τη δυσκολία σύνδεσης των υλικών με τη χρήση τυπικών συμβολικών αναπαραστάσεων, στις οποίες δίνουν έμφαση τα συνήθη προγράμματα σπουδών, έχουν ως αποτέλεσμα οι εκπαιδευτικοί να παρακάμπτουν συχνά ή να περιορίζουν τη χρήση του απτικού υλικού.

Έρευνες για την αποτελεσματικότητα του εικονικού απτικού υλικού

Ο Clements (1999) υποστηρίζει ότι πολλές από τις πρακτικές αδυναμίες της ενσωμάτωσης των απτικών υλικών στη σχολική πραγματικότητα μπορούν να αντιμετωπιστούν από τα εικονικά απτικά υλικά επειδή η χρήση τους είναι απλούστερη και η διαχείριση τους ευκολότερη ενώ ταυτόχρονα είναι πιο προσαρμόσιμα. Η Mendiburo (2010) διαπιστώνει

ότι παρά τις μεθοδολογικές αδυναμίες τους υπάρχουν αρκετές έρευνες (Klahr, Triona, & Williams, 2007; Suh & Moyer, 2007; Steen, Brooks, & Lyon, 2006; Moyer, Niezgodna, & Stanley, 2005; Reimer & Moyer, 2005) που υποστηρίζουν την υπόθεση του Clements (1999) ότι η διδασκαλία και η μάθηση μαθηματικών με την αξιοποίηση εικονικών απτικών υλικών είναι τουλάχιστον το ίδιο αποτελεσματική όσο και με τη χρήση συμβατικών απτικών υλικών. Υπάρχουν επίσης μελέτες που υποστηρίζουν ότι τα εικονικά απτικά υλικά αξιοποιούν αποτελεσματικότερα το χρόνο σε σχέση με τα φυσικά επειδή απαιτούν λιγότερο χρόνο για τη διαχείριση τους και επειδή οι μαθητές ολοκληρώνουν στον ίδιο χρόνο περισσότερες μαθησιακές δραστηριότητες και ασκήσεις με τα εικονικά υλικά σε σχέση με τα συμβατικά (Mendiburo & Hasselbring 2014; Klahr, et al., 2007; Moyer, et al., 2005; Reimer & Moyer, 2005).

Τα θετικά αποτελέσματα για την αποτελεσματικότητα των εικονικών απτικών υλικών αφορούν διάφορες μαθηματικές έννοιες, υπάρχουν όμως μελέτες που δείχνουν ότι η αποτελεσματικότητά τους είναι πιο σαφής σε κάποιες έννοιες που οι μαθητές παρουσιάζουν συχνά δυσκολίες όπως τα κλάσματα (Mendiburo & Hasselbring 2014; Mendiburo 2010; Suh, 2005).

Η παροχή αναδραστικής πληροφορίας από τα εικονικά απτικά υλικά ανιχνεύεται στις έρευνες ως σημαντικός παράγοντας για την αποτελεσματικότητά τους σε σχέση με τα φυσικά. Για παράδειγμα οι Reimer και Moyer (2005) στην έρευνα τους για την επίδραση των εικονικών απτικών υλικών στη μάθηση των κλασμάτων σε μαθητές της Γ' τάξης υποστηρίζουν τη σημασία της χρήσης καθοδηγούμενης διερεύνησης ως μαθησιακής στρατηγικής καθώς και την άμεση παροχή αναδραστικής πληροφορίας (feedback) που παρέχουν τα λογισμικά απτικά υλικά. Την αξία της αναδραστικής πληροφορίας επισήμαναν και οι μαθητές, στην ίδια έρευνα, κατά τις συνεντεύξεις που τους έγιναν για τις εντυπώσεις τους από τη χρήση των εικονικών απτικών υλικών. Οι Sarama & Clements (2009) υποστηρίζουν ότι τα εικονικά απτικά υλικά με την παροχή αναδραστικής πληροφορίας διευκολύνουν τη σύνδεση των εικονιστικών/οπτικών αναπαραστάσεων των μαθηματικών εννοιών με τις συμβολικές και τις τυπικές. Η υποστηρικτική παρέμβαση της εκπαιδευτικού μπορεί να είναι καθοριστική για την αξιοποίηση της αναδραστικής πληροφορίας, επειδή η ερμηνεία της ή ακόμα και η αντίληψη της δεν είναι πάντα αυτόματη στους μαθητές (Φεσάκης & Καφούση, 2008)

Τα εικονικά απτικά υλικά διευκολύνουν και ενθαρρύνουν την παραγωγή ολοκληρωμένων και σαφέστερων εξηγήσεων. Το αίτημα αυτό φαίνεται να τεκμηριώνεται σε έρευνες που αφορούν τη σύγκριση ομάδων μαθητών που εργάστηκαν σε γεωμετρικές έννοιες με τη χρήση της Logo, σε σχέση με μαθητές που χρησιμοποίησαν μολύβι και χαρτί. Βασικός παράγοντας για το αποτέλεσμα αυτό φαίνεται να είναι η «επιβολή» του περιορισμού της χρήσης του φορμαλισμού της γλώσσας προγραμματισμού ο οποίος σταδιακά οδηγεί στην οικοδόμηση πιο τυπικών συμβολικών αναπαραστάσεων των σχετικών μαθηματικών ιδεών σε σχέση με τα πιο ελεύθερα περιορισμών χαρτί και μολύβι (Sarama & Clements, 2009;).

Στο Νηπιαγωγείο, τα εικονικά απτικά υλικά, ενσωματωμένα σε κατάλληλα σχεδιασμένους μικρόκοσμους και σε συνδυασμό με ιστορίες που νοηματοδοτούν τη

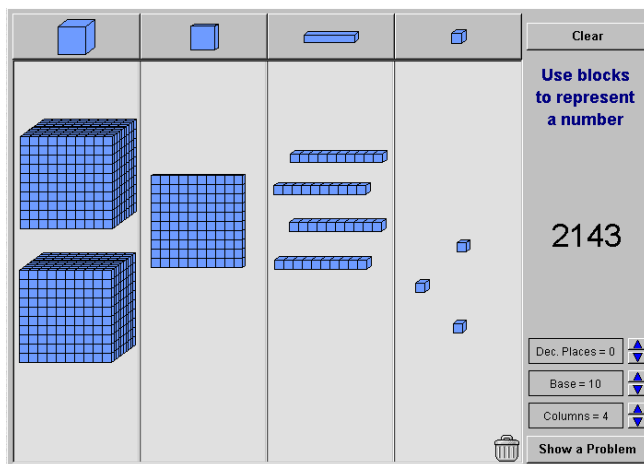
δράση των παιδιών, μπορούν να τα βοηθήσουν να αναπτύξουν διαισθητικές αντιλήψεις για δύσκολες έννοιες όπως η μαθηματική πιθανότητα (Fesakis, Kafousi & Malisiova, 2011; Φεσάκης, Καρούση & Σκουμπουρδή 2008) και να εξελίξουν τις στρατηγικές τους για την επίλυση προβλημάτων όπως η παραγωγή συνδυασμών διακριτών αντικειμένων (Φεσάκης & Καρούση, 2008).

ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΑΠΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται πλεονεκτήματα του εικονικού απτικού υλικού έναντι του απτικού υλικού που συγκεντρώνονται κυρίως από τις εργασίες των Moyer et al. (2002), Clements & McMillen (1996) και Sarama & Clements (2009).

Πρακτικά πλεονεκτήματα

Ευκολότερη διαχείριση: Σε αντίθεση με τα συνηθισμένα απτικά υλικά, τα εικονικά απτικά υλικά δεν υπόκεινται σε περιορισμούς κόστους και ποσότητας, δεν εξαντλούνται και δεν φθείρονται (εικόνα 8). Η διανομή, η τακτοποίηση και γενικά η διαχείριση των απτικών υλικών είναι συνήθως χρονοβόρα και απαιτεί αποθηκευτικούς χώρους. Οι πρακτικές δυσκολίες του απτικού υλικού προβληματίζουν τους εκπαιδευτικούς και αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για την ενσωμάτωση τους στη σχολική πραγματικότητα (εικόνα 9). Η ελεύθερη διανομή των εικονικών απτικών υλικών μέσω της υπηρεσίας WWW του διαδικτύου καθιστά την πρόσβαση τους εφικτή οποιαδήποτε στιγμή από το σχολείο ή το σπίτι τόσο για τους εκπαιδευτικούς όσο και για τους μαθητές και τους γονείς/κηδεμόνες. Τα εικονικά απτικά υλικά επιτρέπουν ακόμα την αποθήκευση ενδιάμεσων διατάξεων των υλικών, ώστε τα παιδιά να επανέρχονται αργότερα και να συνεχίζουν τη λύση ενός προβλήματος που διέκοψαν.



http://nlvm.usu.edu/en/nav/frames_asid_152_g_2_t_1.html

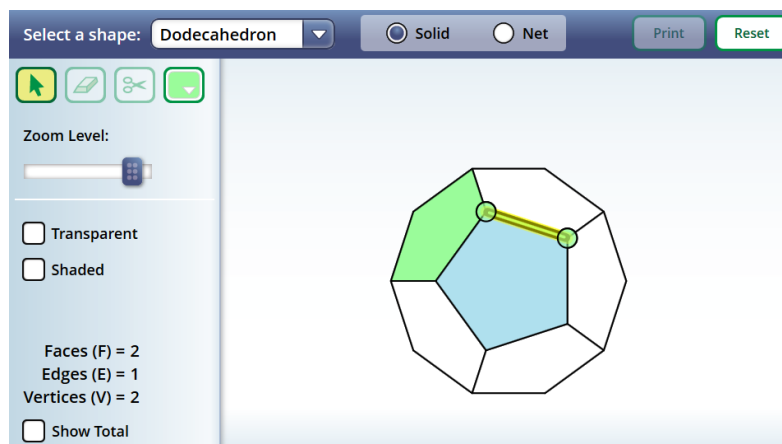
Εικόνα 8. NLVM - baseX blocks



Εικόνα 9. Η διαχείριση του απτικού υλικού είναι πιο απαιτητική από του εικονικού

Διευκόλυνση της εστίασης στη μαθηματική δραστηριότητα: Τα νεαρά παιδιά συχνά χρησιμοποιούν τα απτικά υλικά για παιχνίδι αποσπώντας την προσοχή τους από τη μαθηματική δραστηριότητα. Τα εικονικά απτικά υλικά μπορούν να περιορίσουν τους παράγοντες απόσπασης της προσοχής. Δίνουν έμφαση στις σημαντικές όψεις και τα χαρακτηριστικά κάθε απτικού υλικού που σχετίζονται με τις μαθηματικές έννοιες, αναπαριστούν σαφέστερα τις επιθυμητές νοητικές πράξεις και βελτιώνουν τον ωφέλιμο χρόνο ενασχόλησης.

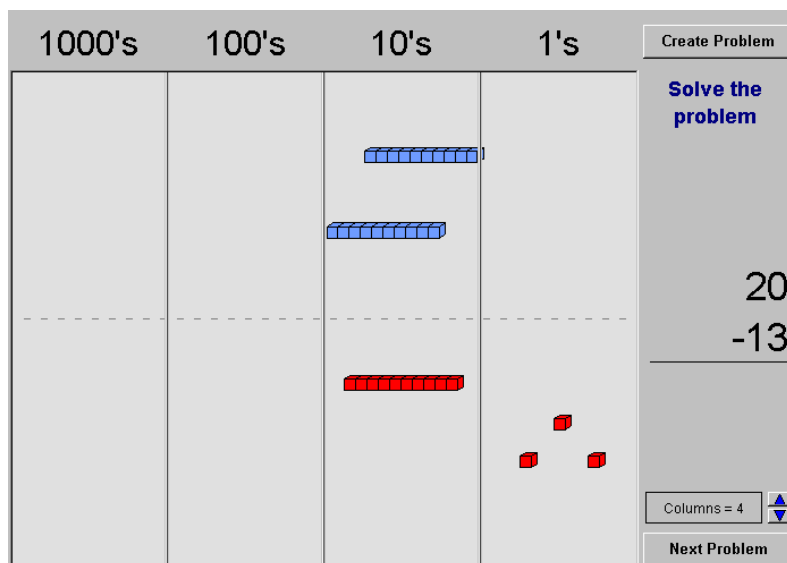
Ευελιξία και προσαρμοστικότητα: Τα εικονικά απτικά υλικά είναι συνήθως περισσότερο ευέλικτα και προσαρμόσιμα. Για παράδειγμα οι λογισμικοί γεωπίνακες μπορούν να αλλάζουν σε διάταξη (ορθογώνια, ισομετρική, κυκλική) και πλήθος καρφιών παρέχοντας έτσι περισσότερες εμπειρίες στους χρήστες. Τα εικονικά απτικά υλικά είναι επίσης, συνήθως, προσαρμόσιμα. Είναι δυνατό, ο χρήστης να τους αλλάξει διάφορες ιδιότητες όπως χρώμα, διάσταση κ.ά. Μπορεί επίσης, ο χρήστης, να επισυνάπτει σύμβολα ή να σχεδιάζει πάνω στα αντικείμενα. Αυτού του τύπου η διάνθηση των οπτικών αντικειμένων βοηθά νοητικά όταν για παράδειγμα, οι μαθητές απαριθμούν τις έδρες ενός στερεού ή τις πλευρές ενός πολυγώνου για να μετρήσουν την περίμετρο του (εικόνα 10).



<http://illuminations.nctm.org/Activity.aspx?id=3521>

Εικόνα 10. Illuminations - Geometric Solids, διάνθηση εικονικών απτικών υλικών

Πλουσιότερο σύνολο πράξεων που αντιστοιχούν στις επιθυμητές νοητικές: Τα εικονικά απτικά υλικά μπορούν όμως να επιτρέψουν πράξεις που δεν έχουν αντίστοιχες στα φυσικά υλικά και είναι περισσότερο κοντά στις νοητικές π.χ. η εφαρμογή για την αφαίρεση (εικόνα 11) επιτρέπει κατάτμηση δεκάδων σε μονάδες, σύνθεση μονάδων σε δεκάδες, και «εξουδετέρωση» αντίστοιχων κύβων του αφαιρέτη και του αφαιρετέου. Άλλο παράδειγμα αφορά την κατασκευή μοτίβων όπου τα παιδιά μπορούν να χρησιμοποιήσουν όσα πλακίδια επιθυμούν και να εκτυπώνουν τα μοτίβα τους.



http://nlvm.usu.edu/en/nav/frames_asid_155_g_2_t_1.html

Εικόνα 11. NLVM – Block Subtraction. Εικονικό απτικό υλικό για την αφαίρεση που επιτρέπει πράξεις ανάλογες των νοητικών που δεν υποστηρίζονται από το σύνηθες απτικό.

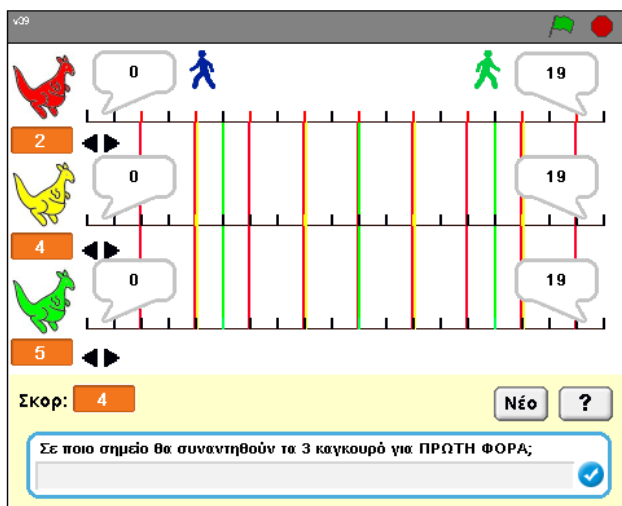
Πλεονεκτήματα δυναμικής αναπαράστασης

Τα εικονικά απτικά υλικά παρέχουν διασυνδεδεμένες πολλαπλές δυναμικές αναπαραστάσεις: Συχνά τα εικονικά απτικά υλικά συνοδεύονται από εικόνες, πίνακες, γραφήματα, αλγεβρικές εξισώσεις και άλλες δυναμικές αναπαραστάσεις που μεταβάλλονται με συνέπεια καθώς οι χρήστες εφαρμόζουν πράξεις στα υλικά ή τις αναπαραστάσεις εκφράζοντας σχέσεις μεταξύ διαφόρων ιδιοτήτων. Για παράδειγμα, τα εικονικά απτικά υλικά για την εισαγωγή της έννοιας του αριθμού μπορεί να συνδέουν δυναμικά τις εικονιστικές/οπτικές (iconic) αναπαραστάσεις των αριθμών με τις συμβολικές (π.χ. $** \leftrightarrow 2$) (εικόνες 10 και 11), ενώ τα εικονικά απτικά υλικά για την στατιστική επεξεργασία δεδομένων μπορούν να διαθέτουν δυναμικά διασυνδεδεμένα γραφήματα διαφόρων τύπων (π.χ. ραβδογράμματα, πίτες κ.ά.) για το ίδιο σύνολο δεδομένων. Οι διασυνδεδεμένες δυναμικές αναπαραστάσεις βοηθούν τους μαθητές να προσεγγίσουν τις αφηρημένες μαθηματικές ιδέες, να τις συνδέσουν με τις τυπικές συμβολικές τους εκφράσεις και να διερευνήσουν τις ιδιότητες και τις μεταξύ τους σχέσεις.

Εύκολη μεταβολή διάταξης ή αναπαράστασης: Άλλη μια μορφή ευελιξίας είναι η δυνατότητα αλλαγής διάταξης ή αναπαράστασης. Π.χ. συστήματα διαχείρισης δεδομένων επιτρέπουν αναδιάταξη των δεδομένων και πολλαπλές γραφικές παραστάσεις.

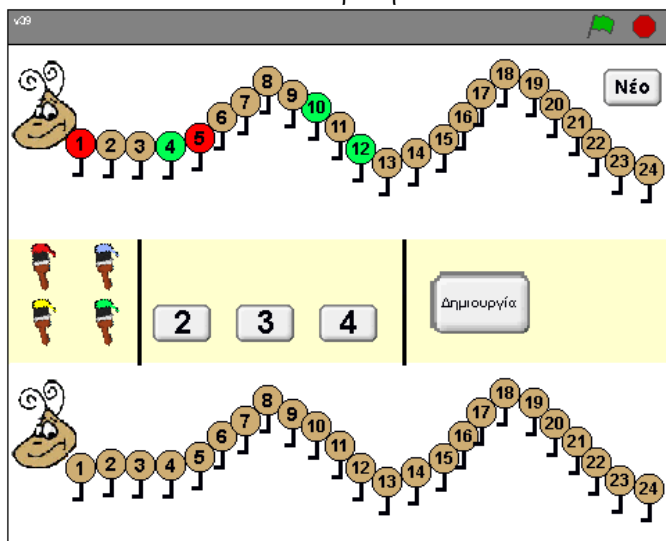
Πλεονεκτήματα της διαδραστικότητας των εικονικών απτικών υλικών

Τα εικονικά απτικά υλικά βοηθάνε στη σύνδεση των εννοιών και των οπτικών μοντέλων με τις συμβολικές αναπαραστάσεις μέσω της παροχής πληροφορίας ανάδρασης: Σε αντίθεση με τα απλά απτικά υλικά τα λογισμικά των εικονικών απτικών υλικών παρέχουν διασυνδεδεμένες οπτικές και συμβολικές αναπαραστάσεις (π.χ. αριθμοί, λεκτικές περιγραφές, αλγεβρικές παραστάσεις και εξισώσεις) οι οποίες προσαρμόζονται με τις πράξεις των παιδιών ώστε να παραμένουν σε συνέπεια. Βοηθούν έτσι τα παιδιά να συσχετίσουν τις πράξεις τους στο υλικό ή εικονικό επίπεδο με το τυπικό συμβολικό/σημειωτικό σύστημα που τις περιγράφει. Η διασύνδεση του εικονικού με το τυπικό επίπεδο αναπαράστασης γίνεται σαφέστερη στα περιβάλλοντα που επιτρέπουν χειρισμό εικονικών απτικών υλικών με προγραμματισμό. Π.χ. οι μαθητές μπορεί να σχεδιάζουν ένα ορθογώνιο στο χαρτί χωρίς να σκέφτονται μαθηματικά για αυτό, αντίθετα στο περιβάλλον της Logo οι μαθητές αναλύουν το σχήμα ώστε να επινοήσουν μια σειρά εντολών για να το σχεδιάσει η χελώνα. Η διαδικασία αυτή τους «υποχρεώνει» να εφαρμόσουν μέτρα για τις πλευρές και τις στροφές και να παρατηρήσουν π.χ. ότι οι απέναντι πλευρές είναι ίσες. Κάθε σφάλμα στο τυπικό επίπεδο οδηγεί σε λάθος σχήμα και η οπτική αυτή πληροφορία ανάδρασης καθιστά άμεση και κατασκευαστική τη σύνδεση μεταξύ της συμβολικής αναπαράστασης και του σχήματος. Έτσι οι έρευνες δείχνουν ότι οι ιδέες των μαθητών για τα σχήματα γίνονται έτσι περισσότερο μαθηματικές με τη χρήση της Logo (Clements and Battista 1989; Clements and Battista 1992). Η αδυναμία των Η/Υ να κατανοήσουν τη φυσική γλώσσα και η επιβολή του τυπικού συμβολισμού βοηθά τους μαθητές οι οποίοι μέσω αυτού του περιορισμού αρχίζουν να εκφράζονται τυπικά όλο και καλύτερα. Οι μαθητές στα περιβάλλοντα Η/Υ λόγω της λήψης πληροφορίας ανάδρασης δεν μπορούν να παραβλέψουν τα αποτελέσματα των πράξεων τους πάνω στα εικονικά απτικά υλικά και αρχίζουν έτσι να συνδέουν καλύτερα τις εμπειρίες τους με το συμβολικό επίπεδο της αναπαράστασής τους. Οι Η/Υ βοηθούν έτσι τους μαθητές να συνδέσουν την αισθητηριακά ενυπόστατη και την αφηρημένη γνώση ώστε να κατασκευάσουν ολοκληρωμένα συγκεκριμένη γνώση. Τέλος, η αναδραστική πληροφορία σε συνδυασμό με κατάλληλες γραφικές αναπαραστάσεις παρέχουν σκαλωσιές στους μαθητές για τη σταδιακή κατάκτηση εννοιών και διαδικασιών (εικόνες 12,13 και 14). Η παρατήρηση, η ερμηνεία και η αξιοποίηση της αναδραστικής πληροφορίας και των σκαλωσιών δεν είναι πάντα αυτόματη από τους μαθητές (Φεσάκης & Καφούση 2008). Ο ρόλος τους εκπαιδευτικού και του μαθησιακού σεναρίου είναι σημαντικός για την αξιοποίηση τους από τους μαθητές.



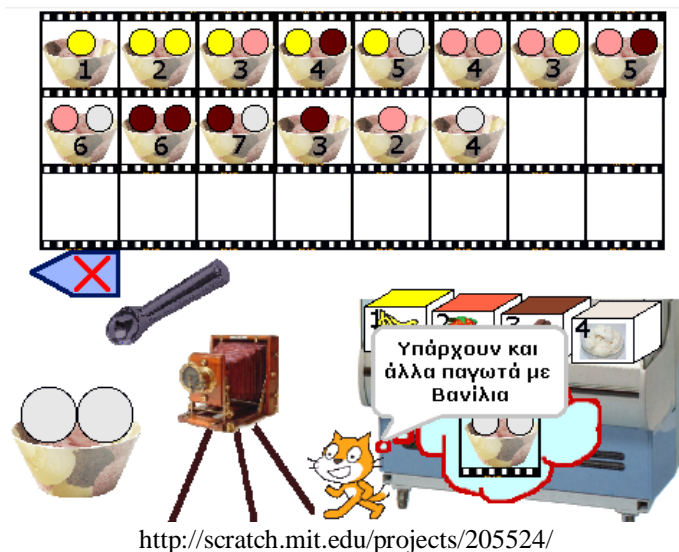
<http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/1785?locale=el>

Εικόνα 12. Φωτόδεντρο – ΕΚΠ. Εικονικό απτικό υλικό με υποστυλώματα και ανάδραση



<http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/4377?locale=el>

Εικόνα 13. Φωτόδεντρο – Μοτίβα. Εικονικό απτικό υλικό με υποστυλώματα και ανάδραση



Εικόνα 14. Scratch – Συνδυασμοί. Εικονικό απτικό υλικό με υποστυλώματα και ανάδραση

Υποστήριξη αναστοχασμού: Τα εικονικά απτικά υλικά υποστηρίζουν την αποθήκευση και ανασκόπηση διατάξεων των υλικών π.χ. οι μαθητές που έλυσαν μέχρι ένα σημείο ένα πρόβλημα μπορούν να αποθηκεύσουν τη διάταξη των υλικών και να συνεχίσουν αργότερα για να σκεφτούν εναλλακτικές διαδρομές λύσης. Εκτός από την αποθήκευση στατικών διαμορφώσεων των υλικών, τα λογισμικά εικονικών απτικών υλικών επιτρέπουν την αποθήκευση και αναπαραγωγή σειρών από πράξεις μαθητών διευκολύνοντας τον αναστοχασμό πάνω σε αυτές. Π.χ. μαθητές μπορούν να καταγράψουν μια παρτίδα τέτρις και μετά να την ξαναδοούν για να βελτιώσουν τη στρατηγική τους. Αυτού του τύπου οι μαθηματικές εξερευνήσεις διευκολύνουν την αναστοχαστική μάθηση.

Πλεονεκτήματα στη διδασκαλία και τη μάθηση μαθηματικών

Με μια πρώτη σκέψη για τα πλεονεκτήματα των εικονικών απτικών υλικών στη διδασκαλία και τη μάθηση μπορεί κανείς να αναφέρει τη διασύνδεση τους με άλλο υποστηρικτικό υλικό και σχετικούς πόρους στον παγκόσμιο ιστό (WWW), την ενσωμάτωσή τους μέσα σε μαθησιακά σενάρια, τη δυνατότητα εμπλοκής των γονέων, τη χρήση τους από το σπίτι, τη δυνατότητα εξατομικευμένης παροχής ανάδρασης και πληροφοριών προόδου για κάθε μαθητή από τα ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης μάθησης κ.ά. Οι Clements & McMillen (1996) περιγράφουν μια σειρά από σημαντικά πλεονεκτήματα για τη χρήση τους στη διδασκαλία και τη μάθηση:

Συνδέουν το ειδικό με το γενικό επιτρέποντας γενικεύσεις: Βοηθάνε τους μαθητές να αντιληφθούν ένα μαθηματικό αντικείμενο ως αντιπρόσωπο μιας ολόκληρης κλάσης αντικειμένων. Βοηθάνε επίσης να γενικεύσουν οι μαθητές στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων.

Επιτρέπουν τη διατύπωση προβλημάτων και εικασιών: Η διατύπωση και η διερεύνηση μαθηματικών εικασιών αποτελεί την ουσία της μαθηματικής δημιουργικότητας (Schwartz, 1989). Τα υπολογιστικά χειροπιαστά υλικά αποτελούν εργαλεία για τη διερεύνηση των εικασιών των μαθητών με μικρό ψυχολογικό κόστος σε περίπτωση αστοχίας. Τα μαθηματικά μετασχηματίζονται έτσι σε ένα είδος πειραματικής επιστήμης, όπου οι μαθητές εκτελούν τα πειράματά τους στον Η/Υ. Η διατύπωση προβλημάτων και εικασιών και η διερεύνηση αυτών από τους ίδιους τους μαθητές σε περιβάλλον Η/Υ τους διευκολύνει να περάσουν από την εμπειρική σκέψη στη λογική σκέψη. Οι μαθητές μπαίνουν έτσι στο ρόλο του μαθηματικού, δεν μαθαίνουν απλά περί μαθηματικών αλλά να σκέφτονται όπως οι μαθηματικοί (Papert, 1980).

Παρέχουν σκαλωσιές (scaffolding) για την επίλυση προβλημάτων: αρχικές διαισθητικές αντιλήψεις των μαθητών μπορούν με τη βοήθεια των Η/Υ να γίνουν περισσότερο τυπικές και αναλυτικές. Για παράδειγμα στην Logo κάποιος γράφει μια διαδικασία για ορθογώνιο και αρχικά χρησιμοποιεί τέσσερις μεταβλητές για τα μήκη των πλευρών, ενώ σταδιακά αντιλαμβάνεται ότι χρειάζονται μόνο δύο. Σε ένα πίνακα υπολογισμών αρχικά μπορεί κάποιος να χρησιμοποιεί συγκεκριμένους αριθμούς ενώ σταδιακά να εισάγει αλγεβρικές σχέσεις για να υπολογιστεί η τιμή ενός κελιού σε σχέση με τις τιμές άλλων.

Εστιάζουν την προσοχή, αυξάνουν τα μαθησιακά κίνητρα και είναι ελκυστικά: Μειώνεται ο άσχετος με τη μάθηση λόγος των μαθητών και μαθητές που δεν είναι τόσο καλών σχολικών επιδόσεων στα μαθηματικά βρίσκουν ευχάριστη τη χρήση τους. Τα εικονικά απτικά υλικά υποστηρίζουν τουλάχιστον τα ίδια επίπεδα εμπλοκής (engagement) των μαθητών με τα συνήθη απτικά υλικά (Moyer et al., 2002). Το εικονικό απτικό υλικό όμως είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί και από μεγαλύτερα παιδιά (>Δ' Δημοτικού) που συχνά θεωρούν τη χρήση του απτικού υλικού κατάλληλη για τα μικρότερα μόνο.

Ενθαρρύνουν και διευκολύνουν τη διατύπωση ολοκληρωμένων, με ακρίβεια και σαφήνεια εξηγήσεων:

Οι ολισθήσεις, οι αναστροφές, οι στροφές κλπ οι χειρισμοί γενικά γίνονται πιο οργανωμένα και συνειδητά στους Η/Υ σε σχέση με το φυσικό υλικό. Έτσι είναι ευκολότερο στα παιδιά να αναστοχαστούν τις πράξεις χειρισμού και το αποτέλεσμα τους και να εξηγήσουν πιο τυπικά τις ενέργειές τους.

ΣΥΝΟΨΗ

Τα εκπαιδευτικά υλικά αποτελούν μέσο για την αναπαράσταση πληροφοριών και αφηρημένων εννοιών και η σημασία τους στην εκπαίδευση έχει επισημανθεί από νωρίς. Επιπλέον, τα υλικά εργαλεία που επινοήθηκαν για την παραγωγή, την εφαρμογή ή τη διδασκαλία των μαθηματικών μπορούν να ενσωματωθούν στην εκπαίδευση μέσα από κατάλληλο σχεδιασμό. Με την ανάπτυξη των Η/Υ τα μαθηματικά εργαλεία και υλικά έχουν αποκτήσει νέες άυλες μορφές. Από τις διάφορες μορφές ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού η εργασία εστιάστηκε στα εικονικά απτικά υλικά. Τα απτικά υλικά είναι αντικείμενα που επιλέχθηκαν ή σχεδιάστηκαν να αναπαριστούν άμεσα και ενυπόστατα αφηρημένες μαθηματικές ιδέες. Είναι οπτικά και απτικά ελκυστικά και οι μαθητές μπορούν να τα χειρίζονται με τα χέρια τους, ώστε να έχουν άμεσες εμπειρίες και να διευκολύνουν τη σκέψη τους. Τα απτικά υλικά θεωρείται ότι κάνουν τη μάθηση πιο διασκεδαστική και ελκυστική. Επειδή η αφηρημένη σκέψη των μαθητών είναι στενά συνδεδεμένη με τις συγκεκριμένες αισθητηριακές αντιλήψεις του κόσμου η ενεργός χρήση των απτικών υλικών επιτρέπει στους μαθητές να αναπτύξουν ένα ρεπερτόριο από εικόνες που είναι χρήσιμες για τη νοητική διαχείριση των αφηρημένων μαθηματικών εννοιών. Τα πρώτα εικονικά απτικά υλικά αφορούσαν σε λογισμικές προσομοιώσεις απτικών υλικών και εμφανίστηκαν όταν ωρίμασε η τεχνολογία των γραφικών και της διεπαφής χρήστη στους Η/Υ. Οι εμπειρικές εκπαιδευτικές έρευνες δείχνουν ότι τα εικονικά απτικά υλικά είναι ίδιας ή καλύτερης αποτελεσματικότητας με τα συμβατικά. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην ανάγκη αναθεώρησης της μαθησιακής αξίας των απτικών υλικών η οποία δεν εδράζει τόσο στην υλική τους υπόσταση και την ικανότητα να ενεργοποιούν αφή και όραση, αλλά περισσότερο στη διαμεσολαβητική ερμηνεία και προβολή αφηρημένων μαθηματικών ιδεών. Για τη θεωρητική τεκμηρίωση της μαθησιακής αξίας των απτικών υλικών είναι δυνατό να υιοθετηθούν απόψεις από τη μαθηματική μοντελοποίηση, τη θεωρία του Dienes και τη θεωρία για την ολοκληρωμένα συγκεκριμένη γνώση. Από την κριτική ανάγνωση αυτών των θεωρητικών προσεγγίσεων φαίνεται ότι το συγκεκριμένο δεν απαιτεί υλική υπόσταση και σημαίνει μάλλον τη σύνδεση των μαθηματικών ιδεών με, μερικά έστω, ισόμορφες αναπαραστάσεις και άλλες μαθηματικές ιδέες σε σύνθετες γνωστικές δομές βάση των οποίων διευρύνεται η ικανότητα αναπαράστασης και επίλυσης προβλημάτων από τους μαθητές. Τα απτικά υλικά και τα γενικευμένα λογισμικά τους ισοδύναμα μπορούν να διαδραματίσουν το ρόλο του αισθητηριακά αντιληπτού σημειωτικού συστήματος για τη διασύνδεση του πραγματικού κόσμου και του αφηρημένου μαθηματικού κόσμου μέσω αναλογιών και αντιστοιχιών.

Τα λογισμικά των εικονικών απτικών υλικών διαθέτουν επιπλέον χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα σε σχέση με τα απλά απτικά υλικά. Τα πλεονεκτήματα αυτά μπορούν να διευρύνουν την εφαρμογή των απτικών υλικών στις πραγματικές σχολικές συνθήκες επειδή λύνουν μια σειρά πρακτικών προβλημάτων. Είναι γεγονός ότι παρά τα θετικά πορίσματα των εμπειρικών ερευνών για την αποτελεσματικότητα των απτικών υλικών η χρήση τους δεν είναι αρκετά διαδεδομένη στις σχολικές αίθουσες. Οι αιτίες περιλαμβάνουν και τις πρακτικές δυσκολίες της διαχείρισής τους εκτός της επιμόρφωσης

των εκπαιδευτικών και τη διαθεσιμότητα ολοκληρωμένων προγραμμάτων σπουδών που να ενθαρρύνουν την αξιοποίηση των υλικών. Επιπλέον η διαδραστικότητα των εικονικών απτικών υλικών, η παροχή αναδραστικής πληροφορίας και πολλαπλών διασυνδεδεμένων αναπαραστάσεων οπτικοποιήσεων και τυπικών συμβολικών εκφράσεων διευκολύνει την κατανόηση των μαθηματικών εννοιών και τη σύνδεση τους με τα τυπικά συστήματα κωδικοποίησης.

Η χρήση των απτικών υλικών συχνά μοιάζει να γίνεται αυτοσκοπός, αντίθετα η ανάλυση του θεωρητικού πλαισίου αναδεικνύει ότι έχει νόημα να γίνεται στο πλαίσιο της μαθηματικής μοντελοποίησης και των αρχών του Dienes. Σε μια τέτοια προοπτική οι μαθητές δεν θα μαθαίνουν μηχανιστικά τη χρήση των υλικών αλλά θα εμπλέκονται ενεργά σε διαδικασίες αναδυόμενου εγγραμματισμού στις μαθηματικές έννοιες, στην επίλυση μοντελοποιημένων προβλημάτων, στη διατύπωση και επίλυση των δικών τους προβλημάτων και τέλος στην ανάπτυξη των δικών τους μοντέλων με απτικά υλικά για νέα προβλήματα. Οι αναπαραστάσεις με απτικά υλικά σε θέματα όπως η έννοια του αριθμού στην προσχολική, η γεωμετρία, η μέτρηση και τα κλάσματα είναι κρίσιμης σημασίας αλλά δεν αρκούν. Τα απτικά υλικά αποδίδουν όταν χρησιμοποιούνται για την ενεργή εμπλοκή και ενεργοποίηση της σκέψης των μαθητών υπό την καθοδήγηση της εκπαιδευτικού.

Από την ανάλυση φαίνεται ακόμα ότι σε επίπεδο εμπειρικών ερευνών σε σχέση με τα εικονικά απτικά υλικά υπάρχουν ακόμα αρκετές περιοχές ανεξερευνήτες. Για παράδειγμα, αξίζει να μελετηθεί η επίδραση των εικονικών απτικών υλικών σε δραστηριότητες μαθηματικής μοντελοποίησης σε νεαρά και μεγαλύτερα παιδιά. Επίσης, είναι σημαντικό να μελετηθούν μαθηματικά εργαλεία και υλικά που δεν έχουν ακόμα ψηφιοποιηθεί. Επιπλέον, δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες υπό το θεωρητικό πρίσμα της κοινωνικοπολιτισμικής προσέγγισης για το διαμεσολαβητικό ρόλο των εργαλείων. Ο συνδυασμός των εικονικών υλικών με άλλα μέσα όπως τα ψηφιακά παιχνίδια και οι ιστορίες μπορεί επίσης να αποδώσει νέα γνώση. Ενδιαφέρον έχουν και μελέτες για νέα εικονικά υλικά που πιθανά δεν έχουν φυσικό αντίστοιχο. Τέλος, ο συνδυασμός των εικονικών απτικών υλικών με συγκεκριμένες μαθησιακές στρατηγικές όπως η διερευνητική μάθηση, η εγκαθιδρυμένη (situated) μάθηση και η κοινωνική μάθηση αξίζει να μελετηθεί επίσης.

Θα μπορούσε κανείς να υποστηρίξει ότι την εποχή που γράφεται η εργασία η διαθεσιμότητα των εικονικών απτικών υλικών έχει ξεπεράσει τη δυνατότητα αφομοίωσης τους από το εκπαιδευτικό σύστημα. Τα εικονικά απτικά υλικά υπάρχουν διαθέσιμα, όμως λείπει όχι μόνο το «νομοποιητικό πλαίσιο» (προγράμματα σπουδών, κατάλληλα εγχειρίδια), αλλά και η ενημέρωση και κατάρτιση των εκπαιδευτικών για να τα αξιοποιήσουν στο βαθμό που θα ήταν δυνατό. Η παρούσα εργασία ευελπιστεί να βοηθήσει στην παραγωγή σκέψης για την αξιοποίηση των εικονικών απτικών υλικών και γενικότερα στη χρήση των Η/Υ ως διερευνητικό εργαλείο μάθησης των μαθηματικών.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Barody, A. (1989). One Point of View: Manipulatives Don't Come with Guarantees. *Arithmetic Teacher* 37, 4-5.

- Bruner, J. (1966). *Toward a Theory of Instruction*. Cambridge: Harvard University Press.
- Butler, F. M., Miller, S. P., Crehan, K., Babbitt, B., & Pierce, T. (2003). Fraction instruction for students with mathematics disabilities: Comparing two teaching sequences. *Learning Disabilities Research & Practice*, 18(2), 99-111.
- Char, C. (1989). *Computer Graphic Feltboards: New Software Approaches for Young Children's Mathematical Exploration*. San Francisco: American Educational Research Association.
- Clements, D. & McMillen, S. (1996). Rethinking Concrete Manipulatives. *Teaching Children Mathematics*, 2(5), 270-279.
- Clements, D. (1999). "Concrete" manipulatives, concrete ideas. *Contemporary Issues in Early Childhood*, 1 (1), 45-60.
- Clements, D., & Battista, M. (1989). Learning of Geometric Concepts in a Logo Environment. *Journal for Research in Mathematics Education* 20, 450-67.
- Clements, D., & Battista, M. (1992). Geometry and Spatial Reasoning. In D. A. Grouws. (Ed.) *Handbook of research on mathematics teaching and learning*, (pp. 420-464. New York: Macmillan Publishing Co.
- concrete. (n.d.) *The American Heritage® Dictionary of the English Language, Fourth Edition*. (2003). Retrieved August 11 2014 from <http://www.thefreedictionary.com/concrete>
- Dienes, Z. (1971). An Example of the Passage from the Concrete to the Manipulation of Formal Systems. *Educational Studies in Mathematics* 3, 337-52.
- Dienes, Z. & Golding, E. (1971). *Approach to Modern Mathematics*. New York: Herder and Herder.
- Dienes, Z. (1969). *Building Up Mathematics*. Rev. ed. London: Hutchinson Educational.
- Driscoll, M. (1983). *Research within Reach: Elementary School Mathematics and Reading*. St. Louis:CEMREL.
- Duncan, K, Goldfinch, J. & Jackman, S. (1996). Conference review of 7th International Conference on the Teaching of Mathematical Modelling and Applications. *International Reviews on Mathematical Education*, 28(2), 67-69.
- Durkus, S., Karakirik, E. (2006). Virtual Manipulatives in Mathematics Education: A Theoretical Framework. In: *The Turkish Online Journal of Educational technology*. 5(2), 117-123
- Fennema, E. (1972). The Relative Effectiveness of a Symbolic and a Concrete Model in Learning a Selected Mathematics Principle. *Journal for Research in Mathematics Education* 3, 233-238.
- Fesakis G., Kafousi S., & Malisiova E., (2011). Intuitive conceptions of kindergarten children about the total of two dice problem, through the use of a microworld, *The International Journal for Technology in Mathematics Education (IJTME)*, 18(2), 61-70
- Gravemeijer, K. (1991). An Instruction-Theoretical Reflection on the Use of Manipulatives. In L. Streefland (Ed.) *Realistic Mathematics Education in Primary*

- School*, (pp. 57-76). Utrecht, The Netherlands: Freudenthal Institute, Utrecht University
- Haugland, S. (1995), Computers and young children. Classroom activities provide important support to children's computer experiences. *Early childhood education journal*, 23(2), 99-100
- Heddens, J. W. (2005). *Improving Mathematics Teaching by Using Manipulatives*. Accessed on September 2005 on site <http://manipulatives.yolasite.com/resources/Improving%20Mathematics%20Teaching%20by%20Using%20Manipulatives.pdf>
- Holt, J. (1982). *How Children Fail*. New York: Dell Publishing Co.
- IEEE LTSC (2002), Draft Standard for Learning Object Metadata. IEEE Standard 1484.12.1, New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, retrieved 18-08-2014, <http://standards.ieee.org/findstds/standard/1484.12.1-2002.html>
- Johnson, V. M. (2000). An investigation of the effects of instructional strategies on conceptual understanding of young children in mathematics. New Orleans, LA: American Educational Research Association.
- Klahr, D., Triona, L., & Williams, C. (2007). Hands on what? The relative effectiveness of physical versus virtual materials in an engineering design project by middle school children. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 183-203.
- Lesh, R. (1979). 'Applied problem solving in early mathematics learning', paper presented at the Third International Conference for the Psychology of Mathematics Education, Warwick, England.
- manipulative. (n.d.) *The American Heritage® Dictionary of the English Language, Fourth Edition*. (2003). Retrieved August 11 2014 from <http://www.thefreedictionary.com/manipulatives>
- Mendiburo, M. & Hasselbring, T. (2014). Technology's Impact on Fraction Learning: An experimental comparison of virtual and physical manipulatives. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 33(2), 209-231. Chesapeake, VA: AACE.
- Mendiburo, M.: Virtual Manipulatives and Physical Manipulatives: Technology's Impact on Fraction Learning. Unpublished doctoral dissertation, Peabody College of Vanderbilt University, Nashville, TN (2010), <http://etd.library.vanderbilt.edu/available/etd-04052010-171448/unrestricted/100422MendiburoCompleteDraft.pdf>
- Moyer, P. S. (2001). Are we having fun yet? How teachers use manipulatives to teach mathematics. *Educational Studies in Mathematics: An International Journal*, 47(2), 175-197.
- Moyer, P. S., Bolyard, J. J., & Spikell, M. A. (2002). What are virtual manipulatives?, *Teaching Children Mathematics*, 8(6), 372-377.
- Moyer, P., Niezgod, D., & Stanley, J. (2005). Young children's use of virtual manipulatives and other forms of mathematics representation. *Technology-Supported Mathematics Learning Environments [2005 NCTM Yearbook (67th)]*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books
- Piaget, J. (1971). *The Psychology of Intelligence*. Boston: Routledge and Kegan.
- Post, T. (1981). The Role of Manipulative Materials in the Learning of Mathematical Concepts. In *Selected Issues in Mathematics Education* (pp. 109-131). Berkeley, CA: National Society for the Study of Education and National Council of Teachers of Mathematics, McCutchan Publishing Corporation.
- Reimer, K., & Moyer, P. S. (2005). Third-graders learn about fractions using virtual manipulatives: A classroom study. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 24(1), 5-25.
- Salomon, G. , Perkins, D.N., & Globerson, T. (1991). Partners in cognition: Extending human intelligence with intelligent technologies. *Educational Researcher*, 20(3), 2-9.
- Sarama, J., & Clements, D. H. (2009). “Concrete” Computer Manipulatives in Mathematics Education. *Child Development Perspectives*, 3(3), 145–150. doi:10.1111/j.1750-8606.2009.00095.x
- Schwartz, J. (1989). Intellectual Mirrors: A Step in the Direction of Making Schools Knowledge-Making Places. *Harvard Educational Review* 59, 51-61.
- Simon, H. A. (1981). *The Sciences of the Artificial*, The MIT Press, Cambridge, MA.
- Sowell, E. (1989). Effects of Manipulative Materials in Mathematics Instruction. *Journal for Research in Mathematics Education* 20. 498-505
- Steen, K., Brooks, D., & Lyon, T. (2006). The Impact of Virtual Manipulatives on First Grade Geometry Instruction and Learning. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 25(4), 373-391.
- Suh, J. (2005). Third graders' mathematics achievement and representation preference using virtual and physical manipulatives for adding fractions and balancing equations. (Doctoral Dissertation, George Mason University, 2005). *Dissertation Abstracts International*, (66) 02, 528.
- Suh, J., & Moyer, P. S. (2007). Developing Students' Representational Fluency Using Virtual and Physical Algebra Balances. *Journal of Computer in Mathematics and Science Teaching*, 26(2), 155-173.
- Suydam, M. N. (1986). Research Report: Manipulative Materials and Achievement. *Arithmetic Teacher*, 33:10, 32.
- Suydam, M. N., & Higgins, J. L.(1976). Review and Synthesis of Studies of Activity-Based Approaches to Mathematics Teaching. Final Report, NIE Contract No. 400-75-0063.
- Thompson, P. W., & Thompson, A. G. (1990). Salient aspects of experience with concrete manipulatives. In F. Hitt (Ed.), *Proceedings of the 14th annual meeting of the International Group for the Psychology of Mathematics* (Vol. 3, pp. 337–343). Mexico City: International Group for the Psychology of Mathematics Education.
- Wilensky, U. (1991). Abstract Mediations on the Concrete and Concrete Implications for Mathematics Education. In I. Harel and S. Papert (Eds.) *Constructionism*, (pp. 193-199). Norwood, N.J.: Ablex Publishing Co.

- Κουτσοβάνου, Ε. (1993). Η μέθοδος Montessori και η προσχολική εκπαίδευση, Αθήνα: Εκδόσεις Οδυσσέας (αρχική έκδοση: 1992).
- Κυνηγός, Χ. (2014) Το Ψηφιακό Σχολείο ως όχημα για τον πειραματισμό και το μαστόρεμα στα μαθηματικά, Πρακτικά 5ου Συνεδρίου Ένωσης ερευνητικών διδακτικής των Μαθηματικών (ΕνΕΔιΜ), Τα Μαθηματικά στο Σχολείο και στην Καθημερινή ζωή, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Χ. Λεμωνίδης, κ. Νικολαντωνάκης (επ.)
- Κυριαζοπούλου- Βαληνάκη, Π. (1977). Νηπιαγωγική (τόμος 2). Αθήνα: Αδερφοί Βλάσση
- Σεραφείμ, Κ., Φεσάκης, Γ., (2009), Ανάπτυξη ψηφιακού παιδαγωγικού υλικού με το SCRATCH, Περιοδικό «Σύγχρονο Νηπιαγωγείο», Τεύχος 68, Μάρτιος-Απρίλιος 2009, Εκδόσεις: Δίπτυχο
- Σκουμπουρδή Χρ. (2012) Σχεδιασμός υλικών και μέσων στη μαθηματική εκπαίδευση των μικρών παιδιών, Εκδόσεις Πατάκη
- Σκουμπουρδή, Χ. (2004). Ταξινόμηση του διδακτικού υλικού για τη διδασκαλία των μαθηματικών. 21ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μαθηματικής Παιδείας: Το Αναλυτικό Πρόγραμμα και η Διδακτική Προσέγγιση των Μαθηματικών στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: 383-393, Τρίκαλα.
- Τριλιανός, Θ. (2003). Μεθοδολογία της Σύγχρονης Διδασκαλίας: Καινοτόμες επιστημονικές προσεγγίσεις στη Διδακτική Πράξη. Αθήνα: αυτοέκδοση (Α τόμος)
- Φεσάκης Γ. & Τασούλα Ε., (2007). Οικοδόμηση εννοιών από τα νήπια με τη βοήθεια αυτοσχέδιου ρομποτικού περιηγητή. Σύγχρονο Νηπιαγωγείο, 56, pp. 98-106
- Φεσάκης Γ., Καφούση Σ., (2008). Ανάπτυξη συνδυαστικής σκέψης νηπίων με τη βοήθεια ΤΠΕ: παραγωγή συνδυασμών με επανατοποθέτηση. Πιλοτική έρευνα, Στο Χ., Αγγελή, & Ν., Βαλανίδης, (επιμ.), Πρακτικά του 6^{ου} Πανελληνίου συνεδρίου: Οι ΤΠΕ στην εκπαίδευση, ΕΤΠΕ, Λεμεσός, Κύπρος, 25-28 Σεπ 2008, Εκδόσεις J. G. Cassoulides & Son Ltd, Τόμος 1, σελ.: 129-136
- Φεσάκης Γ., Καφούση Σ., Σκουμπουρδή Χρ., (2008). Δημιουργώντας στοχαστικές εμπειρίες για την εξέλιξη των διαισθητικών αντιλήψεων νηπίων με τη βοήθεια διαδικτυακών μικρόκοσμων, Στο Χ., Αγγελή, & Ν., Βαλανίδης, (επιμ.), Πρακτικά του 6^{ου} Πανελληνίου συνεδρίου: Οι ΤΠΕ στην εκπαίδευση, ΕΤΠΕ, Λεμεσός, Κύπρος, 25-28 Σεπ 2008, Εκδόσεις J. G. Cassoulides & Son Ltd, Τόμος 1, σελ.: 280-287

Η Κριτική της Ηγεμονίας μιας ‘Ιδεολογίας Βεβαιότητας’ στα Μαθηματικά και στη Μαθηματική Εκπαίδευση

Άννα Χρονάκη

Π.Τ.Π.Ε. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος

chronaki@uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία¹ αποτελεί μια απόπειρα συζήτησης της ‘κριτικής’ που έχει εκφραστεί για την ηγεμονία μιας ‘ιδεολογίας βεβαιότητας’ στα μαθηματικά και στην μαθηματική εκπαίδευση και της επιρροής που έχει ασκήσει αυτή η κριτική στη σύγχρονη σκέψη για τη διδασκαλία και τη μάθηση των μαθηματικών. Η μαθηματική εκπαίδευση ως πλαίσιο εκλαΐκευσης, διάχυσης και διαμοιρασμού της μαθηματικής γνώσης παρέχει έννοιες, ιδέες και εργαλεία, ενώ διαμορφώνει αξίες και ταυτότητες που μας υποστηρίζουν να δημιουργήσουμε κοινότητες, να υλοποιήσουμε σχεδιαστικές πρακτικές και να οργανώσουμε εκπαιδευτικά προγράμματα και παρεμβάσεις. Στόχος αυτού του κειμένου είναι η σκιαγράφηση της πιθανής συνέργειας μεταξύ των κύριων ζητημάτων που συγκροτούν αυτή την κριτική από διαφορετικούς θεωρητικούς χώρους. Ταυτόχρονα, αποσκοπεί στην ανάδειξη της δημιουργικής δυναμικής που ενέχεται στην παρουσία αυτής της ‘κριτικής’ στον χώρο της μαθηματικής εκπαίδευσης.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

Πριν από περίπου δύο δεκαετίες οι Marcelo Borba και Ole Skovsmose ξεκινούν μια συζήτηση για την ηγεμονία μιας ‘ιδεολογίας βεβαιότητας’ στα μαθηματικά και στην μαθηματική εκπαίδευση ως μια διαχρονική μορφή εξουσίας, η οποία επενεργεί άρρητα σε κοινωνικούς σχηματισμούς, αναπαραστάσεις και μύθους σχετικά με το ‘τι είναι τα μαθηματικά’ ενώ ταυτόχρονα διαμορφώνει μηχανισμούς, πρακτικές, δομές και ταυτότητες. Οι ίδιοι εξηγούν:

‘Η ιδεολογία της βεβαιότητας λειτουργεί χωρίς να φαίνεται· είναι έμμεσα και άρρητα συνδεδεμένη με ισχυρά μαθηματικά εργαλεία. Ο λόγος γύρω από τα μαθηματικά προωθεί αυτή τη συντριπτική δύναμη εφαρμογής τους, αλλά δεν λέει πολλά για τις προϋποθέσεις πάνω στις οποίες επιτελείται αυτή η εφαρμογή. Η βάση της ιδεολογίας που κατασκευάζει αυτόν το λόγο μπορεί να εκφραστεί περιληπτικά ως εξής:

¹ Η παρούσα εργασία έχει κατατεθεί για δημοσίευση στο περιοδικό Βήμα των Κοινωνικών Επιστημών και μέρος της εργασίας έχει επίσης κατατεθεί στο 6^ο συνέδριο της ΕΝΕΔΙΜ (Θεσ/νίκη, 2015).

- (1) *Τα μαθηματικά είναι τέλεια, καθαρά και καθολικά εργαλεία με την έννοια ότι η αλήθεια μιας μαθηματικής δήλωσης δεν βασίζεται στην εμπειρική διερεύνηση. Η αλήθεια των μαθηματικών δεν επηρεάζεται από κανένα κοινωνικό, πολιτικό ή ιδεολογικό συμφέρον ή κίνητρο.*
- (2) *Τα μαθηματικά είναι συναφή και αξιόπιστα διότι μπορούν να εφαρμοστούν σε πολλά διαφορετικά είδη προβλημάτων. Οι εφαρμογές των μαθηματικών δεν γνωρίζουν όρια καθώς κάθε πρόβλημα είναι εφικτό να μαθηματικοποιηθεί (Borba & Skovsmose, 1997, σελ. 17, μετάφραση από το αγγλικό κείμενο).*

Η κυριαρχία αυτής της ιδεολογίας γίνεται φανερή σε ποικίλες εκφάνσεις της κοινωνικής ζωής και της εκπαιδευτικής πράξης, όπου η αίσθηση της βεβαιότητας κυριαρχεί ως η *‘φαντασίωση της παντοδυναμίας πάνω σ’ ένα αριθμήσιμο σύμπαν’* (Walkerline, 2004; viii). Η Sfard (2009) χρησιμοποιεί τον όρο *numberese*, ως ένα είδος αριθμολαγνείας, για να μιλήσει σχετικά με την κρυφή γοητεία της χρήσης των αριθμών για την περιγραφή της καθημερινής πραγματικότητας υποστηρίζοντας την ανάγκη αντίστασης και κριτικής σε μονοφωνικούς/μονολογικούς λόγους (βλ. *monological discourse* στο Bakhtin, 1986), όπου η φωνή των μαθηματικών γίνεται η φωνή ενός Θεού ή ενός Ηγεμόνα. Η δίχως όρια αφοσίωση στους αριθμούς γίνεται ορατή σε προσπάθειες επίτευξης λογικής επιχειρηματολογίας, πρόβλεψης και εκτίμησης σε επιστημονικά, οικονομικά, τεχνολογικά, κοινωνικά και πολιτικά συγκείμενα. Παρόλο που η τεχνική αυτή διάσταση των μαθηματικών είναι αδιαμφισβήτητη χρήσιμη σε συγκεκριμένους τομείς, η ηγεμονική παρουσία της στο χώρο της μαθηματικής εκπαίδευσης τείνει να την καθιστά κύρια ένα χώρο εξάσκησης και εφαρμογής μαθηματικών υπολογισμών ή ιδεών για την επίλυση μη μαθηματικών προβλημάτων, εις βάρος μιας περισσότερο ανοιχτής και διερευνητικής πράξης η οποία λαμβάνει υπόψη τις *‘προσπάθειες’* πάνω στις οποίες επιτελούνται αυτές οι εφαρμογές.

Ορμώμενη από τα παραπάνω, η παρούσα εργασία αποτελεί μια απόπειρα συζήτησης της *‘κριτικής’* που έχει εκφραστεί για την ηγεμονία μιας *‘ιδεολογίας βεβαιότητας’* στα μαθηματικά στο πεδίο των θετικών και κοινωνικών επιστημών και της επιρροής που έχει ασκήσει αυτή η κριτική στη σύγχρονη σκέψη για τη μαθηματική παιδεία. Η μαθηματική εκπαίδευση ως πλαίσιο εκλαΐκευσης, διάχυσης και διαμοιρασμού γνώσης μπορεί να παρέχει έννοιες και εργαλεία τα οποία μας υποστηρίζουν να κατανοήσουμε αντικείμενα και σχέσεις, να επινοήσουμε δομές και να υλοποιήσουμε ιδέες, οι οποίες δυναμικά συμμορφώνονται (ή/και αντιστέκονται σε) με ηγεμονικές θέσεις. Στις επόμενες ενότητες, αφού εξετάσουμε την ηγεμονία μιας ιδεολογίας βεβαιότητας στη μαθηματική γνώση, αλλά και τις απόπειρες αμφισβήτησής της, θα στραφούμε σε προσπάθειες έκφρασης μιας *‘κριτικής’* προσέγγισης στο πεδίο της μαθηματικής εκπαίδευσης. Στόχος μας, εδώ, είναι η

σκιαγράφηση της πιθανής συνέργειας μεταξύ των λόγων που συγκροτούν αυτή την κριτική από διαφορετικούς θεωρητικούς χώρους και η ανάδειξη της δυναμικής που ενέχεται σε μια από κοινού ανάγνωση, η οποία αποτολμά τη συσχέτισή τους στο χώρο της μαθηματικής εκπαίδευσης.

ΟΥΕΙΣ ΤΗΣ ΗΓΕΜΟΝΙΑΣ ΜΙΑΣ ‘ΙΔΕΟΛΟΓΙΑΣ ΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ’ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ

Η θέση των μαθηματικών στην κοινωνία και στην εκπαίδευση συμπυκνώνεται στην παρουσία μιας σειράς ‘μύθων’ που εξυμνούν την ‘αλήθεια’ και μιλούν για τα μαθηματικά ως γνώση η οποία χαρακτηρίζεται από ακρίβεια, αντικειμενικότητα, καθολικότητα, λογική επιχειρηματολογία και ορθολογισμό. Οι μύθοι αυτοί συγκροτούνται σε αφηγήσεις γύρω από μια ‘ιδεολογία βεβαιότητας’, όπως την αποκαλούν οι Borba & Skovsmose (1997), τόσο στο πεδίο των μαθηματικών όσο και σε ευρύτερα πλαίσια εκλαΐκευσης των μαθηματικών, όπως είναι το πεδίο της μαθηματικής εκπαίδευσης. Οι αφηγήσεις αυτές επικεντρώνονται σε κοινωνικές αναπαραστάσεις των μαθηματικών ως πανανθρώπινο και θεϊκό δημιούργημα απαλλαγμένο από τις δυσκολίες, τις ασάφειες, τις αντιφάσεις, τους ανταγωνισμούς, τους κινδύνους και το ρίσκο που ενυπάρχει σε κάθε απόπειρα παραγωγής νέας γνώσης.

Οι μυθικές αυτές αφηγήσεις ‘βεβαιότητας’ για την μαθηματική γνώση και την συνεισφορά τους στον άνθρωπο και στην κοινωνία εγγράφονται ξανά και ξανά σε ιστορικά, γνωστικά και επιστημολογικά συμφραζόμενα. Ιστορικά, η κατασκευή των μαθηματικών ως επιστημονικό πεδίο αναζητείται έως και πέντε χιλιετηρίδες παλαιότερα στα βάθη της Μεσοποταμίας και της Αιγύπτου και βασίζεται στην ανάγκη ανάπτυξης ‘αντικειμενικών’ αριθμητικών συστημάτων, με στόχο τη λογιστική, την αρχειοθέτηση, τη φορολογία και το εμπόριο στις τάξεις των βασιλιάδων και του ιερατείου (Hoyrup, 1980). Αργότερα, γύρω στο 500 π.Χ., και ενώ η εννοιολογική αντίληψη της οντολογίας των μαθηματικών μετατίθεται από την πρακτική των καθημερινών συναλλαγών στην κατασκευή τους ως αισθητική (ωραίο, αληθινό, δίκαιο) και ως λογική (απόδειξη, επιχειρηματολογία, γενίκευση), η συγκρότησή τους ως βεβαιότητα στα ‘πραγματικά’ μαθηματικά ενισχύεται. Η γνωστική επαναφήγηση αυτής της βεβαιότητας εμφανίζεται στις μέρες μας στην Πιαζετιανή θεώρηση της ικανότητας του παιδιού στην αριθμηση ως ‘διατήρηση’ της πληθικότητας ενός συνόλου αντικειμένων στο πλαίσιο πειραμάτων που εστιάζουν στην εξελικτική κατανόηση του αριθμού (βλ. Hughes, 1986) αλλά και σε μετέπειτα γνωσιακές θεωρίες που μιλούν για το πέρασμα από τις δράσεις, τις διαδικασίες και τα μαθηματικά αντικείμενα στα νοητικά σχήματα (schemes, βλ. Dubinsky, 1994). Επιστημολογικά, η ‘ιδεολογία της βεβαιότητας’ εμφανίζεται ως η αναζήτηση της ‘αλήθειας’ κύρια μέσω της γλώσσας, η οποία συνδέεται άμεσα με τη μαθηματική σκέψη και τη διαίσθηση (βλ. πρότερη δουλειά του Wittgenstein, 1922, Brouwer, 1913) και διέπεται από το Πλατωνικό ιδεώδες των μαθηματικών ως το άχρονο ή αιώνια σταθερό βασίλειο των αγνών και καθαρών ιδεών. Αυτή η ιδεολογία δεσπόζει στη μαθηματική

φιλοσοφία νεότερων μελετητών, όπως ο Frege, ο Godel, ο Russel και ο Quine (βλ. Ernest, 1991).

Τα μαθηματικά, ως αντικείμενο μελέτης, έρευνας και διδασκαλίας, εκφράζουν την άοκνη και επίμονη προσπάθεια του ανθρώπου για την άρθρωση ενός λόγου που αφορά την ίδια του την ύπαρξη. Από τη γένεσή τους ως αυτόνομο σώμα γνώσης έως και σήμερα, τα μαθηματικά εμφανίζονται να επιδιώκουν την ‘αλήθεια’ μέσα από μια τεράστια κληρονομιά επινοήσεων, θεωρημάτων, θεωριών και συμβολοποιήσεων για τον αριθμό, τη γεωμετρία και την άλγεβρα. Η μαθηματική σκέψη εμπλέκεται με τη μεταφυσική αναζήτηση για τη φύση της πραγματικότητας, της ύλης και του κόσμου, για τη θέση του ανθρώπου και της ανθρωπότητας στο σύμπαν, για τη σχέση μεταξύ του, ύλης, ψυχής και σώματος και για την υπόσταση των πραγμάτων, των γεγονότων, του χρόνου και του τόπου. Ταυτόχρονα, οι μαθηματικοί διαχρονικά στοχάζονται γύρω από επιστημονικές και καθημερινές έννοιες, προβλήματα και ιδέες μετασχηματίζοντάς τες σε αλγοριθμικές διαδικασίες, νοητικά σχήματα, αφαιρετικά μοντέλα, σύμβολα, μορφοποιήσεις και αναπαραστάσεις, οι οποίες συμπυκνώνονται σε γλωσσικό κώδικα, με στόχο την απλοποίηση, την επιτάχυνση ή την εμβάθυνση της επικοινωνίας σύνθετων μορφών πληροφορίας (Kline, 1980, Sharin, 1996).

Μέσω της συμβολικής γλώσσας που αναπτύσσει και χρησιμοποιεί η επιστήμη των μαθηματικών, αλλά και μέσω της καλλιέργειας βασικών υπολογιστικών τεχνικών, όπως η καταμέτρηση, η αρίθμηση, η ταξινόμηση, η εκπόνηση πράξεων, ή ακόμη και της ανάπτυξης δεξιοτήτων, όπως η εκτίμηση, η πρόβλεψη, η υπόθεση, η γενίκευση και η απόδειξη, τα μαθηματικά λειτουργούν καταλυτικά προς την κατανόηση και την περιγραφή οντοτήτων και σχέσεων που ενυπάρχουν εντός ενός περίπλοκου φυσικού, τεχνολογικού και κοινωνικού περιβάλλοντος. Ο πολυπράγμων φιλόσοφος Γαλιλαίος (1564-1642) είχε υποστηρίξει, χαρακτηριστικά, ότι *‘το βιβλίο της φύσης είναι γραμμένο στη γλώσσα των μαθηματικών’* υπονοώντας όχι μόνο ότι τα μαθηματικά είναι η υπέρτατη έκφραση του θείου λόγου, αλλά και ότι η κατανόηση της φύσης προϋποθέτει την μαθηματική γνώση. Κατασκευάζεται, έτσι, η αντίληψη ότι οι μαθηματικές θεωρίες δεν είναι απλά εργαλεία, αλλά συγκροτούν σύνθετες διεργασίες ‘μαθηματικοποίησης’, οι οποίες αντλούν από την ‘εμπειρική παρατήρηση’ και τον ‘πειραματισμό’. Οι διεργασίες αυτές αποκαλύπτουν κανονικότητες, νόμους και δομές, δημιουργούν και εφαρμόζουν μοντέλα, ενώ περιγράφουν φαινόμενα υποστηρίζοντας την αέναη διερεύνηση του προκλητικού ερωτήματος σχετικά με το πώς είναι ‘πραγματικά’ το σύμπαν, ο κόσμος, η φύση και η ύλη (Sharin, 1996).

Κι ενώ στην εποχή του Γαλιλαίου, του Νεύτωνα, του Κέπλερ, του Κοπέρνικου ή του Ντεκάρτ το πρόγραμμα της ‘επιστημονικής μεθόδου’ μέσω της φυσικής και των μαθηματικών ενσαρκώνει την ανάγκη της κοινωνίας να απομυθοποιήσει την μεσαιωνική παράδοση και να εκφράσει μια νέα δημιουργική αντίληψη για τη φύση, την κοινωνία και τον κόσμο, σήμερα ο ίδιος αυτός νοηματικός ορίζοντας ενός σημειωτικού συστήματος που επικεντρώνει στη μαθηματική απεικόνιση μιας φυσικής τάξης πραγμάτων, όταν χρησιμοποιείται μονοδιάστατα και άκρिता, δημιουργεί αδιέξοδα και αποδεικνύεται τελικά ανεπαρκής να συλλάβει την περιπλοκότητα στη φύση, στην κοινωνία και στην πολιτική,

αλλά και στη σχέση του ανθρώπου με τη ζωή και το σύμπαν (Tyumozko, 1998, Bloor, 1991). Πεποίθηση της εποχής του Μεσαίωνα ήταν ότι το εγχείρημα του ορθολογισμού μπορεί να εξαλείψει το σκότος της άγνοιας, να υπερνικήσει την εσχατολογία, το μυστικισμό, τη δεισιδαιμονία και την πρόληψη που επισύρει και επιβάλλει η τυφλή προσκόλληση στη θρησκεία, ενώ κατά την περίοδο της Αναγέννησης η έννοια της προόδου ως κοινωνικό και επιστημονικό ιδεώδες αποθεώνεται, ενσαρκώνοντας τον ίδιο τον Δυτικό πολιτισμό.

Τα μαθηματικά ως ‘ιδεολογία βεβαιότητας’ συνεχίζουν και σήμερα να συγκροτούνται γύρω από πρακτικές όπως η μαθηματικοποίηση, η λογική επιχειρηματολογία, ή η απόδειξη που λειτουργούν καταλυτικά ως ‘διαμορφωτική εξουσία’ (βλ. Skovsmose, 1994) στις σχέσεις που δημιουργούνται μεταξύ κράτους, οικονομίας, δημοκρατίας και υποκειμένου. Σε πρόσφατη ανθρωπολογική μελέτη, ο Michael Wesch (2007) αναφέρεται σε μια κοινότητα νομάδων στην κοιλάδα του Markham, στην περιοχή Morobe, η οποία βρίσκεται στην Papua New Guinea, όπου οι κάτοικοι μυήθηκαν σε διαδικασίες ‘πολιτικής αριθμητικής’. Ο ίδιος εξηγεί ότι στις αρχές της δεκαετίας του 1970 η κοινότητα πείστηκε να μετακινηθεί και να ζήσει συλλογικά σε ένα μεγάλο χωριό, που το ονόμασαν Tumolbil. Ο μεγάλος πληθυσμός του στην ουσία έβαλε το χωριό αυτό στον χάρτη, κάνοντάς το δραματικά ορατό στην κυβέρνηση. Στη βάση του αρκούτσος μεγάλου πληθυσμού των κατοίκων κτίστηκε ελικοδρόμιο, σχολείο και σταθμός πρώτων βοηθειών στα τέλη της δεκαετίας του 1970 και στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Οι κάτοικοι, με άλλα λόγια, έζησαν μέσα από αυτή την εμπειρία τον πολιτικό ρόλο που έπαιξαν οι αριθμοί, στο πλαίσιο της χαρτογράφησης και της απογραφής τους, για τη διεκδίκηση και απολαβή οικονομικών πόρων από την πολιτεία. Οι ίδιοι, αναφέρονταν σε αυτή τη διαδικασία ως ‘namba talk is kaantri making’ (δηλ. number talk is the making of country) ή με άλλα λόγια, ‘ο λόγος περί αριθμών είναι η κατασκευή του κράτους’. Η συγκρότηση ενός οικισμού και κατ’ επέκταση η δημιουργία μιας οργανωμένης κοινότητας εξαρτάται από τη δυνατότητα συγκέντρωσης και εγκατάστασης των κατοίκων σε μια περιοχή και, ταυτόχρονα, της μετακίνησης ή του ξεριζώματος του από ιδίους χώρους κατοίκησης. Ενώ οι αριθμοί, από τη μια μεριά, συνδράμουν και εξυπηρετούν το σχέδιο της πολιτικής οικονομίας που ασκεί η κυρίαρχη ομάδα, από την άλλη μεριά, η ζωή μεμονωμένων ανθρώπων οι οποίοι δυσκολεύονται να αποποιηθούν ή/και να μετασχηματίσουν την ταυτότητά τους ισοπεδώνεται. Οι πολιτισμικές τους καταβολές, η άμεση σχέση με το φυσικό περιβάλλον και ο σύνθετος τρόπος σκέψης στο πλαίσιο της νομαδικής τους ζωής υπονόμει τις προσπάθειές της πολιτείας για άμεση αστικοποίηση, δημιουργώντας ανυπέρβλητες δυσκολίες για ένταξη σε ένα δυτικό μοντέλο κατοίκησης, με αποτέλεσμα την καταπίεση ή την περιθωριοποίηση. Συμβαίνει, λοιπόν, η σχέση μαθηματικών, υποκειμένου, κοινωνικών δομών και κράτους να μην αφορά απλά την εφαρμογή μιας πολιτικής αριθμητικής από το κράτος, την κυρίαρχη κοινωνική τάξη ή τα μέσα μαζικής ενημέρωσης (βλ. Petty, 2013) αλλά την ιδεολογική διαμόρφωση του ίδιου του υποκειμένου μέσω του οποίου το κράτος ή/και οι κοινωνικοί θεσμοί παράγουν και αναπαράγουν την κυρίαρχη ιδεολογία για την αστικοποίηση.

Με βάση τα παραπάνω είναι σημαντικό να αναρωτηθεί κανείς τι είδους πρόκληση μπορεί να αποτελεί σήμερα η κυριαρχία μιας ‘ιδεολογίας βεβαιότητας’ στα μαθηματικά και πώς επιτελείται αυτή η ‘βεβαιότητα’ στο χώρο της εκπαίδευσης. Πώς τοποθετούνται σήμερα τα μικρά παιδιά, οι νέοι, οι εκπαιδευτικοί, οι γονείς και το ευρύ κοινό απέναντι στο ιδεολόγημα της μαθηματικής γνώσης ως μια μορφή ‘βεβαιότητας’ η οποία μπορεί να διαμορφώσει και να μετασχηματίσει την ίδια τους τη ζωή; Τι περιθώρια υπάρχουν για μια κριτική αμφισβήτηση αυτής της ιδεολογίας; Πώς μπορεί η εκπαίδευση, ως πλαίσιο εκλαΐκευσης και διάθεσης αυτής της γνώσης στο ευρύ κοινό, αλλά και ως μηχανισμός διαπαιδαγώγησης του ατόμου, να προσεγγίσει τα μαθηματικά με τρόπους που θα επιτρέπουν την δημιουργικότητα και τον αναστοχασμό; Στην επόμενη ενότητα θα αποπειραθούμε να δούμε σκοπιές κριτικής αμφισβήτησης αυτής της ‘ιδεολογίας βεβαιότητας’ στο πεδίο των μαθηματικών.

Η ΑΜΦΙΣΒΗΤΗΣΗ ΤΗΣ ‘ΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ’ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ

Η κριτική αμφισβήτηση της ‘βεβαιότητας’ στα μαθηματικά ως μια πανανθρώπινη γλώσσα της μίας και μοναδικής αλήθειας προέρχεται από συγκεκριμένες προσεγγίσεις σε πεδία όπως η ιστοριογραφία των θετικών επιστημών και της τεχνολογίας, η κοινωνική μελέτη των επιστημών, η κοινωνιολογία και η φιλοσοφία της μαθηματικής εκπαίδευσης. Αν και υπάρχουν διαφορετικοί στόχοι στα επιμέρους προγράμματα ενασχόλησης κάθε πεδίου χωριστά, η έκφραση ‘κριτικής’ υποστηρίζει τη συγκρότηση μιας εναλλακτικής ανάγνωσης του ρόλου που μπορεί σήμερα να ενστερνιστεί η μαθηματική γνώση στο πλαίσιο των θετικών επιστημών ως αναπόσπαστο μέρος των κοινωνικών επιστημών, συμπεριλαμβανομένου της εκπαίδευσης ως χώρου παραγωγής εκλαϊκευμένης γνώσης και δημόσιας κατανόησης του αντικειμένου. Μια από τις πιο σημαντικές στιγμές άσκησης ‘κριτικής’ στη βεβαιότητα των μαθηματικών αφορά την αμφισβήτηση των υπολογισμών, των μετρήσεων και της ορθολογικής επιχειρηματολογίας ως το πλέον αξιόπιστο και αντικειμενικό μέτρο για την περιγραφή και κατανόηση των φαινομένων, για την ακριβή εκτίμηση παραμέτρων που επηρεάζουν ένα φαινόμενο και για την πρόβλεψη ή τη γενίκευση συμπερασμάτων.

Μια τέτοια στιγμή αμφισβήτησης έλαβε χώρα στις αρχές του 20ού αιώνα, όταν ο φυσικός Βέρνερ Χάιζενμπεργκ (1901-1976), διευθυντής του πυρηνικού προγράμματος της ναζιστικής Γερμανίας, υποστήριξε την αρχή ‘αβεβαιότητας’ και ‘απροσδιοριστίας’ ως απόρροια της εμπειρίας ερευνών στην κβαντική μηχανική. Σύμφωνα με αυτή την αρχή, η οποία αποτελεί σήμερα βασικό αξίωμα του κλάδου, οι αιτίες εκδήλωσης κάποιου γεγονότος στον μικρόκοσμο της ύλης, και όχι στην καθημερινή ζωή, δεν μπορούν ποτέ να προσδιοριστούν με βεβαιότητα καθώς είναι αδύνατο να μετρηθεί ταυτόχρονα και με ακρίβεια (ούτε πρακτικά ούτε θεωρητικά) η θέση, η ταχύτητα ή η ορμή ενός σωματιδίου. Μάλιστα, ο ίδιος τόνισε ότι η αβεβαιότητα δεν βασίζεται στην ύπαρξη πειραματικού σφάλματος ή στην αδυναμία των διαθέσιμων εργαλείων μέτρησης, αλλά προκύπτει από την ίδια την δομή της ύλης. Εξηγεί δε, ότι ακόμη κι αυτή η απειροελάχιστη απροσδιοριστία είναι κανή να δημιουργήσει σημαντικές αλλαγές στις επακόλουθες σχέσεις μεταξύ ατόμων ή εντός της μάζας του ατόμου και να ωθήσει στην πρόκληση μη

προβλέψιμων γεγονότων ή ‘ανήκουστων’ επινοήσεων, όπως η πυρηνική ενέργεια και η ατομική βόμβα. Σήμερα, η αβεβαιότητα κατανοείται ως αναπόφευκτη στο πεδίο των τεχνοεπιστημών και εγγενής της σχέσης υποκειμένου και εξουσίας/γνώσης (βλ. επόμενη ενότητα). Είναι σημαντικό, λοιπόν, να σταθεί κανείς στο πώς μπορούμε να βιώσουμε αυτές τις συνθήκες αβεβαιότητας και απροσδιοριστίας οι οποίες εκκινούν από τη σχέση που δημιουργείται μεταξύ μαθηματικών, επιστημών, τεχνολογίας, υποκειμένου, φύσης και ύλης¹.

Πολύ πριν από τον Χάιζενμπεργκ, μαθηματικοί και φυσικοί φιλόσοφοι του 18ου αιώνα προβληματοποιούν την Καντιανή ιδέα, η οποία δίνει προτεραιότητα στον ανθρώπινο νου έναντι των αισθήσεων -σε τέτοιο βαθμό ώστε κάθε χωρική αντίληψη να θεωρείται ότι εντάσσεται απαραίτητα στην ισχύ των Ευκλείδειων νόμων. Προχωρώντας στην αμφισβήτηση του πέμπτου αξιώματος του Ευκλείδη² ενεργοποιούνται ιδέες όπως η απεριόριστη (άπειρη) προέκταση της ευθείας στον χώρο (John Playfair 1748-1819) ή η πρόκληση αντίφασης σε προσπάθειες μιας επαγωγικής απόδειξης του πέμπτου αξιώματος (Gerolamo Sacchieri 1667-1733). Ενώ οι προσπάθειες αυτές δημιουργούν τις συνθήκες για τη μετέπειτα αναγνώριση της ύπαρξης μη Ευκλείδειων χώρων, τα επιμέρους αυτά ερευνητικά βήματα δεν συζητούνται ανοικτά. Ο ίδιος ο Carl Gauss, παρόλο που ήταν από τους πρώτους μελετητές αυτού του ζητήματος με αναφορές στα γραπτά του για την αντι-Ευκλείδεια, την αστρική ή την μη Ευκλείδεια γεωμετρία, δεν επιδιώκει τη δημόσια παρουσίασή της φοβούμενος τη γελοιοποίηση. Η επιστημονική κοινότητα δεν ήταν έτοιμη να δεχτεί μια νέα θεωρία, η οποία μάλιστα αποτολμούσε να αμφισβητήσει αυτό που είχε ήδη θεωρηθεί και εξυμνηθεί ως ‘αλήθεια’ για τον χώρο. Ο επίλογος γράφτηκε μερικά χρόνια αργότερα στο πλαίσιο ερευνών του Ρώσου Nikolai Lobatchevsky και του Ούγγρου Johann Bolyai, οι οποίοι δούλευαν με αυτά τα ζητήματα χώρου παράλληλα, αλλά ξεχωριστά. Έκτοτε, η μη Ευκλείδεια γεωμετρία αποτελεί μια ακόμη θεωρία περιγραφής του φυσικού χώρου, έχοντας όμως αποτολμήσει τη δυναμική συμπερίληψη του αστρικού σύμπαντος. Όπως αναφέρει ο Morris Kline: *‘Το απλό γεγονός ότι μπορεί να υπάρχουν εναλλακτικές γεωμετρίες ήταν ένα σοκ. Αλλά, το μεγαλύτερο σοκ ήταν ότι κανένας δεν μπορούσε να είναι σίγουρος για το ποια γεωμετρία είναι αληθής ή αν υπήρχε αληθής γεωμετρία. Γινόταν σαφές ότι οι μαθηματικοί είχαν υιοθετήσει αξιώματα της γεωμετρίας, τα οποία φαινόταν σωστά και ακριβή στη βάση μιας περιορισμένης εμπειρίας, παραπλανημένοι ότι επρόκειτο για αυτονόητες αλήθειες’* (Kline, σελ. 88, μετάφραση από το αγγλικό κείμενο).

Η αποδοχή αυτής της νέας πραγματικότητας ανατάραξε για πολλοστή φορά την ‘ιδεολογία βεβαιότητας’ που συνεχίζει ακόμη και στις μέρες μας να κυριαρχεί στο πεδίο των μαθηματικών, θέτοντας υπό αμφισβήτηση τόσο τη χωροχρονική σταθερότητα της μίας και μοναδικής ‘αλήθειας’, ‘καθαρότητας’ και ‘καθολικότητας’ στις έως τότε γνωστές θεωρίες για τον αριθμό και τον χώρο, όσο και την ιεραρχική θέση που κατέχει η

¹ Για μια θεωρητική συζήτηση σχετικά με τη σχέση φύσης, ζωής, επιστήμης, τεχνολογίας, κοινωνίας και υποκειμένου βλ. Latour, 2004 and Haraway, 2003.

² δηλ.. ‘από σημείο εκτός ευθείας μπορούμε να φέρουμε μία και μόνο μία παράλληλη ευθεία ως προς την πρώτη ευθεία, η οποία δεν την τέμνει πουθενά’

‘απόδειξη’ έναντι της ‘εμπειρίας’ και του ‘βιώματος’. Είναι όμως σημαντικό να τονίσουμε ότι αυτές οι ‘αναταράξεις’ δεν ήταν οι μόνες στο πεδίο της επιστήμης των μαθηματικών. Αρκεί κανείς να αναφερθεί, μεταξύ άλλων, στην επινόηση των άρρητων αριθμών, η οποία προκάλεσε αναστάτωση μεταξύ των Πυθαγορείων, στους αρνητικούς και μιγαδικούς αριθμούς, στα παράδοξα του Ζήνωνα, αλλά και στη θεωρία των πιθανοτήτων και της στατιστικής ως απάντηση στην απροσδιοριστία και στην αβεβαιότητα. Σήμερα, καθώς γίνονται ολοένα και περισσότερο σαφείς οι περιορισμοί και τα όρια που θέτει η εμπειρική πραγματικότητα, πτυχές της σύγχρονης επιστημολογίας των μαθηματικών αναδεικνύουν την ανάγκη συμπερίληψης της εγγενούς αβεβαιότητας στη μαθηματική γνώση. Ταυτόχρονα, στοιχεία όπως η ενδεχομενικότητα, η φαντασία, η ενόραση, η συλλογική εργασία, τα κοινωνικά και επιστημονικά δίκτυα, οι αισθήσεις, το σώμα και η ενσώματη δράση αρχίζουν να αποκτούν σημαντική θέση ως διαδικασίες που συμβάλλουν άμεσα και παραδειγματικά στην παραγωγή των μαθηματικών εννοιών (η ύστερη δουλειά του Wittgenstein, 1953, Lakatos, 1976; Davis & Hersh, 1981, Tymoczko, 1986, Bloor, 1991, Rotman, 1979, 2000, Lakoff & Nunes, 2000).

Παράλληλα, η ιστοριογραφία των μαθηματικών με μονοσήμαντη εστίαση στη δυτική και ευρωπαϊκή τους καταγωγή αρχίζει να κλονίζεται, καθώς το κυρίαρχο αφήγημα των μαθηματικών ως σώμα γνώσης εκπορευόμενο από τον αρχαίο ελληνικό κόσμο και κινούμενο γραμμικά προς τη συγκρότηση του Ευρωπαϊκού πολιτισμού και του δυτικού τρόπου σκέψης ξεκινά να αμφισβητείται και να εμπλουτίζεται με νέα δεδομένα. Προβληματοποιούνται ζητήματα όπως η άνθιση και η πτώση μαθηματικών κοινοτήτων, οι κοινωνικές διαστάσεις της συγκρότησης των μύθων του ελληνικού και αραβο-ισλαμικού θαύματος ή οι συνέπειες στη σύγχρονη κοινωνία της επιστημονικής επανάστασης των μαθηματικών στην Ευρώπη κατά τον 17^ο αιώνα (Restivo, 1992). Υποστηρίζεται δε ότι η κυρίαρχη αφήγηση των μαθηματικών, των θετικών επιστημών και της νεότερης επιστήμης αποσιωπά την πλούσια παραγωγή μαθηματικής γνώσης σε άλλους γεωγραφικούς τόπους και χρόνους του αρχαίου κόσμου και τη συνεισφορά αυτής της γνώσης στη συγκρότηση των σύγχρονων μαθηματικών. Ακόμη, στη βάση ανθρωπολογικών μελετών αναδεικνύονται, αφενός, οι πολιτισμικές διαφορές και ιδιαιτερότητες της παραγωγής μαθηματικής γνώσης σε περιοχές της Ευρώπης, Κίνας, Ινδίας και Αφρικής και, αφετέρου, οι εναλλακτικές μορφές επιστημονικής γνώσης, οι οποίες χαρακτηρίζονται σήμερα ως πολιτισμικά εργαλεία, τεχνήματα και αγαθά ενός έθνους, μιας κοινότητας ή μιας ομάδας τεχνιτών. Ιστορικοί, κοινωνιολόγοι και ανθρωπολόγοι των μαθηματικών εθιστούν την προσοχή σε ποικίλα πλαίσια δράσης πολιτισμικών ομάδων και εθνοτήτων, οι οποίες γεωπολιτικά ή/και πολιτισμικά δεν εντάσσονται στην Ευρώπη ή στο ευρωπαϊκό ιδεώδες, αλλά έχουν δημιουργήσει στο ιστορικό τους παρελθόν και συνεχίζουν να δημιουργούν σήμερα τα δικά τους μαθηματικά τόσο ως ανάγκη επιβίωσης στην καθημερινότητά τους όσο και ως νοητική, πνευματική και αισθητική αναζήτηση και απόλαυση (βλ. (Ascher & Ascher, 1986, Ascher, 2002, Joseph, 1992; Restivo, 1992, Hoyrup, 1980).

Ταυτόχρονα, γίνεται ολοένα και περισσότερο αποδεκτή η κριτική της οπτικής ενός κυρίαρχου και ηγεμονικού ιστορικού αφηγήματος για τα μαθηματικά, το οποίο

εδράζεται μονοδιάστατα στην αρχαία σκέψη. Υποστηρίζεται ότι η οπτική αυτή δεν φωτίζει αρκούντως την παραγωγή της μαθηματικής γνώσης ως αποτέλεσμα συνεργιών μεταξύ επιστημονικών δικτύων που διευκολύνουν ή/και αντιμάχονται διαδικασίες μεταφοράς και διαμοίρασης της γνώσης υπό το πρίσμα εμπορικών και οικονομικών συναλλαγών ή/και επιστημονικών ανταγωνισμών και οι οποίες έχουν στόχο άλλοτε την επιβίωση κι άλλοτε την επέκταση και την κυριαρχία (Joseph, 1992; Restivo, 1992). Για παράδειγμα, οι μη Ευκλείδειες γεωμετρίες και οι συνέπειές τους στις θεωρίες χώρου και γεωμετρίας δεν έγιναν άμεσα αποδεκτές από τους μαθηματικούς της εποχής, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι οι εφαρμογές τους ήταν λιγότερο ισχυρές και χρήσιμες. Ο Max Plank, θεωρητικός της κβαντικής μηχανικής, στην αυγή του 20ού αιώνα παρέχει μια αποκαλυπτική εξήγηση: *‘Μια νέα επιστημονική αλήθεια δεν θριαμβεύει πείθοντας τους αντιπάλους και κάνοντάς τους χαρούμενους, αλλά ο θρίαμβός της έρχεται αφού οι αντίπαλοι έχουν τελικά απέλθει, ενώ μια καινούργια γενιά οικεία με αυτές τις ιδέες μεγαλώνει και αναπτύσσεται’* (Kline, 1980, σελ. 88, μετάφραση από το αγγλικό κείμενο). Ο ισχυρισμός του Max Plank κάνει αναφορά στις αντιπαλότητες και στα παιχνίδια εξουσίας που επηρεάζουν την ηγεμονική θέση και την κυριαρχία μιας επιστημονικής θεωρίας και μας υπενθυμίζει ότι η ηγεμονική θέση μιας επιστημονικής αλήθειας *‘δεν γεννιέται αλλά γίνεται’* στο πλαίσιο μιας επιστημονικής κοινότητας.

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό παράδειγμα προς αυτή την κατεύθυνση αποτελεί η περίπτωση του αθέμιτου ανταγωνισμού που προέκυψε μεταξύ δύο Ιταλών μαθηματικών, του Girolamo Cardano και του Niccolo Tartaglia, στις αρχές του 16^{ου} αιώνα, μια εποχή όπου οι τεχνικές πρακτικής αριθμητικής με εφαρμογές στο εμπόριο και οι μέθοδοι επίλυσης αριθμητικών προβλημάτων έπρεπε να κρατηθούν ‘μυστικές’, ώσπου να μπορέσουν οι επινοητές να διεκδικήσουν το πνευματικό δικαίωμα ιδιοκτησίας τους, κάτι που γινόταν εφικτό μετά από τη δημόσια αντιπαράθεση των ιδεών των συμβαλλομένων στη βάση μιας λογικής επιχειρηματολογίας. Σε αυτό το δύσκολο πλαίσιο αποδοχής και αναγνώρισης της πνευματικής εργασίας των Μαθηματικών της εποχής, η απληστία για εξουσία του Cardano και η ματαιοδοξία του για διατήρηση της μαθηματικής αυθεντίας τον οδηγεί στη λογοκλοπή μαθηματικών αποδείξεων από τον Tartaglia και στην άσκηση βίας μέσω αθέμιτων εκβιασμών, ατέρμονων διαμαχών, άνισων λογοδικιών, ακόμη και μέσα από την καταδίωξη μελών της οικογένειας του δευτέρου (βλ. Restivo, 1992, σελ. 63-65). Θα μπορούσαμε επίσης να αναφερθούμε στην πολύχρονη διαμάχη μεταξύ αβακιστών και αλγοριστών γύρω από την αλλαγή μεθόδου στον υπολογισμό σύνθετων πράξεων, η οποία ξέσπασε κατά τον Μεσαίωνα και κράτησε περίπου τρεις αιώνες. Ενώ οι αβακιστές χρησιμοποιούσαν τον άβακα και τα ρωμαϊκά ψηφία για την εκτέλεση πράξεων, οι αλγοριστές ή αλγοριθμιστές υιοθέτησαν τα αραβικά ψηφία και το ινδοαραβικό σύστημα αριθμησης στο πλαίσιο μιας νέας τεχνικής (αλγορίθμου) υπολογισμού αριθμητικών πράξεων. Παρόλο που η μέθοδος των αλγοριστών ήταν γρηγορότερη, ακριβέστερη και δυναμικά καθοριστική στην ανάπτυξη της υπολογιστικής τεχνολογίας, βρήκε ισχυρές αντιστάσεις και έτυχε περιορισμένης χρήσης σε πρακτικές εμπορίου και συναλλαγών της εποχής. Η νεωτερικότητα της μεθόδου σήμανε ριζικές αλλαγές τόσο σε ρουτίνες τεχνικής όσο και σε ζητήματα εξουσίας/γνώσης, καθώς οι

‘παλαιοί’ τεχνογνώστες θα έπρεπε να παραχωρήσουν θέση στους ‘νεότερους’ (βλ. Λέκκας, 2003, σπ. αναφ. στο Χρονάκη, 2013).

Η στροφή προς την κοινωνική μελέτη των επιστημών κατέστη δυνατή μέσα από την ανάλυση της λογικής δομής των επιστημονικών θεωριών υπό το φως των κοινωνικο-οικονομικο-πολιτικών συνθηκών δραστηριοποίησης των επιστημόνων και των λογοθετικών πρακτικών που σε κάθε εποχή τείνουν να επηρεάζουν τις διαδικασίες κατασκευής και διάχυσης της γνώσης. Επιπλέον, η στροφή αυτή διευκόλυνε τη συστηματική ανάδειξη της ηχηρής ‘απουσίας’ των γυναικών στις μεγάλες αφηγήσεις της ιστορίας των επιστημών, μια απουσία που έχει ισχυρό αντίκτυπο στις μέρες μας. Η Londa Schiebinger (1991) στο βιβλίο της *The Mind Has No Sex? Women in the Origins of Modern Science* επισημαίνει τη διαχρονικότητα του ερωτήματος ‘γιατί υπάρχουν τόσες λίγες γυναίκες επιστήμονες’, το οποίο, όπως υποστηρίζει, συνεχίζει να τίθεται από σύγχρονους ιστορικούς, φιλοσόφους, ψυχολόγους και παιδαγωγούς, αναζητώντας απάντηση. Εντούτοις, οι βιογραφίες γνωστών μαθηματικών προσωπικοτήτων όπως η Υπατία (370-418 μ.Χ.), η οποία θεωρείται από πολλούς ότι θανατώθηκε λόγω της εμπλοκής της ως γυναίκας με τα ‘ιερά’ των μαθηματικών, η Sonja (Sofia) Kovalevskaya (1850-1891), της οποίας ο επιστημονικός ρόλος υποτιμήθηκε συστηματικά και ήταν για πολλά χρόνια αποκλεισμένη από την ακαδημαϊκή κοινότητα, παίρνοντας τη θέση της Καθηγήτριας μόνο ύστερα από μακρόχρονες διεκδικήσεις (βλ. Ann Hilbert-Koblitz, 1993), ή τα σύγχρονα κορίτσια που δεν επιλέγουν να συνεχίσουν σπουδές στα μαθηματικά, μας εφιστούν την προσοχή στη δυσκολία που συνεχίζουν να αντιμετωπίζουν οι γυναίκες σε ό,τι αφορά την πρόσβαση και τη συμμετοχή τους σε έναν χώρο πατριαρχικά προσδιορισμένο (Mendick, 2006). Παρά τους συνεχείς αγώνες ακτιβιστριών φεμινιστριών, ακόμη και στις μέρες μας, οι γυναίκες που επιτυγχάνουν στους χώρους των μαθηματικών επιστημών θεωρείται ότι αποτελούν εξαιρέσεις (βλ. Χρονάκη, 2009), ενώ ιστορίες όπως αυτή των Tartaglia και Cantor υποδεικνύουν ότι η δυσκολία στην πρόσβαση, την αποδοχή και την αναγνώριση δεν είναι απλά ‘γυναικείο πρόβλημα’ αλλά εντάσσεται σε μια ευρύτερη κοινωνική πάλη εξουσίας/γνώσης (σπ. αναφ. στο Χρονάκη, 2013).

Σήμερα, η ‘ιστορικιστική’ στροφή της δεκαετίας του 1960 με τη συμβολή της ιστορίας και της κοινωνικής μελέτης των επιστημών αμφισβητεί ριζικά τη βεβαιότητα ενός θετικιστικού μοντέλου ανάλυσης και επικύρωσης επιμέρους θεωριών, επαναπροσδιορίζοντας τη μαθηματική γνώση ως κοινωνική κατασκευή η οποία επιδέχεται ανατροπές, αναδόμηση και ανακατασκευή (Kuhn, 1962, Keller, 1983, Bloor, 1991, Tymoczko, 1998). Έτσι, αρχίζει να τονίζεται η εγγενής ασυνέχεια σε συγκεκριμένες περιοχές μαθηματικών ζητημάτων (π.χ. θεωρία του χάους), καθώς και η αναπόφευκτη εντροπία στο απρόοπτο, στην αβεβαιότητα ή στην απορία (Tymoczko, 1998, Skovsmose, 2014). Η οπτική αυτή μας βοηθά να απομακρυνθούμε από την ιδέα των Μαθηματικών (επιστήμη) και των μαθηματικών (σχολικά μαθηματικά) ως πολιτικά ουδέτερων διαδικασιών που στοχεύουν αποκλειστικά στην ‘καλλιέργεια του νου’ και του ‘σώματος’ να αποδεχτούμε την εξουσία που ασκούν ως πεδία γνώσης.

Η ΗΓΕΜΟΝΙΑ ΤΗΣ ΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ: ΙΔΕΟΛΟΓΙΑ Η ΛΟΓΟΣ;

Ιστορικά, τα μαθηματικά εννοιολογούνται, παρουσιάζονται και χρησιμοποιούνται ως εργαλείο στη διαμόρφωση θέσεων, τεχνικών και μηχανών που υπηρετούν την ιδεολογική κυριαρχία μιας συγκεκριμένης κοινωνικής τάξης ή ομάδας. Ο Popkewitz (2002) αναφέρεται στα μαθηματικά ως μια ‘αλχημεία’ για την σωτηρία της οικονομίας, του κράτους, της δημοκρατίας και την διασφάλιση της δικαιοσύνης και της ισότητας, η οποία ανιχνεύεται στον αρχαίο κόσμο, στην εποχή του διαφωτισμού, αλλά και στις μέρες μας. Οι αριθμοί τείνουν να λειτουργούν ως ‘βεβαιότητα’ κατασκευάζοντας τον κορμό ενός λογικού επιχειρήματος το οποίο μπορεί να πείσει μια κοινωνική ομάδα να αποδεχτεί την πολιτική μιας ‘άλλης’ –ακόμη κι αν αυτή η πολιτική έρχεται σε αντίθεση με τα δικά τους συμφέροντα (βλ. Wesch, 2008 στην προηγούμενη ενότητα). Στη σύγχρονη πραγματικότητα, γίνεται ορατό, ότι τα μαθηματικά δεν λειτουργούν αυτόνομα για την κατασκευή της ηγεμονίας μιας ‘ιδεολογίας βεβαιότητας’, αλλά ως μέρος ευρύτερων πολιτικών σχεδίων. Σε αυτή την ενότητα θα προσπαθήσουμε να δούμε συνοπτικά την θέση της ηγεμονίας της βεβαιότητας ως ιδεολογία (βλ. Gramsci, Althouser) και ως λόγος (βλ. Foucault) και τις πιθανές συνέπειες τους στο πεδίο της μαθηματικής εκπαίδευσης.

Όπως αναφέρει ο Αντόνιο Γκράμσι στην ανάλυσή του για την έννοια της ‘ηγεμονίας’, σε κάθε ιστορική περίοδο η κοινωνική σταθερότητα επιτυγχάνεται όχι μόνο από τον κοινωνικό έλεγχο που επιβάλλουν οι κρατικοί θεσμοί, αλλά κυρίως από επιπρόσθετους μηχανισμούς στο πλαίσιο κοινωνικών θεσμών, όπως είναι η εκπαίδευση, η εργασία, η οικογένεια, η θρησκεία (Gramsci, 1980). Οι μηχανισμοί αυτοί χαρακτηρίστηκαν ως μορφές ‘ιδεολογικών μηχανισμών του κράτους’ (βλ. Αλτουσέρ, 1987) μέσω των οποίων η ιδεολογία μιας κοινωνικής τάξης αποκτά υλικότητα και κυριαρχία. Σύμφωνα με τον Λουί Αλτουσέρ το κράτος παράγει και αναπαράγει την κυρίαρχη ιδεολογία μέσω αυτών των μηχανισμών οι οποίοι μπορεί να ανήκουν στη δημόσια ή στην ιδιωτική σφαίρα, και να εγγράφονται στην θρησκεία, στην εκπαίδευση (σχολείο, πανεπιστήμιο, σχολές), στην οικογένεια, στο νομικό σύστημα, στο πολιτικό σύστημα (κόμματα, κοινοβούλιο, εκλογές), στο συνδικαλισμό, στον πολιτισμό, στα μέσα μαζικής ενημέρωσης ή, ακόμη, και στην καθημερινότητα (βλ. Σίμος, 2006). Οι ‘μηχανισμοί’ αυτοί επιτρέπουν στην κοινωνική ομάδα που έχει την κυριαρχία να πείσει ότι οι ιδέες, οι πρακτικές και οι πολιτικές της συγκροτούν ένα εύρυθμο πρόγραμμα για την κοινωνία συνολικά. Θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι πέρα ή/και μαζί με κοινωνικούς θεσμούς όπως είναι η εκπαίδευση διαδικασίες όπως η ‘μαθηματοποίηση’, η ορθολογική επιχειρηματολογία, η πολιτική αριθμητική, η οργάνωση δεδομένων, ακόμη και η απόδειξη έχουν συνεισφέρει ως επιπρόσθετοι ‘μηχανισμοί’ και λειτουργούν προς μια κατεύθυνση επίτευξης κοινωνικής σταθερότητας σε διάφορες ιστορικές στιγμές. Αυτό γίνεται ορατό σε παραδείγματα όπως η χρήση της γεωμετρίας για την ισότιμη αναδιανομή της γης στο ξεχειλίσμα του Νείλου στην αρχαία Αίγυπτο, η ενεργοποίηση της πολιτικής αριθμητικής για την κατανομή φόρων στην Αγγλία του 17ου αιώνα, η δημιουργία κρατιδίου για τους νομάδες της περιοχής Morobe στην Papua New Guinea, αλλά και στην συγκρότηση του σύγχρονου ‘ορθολογικού’ πολίτη μέσω της μύθής του σε διαδικασίες λογικο-μαθηματικής σκέψης (βλ. Walkerdine, 1998/2013).

Βασισμένοι στην θεώρηση του Αλτουσέρ για το σχολείο ως τόπο οικονομικής αναπαραγωγής μέσω της εκπαίδευσης σε τεχνικές οι οποίες μαθαίνουν στο υποκείμενο να υποτάσσεται και να καθηλώνεται στην ιδεολογία της κυρίαρχης κοινωνικής τάξης, οι Baldino & Cabral (2011) υποστηρίζουν ότι η σχολική μαθηματική εκπαίδευση αποτελεί ένα σύστημα για την εξασφάλιση της κυρίαρχης καπιταλιστικής ιδεολογίας στην κοινωνία. Τα μαθηματικά αποκηρύσσονται ως πολύτιμη κι ενδιαφέρουσα γνώση ενώ η έμφαση μετατοπίζεται στην αξιολόγηση, στην επιβράβευση, στην τιμωρία, στην βαθμοθηρία, στον έλεγχο, στην επιτήρηση και στην πειθαρχηση σε μια περιορισμένη οπτική των μαθηματικών η οποία υπακούει στην ‘ιδεολογία βεβαιότητας’. Έτσι, η ‘εργασία’ μαθητών και εκπαιδευτικών στα σχολικά μαθηματικά επιτυγχάνει μια λεπτή διάκριση μεταξύ ικανών και λιγότερο ικανών μαθητών, και κατ’ επέκταση μεταξύ εξειδικευμένων ‘επιστημόνων’ ή ‘μάντζερ’ και ανειδίκευτων ‘εργατών’. Ο Gramsci χρησιμοποιεί όρους όπως η ‘ηγεμονία’ και η ‘ιδεολογία’ για να δείξει πώς το κράτος παράγει, αναπαράγει και, τελικά, διατηρεί τη συγκατάθεση στις ταξικές ιεραρχίες που θέτει η καπιταλιστική κοινωνία (βλ. Hall, 1996).

Ενώ ο Gramsci (1971: 333), βασισμένος σε μια μαρξιστική ανάλυση της ιδεολογίας, αποδέχεται το κράτος ως εξουσία καταναγκασμού και τους κοινωνικούς θεσμούς της εκπαίδευσης και της οικογένειας ως πόλους διάχυσης αυτής της εξουσίας, ο Foucault (1978) θεωρεί ότι η εξουσία δεν εδράζεται μόνο κεντρικά στον κρατικό μηχανισμό αλλά ταυτόχρονα εδράζει στα σώματα των ανθρώπων και στους λόγους που κατασκευάζουν για την φροντίδα τους. Χρησιμοποιεί δε την έννοια του λόγου (discourse) και όχι της ιδεολογίας με στόχο να χαλαρώσει την ένταση της σχέσης εξουσίας/γνώσης στη βάση των επιστημονικών πειθαρχιών ή της ιεραρχίας των κοινωνικών τάξεων και να αναδειξεί την σημαίνουσα ισχύ της τοπικής γνώσης (local knowledge). Ο ίδιος υποστηρίζει ότι η ιδεολογία αποτελεί μια αφηρημένη μορφή λόγου η οποία λειτουργεί ενοποιητικά διαμορφώνοντας συγκεκριμένες θέσεις και ταυτότητες για το υποκείμενο, χωρίς όμως να επιτρέπει να παρατηρήσουμε και να συμπεριλάβουμε τις ενδογενείς διαφοροποιήσεις, τις αντιστάσεις και τις διαδικασίες υποκειμενοποίησης στο πλαίσιο της υλικής πραγματικότητας που βιώνει το άτομο. Έτσι, ενώ για τον Gramsci και τον Althusser η εξουσία αφορά στο κράτος, στους θεσμούς και στους μηχανισμούς κοινωνικών υποδομών, για τον Foucault η εξουσία βρίσκεται παντού, είναι σχέση, επενεργεί εντός σχέσεων και όχι μόνο μεταξύ κυρίαρχου και κυριαρχούμενου, ασκείται πρώτιστα στα σώματα των ανθρώπων ενώ είναι ταυτόχρονα προθετική και μη υποκειμενική¹. Αντίθετα, ή/και συμπληρωματικά, με τον Althusser ο οποίος αντιλαμβάνεται την εξουσία ως τη σχέση του υποκειμένου με την οικονομική δομή και τους κοινωνικούς σχηματισμούς, ο Foucault θεωρεί ότι το κάθε υποκείμενο διαθέτει ισχύ αντίστασης σε πειθαρχικούς μηχανισμούς οι οποίοι τείνουν να μετασχηματίζουν αλλά και να κανονικοποιούν το ανθρώπινο σώμα. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Σίμος (2006)

¹ Για μια συγκριτική αναλυτική συζήτηση των εννοιών ‘εξουσία’ και ‘ιδεολογία’, όπως αυτές παρουσιάζονται από τον Foucault και τον Gramsci, βλ. Asli Daldal (2014) για μια κριτική επισκόπηση της χρήσης των εννοιών ‘ιδεολογία’, ‘ηγεμονία’ και ‘λόγος’, βλ. Stoddard (2007).

‘ενάντια στο δίπολο βία-ιδεολογία, το οποίο χαρακτηρίζει τον μαρξισμό και την αλτουσεριανή εκδοχή αυτού [...] ο Φουκώ θα προτείνει το δίπολο γνώση-εξουσία’ (σελ. 7) δίνοντας πρώτιστα έμφαση στις πολλαπλές συγκρούσεις μεταξύ ποικίλων έμφυλων, εθνοτικών ή ταξικών θέσεων υποκειμένου και όχι μονοδιάστατα στην ταξική πάλη ως κύρια κατηγορία.

Η ‘ιδεολογία βεβαιότητας’ για τη μαθηματική γνώση, όπως εγγράφεται σε καθεστώτα συγκεκριμένων λογοθετικών πρακτικών (π.χ. αναλυτικά προγράμματα, αξιολόγηση, παιδαγωγικό υλικό, σχολικός χώρος αλλά ακόμη και συνήθειες κανόνες ή νόρμες συμπεριφοράς και τρόποι αιτιολόγησής τους), ασκεί ένα διττό ρόλο εξουσίας/γνώσης. Ο διττός αυτός ρόλος δρα, *πρωτογενώς*, θετικά, δημιουργικά και οργανωτικά, διαμορφώνοντας συνθήκες ενεργοποίησης του υποκειμένου, το οποίο ταυτόχρονα παράγει (αναπαράγει) και συγκροτεί (ανασυγκροτεί) την ταυτότητά του. Υπό αυτή την οπτική θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι, καθώς τα μαθηματικά αποτελούν δομικά στοιχεία άρθρωσης ενός λογικού επιχειρήματος για την περιγραφή και την ερμηνεία της πραγματικότητας, ταυτόχρονα διαμορφώνουν την ταυτότητα του ίδιου του υποκειμένου ως έμφυλου ή ταξικά ορθολογικού δρώντος. Η Walkerdine (2004: viii) αναφέρει χαρακτηριστικά ότι ‘...το υποκείμενο στα μαθηματικά δεν επικαλείται τη βεβαιότητα μιας απόλυτης κυριαρχίας στη φύση αλλά τη φαντασίωση της παντοδυναμίας πάνω σ’ ένα αριθμίσμο σύμπαν, μια φαντασίωση η οποία εδράζει στην καρδιά του ορθολογιστή οικονομολόγου άνδρα’. Δευτερογενώς, η εξουσία αυτή δρα αρνητικά, κατασταλτικά, απαγορευτικά ή/και αποστερητικά. Σύμφωνα με την ‘υπόθεση καταστολής’ που περιγράφει ο Foucault (1976) η σχέση εξουσίας-υποκειμένου είναι εξωτερική υποτάσσοντάς το, περιστέλλοντάς τις δυνατότητές του και αποδυναμώνοντας την αρχική του κατάσταση. Υπ’ αυτή την έννοια θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι καθώς τα μαθηματικά δημιουργούν σχέσεις εξουσίας-γνώσης με το υποκείμενο, λειτουργούν ταυτόχρονα δημιουργικά και περιοριστικά, οδηγώντας το τόσο σε ισχυρές νοητικές κατασκευές όσο και στον αποκλεισμό συγκεκριμένων θέσεων.

Η ηγεμονία της μαθηματικής γνώσης ως ‘ιδεολογία βεβαιότητας’ κατασκευάζεται σε κεντρική έννοια για την ‘νεότερη επιστήμη’ αλλά και για την ‘νεωτερική κοινωνία’ και συμπυκνώνεται σε λόγους (discourses) γύρω από την αναγκαιότητα της προόδου, της ανάπτυξης και της χειραφέτησης του ατόμου (βλ. Porter, 2001/2014). Αναπόφευκτα, οι λόγοι αυτοί υπηρετούν άμεσα ή έμμεσα αμφίσημες ή αντιθετικές αξίες και ταυτότητες μάθησης, δημιουργώντας συνθήκες για τη συγκρότηση θέσεων υποκειμένου, οι οποίες εντάσσονται ενίοτε σε διπολικά σχήματα όπως καλός ή κακός μαθητής, άριστος ή αδύναμος, επιμελής ή αδιάφορος, παραδοσιακός ή προοδευτικός εκπαιδευτικός κλπ. Έτσι, παρατηρεί κανείς την ταυτόχρονη παρουσία φαινομένων τόσο χειραφέτησης όσο και χειραγώγησης, αυτόνομησης και καταπίεσης, ένταξης και περιθωριοποίησης. Ο Michel Foucault εξηγεί πως η ‘ηγεμονία’ δεν αποτελεί στατική θέση, αλλά ‘...κοινωνική κατάσταση όπου αυτοί που κυριαρχούνται ενσωματώνουν τις αξίες και τις ιδεολογίες των εξουσιαστών τους σαν να

ήταν δικές τους· οδηγούμενοι έτσι στην φυσική αποδοχή μιας κατώτερης θέσης στην ιεραρχία ως κάτι που γίνεται για το δικό τους καλό' (Foucault, 1980, p. 133, μετάφραση από το αγγλικό κείμενο). Υπό αυτή τη σκοπιά, η 'ηγεμονία', στη μεταδομιστική σκέψη του Φουκώ, μπορεί να ανατραπεί, να αναταραχθεί και να αμφισβητηθεί από θέσεις υποκειμένου που δηλώνουν αντίσταση, αντίθεση και σύγκρουση. Επί της ουσίας, η 'ηγεμονία' αυτή ανατρέπεται καθημερινά στο επίπεδο της μικροφυσικής μιας σχολικής τάξης όπου παρατηρούνται και εκφράζονται ήπιες μορφές αντίστασης παιδιών και εκπαιδευτικών όπως η ανία, η αδιαφορία, η άρνηση αλλά και συμπτώματα όπως ο φόβος, η εμμονή και ο ανταγωνισμός μεταξύ ευφυών και ικανών μαθητών και μαθητριών.

Παρόλη την αισιοδοξία αυτής της οπτικής, στο πεδίο της μαθηματικής εκπαίδευσης, στο πεδίο της μαθηματικής εκπαίδευσης έχει ξεκινήσει μια συζήτηση για την δυσκολία που έχει, τελικά, στο υποκείμενο να αντισταθεί, να συγκρουστεί, να ανατρέψει κυρίαρχες ιδεολογίες ή και να μετατοπιστεί από αυτές αλλάζοντας θέση και ταυτότητα με αποτέλεσμα να παλινδρομεί μετέωρα μεταξύ θέσεων. Σε πρόσφατες μελέτες έχουμε συζητήσει τη δυσκολία των Ρομά παιδιών να ενταχθούν ολοσχερώς σε λόγους που τα υποτάσσουν σε ταυτότητες που υπηρετούν μια 'ιδεολογία βεβαιότητας' (Chronaki, 2005, Χρονάκη, 2012), την προβληματική και τα διλήμματα εκπαιδευτικών να οικειοποιηθούν κυρίαρχους λόγους για τη χρήση της τεχνολογίας στα μαθηματικά (Chronaki & Matos, 2013) και την έμφυλη συγκρότηση του μαθηματικού υποκειμένου από κορίτσια που επιλέγουν να μην ασχοληθούν με τα μαθηματικά (Chronaki, 2011, Chronaki & Pechtelides, 2013). Ο Pais (2011) δίνει το παράδειγμα του σιδηρουργού, ο οποίος καθώς ερωτάται αν κάνει μαθηματικά στη δουλειά του, υιοθετεί τον υποτιθέμενο 'λόγο' του ερευνητή ως 'μαθηματικού' που απευθύνει την ερώτηση και απαντά θετικά, ενώ σε άλλη περίπτωση θα έλεγε ότι το επάγγελμά του δεν σχετίζεται με τα μαθηματικά και δεν χρησιμοποιεί καθόλου τη σχολική μαθηματική γνώση. Ο Pais (2011) ρωτάει 'τι είναι αυτό που προκαλεί την ιδεολογική έγκληση του επαγγελματία σιδηρουργού προς μια τέτοια απάντηση' και βασισμένος στην ανάγνωση του Foucault από τον Žizek (2008) απαντά ότι η γνώση για την καταπίεση που υφίσταται το υποκείμενο σε συγκεκριμένες πρακτικές δεν αρκεί για την αλλαγή θέσης καθώς το υποκείμενο μαθαίνει να 'απολαμβάνει' την καταστολή στην οποία εγκλείται και να υποτάσσεται στους 'ιδεολογικούς μηχανισμούς' που επιβάλλονται σε καθεστώτα λογοθετικών πρακτικών. Ο θεωρητικός και μεθοδολογικός άξονας Μαρξ-Λακάν-Φουκώ-Žizek και των συνομιλητών τους όπως ο Ντελέζ και η Μπάτλερ διαθέτει την δυναμική για την κριτική όχι μόνο στην ηγεμονία της 'ιδεολογίας βεβαιότητας' αλλά και στην μεταμοντέρνα (postmodern) οπτική στο χώρο της μαθηματικής εκπαίδευσης η οποία ισοπεδώνει επίσης άκριτα κάθε μορφή λογικής και ορθολογισμού (βλ. Walshaw, 2005, Mendick, 2006, Pais, 2011). Επιτρέπει δε την άρθρωση και την συγκρότηση ενός λόγου για το μαθηματικό υποκείμενο που 'παλεύει' για αλλαγή, μετατόπιση και μετακίνηση από πάγιες ηγεμονικές ιδεολογίες και το οποίο πορεύεται σε μη-γραμμικές, μη-τετελεσμένες και αβέβαιες διαδρομές.

Συνοπτικά, θα λέγαμε ότι η διαμορφωτική εξουσία που ασκούν τα μαθηματικά κινείται μεταξύ ενός περιγραφικού-ερμηνευτικού λόγου της φυσικής τάξης πραγμάτων, ο

οποίος υποτάσσεται, χωρίς τελικά πάντα να ταυτίζεται με μια ‘ιδεολογία βεβαιότητας’ και με μια σύνθετη, κυκλική και αλληλεπιδραστική διαδικασία διακυβέρνησης μέσω της ρύθμισης του ατόμου. Με άλλα λόγια, από τη μια μεριά τα μαθηματικά μπορεί να κινητοποιούν το υποκείμενο σε δημιουργική δράση, ενώ από την άλλη συμβαίνει να το ωθούν στη συμμόρφωση και πειθάρχηση σύμφωνα με συγκεκριμένους νόμους, κανόνες και ρουτίνες που ενσαρκώνουν θραύσματα μιας ιδεολογίας βεβαιότητας η οποία, σύμφωνα με τον Φουκώ, ασκείται πρωτίστως στο σώμα. Αφορά την λεγόμενη ‘πολιτική τεχνολογία του σώματος’ η οποία γνωρίζει και ταυτόχρονα εξουσιάζει το σώμα ενσταλάζοντας σ’ αυτό ικανότητες, δεξιότητες και στρατηγικές που θα το καταστήσουν χρήσιμο και παραγωγικό. Το σώμα, ο νους, η ρύθμιση και ο έλεγχός τους αποτελούν το θεμέλιο μιας εξουσίας η οποία, όμως, δεν ασκείται μέσω μιας μέτωπο βίας, αλλά, αποτελεί μηχανισμό μιας έμμεσης σύγκρουσης σε πολλαπλά επίπεδα (βλ. Χρονάκη, 2012 για μια συζήτηση της επίλυσης αριθμητικών προβλημάτων ως τόπο παραγωγής ετερότητας για μια μικρή ομάδα κοριτσιών Ρομά).

Συνοπτικά, ενώ τα μαθηματικά λειτουργούν προς την φαντασίωση μιας ‘αντικειμενικής’ και ‘αληθινής’ περιγραφής της φύσης και της κοινωνίας, ταυτόχρονα διαμορφώνουν υποκειμενικότητες, οι οποίες ενεργοποιούν την ίδια αυτή φύση που αποτολμούν να περιγράψουν. Η υπαγωγή του ατόμου σε αυτήν τη διττή σχέση, από τη μια μεριά, το συγκροτεί ως υποκείμενο, ενώ από την άλλη το καθιστά αποτέλεσμα αυτής της συγκρότησης μέσω ελέγχου, εξάρτησης και συμμόρφωσης (βλ. διακυβέρνηση, βιοηθική, μικροφυσική εξουσία) αφήνοντας όμως αναπόφευκτα το υποκείμενο μετέωρο (βλ. για την έννοια της απορίας στο Skovsmose, 2014). Θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι το υποκείμενο συγκροτείται και ανασυγκροτεί την ‘ηγεμονία’ της ‘βεβαιότητας’ στα μαθηματικά τόσο ως ιδεολογία όσο και ως λόγο. Προς αυτή την κατεύθυνση η σύγχρονη οπτική της κριτικής στο πεδίο της μαθηματικής εκπαίδευσης μας προτρέπει να στραφούμε προς την προβληματοποίηση ζητημάτων που αφορούν την ίδια την κριτική της ‘ιδεολογίας βεβαιότητας’. Ταυτόχρονα, μας ωθούν στη μετατόπιση πέρα από ηγεμονικές θέσεις, οι οποίες λειτουργούν κατασταλτικά για το υποκείμενο, καθώς παράγουν στερεότυπες και περιοριστικές αναπαραστάσεις γύρω από το ‘τι είναι τα μαθηματικά’. Στην επόμενη ενότητα θα εστιάσουμε σε θέσεις που έχουν συνεισφέρει στη συγκρότηση μιας ‘κριτικής’ απέναντι σε συγκεκριμένες πρακτικές στη μαθηματική εκπαίδευση.

Η ‘ΚΡΙΤΙΚΗ’ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Παρόλο που η ηγεμονία των μαθηματικών ως η ‘βεβαιότητα’ ενός καθολικού και παγκόσμιου ερμηνευτικού εργαλείου για την πραγματικότητα στη φύση και στην κοινωνία έχει αμφισβητηθεί στο χώρο των επιστημών, το πεδίο της μαθηματικής εκπαίδευσης συνεχίζει πεισματικά να ανασκευάζει και να αναπλαισιώνει τους μύθους μιας ‘ιδεολογίας βεβαιότητας’, όπως περιεγράφηκε παραπάνω. Για παράδειγμα, ο Paul Dowing (1989) στην ανάλυση των σχολικών εγχειριδίων των μαθηματικών που

χρησιμοποιούνται στα δημόσια σχολεία στην Αγγλία υποστηρίζει την αναπαραγωγή αυτών των μύθων, σε βιβλία τα οποία λειτουργούν ως παιδαγωγικά κείμενα. Ο ίδιος παρατηρεί ότι ενώ τα εγχειρίδια αναπαριστούν μαθηματικά προβλήματα που δεν είναι πάντα αφαιρετικής μορφής, αλλά εστιάζουν σε ρεαλιστικά προβλήματα εμπορίου ή καθημερινών και πολιτισμικών πρακτικών, αυτό γίνεται μέσω μιας σειράς μύθων, όπως της αναφοράς, της συμμετοχής και της χειραφέτησης. Συγκεκριμένα, ο μύθος της αναφοράς σχετίζεται με την προβολή της ιδεατής ικανότητας των μαθηματικών να περιγράψει κάθε μη μαθηματική εμπειρία, αφήνοντας να εννοηθεί ότι κάθε πτυχή της πραγματικότητας μπορεί να μαθηματικοποιηθεί. Ο μύθος της συμμετοχής αναφέρεται στην ουτοπική δυνατότητα των μαθηματικών εργαλείων να υπηρετούν πολιτισμικές πρακτικές και να προάγουν την επικοινωνία σε ποικίλες εμπορικές, πολιτικές και πολιτιστικές δράσεις. Και ο μύθος της χειραφέτησης αναδεικνύει τα μαθηματικά ως πανανθρώπινη γνώση, η οποία διαπερνά κάθε πολιτισμικό, φυλετικό, γλωσσικό, ταξικό ή εθνοτικό σύνορο. Οι τρεις αυτοί μύθοι συγκροτούν τα μαθηματικά ως μια ιδεατή οντότητα απεριόριστης ισχύος και εξουσίας στην κοινωνία, η οποία όμως δεν ανιχνεύεται με τον ίδιο τρόπο στην ανθρώπινη ζωή, καθώς όλο και λιγότερα άτομα ενδιαφέρονται να ασχοληθούν με αυτό το πεδίο γνώσης στον ελεύθερο ή στον εργασιακό τους χώρο (Mendick, 2006).

Σε παράλληλο χρόνο, η έρευνα της Valerie Walkerdine (1989/2013) στην ομάδα ‘Κορίτσια και Μαθηματικά’ εκκινεί από το φύλο, την κοινωνική τάξη και την μαθηματική ικανότητα ως αναλυτικές κατηγορίες και διεισδύει στους λόγους, στις κανονιστικές ιεραρχίες και στα φυσικοποιημένα καθεστώτα αληθείας που εμπλέκονται στην παραγωγή υποκειμενικότητας στο κοινωνικό σώμα της μαθηματικής εκπαίδευσης. Βασικό ερώτημα είναι: Πώς εγγράφονται τα κορίτσια και τα αγόρια αναφορικά με την ικανότητά τους στην εκμάθηση των μαθηματικών; Η ανάλυση αυτή πραγματοποιείται σε τρεις άξονες. *Πρώτον*, η Walkerdine, αντλώντας από τις θεωρητικές προσεγγίσεις του μεταδομισμού, της κριτικής ψυχολογίας και της ψυχανάλυσης, προχωρεί στην κατανόηση της έμφυλης και ταξικής πραγματικότητας που βιώνουν τα κορίτσια ως μαθήτριες και οι ενήλικες γυναίκες ως μητέρες και εκπαιδευτικοί. Η Valerie Walkerdine ενεργοποιώντας, αφενός, τη λακανική έννοια του υποκειμένου που κατευθύνει και ελέγχει τη δράση του ως ανταπόκριση στο συμβολικό ‘άλλο’ και, αφετέρου, τη φουκωική θεώρηση για τη λογοθετική συγκρότηση του υποκειμένου, υποστήριξε ότι τόσο οι μαθητευόμενοι όσο και οι εκπαιδευτικοί αλλά και τα ίδια τα μαθηματικά κατασκευάζονται στο πλαίσιο ηγεμονικών λόγων για την μαθηματική ικανότητα, την αξιολόγηση και την επιλογή σπουδών που δρουν καταλυτικά ως ‘αλήθειες’ σε πλαίσια σχέσεων εξουσίας/γνώσης.

Δεύτερον, η έρευνα της βασίζεται σε εθνογραφικά δεδομένα, τα οποία αφηγούνται επεισόδια από την καθημερινότητα των κοριτσιών, καθώς αφογκράζονται την αλληλεπίδρασή τους με μητέρες και εκπαιδευτικούς υπό το πρίσμα της άτυπης ή της τυπικής μάθησης. Στο εμπειρικό της μέρος αυτή η σύνθεση μας βοηθά να δούμε διαχρονικά την εξέλιξη της ζωής των κοριτσιών, συνυφασμένη με τις ευκαιρίες που προσφέρονται για εκπαίδευση στη μεσοαστική και στην εργατική τάξη, από τα χρόνια της

προνηπιακής ηλικίας όπου η οικογένεια (και ειδικότερα η μητέρα κατά τη δεκαετία του 1980 στην Αγγλία) φέρει την κύρια ευθύνη φροντίδας και διαπαιδαγώγησης των παιδιών, έως τα πρώτα χρόνια του Δημοτικού και, αργότερα, έως τα τέλη της δευτεροβάθμιας εκπαίδευση, όπου η μάθηση εστιάζει κυρίως στην επιτυχή συμμετοχή στις εθνικές εξετάσεις εξασφαλίζοντας στα παιδιά πρόσβαση σε σπουδές και κοινωνική άνοδο. Φωτίζοντας πτυχές αυτής της παιδικής και εφηβικής καθημερινότητας, η Walkerdine εξηγεί πώς η μαθηματική ικανότητα και η ετοιμότητα για μάθηση εγγράφονται διαχρονικά σε έμφυλους και ταξικούς λόγους με διαφορετικό δυναμικό μαθησιακής επιτυχίας και κοινωνικής κινητικότητας για τα κορίτσια της μεσοαστικής και της εργατικής τάξης. *Τρίτον*, η ανάλυση της Walkerdine δεν παραμένει στα εμπειρικά δεδομένα –όπως οι περισσότερες εθνογραφίες της εποχής– αλλά επεκτείνεται στην ανάλυση της σχέσης μεταξύ κοινωνικών δομών και μηχανισμών εκπαιδευτικής πολιτικής (π.χ. σχολικά εγχειρίδια, αναλυτικά προγράμματα, μέθοδοι αξιολόγησης, διεθνής μετρήσεις επίδοσης στα Μαθηματικά) στο πλαίσιο κυρίαρχων λόγων για τη μαθηματική ικανότητα και τη μαθηματική εκπαίδευση. Η πολυεπίπεδη αυτή θεωρητική ανάλυση αποτελεί μία από τις βασικές απόπειρες ‘κριτικής’ για τους ισχύοντες μηχανισμούς στο χώρο της μαθηματικής εκπαίδευσης θίγοντας ζητήματα, τα οποία διαφεύγουν μιας κοινότοπης παρατήρησης.

Όμως, πάρα την διαθεσιμότητα αυτών των μελετών, εδώ και δεκαετίες, η ηγεμονία μιας ‘ιδεολογίας βεβαιότητας’ διαμορφώνει έναν κυρίαρχο λόγο για τα μαθηματικά ως η πλέον ουδέτερη και αντικειμενική μορφή γνώσης. Συνεχίζει δε να επικρατεί έως σήμερα στον διεθνή δημόσιο λόγο για τη μαθηματική επιστήμη και να αναπλαισιώνεται σε προσπάθειες δημόσιας κατανόησης και διάχυσης του αντικειμένου σε παιδαγωγικό υλικό και κείμενα εκλαΐκευσης του. Σε όλες αυτές τις μορφές η κοινωνική αναπαράσταση των μαθηματικών ως αφαιρετική, συμβολική και αναλυτική μορφή σκηνής συγκροτεί έμμεσα την απάντηση στο ερώτημα ‘τι είναι τα μαθηματικά;’. Έτσι τα μαθηματικά συνεχίζουν να κατασκευάζονται και να τοποθετούνται σε μια σχέση απόστασης από το υποκείμενο που ‘κάνει’ μαθηματικά αλλά και από την πραγματικότητα της ίδιας του της ζωής. Η περιπλοκότητα της προσωπικής, καθημερινής, πολιτικής και κοινωνικής ζωής μοιάζει να μην αφορά τα ίδια μαθηματικά –καθώς τα μαθηματικά κατασκευάζονται να επιτελούνται έξω από το άτομο και την κοινωνία και να συγκροτούνται ως ένα ‘παιχνίδι’ ή μια ‘θεϊκή’ γλώσσα, η οποία ενσαρκώνει το πλατωνικό φαντασιακό ‘ο Θεός αεί γεωμετρεί’.

Αυτή η σχέση απόστασης επιτελείται επαναληπτικά και στο εκπαιδευτικό πλαίσιο όπου μεταφέρεται μέσω ‘λεκτικών’ ή ‘ρεαλιστικών’ προβλημάτων, τα οποία δημιουργούν έναν κοινό τόπο δράσης μεταξύ εκπαιδευτικών, μαθητών και υλικών, διατίθενται ευρέως σε αναλυτικά προγράμματα, στα σχολικά εγχειρίδια, στο διαδίκτυο και αποτελούν την πλέον διαδεδομένη μορφή παιδαγωγικού υλικού. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα μπορεί να αφορά έναν φανταστικό ήρωα με βιβλική καταγωγή, όπως ο Νάω: ‘Ο Νάωε παρατηρεί τα ζώα να μπαίνουν στην κιβωτό. Μέχρι το μεσημέρι μέτρησε μέχρι το

12, αλλά μετρούσε τα πόδια των ζώων. Μπορείς να μας πεις πόσα ζώα τελικά είδε;'¹ Το λεκτικό πρόβλημα δημιουργεί έναν ψευδο-κόσμο όπου η σύντομη λεκτική αφήγηση και η λιτή εικονογράφηση, όταν αυτή υπάρχει, διαθέτει κάποια καιρία δεδομένα, θέτει το ερώτημα και απαιτεί τη λύση. Το υποκειμένο εισέρχεται σ' αυτή την λεκτική ή την εικονογραφική προσομοίωση και αφήγηση μιας κοινωνικής κατάστασης και καλείται να εφαρμόσει κανόνες, να εφεύρει στρατηγικές, να εντοπίσει συσχετισμούς και να προτείνει λύσεις. Παιδιά, γονείς και εκπαιδευτικοί εμπλέκονται άλλοτε με απόλαυση και ευχαρίστηση κι άλλοτε με ανία και πλήξη στην επίλυση τέτοιων προβλημάτων, τα οποία δεν προσεγγίζονται ως 'καθημερινή' ζωή αλλά ως 'γρίφοι' ή/και 'παίγνια' (Lundin, 2011) που εγγράφονται σε λόγους εξύμνησης της ευφύιας και της ικανότητας.

Η όποια απόπειρα προσομοίωση της κοινωνικής ζωής ή του φυσικού και τεχνολογικού περιβάλλοντος μέσω αυτών των προβλημάτων αποτελεί, τελικά, μια υπερ-απλούστευση της πραγματικότητας κι έχει δεχθεί κριτική τόσο για τη μονοσήμαντη σχέση που δημιουργεί μεταξύ υποκειμένου, μάθησης και κοινωνίας (βλ. Dowling, 1998, Swanson, 2005) όσο και για τη μονοσήμαντη εικόνα των μαθηματικών στα προγράμματα μαθηματικής εκπαίδευσης ως λειτουργικός γραμματισμός (βλ. Apple, 2004). Ιδιαίτερα ο λειτουργικός γραμματισμός, σε αντίθεση με την προοπτική ενός κριτικού γραμματισμού στα μαθηματικά (βλ. παρακάτω ενότητα), δίνει έμφαση σε μορφές εξάσκησης και εφαρμογής οι οποίες λειτουργούν ως μια λεπτή τεχνική διαδικασία απαλλαγμένη από τις σχέσεις αξιών, εξουσίας και ηθικής που διέπει κάθε πραγματική και καθημερινή φυσική ή κοινωνική κατάσταση. Μαζί με την επιμελώς εξιδανικευμένη και εν τέλει μυθοποιημένη σχέση που δημιουργεί η λειτουργική προσέγγιση των μαθηματικών με την κοινωνική πραγματικότητα, τα λεκτικά προβλήματα στην πλειονότητά τους ενσωματώνουν έντονα έμφυλους και ταξικούς διαχωρισμούς (βλ. Chronaki, 2009 για μια επισκόπηση) αναπαριστώντας κυρίαρχα την στερεότυπη ταυτότητα του 'μαθηματικού' ως άνδρα, λευκού, δυτικής προέλευσης και μεσαίας τάξης. Επίσης, δημιουργούν συνθήκες παραγωγής ετερότητας (Χρονάκη, 2011, Chronaki, 2011) καθώς τα περισσότερα λεκτικά προβλήματα αναπαράγουν την ανάγκη για συγκεκριμένες στρατηγικές, αξίες και ταυτότητες στις οποίες περικλείεται εμφιαστικά η 'ιδεολογία βεβαιότητας'.

Έτσι, τα μαθηματικά γίνονται 'ιδεολογικοί μηχανισμοί' αναπαραγωγής κοινωνικών ιεραρχιών και αξιών μιας καπιταλιστικής ιδεολογίας για την οικονομία (βλ. προηγούμενη ενότητα). Η ηγεμονία συγκεκριμένων θέσεων τείνει να αποκλείει ή να περιθωριοποιεί τρόπους σκέψης και πρακτικές συγκεκριμένων κοινωνικών ομάδων (π.χ. άτομα με ειδικές ικανότητες, μειονοτική καταγωγή, γλωσσική και σωματική ετερότητα, κοινωνική τάξη, φτώχεια). Ο οργανωτικός διάλογος που δημιουργείται δυναμικά μεταξύ κρατών, κοινωνικών θεσμών και υποκειμένου ενεργοποιεί τη μαθηματική γνώση για την παραγωγή νοήματος στο πλαίσιο μιας διαπραγμάτευσης μεταξύ μαθηματικής γνώσης (π.χ. μαθηματοποίηση, χρήση αριθμών), αξιών (π.χ. δίκαιη και ισότιμη κατανομή πόρων, πρόοδος, ανάπτυξη) και ταυτοτήτων (π.χ. ικανότητα, ευφύια, ορθός λόγος), που

¹ Πρόβλημα δημοσιευμένο από την Lynne McClure τον Σεπτέμβριο του 2013 για την κοινότητα nrich, University of Cambridge (βλ. <http://nrich.maths.org/10367>).

έχουν απώτερο στόχο τη συναίνεση των κοινωνικών στρωμάτων προς συγκεκριμένες θέσεις (βλ. Walkerdine, 1998/2013, Dunne, 2009). Αν όμως αυτός ο ‘διάλογος’ βασίζεται αποκλειστικά στην φαντασίωση μιας ιδεολογίας ‘βεβαιότητας’ η οποία προωθεί την άκριτη ‘μαθηματοποίηση’ τότε η ισότιμη εκπροσώπηση όλων των ‘φωνών’ και η αποφυγή περιθωριοποίησης ή αποκλεισμού συγκεκριμένων κοινωνικών ομάδων δεν διασφαλίζεται. Οι πολίτες καταλήγουν τότε να μετατρέπονται σε πειθήνια σώματα ή docile bodies (βλ. Dunne, 2009).

Η σημασία μιας ‘κριτικής’ προσέγγισης η οποία εδράζεται σε κοινωνικές θεωρήσεις στο πλαίσιο μαρξιστικών, μετα-μαρξιστικών και μετα-δομιστικών προσεγγίσεων¹, συζητείται σήμερα στο πεδίο της μαθηματικής εκπαίδευσης ως η ανάγκη να πραγματευτούμε τη μάθηση των μαθηματικών στο πλαίσιο μιας ανοιχτής, συλλογικής και διαλογικής διαδικασίας, η οποία στοχεύει στη συγκρότηση υποκειμένων που θα μπορούν να συμμετέχουν και να συμβάλλουν ασκώντας κριτική σε ηγεμονίες ιδεολογιών και ιδεολογικών μηχανισμών². Ταυτόχρονα, λαμβάνοντας υπόψη την σχέση μεταξύ υποκειμένου, ιδεολογίας και εξουσίας/γνώσης μπορούμε να δούμε με περισσότερη αισιοδοξία και ενδιαφέρον τις όποιες μορφές ‘αντίστασης’ αναπτύσσονται σε πρακτικές που λειτουργούν υπηρετώντας μια ‘βεβαιότητα’ μαθηματικής γνώσης στο χώρο της τυπικής και άτυπης εκπαίδευσης. Τέτοιου τύπου μορφές αντίστασης μπορεί να αφορούν σιωπές, αποτυχίες, συναισθήματα, άρνηση, αδιαφορία κλπ. Ο Pais (2011) προτείνει την ανάλυση της εκπαιδευτικής έρευνας για τα σχολικά μαθηματικά ως μια ιδεολογία κριτικής (ideology critique) η οποία ασκεί κριτική στην υποτιθέμενη χρησιμότητα των μαθηματικών στην καθημερινότητα και στην αξία-χρήση της σχολικής μαθηματικής γνώσης και κατανοεί τα μαθηματικά ως μέρος της πολιτικής και οικονομικής δομής εντός της οποίας ενεργοποιούνται. Καθίσταται, λοιπόν, σημαντικό στο χώρο της μαθηματικής εκπαίδευσης να δούμε προσεκτικά τι μπορεί να προσφέρει η ‘κριτική’ μιας ‘ιδεολογίας βεβαιότητας’, η οποία παρότι έχει αμφισβητηθεί, συνεχίζει να συγκροτείται ως ‘ηγεμονικός μηχανισμός’ στο πλαίσιο συγκεκριμένων λόγων και λογοθετικών πρακτικών στη σχολική πραγματικότητα. Είναι εύλογο να αναρωτηθεί κανείς πώς συμβαίνει ένα πεδίο γνώσης, όπως τα μαθηματικά, το οποίο παρουσιάζει ιστορικά, επιστημολογικά, οντολογικά, γνωστικά και κοινωνιολογικά μια τεράστια εμβέλεια γνώσης η οποία αναπτύσσεται στη βάση μιας κουλτούρας αμφισβήτησης να συνθλίβεται και να στριμώχνεται μονομερώς ως ‘ιδεολογία βεβαιότητας’ στον χώρο της εκπαίδευσης.

¹ Δεν υπάρχει χώρος εδώ για να επεκταθούμε στις διαφορετικές κοινωνικές θεωρήσεις οι οποίες έχουν επηρεάσει τα τελευταία χρόνια τη στροφή προς μια ‘κριτική’ προσέγγιση της μαθηματικής εκπαίδευσης, χωρίς αυτή να υπάγεται απαραίτητα στη συγκεκριμένη περίπτωση του ρεύματος της ‘κριτικής μαθηματικής εκπαίδευσης’ (για περισσότερα βλ. Χρονάκη, 2013, Walshaw, 2005 και Mendick, 2006).

² Ισχυρές διαφοροποιήσεις αφορούν στο πώς γίνεται κατανοητή θεωρητικά η συμμετοχή του υποκειμένου, η οποία εκφράζεται σε διαδικασίες υποκειμενοποίησης εντός σχέσεων εξουσίας/γνώσης, όπως η αντίσταση σε μηχανισμούς πειθάρχησης στο πλαίσιο ιδεολογικών μηχανισμών, η ταξική πάλη, οι πολλαπλές συγκρούσεις μεταξύ θέσεων του υποκειμένου, η πατριαρχία, ο έμφυλος, εθνικός και αποικιοκρατικός λόγος κλπ.

Η ΚΡΙΤΙΚΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Κατά τις τελευταίες τρεις δεκαετίες έχει αναπτυχθεί ένα ρεύμα ‘κριτικής μαθηματικής εκπαίδευσης’ το οποίο εστιάζει σε θεωρητικές προσεγγίσεις ή/και μοντέλα παιδαγωγικής και διδακτικής των μαθηματικών. Το ρεύμα αυτό ασκεί κριτική σε παιδαγωγικά πλαίσια τα οποία συγκροτούν τη μάθηση ως μία στενά ατομική και γνωστική διαδικασία η οποία έχει συγκεκριμένους στόχους λειτουργικού αλφαριθμητισμού (δηλ. πρεσβεύει μια γραμματική εξάσκησης και εφαρμογών) και υπηρετεί πρακτικές μαθηματοποίησης, χωρίς να επηρεάζεται από τις αλλαγές που αναμοχλεύουν ισορροπίες στην κοινωνία, στην κοινότητα και στην οικογένεια. Στους πρωτεργάτες στο χώρο της κριτικής μαθηματικής εκπαίδευσης ανήκει η δουλειά της Marilyn Frankenstein η οποία δραστηριοποιείται στις ΗΠΑ, και συγκεκριμένα στη Βοστώνη, σε προγράμματα που αφορούν τον ‘κριτικό’ μαθηματικό γραμματισμό ενηλίκων. Η δουλειά της, βασισμένη στις αρχές του Paulo Freire για την παιδαγωγική του καταπιεσμένου (pedagogy of the oppressed), εστιάζει στη σημασία του ακτιβιστικού χαρακτήρα της εκπαίδευσης. Επιλέγει ή/και κατασκευάζει ‘προβλήματα’ τα οποία συνδέονται άμεσα με θέματα φτώχειας, οικονομικής εκμετάλλευσης, πολέμου και περιβαλλοντικής καταστροφής και τα οποία βιώνονται ως φόβος και περιθωριοποίηση. Στόχος είναι η διερεύνηση και η αντικειμενικοποίηση αυτών των ζητημάτων μέσω των αριθμών, ώστε τα ζητήματα αυτά να αποτελέσουν αντικείμενο αναστοχασμού, δράσης και αντίδρασης. Για παράδειγμα, ένα τέτοιο πρόβλημα αφορά το ερώτημα ‘πού ζουν οι άνθρωποι στον κόσμο;’ όπου ζητείται να γίνει μια εκτίμηση και διερεύνηση των δημογραφικών στοιχείων που αφορούν πρώτα στην πόλη που ζουν οι ίδιοι οι μαθητεύοντες και έπειτα στις ηπείρους. Στόχος είναι να γίνει αντιληπτό ότι η μεγαλύτερη συγκέντρωση πληθυσμού δεν βρίσκεται πάντα στις μητροπόλεις του ‘δυτικού’ κόσμου, αλλά να γίνει ορατή η δημογραφική κατάσταση σε ηπείρους, όπως η Ασία και η Αφρική, και να συζητηθεί το θέμα της μετακίνησης των πληθυσμών (π.χ. οικονομικοί και πολιτικοί μετανάστες, πόλεμοι, φυσικές καταστροφές). Το ενδιαφέρον είναι ότι μια τέτοια διερεύνηση μπορεί να ακολουθήσει μια επόμενη, η οποία εστιάζει σε επόμενο ερώτημα όπως ‘πού βρίσκεται ο πλούτος του κόσμου;’ όπου και πάλι κινητοποιείται η ανάγκη εντοπισμού των κατάλληλων στοιχείων και η διερεύνηση της συσχέτισης των παραμέτρων που αφορούν αυτά τα δύο ερωτήματα επικεντρώνοντας στο ερώτημα ‘ο πλούτος συγκεντρώνεται εκεί όπου υπάρχει ο μεγαλύτερος αριθμός ανθρώπινου πληθυσμού;’¹. Ένα τέτοιο πλαίσιο χρησιμοποιεί μαθηματικές έννοιες, κυρίως έννοιες στατιστικής, για την οργάνωση των δεδομένων με στόχο την ενεργοποίηση της συνείδησης των σπουδαστών ως πολίτες ενός κόσμου που βρίσκεται σε κρίση και που θέτει σε κρίση τις δικές τους ζωές.

Στην ίδια κατεύθυνση βρίσκεται και η δουλειά του Rico Gutstein, ο οποίος εμπνέεται επίσης από τον Freire αλλά και το σύγχρονο ρεύμα της ‘κριτικής παιδαγωγικής’

¹Τα προβλήματα αυτά διατίθενται στην ιστοσελίδα Rethinking Schools στο άρθρο Rethinking Mathematics από την M. Frankenstein (βλ. http://www.rethinkingschools.org/publication/math/RM_goal.shtml, 2015)

στις ΗΠΑ (Giroux, 1983, Macedo, 1994, McLaren, 1998) για να υποστηρίξει την ανάγκη για τη σύζευξη μιας θεωρίας κριτικής παιδαγωγικής με την παιδαγωγική πράξη. Ακολουθώντας την ορμή του ακτιβισμού που υποστήριξε και η Marilyn Frankenstein, δουλεύει με μαθητές και μαθήτριες σε σχολεία της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στις ΗΠΑ εφαρμόζοντας προγράμματα κριτικής μαθηματικής εκπαίδευσης. Αφουγκράζεται την πολυπολιτισμική κοινότητα όπου βρίσκεται το σχολείο του αλλά και την οικονομική πολιτική της κοινότητας όπου ζουν τα παιδιά αυτά (δλδ. ανεργία, φτώχεια) και δίνει έμφαση στην ενεργοποίηση του μαθηματικού γραμματισμού, προκειμένου να επιτύχει την ενσυναίσθηση μιας ανάγκης συλλογικής αντίστασης απέναντι σε διάφορες μορφές αποκλεισμού και την ανάπτυξη ταξικής συνειδήσης. Ο ίδιος επιλέγει και συνεργάζεται με τα παιδιά της τάξης του στην ανάπτυξη του δικού τους υλικού (π.χ. διαμόρφωση προβλημάτων για τα οποία θέλουν να βρουν απάντηση) και στην εφαρμογή δράσεων που αποτελούν τη διδακτική τους πρακτική, με στόχο να αναστοχαστούν θέματα κοινωνικής δικαιοσύνης και ισότητας. Η έρευνά του συζητά τις δυνατότητες και τις προκλήσεις που ενέχονται σε μια τέτοια διαδικασία μέσα από παραδείγματα που αφορούν τη ζωή, τα βιώματα αλλά και τις προσπάθειες αντίστασης και αυτό-οργάνωσης αυτών των εφήβων (Gutstein, 2006). ται μεταξύ παιδιών και μεταξύ παιδιών και ενηλίκων.

Στην Ευρώπη, η πρώιμη δουλειά του Ole Skovsmose (1995) συγκροτεί μια περισσότερο φιλοσοφική προσέγγιση στην ‘κριτική μαθηματική εκπαίδευση’, η οποία ενώ συμπλέει σε βασικά σημεία με τον Paulo Freire (π.χ. στην ανάγκη μιας ευρύτερης κατανόησης της έννοιας του γραμματισμού), δίνει έμφαση στην κριτική θεωρία, όπως αυτή έχει εκφραστεί μέσα από την κοινωνιολογική σκοπιά της σχολής της Φρανκφούρτης. Η νεώτερη έρευνά του εστιάζει σε φιλοσοφικά θέματα ευρύτερης εμβέλειας, μέσω της οπτικής του Φουκώ και των συνομιλητών του, όπως η αβεβαιότητα, η αμφιβολία και η εγγενής απορία του μαθηματικού υποκειμένου (βλ. Skovsmose, 2014). Στόχος παραμένει η συζήτηση μιας σειράς ζητημάτων που αφορούν την κυριαρχία συγκεκριμένων ηγεμονικών θέσεων στη μαθηματική εκπαίδευση. Σήμερα, τόσο ο ίδιος όσο και οι συνεργάτες του έχουν δώσει έμφαση στη συγκρότηση μιας εναλλακτικής επιστημολογίας για τη μαθηματική γνώση με άμεση επιρροή στην παιδαγωγική και στο ρόλο των σχολικών μαθηματικών στην κοινωνία (Skovsmose, 2011, Christensen, 2010). Οι παιδαγωγικές πρακτικές που προτείνονται αφορούν τη χρήση θεματικών πλαισίων, παρόμοιων με αυτά που χρησιμοποιεί η Marilyn Frankenstein ή ο Rico Gutstein, δίνοντας όμως έμφαση στην επικοινωνία και στο διάλογο που αναπτύσσεται μεταξύ παιδιών και μεταξύ παιδιών και ενηλίκων. Αυτή η προσέγγιση επαναδιαπραγματεύεται τη μαθηματική γνώση και τη μαθηματική εκπαίδευση ως ένα χώρο δράσης και αντίστασης και έναν χώρο όπου το στοιχείο της εγγενούς ‘αβεβαιότητας’ των μαθηματικών και της μαθηματοποίησης δεν αποκρύπτεται, ενώ συζητείται και προβληματοποιείται η αναγκαιότητα του ‘διαλόγου’ ως μια αναστοχαστική και συλλογική διαδικασία.

Η κριτική μαθηματική εκπαίδευση, από αυτή τη σκοπιά, μας καλεί να αναλογιστούμε την έμμεση παρουσία, σε μια τάξη Μαθηματικών, ευρύτερων ζητημάτων, όπως το φαινόμενο της παγκοσμιοποίησης και της ταυτόχρονης γκετοποίησης

συγκεκριμένων κοινωνικών ομάδων, την ουτοπία μιας επιστημονικής και επιστημολογικής διαφάνειας ως ένα απλό και εύκολο μονοπάτι που οδηγεί στην κοινωνική πρόοδο και στη δημοκρατία, την κριτική για την εφαρμογή της επιστημονικής γνώσης σε ψευδο-πλαίσια κοινωνικού ενδιαφέροντος (π.χ. επίλυση λεκτικού προβλήματος, μοντελοποίηση, προσομοίωση, λογική επιχειρηματολογία). Θεωρείται ότι η παρουσία αυτών των ζητημάτων γίνεται εμφανής σε πλαίσια επικοινωνίας και διαλόγου που αναπτύσσονται κατά την επίλυση προβλημάτων, τα οποία επιτρέπουν τον αναστοχασμό και τη συζήτηση του θέματος της ‘μαθηματοποίησης’ ως κοινωνικό ζήτημα εντός κι εκτός σχολικής τάξης και ως μέρος της οικονομίας και της πολιτικής. Με αυτό τον τρόπο παρέχονται η δυναμική της συσχέτισης των μαθηματικών και της μαθηματοποίησης με γενικότερα ζητήματα εξουσίας/γνώσης, κοινωνικής ηθικής και ταξικής συνείδησης αντικατοπτρίζοντας την περιπλοκότητα της ζωής και της φυσικής πραγματικότητας. Παράλληλα, η πραγμάτευση αυτών των ζητημάτων ως μέρος των σχολικών μαθηματικών θεωρείται ότι δίνει την ευκαιρία για ‘κριτική’ στην πιθανή αποδυνάμωση που μπορεί να δημιουργηθεί μέσω της μαθηματικής εκπαίδευσης και ειδικότερα μέσω της έμμεσης επιβολής ή/και οικειοποίησης στερεοτύπων που αφορούν τη φυλή, το φύλο, την ικανότητα και το γλωσσικό είδος. Τέλος, υποστηρίζεται ότι η ‘κριτική’ μαθηματική εκπαίδευση μπορεί να παρέχει τρόπους ενδυνάμωσης του υποκειμένου για δράση και αντίσταση μέσω της πολιτικής διανοητικότητας που ενδέχεται δυνητικά να καλλιεργήσει.

Σκοπιές μιας ‘κριτικής’ προσέγγισης της μαθηματικής εκπαίδευσης έχουν οικειοποιηθεί συνάδελφοι ερευνητές για τη μελέτη και οργάνωση εκπαιδευτικών προγραμμάτων ή για την ενίσχυση δράσεων ακτιβισμού και αυτο-οργάνωσης στη Λατινική Αμερική και τη Νότια Αφρική. Οι δράσεις αυτές αφορούν κοινότητες που βρίσκονται στα όρια της φτώχειας, του αποκλεισμού και της περιθωριοποίησης (Knijnik and Wanderer 2010, Vithal 2003, Valero, 2007). Παράλληλα, η επείγουσα ανάγκη για την ‘κριτική’ οπτική στην ηγεμονία ιδεολογικών μηχανισμών που αφορούν πρακτικές της μαθηματικής εκπαίδευσης (π.χ. αξιολόγηση, αναλυτικά προγράμματα, καινοτομίες) επιτελείται και από ρεύματα τα οποία αντλούν τόσο από το μεταδομισμό, όσο και από σύγχρονα ρεύματα κριτικής θεωρίας (βλ. Walkerdine, 1989/2013, Walshaw, 2005 για μια λεπτομερή συζήτηση). Το στοίχημα της διαμεσολάβησης μιας οπτικής κριτικού μαθηματικού γραμματισμού για την αντιμετώπιση της κοινωνικής αδικίας και για τη χειραφέτηση του υποκειμένου μέσω της πολιτικής του δραστηριοποίησης ή ακόμη μέσω της ενσυναίσθησης και της πολιτικής του διανοητικότητας μοιάζει να σχετίζεται άμεσα με την ανα-συγκρότηση της μαθηματικής γνώσης και των ποικίλων μορφών εκλαΐκευσης της σε παιδαγωγικά ‘υλικά’, ‘λόγους’ και ‘ιδεολογίες’ σε μια νέα οντολογική και επιστημολογική βάση.

Ο Gert Biesta (1998) επιχειρηματολογεί υπέρ της εγγενούς ‘αδυναμίας’ της κριτικής παιδαγωγικής –θα λέγαμε και της κριτικής μαθηματικής εκπαίδευσης- ως ένα πολιτικό πρόγραμμα μέσα στο πλαίσιο της εκπαίδευσης στη νεότερη μας εποχή. Όπως υποστηρίζει, *‘η κριτική παιδαγωγική είναι, με τον έναν ή τον άλλον τρόπο, δεσμευμένη στην υποχρέωση του μετασχηματισμού της ευρύτερης κοινωνικής τάξης, έχοντας ως επίκεντρο*

του ενδιαφέροντος τη δικαιοσύνη, την ισότητα, τη δημοκρατία και την ανθρώπινη ελευθερία' (σελ. 499, μετάφραση από το αγγλικό κείμενο). Ο ίδιος εξηγεί ότι η κριτική παιδαγωγική διερευνά το βαθμό στον οποίο αυτή η ανθρωπιστική αποστολή μπορεί πραγματικά να εκπληρωθεί μέσα από περιπλοκότητες, ανταγωνισμούς, αβεβαιότητα και ρίσκο που προστίθενται στις παγκοσμιοποιημένες και γκετοποιημένες μεταμοντέρνες κοινωνίες. Η κριτική παιδαγωγική έχει θεωρηθεί, σε μεγάλο βαθμό, ως μία ευρύτερη δημοκρατική και απελευθερωτική εκπαιδευτική πρακτική που συχνά μετατρέπεται σε εργαστήρι του ανθρώπινου αγώνα για ελευθερία, δικαιοσύνη και δημοκρατία. Βασίζεται στην υπόθεση ότι αυτές οι αρετές μπορούν να καλλιεργηθούν, να αναπτυχθούν, αλλά και να διατηρηθούν όταν οι άνθρωποι αναπτύσσουν την ικανότητα για κριτικό αναστοχασμό που τους καθιστά ικανούς να δημιουργήσουν μία επαρκή κατανόηση της κατάστασής τους, της θέσης τους στην κοινωνία, να φανταστούν εναλλακτικές και να επιτελέσουν ρόλους διαμεσολαβητών ή μεσαζόντων του κοινωνικού μετασχηματισμού. Ο Biesta αμφισβητεί τα παραπάνω, υποστηρίζοντας το ανέφικτο και την ουτοπία μιας τέτοιας υπόθεσης. Πράγματι, μια τέτοια υπόθεση μοιάζει να μην λαμβάνει υπόψη τα ιστορικά, κοινωνικά και πολιτικά συμφραζόμενα που καθλώνουν άτομα και κοινότητες σε σχέσεις υποτέλειας με σώματα εξουσίας/γνώσης, όπως τα μαθηματικά, τα οποία λειτουργούν όχι μόνο τεχνικά ή λειτουργικά αλλά και σημειωτικά ή συμβολικά. Η κριτική που ασκείται στην 'κριτική παιδαγωγική' αφορά και την κριτική μαθηματική εκπαίδευση και σίγουρα χρήζει παραπάνω μελέτης. Όμως, ο Biesta παραδόξως συνοψίζει την κριτική του υποστηρίζοντας ότι, εν τέλει, αυτή η ίδια 'αδυναμία' είναι που κάνει την κριτική παιδαγωγική από μόνη της δυνατή.

ΑΝΤΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

Η εργασία αυτή εστίασε σε μια αναγκαστικά συνοπτική, ελλειπτική αλλά όσο κατά το δυνατόν ολιστική σκιαγράφηση της κριτικής που ασκείται στην ηγεμονία μιας 'ιδεολογίας βεβαιότητας' στα μαθηματικά και στην μαθηματική εκπαίδευση όπως αυτή έχει εκφραστεί μέσω πολλαπλά διαφορετικών θεωρητικών προσεγγίσεων τις τελευταίες δεκαετίες. Αποτολμώντας να αποδώσει την ευρεία εικόνα αποπειράται μια περιληπτική παρουσίαση θεωρήσεων σχετικών με το θέμα 'η κριτική της ηγεμονίας 'ιδεολογίας βεβαιότητας'. Η απόπειρα αυτή αναγκαστικά δεν συνδιαλέγεται με τις εσωτερικές διαμάχες αυτής της 'κριτικής' αφήνοντας πολλά κενά και δημιουργώντας ερωτήματα, τα οποία όμως αποτελούν μια σημαντική βάση για την ενόραση πιθανών συσχετίσεων. Παρά τις διαφοροποιήσεις στις προγραμματικές θέσεις αυτών των θεωρήσεων γύρω από το επίμαχο θέμα των μαθηματικών ως μιας 'ιδεολογίας βεβαιότητας' τόσο στο χώρο της ιστοριογραφίας όσο και στο χώρο της κοινωνικής μελέτης των μαθηματικών και της μαθηματικής εκπαίδευσης, υποστηρίζεται ότι η ηγεμονία μιας 'ιδεολογία βεβαιότητας' ως μηχανισμός και, εν τέλει, ως ταυτότητα στη μαθηματική εκπαίδευση έχει αρχίσει να αμφισβητείται. Συγκεκριμένα, στο χώρο της μαθηματικής εκπαίδευσης τόσο η 'κριτική' προσέγγιση στην παιδαγωγική και στην διδακτική πράξη όσο και επιμέρους ρεύματα μιας 'κριτικής μαθηματικής εκπαίδευσης' έχουν αρχίσει να πολιτικοποιούν τη σχέση του

υποκειμένου με την μαθηματική γνώση και τις διαδικασίες ‘μαθηματοποίησης’ στο σχολικό και στο κοινωνικό πλαίσιο.

Μπορούμε με βάση αυτή την θεωρητική συζήτηση να θέσουμε σημαντικά ερωτήματα που αφορούν την πράξη της μαθηματικής εκπαίδευσης, όπως: Μπορεί η κριτική αμφισβήτηση της ‘βεβαιότητας’ στα μαθηματικά, η ‘κριτική’ της μαθηματικής εκπαίδευσης ή η ‘κριτική μαθηματική εκπαίδευση’ να αποδώσουν βασικές αξίες ή αρχές για τη διδασκαλία και τη μάθηση των μαθηματικών; Μπορούν οι αρχές αυτές να διανοίξουν δρόμους ή να δημιουργήσουν ρωγμές ώστε η μαθηματική γνώση στο χώρο της εκπαίδευσης να μην λειτουργεί κυρίαρχα ως επιπρόσθετος ‘ιδεολογικός μηχανισμός’ για την αναπαραγωγή έμφυλων και ταξικών ιεραρχιών που δρουν καταπιεστικά και ανασταλτικά; Μπορούν να φωτίσουν τις προσπάθειές μας αναφορικά με το πώς προσεγγίζουμε τη μάθηση και τη διδασκαλία των μαθηματικών, την ανάπτυξη της μαθηματικής σκέψης ή την αξιολόγηση της μαθηματικής ικανότητας; Μπορούν να υποστηρίξουν πρακτικές στην σχεδίαση παιδαγωγικού υλικού, στην οργάνωση και στην πραγματοποίηση δράσεων όπου τα παιδιά έρχονται σε επαφή με μαθηματικές ιδέες και πράξεις οι οποίες αφορούν τα ίδια και τις κοινότητές τους;

Τα παραπάνω ερωτήματα χρήζουν βεβαιότατα περαιτέρω μελέτης. Είναι, όμως, σημαντικό να σταθούμε σε κάποιες σημαντικές αρχές που αφορούν στην σύγχρονη μαθηματική εκπαίδευση. *Πρώτον*, η ‘κριτική’ προσέγγιση μιας ιδεολογίας βεβαιότητας για τη μαθηματική γνώση σήμερα θα μπορούσε να γίνει αντιληπτή ως ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης, στο οποίο στόχοι δεν είναι απαραίτητα η κυριαρχία της εξάσκησης (και μάλιστα η εξάσκηση που αφορά στην ενίσχυση της αριστείας), αλλά δίδεται προτεραιότητα και χώρος στην ανάδειξη των μαθηματικών ως ένα πολύπλευρο σώμα γνώσης, το οποίο δεν κυριαρχεί αλλά συνεργάζεται με διαφορετικά πεδία γνώσης. *Δεύτερον*, η έμφαση στα μαθηματικά ως διαδικασία ‘μαθηματοποίησης’ φαινομένων και προβληματικών καταστάσεων δεν επιτελείται στο πολιτικό κενό μιας εξιδανικευμένης φυσικής ή τεχνολογικής πραγματικότητας αλλά σε άμεση συνάρτηση με τα ηθικά, κοινωνικά και πολιτικά διλήμματα που η ίδια εγείρει. Γίνεται έτσι η διαδικασία εφαρμογής των μαθηματικών ιδεών στη φύση και στην τεχνολογία αντικείμενο αναστοχασμού, κριτικής και διάδρασης.

Τρίτον, η ‘κριτική’ προσέγγιση της μαθηματικής γνώσης μας καλεί επιπρόσθετα να δούμε την επιστημολογία των μαθηματικών ως μη στατική, μη βέβαιη, μη γραμμική, μη καθολική και μη παγκόσμια μορφή ‘αληθινής’ γνώσης, αλλά ως εξελισσόμενη συνεκτικά στο χωροχρόνο, ως προϊόν και αγαθό πολλών πολιτισμών και ως εργαλείο που εμπεριέχει αμφίσημες αξίες και πολιτικές. *Τέταρτον*, μας καλεί ακόμη να ξαναδούμε τη γνωστική προσέγγιση στην ανάπτυξη της μαθηματικής σκέψης ως μια σύνθετη διαδικασία η οποία δεν επιτελείται κλινικά στη βάση νοητικών σχηματισμών, αλλά επιτελείται σε ιστορικά, κοινωνικά και πολιτικά συγκείμενα εντός των οποίων παράγεται, αναπαράγεται και μετασχηματίζεται. *Τέλος*, η ‘κριτική μαθηματική εκπαίδευση’ μας προτρέπει να δούμε τη σχέση μαθηματικών-κοινωνίας ως μια σχέση που αφορά το άτομο ως πολιτικό δρώντα και να λάβουμε υπόψη τη στενά αλληλεπιδραστική σχέση

ταυτοτήτων-υποκειμενοποίησης-μάθησης στο πλαίσιο τόσο των επιστημονικών όσο και των εκπαιδευτικών κοινοτήτων δραστηριοποίησης.

Θα μπορούσαμε να συνοψίσουμε ότι μια ‘κριτική’ ερευνητική και παιδαγωγική πρακτική για τα μαθηματικά μέσω των υλικών που σχεδιάζει και χρησιμοποιεί ως προϊόντα έρευνας και εκπαίδευσης, των δράσεων που οργανώνει και των παιδαγωγικών σχέσεων που αναπτύσσει, δημιουργεί τόπους αναδιαπραγμάτευσης, ανακατασκευής, αλλά και ανατροπής ηγεμονικών θέσεων, όπως αυτή της ιδεολογίας της βεβαιότητας. Η ‘κριτική’ οπτική μας βοηθά να σκεφτούμε τη συγκρότηση του υποκειμένου σε καθεστώτα εξουσίας/γνώσης που διαμορφώνονται με την υποστήριξη εργαλείων, τεχνικών, τεχνουργημάτων που προσφέρουν τα ίδια τα μαθηματικά και η μαθηματική εκπαίδευση. Στο πλαίσιο συγκεκριμένων μαθηματικών δραστηριοτήτων μπορεί να ανιχνευθεί η ‘αγωνία’ της ταυτοποίησης του υποκειμένου με θέσεις οι οποίες ιεραρχούν τη μαθηματική γνώση ως ‘επίσημη’, ‘μη-επίσημη’, ‘λαϊκή’, ‘εκκλαϊκευμένη’, ‘εθνική’, ‘εθνοτική’ ή την κατατάσσουν σε ταξινομίες οι οποίες την ορίζουν ως ‘δημοφιλή’, ‘εξωτική’, ‘ισχυρή’ ή ‘αδύναμη’, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο δίπολα, αμφισημίες και αδιέξοδα. Το να σκέφτεται κάποιος κριτικά δεν συμβαίνει τυχαία. Δεν προκύπτει αυτόματα όταν κάποιος καταπιάνεται με ένα πρόβλημα. Αντιθέτως, μια τέτοια ενσυναίσθηση χτίζεται μαζί με την κατανόησή μας για την εγγενή παρουσία ζητημάτων φύλου, κοινωνικής τάξης, εθνότητας και ιεραρχίας, τα οποία ενυπάρχουν σε κάθε ‘πρόβλημα’ που καλούμαστε να επιλύσουμε στην καθημερινή μας ζωή. Μία κριτική οπτική δεν μπορεί να αναπτυχθεί χωρίς να ενστερνίζεται το κοινωνικό υπόβαθρο των παιδιών και των ενηλίκων στους οποίους απευθύνεται, καθώς επίσης και τον προσωπικό τρόπο γνώσης και μάθησης μέσω της βιομαθηματικής εμπειρίας που αποκτάται σε συγκεκριμένα πλαίσια βιοπορισμού.

Η μαθηματική εκπαίδευση χρειάζεται να μετατοπιστεί από τα μαθηματικά ως αυτόνομη και μοναχική δραστηριοποίηση με αριθμούς και σχήματα ως να παραμένουν αέναα αφαιρετικές οντότητες και να λάβει υπόψη τις ποικίλες, και συχνά αντικρουόμενες αντιλήψεις για τη μαθηματική γνώση μαζί με τα ζητήματα έμφυλης, ταξικής και πολιτισμικής ετερότητας που ανακύπτουν. Ωστόσο, μια πολύ ισχυρή πραγματικότητα που αναδεικνύει η κριτική στην ηγεμονία μιας ‘ιδεολογίας βεβαιότητας’ είναι οι αθέατες, και πολλές φορές σιωπηρές και ήπιες ‘αντιστάσεις’ των ίδιων των παιδιών, των μαθητευόμενων και των εκπαιδευτικών στην κυριαρχία αυτής της ‘ιδεολογίας’ η οποία αναπαράγεται ακούσια ή εκούσια στις σχολικές τάξεις των μαθηματικών. Τέτοιες μορφές ‘αντίστασης’ εκφράζονται μέσω της ανίας, της αδιαφορίας, της ειρωνείας, της γελιοποίησης, της απόλαυσης, του ενδιαφέροντος, της έκπληξης, της πρόκλησης, της σιωπής, του ανταγωνισμού αλλά και του φόβου και της εμμονής στην ύπαρξη ενός ιδεατού ευφυές μαθηματικού μυαλού. Η ιδεολογία αυτή διαποτίζει τις ‘επίσημες’ διόδους παραγωγής της μαθηματικής σκέψης στα προγράμματα, στα υλικά, στην επικοινωνία στις σχολικές τάξεις και στους τρόπους αξιολόγησης. Η ίδια ιδεολογία εγγράφεται σε συγκεκριμένους τρόπους ανάγνωσης κειμένων εκκλαϊκευσης ή δημόσιας κατανόησης των μαθηματικών όπως αυτά της μαθηματικής λογοτεχνίας, των ταινιών για τα μαθηματικά και τους Μαθηματικούς αλλά και ποικίλα έργα ή κατασκευές όπου η επιχειρείται η

σιωπηρή παρουσία της αποθέωσης των μαθηματικών ως τέχνη. Αυτή η πραγματικότητα μας ωθεί να διαπραγματευτούμε την πολιτική σημασία ταυτοτικών θέσεων, όπως, μεταξύ άλλων η ικανότητα, η εξυπνάδα, η μετρίότητα, η αριστεία, η ευφυΐα, το ταλέντο. Οι ήπιες και αθέατες μορφές ‘αντίστασης’ των παιδιών και των αδών ενηλίκων μοιάζει να δείχνει τον δρόμο, να βρίσκει ρωγμές και να συγκροτεί ένα λόγο γύρω από μια αίσθηση ευθύνης για να τολμήσουμε μια δική μας ‘αντίσταση’ στο χώρο της έρευνας, της διδασκαλίας και της εκπαίδευσης.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Apple, M. (2004). *Ideology and Curriculum*. New York: Routledge.
- Ascher, M. (2002). *Mathematics Elsewhere. An exploration of Ideas across Cultures*. Princeton: Princeton University Press.
- Ascher, M. & Ascher, R. (1986). Ethnomathematics. *History of Science*, 24: 125- 144.
- Bakhtin, M.M. (1986). *Speech Genres and Other Late Essays*. Austin. University of Texas Press.
- Baldino, R. & Cabral, T. (2012). School and surplus value: Revisiting Althusser. *Educational Studies in Mathematics*.
- Biesta, G.J.J. (1998). Say you want a revolution... Suggestions for the impossible future of critical pedagogy. *Educational Theory*, 48(4), 499-510.
- Bloor, D. (1991) [1976]. *Knowledge and social imagery* (2nd ed.). Chicago, Illinois: University of Chicago Press.
- Borba, M.C. & Skovsmose, O. (1997). The ideology of certainty in mathematics education. *For the Learning of Mathematics*, 17(3), 39-43.
- Brouwer, L. E. J. (1913). Intuitionism and formalism. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 20 (2), 81-96.
- Butler, J. (1997). *The Psychic Life of Power: Theories in Subjection*. Stanford, California: Stanford University Press
- Chronaki, A. (2009). *Mathematics, Technologies, Education: The gender perspective*. Volos: University of Thessaly Press.
- Chronaki, A. (2011) “‘Troubling’ Essentialist Identities: Performative Mathematics and the Politics of Possibility”. In M. Kontopodis, C. Wulf, and B. Fichtner. (Eds.). *Children, Development and Education: Cultural, Historical and Anthropological Perspectives*. Spinger Science. The Series: International Perspectives on Early Childhood Education and Development, pp. 207-227.
- Chronaki, A. (2011). *Disrupting development as the quality/equity discourse: Cyborgs and subalterns in school technoscience*. In B. Atweh, M. Graven, W. Secada & P. Valero (Eds.). *Mapping equity and quality in mathematics education*. Dordrecht. Springer, pp. 3-21.
- Chronaki, A. (2010). *Revisiting mathemacy: A process-reading of critical mathematics education*. In H. Alro, O. Ravn & P. Valero (Eds.). *Critical Mathematics Education: Past, Present and Future*. Rotterdam: Sense Publishers. 31-50.

- Chronaki, A., & Pechtelidis, Y. (2012). 'Being Good' at Maths. Fabricating Gender Subjectivity. *REDIMAT: Journal for Research in Mathematics Education*. Vol. 1, No. 3. pp. 246-277.
- Chronaki, A., & Matos, A. (2013). Integrating Technology into Teaching: Teachers' Narratives about Desiring/Resisting Identity Change. *Learning, Media and Technology*. Vol. 38, Issue 5. pp. 1-19.
- Chronaki, A. (2009). *Technoscience in the 'body' of Education: Knowledge and Gender politics*. In A. Chronaki (Ed.). *Mathematics, Technologies, Education: The gender perspective*. University of Thessaly Press, 7-27.
- Chronaki, A. (2009). *An Entry to Dialogicality in the Maths Classroom: Encouraging Hybrid Learning Identities*. In M. César & K. Kumpulainen (Eds.). *Social Interactions in Multicultural Settings*. Rotterdam: Sense Publishers Press, 117-143
- Daldal, A. (2014). Power and Ideology in Michel Foucault and Antonio Gramsci: A Comparative Analysis. *Review of History and Political Science*, 2(2): 149-167.
- Davis, P. J. & Hersh, R. (1981). *The Mathematical Experience*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Dowling, P. C. (1998). *The Sociology of Mathematics Education: Mathematical Myths/Pedagogic Texts*. London, Falmer
- Dubinsky, E. (1994). A Theory and Practice of Learning College Mathematics. In A. Schoenfeld (Ed.). *Mathematical Thinking and Problem Solving*. (221-243). Hillsdale: Erlbaum
- Dunne, M. (2009). Gendered Docility: The power of technology and technologies of power for low-income countries. In Chronaki, A. (2009) 'Mathematics, Technologies, Education: The gender perspective'. (45-60) Volos: University of Thessaly Press.
- Ernest, P. (1991). *The Philosophy of Mathematics Education*. Basingstoke: Falmer Press.
- Foucault, M. (1977/1980). *Discipline and punish: The birth of the prison*. New York: Pantheon.
- Foucault, M. (1980). *The History of Sexuality, Vol.1*, Harmondsworth: Penguin.
- Foucault, M. (1989). *The Archaeology of Knowledge*. London: Routledge
- Gutstein, E., Lipman, P., Hernández, P., & de los Reyes, R. (1997). Culturally relevant mathematics teaching in a Mexican American context. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28: 709-737.
- Gutstein, E. (2006). "So one question leads to another": Using mathematics to develop a pedagogy of questioning. In N. S. Nasir & P. Cobb (Eds.), *Increasing access to mathematics: Diversity and equity in the classroom* (51-68). New York: Teachers College Press.
- Giroux, H. (1983). Theories of reproduction and resistance in the new sociology of education: A critical analysis. *Harvard Educational Review*, 53(3); 257-293.
- Gramsci, A. (1975). *History, Philosophy and Culture in the Young Gramsci* ed. by Pedro Cavalcanti and Paul Piccone. Telos Press.

- Gramsci, A. (1980). *Selections from the Prison Notebooks*. 6th ed. London: Wishart Publications.
- Hall, S. (1996). Who needs identity?- introduction. In Hall, S & P. Du Gay (Eds.). *Questions of cultural identity*, Sage Publications.
- Haraway, D. (2003). *The Companion Species Manifesto: Dogs, People, and Significant Otherness*, Chicago: Prickly Paradigm Press.
- Hoyrup, J. (1980). Influences of Institutionalized Mathematics Teaching on the Development an Organization of Mathematical Thought in the Pre- Modern Period. Investigations into an Aspect of the Anthropology of Mathematics. *Materialien und Studien*. Institut für Didaktik der Mathematik der Universität Bielefeld.
- Hughes, M. (1986). *Children and Number: Difficulties in Learning Mathematics*. Wiley-Blackwell.
- Joseph, G.G. (1992). *The Crest of Peacock: Non-European Roots of Mathematics*. Princeton: Princeton University Press.
- Knijnik, G., & Wanderer, F. (2010). Mathematics Education, differential inclusion and the Brazilian Landless Movement. *Paper presented at the 6th International Conference in Mathematics Education and Society*, Berlin, Germany.
- Keller, J.M. (1983). "Motivational design of instruction. In C.M. Reigeluth (Ed.). *Instructional design theories and models: An overview of their current status.*" Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kline, M. (1980). *Mathematics: The Loss of Certainty*. New York: Oxford University Press.
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolution*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakatos, I. (1976). *Proofs and Refutations: The Logic of Mathematical Discovery*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lakoff, G. & R. Núñez, R. (2000). *Where Mathematics Comes From: How the Embodied Mind Brings Mathematics into Being*. New York: Basic Books.
- Latour, Bruno (2004). *Politics of Nature: How to Bring the Sciences into Democracy* (C. Porter Trans.). Cambridge, Massachusetts. Harvard University Press.
- Lundin, S. (2011). Hating school, loving mathematics: On the ideological function of critique and reform in mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 80 (1); 73-85.
- Macedo, D. (1994). *Literacies of power: What Americans are not allowed to know*. Boulder, CO: Westview Press.
- Mendick, H. (2006). *Masculinities in mathematics*. Maidenhead: Open University Press & McGraw-Hill Education.
- McLaren, P. (1998). *Life in Schools: An Introduction to Critical Pedagogy in the Foundations of Education*. Longman.
- Restivo, S. (2009). Minds, Morals, and Mathematics in the Wake of the Deaths of Plato and God: Reflections on What Social Constructionism Means, Really. In A. Chronaki (Ed.). *Mathematics, Technologies, Education: The Gender Perspective*.

- (37-43). Volos. University of Thessaly Press.
- Restivo, S. (1992). *Mathematics in society and history: sociological inquiries*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Christensen, Ole Ravn. (2010). A step beyond mathematics : Investigations in the philosophy of mathematics. In H. Alrø, O. Ravn, P. Valero (Eds.) *Critical Mathematics Education: Past, Present, and Future: Festschrift for Ole Skovsmose*. (171-183) Rotterdam : Sense Publishers.
- Rotman, B. (1979). *Mathematics: An Essay in Semiotics*. Bristol: University of Bristol, mimeo.
- Rotman, B. (2000). *Mathematics as Sign. Writing, Imagining, Counting*. Stanford University Press.
- Schiebinger, L. (1989). *The Mind Has No Sex? Women in the Origins of Modern Science*. Massachusetts. Harvard University Press.
- Sfard, A. (2009). Disabling Numbers: On the Secret Charm of Numberese and Why It Should Be Resisted. In L. Black, H. Mendick, Y. Solomon, & Y. Solomon (Eds.), *Mathematical Relationships in Education: Identities and Participation*, Abingdon: Routledge, pp. 9-18.
- Stoddart, M. (2007). Ideology, hegemony, discourse: A critical review of theories of knowledge and power. *Social Thought and Reason*, 28, pp. 191-225.
- Shapin, S. (1996). *The scientific revolution*. Chicago: University of Chicago Press.
- Swanson, D.M. (2005). School Mathematics: Discourse and the Politics of Context. In A. Chronaki & I.M. Christiansen (Eds.) *Challenging Perspectives on Mathematics Classroom Communication* (261-294). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Skovsmose, O. (2014). *Critique as Uncertainty*. B. Sriraman (Ed.). Charlotte, North Carolina. Information Age Publishing.
- Skovsmose, O. (1994). *Towards a Philosophy of Critical Mathematics Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Press.
- Tymoczko, T. (Ed.) (1986). *New Directions in the philosophy of mathematics*. Boston. Birkhauser.
- Tymoczko, T. (1998). *New directions in the philosophy of mathematics: An Anthology*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Vithal, R. (2003). *In search of a pedagogy of conflict and dialogue for mathematics education*. Dordrecht: Kluwer.
- Valero, P. (2007). A socio-political look at equity in the school organization of mathematics education. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik. The Intentional Journal on Mathematics Education*, 39(3): 25-233.
- Walshaw, M. (Ed.). (2005) *Mathematics Education Within the Postmodern*. Greenwich CT: Information Age Press.
- Wittgenstein, L. (1922). *Tractatus logico-philosophicus*. London, Routledge & Kegan Paul.
- Wittgenstein, L. (1953) *Philosophical Investigations*. New York: Macmillan.

- Wesch, M. (2008). Creating 'Kantri' in Central New Guinea: Relational Ontology and the Categorical Logic of Statecraft. *Media/Culture Journal*, 11(5), <http://journal.media-culture.org.au/index.php/mcjournal/article/viewArticle/67>
- Αλτουσέρ, Λ. (1987). Σημείωση σχετικά με τους Ιδεολογικούς Μηχανισμούς του κράτους (IMK). Θέσεις. Τεύχος 21, περίοδος: Οκτώβριος - Δεκέμβριος 1987
- Μηλιός, Γ. 2012. Για την έννοια της Ηγεμονίας. Μια πρώτη προσέγγιση στη μετεκλογική συγκυρία. Θέσεις. Τεύχος 121, περίοδος: Οκτώβριος - Δεκέμβριος 2012
- Σίμος, Χ. (2006). Το ζήτημα της εξουσίας στον Αλτουσέρ και τον Φουκώ. Θέσεις, Τεύχος 94, περίοδος: Ιανουάριος - Μάρτιος 2006
- Χρονάκη, Α. (2009). Φύλο και Μαθηματικά. Λήμμα για το ηλεκτρονικό λεξικό ΦυλοΠαιδεία (fylopedia). <http://www.thefylis.uoa.gr> (11 σελ.)
- Χρονάκη, Α. (2012). Η Επίλυση Αριθμητικών Προβλημάτων ως Τόπος Παραγωγής Ετερότητας. *Επιθεώρηση Κοινωνικών Ερευνών*. Τεύχος 137-138 Α'-Β', σελ: 173-200.
- Χρονάκη, Α. (2013). Εισαγωγή της επιμελήτριας. Στο Walkerdine, V. (1998/2013). *Αποκλείοντας τα κορίτσια : Κορίτσια και μαθηματικά*. Ά. Χρονάκη (Επιμ.). (Μτφ.). Αθήνα: Gutenberg.
- Porter, R. (2001/2014). *Ο Διαφωτισμός*. Αθήνα. Εκδόσεις Οκτώ. (μτφ. Ξ. Μπαμιατζόγλου).
- Walkerdine, V. (1998/2013). *Αποκλείοντας τα κορίτσια: Κορίτσια και μαθηματικά*. Αθήνα. Gutenberg. (επ. μτφ. Α. Χρονάκη).

ΣΥΜΠΟΣΙΟ

Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικών Επιστημών για την Υποχρεωτική Εκπαίδευση – Προτεινόμενο Εκπαιδευτικό Υλικό

Κατερίνα Πλακίτση και εμπειρογνώμονες¹

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
klpakits@cc.uoi.gr; kplakits@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικών Επιστημών για την υποχρεωτική εκπαίδευση βασίζεται στην καινοτομική προσέγγιση και στη σύγχρονη έρευνα στα Προγράμματα Σπουδών και προωθεί τη συγκρότηση επιστημονικής επιχειρηματολογίας και την ανάπτυξη διαλόγου, στο πλαίσιο της διαθεματικότητας. Οι Φυσικές Επιστήμες αποτελούν κοινό σώμα με την Τεχνολογία. Στην παρούσα εισήγηση αναπτύσσεται το σκεπτικό αυτής της ενσωμάτωσης, το πλαίσιο μάθησης – διδασκαλίας, η ενσυνείδητη εμπλοκή σε διαδικασίες επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας, η διαφορετικότητα στην εμπλοκή των διαδικασιών επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας, η ιστορική αίσθηση και αισθητική θεώρηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας και τέλος η πρότασή μας για ανάπτυξη της αίσθησης της «ηχητικής ομορφιάς» του φυσικού και τεχνολογικού κόσμου. Υιοθετώντας τη θεώρηση ότι η δόμηση της επιστήμης είναι - κατά βάση - μια διαδρομή από την εμπειρία στις έννοιες και στη - μέσω εννοιών - διαμόρφωση της γλώσσας, στην αναζήτηση κανονικοτήτων, στην ερμηνεία και την πρόβλεψη φαινομένων και με την επίγνωση για τη σημασία του ρόλου των μοντέλων και των μαθηματικών, το Πρόγραμμα θεμελιώνεται στην πεποίθηση ότι «η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών οφείλει να μοιάζει με αυτό που είναι οι Φυσικές Επιστήμες». Ένας «πρωτεύων» ρόλος αποδίδεται στην έννοια της ενέργειας, η οικοδόμηση της οποίας, κατά τη διδασκαλία στη ΣΤ'

¹ *Εμπειρογνώμονες για τις Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό Σχολείο:*

Άννα Σπύρτου-Παν. Δυτ. Μακεδονίας, Ευθύμης Σταμούλης -Δρ.ΠΕ, Πόπη Παπαδοπούλου-Παν. Δυτ. Μακεδονίας, Μιχάλης Καλογιαννάκης-Παν. Κρήτης, Γιώργος Μαλανδράκης-Παν. Δυτ. Μακεδονίας, Γιάννης Σούλιος-Προϊστ.Επιστ. και Παιδαγ. Καθοδήγησης ΠΕ, Καίτη Ριζάκη-Σχολ. Σύμβουλος ΠΕ, Παναγιώτης Πήλιουρας-Σχολ. Σύμβουλος ΠΕ, Νίκος Κολιάς-Διευθυντής ΠΕ, Τάσος Ζουπίδης-Δρ-ΔΕ.

Εμπειρογνώμονες για τη Φυσική Γυμνασίου:

Ανδρέας, Ι. Κασσέτας – ΔΕ, Ζαχαρούλα Σμυρναίου- ΕΚΠΑ, Μαρία Δεβελάκη, Σχολ. Σύμβουλος ΔΕ, Νίκος Κανδεράκης Σχολ. Σύμβουλος ΔΕ, Χρήστος Φανίδης-ΔΕ, Μαρία Διακόνου-ΔΕ

Δημοτικού και στη Γ' Γυμνασίου, «απλώνεται» σε όλο το Πρόγραμμα αυτών των τάξεων κλείνοντας επεκτατικούς κύκλους μάθησης. Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών πλαισιώνεται από τον Οδηγό του εκπαιδευτικού όπου αναλύονται τα χαρακτηριστικά του περιεχομένου, ο ρόλος των Σχολικών Εγχειριδίων, η βιωματική διδασκαλία, οι θεματικές ενότητες, η πλοκή περιεχομένου Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας και, τέλος, ο ρόλος και το προφίλ του/της εκπαιδευτικού.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Νέο πρόγραμμα σπουδών, Μελέτη του Περιβάλλοντος, Φυσικές Επιστήμες, Φυσική

ΤΟ ΝΕΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Η επιτροπή εμπειρογνομόνων στη σύνταξη του Προγράμματος σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες στην υποχρεωτική εκπαίδευση καταθέτει ένα καινοτομικό πλαίσιο, με στόχο να συνδέσει την επιστήμη με την κοινωνία, το περιβάλλον και τον πολιτισμό. Επιδιώκει, να προωθήσει μία αβίαστη και λογική διαδικασία μάθησης ως τρόπο ανατροφής του παιδιού από το Νηπιαγωγείο μέχρι το Λύκειο. Αποσκοπεί στη διαμόρφωση του σύγχρονου πολίτη, που θα συμβάλλει στη βιώσιμη ανάπτυξη, στη διασφάλιση των ανθρωπίνων δικαιωμάτων και κανόνων ηθικής και θα προωθή την ειρήνη, καθώς και τη διεθνή κατανόηση.

Ως εκ τούτου, το νέο Πρόγραμμα Σπουδών στο πλαίσιο του Νέου Σχολείου θέτει ως προτεραιότητες:

- το σεβασμό της πολιτιστικής ποικιλομορφίας και της ισότητας των φύλων
- την προώθηση της προσωπικής και κοινωνικής καταξίωσης
- τη δραστηριοποίηση του μαθητή στη δημοκρατική και πολιτειακή συμμετοχή.

Η καινοτομία του νέου Προγράμματος Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες κλιμακώνεται σε πολλαπλά επίπεδα:

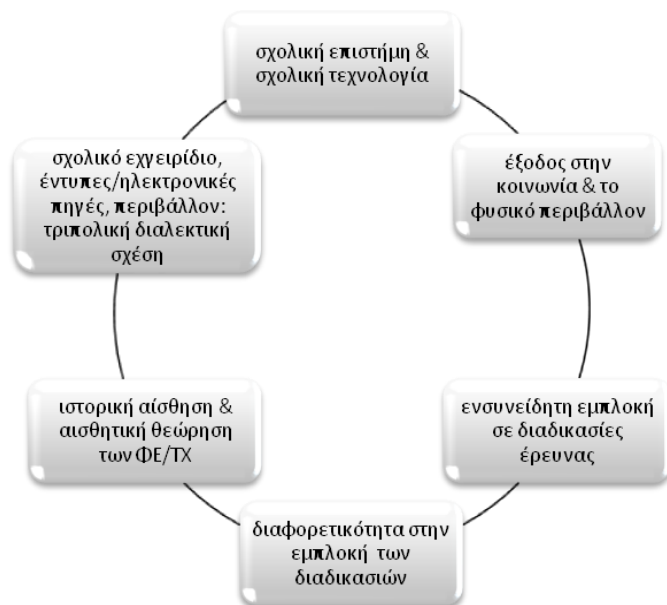
- στη δικτύωση των εννοιών
- στην ολοκλήρωση των δικτύων με την έννοια της ενέργειας ως υπερκείμενης και ενοποιητικής, στο πλαίσιο της αειφορίας
- στην προσπάθεια δημιουργίας αυθεντικών περιβαλλόντων μάθησης
- στην προσπάθεια καλλιέργειας της γλώσσας και ιδιαίτερα του επιχειρήματος
- στην εγκόλπωση των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) ως αναπόσπαστο τμήμα της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών
- στο άνοιγμα της επιστήμης στην κοινωνία και τον πολιτισμό
- στην καλλιέργεια στοιχείων από τη φύση των Φυσικών Επιστημών
- στην ανάπτυξη δεξιοτήτων από τον κόσμο των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας και το μετασχηματισμό τους σε ικανότητες για το σύγχρονο πολίτη.

Ειδικότερα, η επιστήμη ενσωματώνεται σταδιακά στην πολιτισμική παράδοση και κουλτούρα των μαθητών (Aikenhead, Ogawa, 2007). Κατ' αυτόν τον τρόπο, ενισχύονται οι αλληλεπιδράσεις των μαθητών και των εκπαιδευτικών με το αντικείμενο – στόχο. Ταυτόχρονα ενεργοποιούνται τα κίνητρα για μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες μέσα από την έρευνα, τη λήψη αποφάσεων και τη δράση. Κατά την υλοποίηση δραστηριοτήτων εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες, μαθητές και εκπαιδευτικοί συμμετέχουν σε κριτικούς διαλόγους, αλληλεπιδρούν με νοητικά και χειραπτικά εργαλεία (θεωρίες, γλωσσικοί κώδικες και πειραματικό υλικό), συγκροτούν μαθησιακές κοινότητες στην τάξη και στον τόπο τους, συν-διαμορφώνουν κανόνες ενώ ανταλλάσσουν ρόλους και ευθύνες.

Οι συντάκτες του Προγράμματος Σπουδών επιδιώκουν μια μαθητοκεντρική και ομαδοσυνεργατική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, που θα έχει νόημα για τους μαθητές και θα απολήγει σε όφελος της κοινότητάς τους. Ταυτόχρονα οι εκπαιδευτικοί είναι σημαντικό να αναγνωρίσουν το έλλειμμα σε κάθε διδασκαλία, που είναι αγκιστρωμένη στο σχολικό εγχειρίδιο και χρησιμοποιεί ελάχιστα τις «minds on» και «hands on» προσεγγίσεις. Φιλοδοξία του παρόντος Προγράμματος Σπουδών, σε συνάρτηση με τον οδηγό του εκπαιδευτικού, είναι να τους βοηθήσει να σχεδιάζουν αποτελεσματικά μαθησιακά περιβάλλοντα και ενεργές κοινότητες μάθησης για τις Φυσικές Επιστήμες και όχι να παρέχουν απλώς πληροφορίες.

ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΑΘΗΣΗΣ – ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Το πλαίσιο μάθησης και διδασκαλίας στο Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες στην υποχρεωτική εκπαίδευση οριοθετείται από 6 καινοτομικά χαρακτηριστικά, όπως αυτά αποτυπώνονται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1: Τα χαρακτηριστικά του Νέου Προγράμματος Σπουδών

Σχολική Επιστήμη και Σχολική Τεχνολογία

Η αμοιβαία και γόνιμη σχέση ανάμεσα στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό του περιβάλλοντος μάθησης στο συγκεκριμένο Πρόγραμμα Σπουδών. Η «συνεργασία» των Φυσικών Επιστημών με την Τεχνολογία ξεκινά από την Α' Δημοτικού και απαντάται σε όλες τις τάξεις.

Κατά συνέπεια, αναζητείται ένα κοινό πλαίσιο για την υλοποίηση τόσο επιστημονικών όσο και τεχνολογικών δραστηριοτήτων, οι οποίες να είναι επικεντρωμένες σε θέματα χρήσιμης επιστήμης και τεχνολογίας. Επί του διδακτικού πρακτέου αυτό μεταφράζεται σε δραστηριότητες, που ενθαρρύνουν τους μαθητές και τις μαθήτριες να αναπτύξουν επιστημονικές, καθώς και τεχνολογικές γνώσεις και δεξιότητες, έτσι ώστε να νιώθουν αυτοπεποίθηση ότι μπορούν να αναλαμβάνουν πρωτοβουλίες, για να αντιμετωπίζουν τις απαιτήσεις της καθημερινής τους ζωής με ασφάλεια.

Η έξοδος στην Κοινωνία και στο Φυσικό Περιβάλλον: Σχολική Τάξη και Κοινότητες Μάθησης

Η αλληλεπίδραση μαθητών και μαθητριών μεταξύ τους, εντός της σχολικής τάξης, καθώς και αυτή με άλλες κοινότητες μάθησης, όπως ομάδες επιστημόνων και επαγγελματιών, που κινούνται εκτός ορίων του σχολικού περιβάλλοντος κρίνεται αναγκαία να συντελείται σε ποικίλα πλαίσια μάθησης, για την ανάπτυξη του επιστημονικού και τεχνολογικού τους γραμματισμού.

Σ' αυτό το πλαίσιο προτείνονται δραστηριότητες ενταγμένες στο φυσικό περιβάλλον (τοπικά οικοσυστήματα, βουνά, λίμνες, δάση κ.λπ.), στο ανθρωπογενές περιβάλλον (βοτανικοί κήποι, πάρκα, αγροκτήματα, αγροκτήματα βιοκαλλιέργειας κ.λπ.), στο τεχνολογικά κατασκευασμένο περιβάλλον (χώροι τεχνο-επιστήμης, φράγματα, λιμάνια, εργαστήρια ερευνητικών κέντρων κ.λπ.), στη βιομηχανία και στο εμπόριο (σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, φωτοβολταϊκά πάρκα, κ.λπ.). Παράλληλα προτάσσονται δραστηριότητες με έμφαση στην αναζήτηση και επεξεργασία πληροφοριών σε έντυπες και ηλεκτρονικές πηγές, καθώς και προσωπική - επιτόπια επαφή με επαγγελματίες και επιστήμονες. Οι μαθητές και οι μαθήτριες συνιστάται να εμπλέκονται σε συζητήσεις τόσο στη σχολική τάξη όσο και σε ευρύτερες κοινότητες μάθησης, για τη λήψη κοινών αποφάσεων για κοινωνικά θέματα, που έχουν σχέση με τις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία και την προστασία του περιβάλλοντος.

Ενδεικτικές προτάσεις ανά θεματική ενότητα υπάρχουν σε όλες τις τάξεις του Δημοτικού. Για παράδειγμα στη Β' τάξη, οι μαθητές και οι μαθήτριες αλληλεπιδρούν με ειδικούς φορείς, για να συγκεντρώσουν πληροφορίες, σχετικά με τον τρόπο συλλογής και μεταφοράς του νερού. Στην Δ' τάξη, επισκέπτονται χώρους-σταθμούς παραγωγής ενέργειας και στην Ε' τάξη διεξάγουν έρευνα μεταξύ μαθητών και γονέων, σχετικά με τις καθημερινές τους συνήθειες και αναφορικά με τη χρήση ενέργειας.

Η ενσυνείδητη εμπλοκή σε διαδικασίες επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας

Η ενσυνείδητη εμπλοκή μαθητών και μαθητριών σε διαδικασίες επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας θεωρείται βασική προϋπόθεση για την ανάπτυξη του επιστημονικού και τεχνολογικού τους γραμματισμού.

Υπό αυτή την οπτική, οι δραστηριότητες που προτείνονται αναπτύσσονται σε δύο επίπεδα:

(α) Σε πρώτο επίπεδο και στις μικρές τάξεις του Δημοτικού, οι μαθητές και οι μαθήτριες καλούνται να υλοποιήσουν απλές διαδικασίες επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας (παρατήρηση, σύγκριση, ταξινόμηση, κατασκευή απλών μηχανών, κ.λπ.) και πιο σύνθετες, στις μεγάλες τάξεις (έλεγχος μεταβλητών, σχεδιασμός των βημάτων πορείας ενός προβλήματος, ερμηνεία δεδομένων, κ.λπ.).

(β) Σε δεύτερο επίπεδο, οι μαθητές και οι μαθήτριες καλούνται να αποκτήσουν επίγνωση των υποθέσεων και των ιδεών που εκφράζουν καθώς και να παρακολουθούν και να αξιολογούν την πορεία της μάθησής τους (π.χ. να αντιλαμβάνονται τις διαφορετικές ιδέες που έχουν μεταξύ τους για τη λύση ενός τεχνολογικού προβλήματος, να αξιολογούν τα επιμέρους βήματα-λύσεις του σχεδίου που προτείνουν, να κατανοούν πότε κάνουν λάθη σε μια πειραματική δραστηριότητα κ.λπ.).

Η διαφορετικότητα στην εμπλοκή των διαδικασιών επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας

Οι μαθητές και οι μαθήτριες αναγνωρίζονται ως άτομα με ξεχωριστές μαθησιακές δυνατότητες, εμπειρίες, προτιμήσεις και έξεις. Ως εκ τούτου ο επιστημονικός και τεχνολογικός τους γραμματισμός αναπτύσσεται με πολλαπλούς τρόπους.

Με γνώμονα την παραπάνω παραδοχή, το συγκεκριμένο πρόγραμμα σπουδών επιδιώκει την εμπλοκή των μαθητών και μαθητριών σε διαφορετικές μορφές και ρυθμούς μάθησης, καθώς και σε διαφορετικούς βαθμούς πολυπλοκότητας. Η συνεργατική μέθοδος παζλ (*jigsaw*), το παιχνίδι ρόλων, ο καταιγισμός ιδεών (*brainstorming*), τα σχέδια δράσης (*projects*), η υποστηρικτική μάθηση (*scaffolding learning*), η φθίνουσα καθοδήγηση των μαθητών και μαθητριών από μέρος του/της εκπαιδευτικού στις διαδικασίες επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας, η οργάνωση εκθέσεων στο σχολικό και εξωσχολικό περιβάλλον αποτελούν αντιπροσωπευτικές εκδοχές μιας διαφοροποιημένης διδασκαλίας. Στο πλαίσιο αυτό, προτείνεται η μελέτη και η γραφή από μέρος των μαθητών και μαθητριών ποικίλων ή/και διαφορετικών κειμένων μονοτροπικών ή πολυτροπικών, όπως η μελέτη του ημερολογίου ενός/μιας επιστήμονα, η ανάλυση των «επιστημονικών λαθών» σε τηλεοπτικά προγράμματα και ταινίες, η γραφή ενός «επιστημονικού ποιήματος», η δημιουργία ενός σκετς, μιας αφίσας ή μιας διαφήμισης ενός προϊόντος κ.λπ.

Ιστορική αίσθηση και αισθητική θεώρηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας

Οι Φυσικές Επιστήμες και η Τεχνολογία αποτελούν σημαντικές συνιστώσες της πνευματικής και πολιτισμικής μας κληρονομιάς. Η «συνομιλία» του ανθρώπου με τη φύση, οι ερμηνείες δηλαδή που δίνει για το φυσικό κόσμο αλλά και οι αλλαγές, που του προκαλεί, είναι μια μακροχρόνια εμπειρία δημιουργικής δραστηριότητας, που μπορεί να κινείται από τη σφαίρα της πειθαρχημένης λογικής ως τη σφαίρα της δεισιδαιμονίας και των περιβαλλοντικών καταστροφών. Παράλληλα αυτή η δυνατότητα «διαλόγου» με τη φύση μπορεί να του προσφέρει αισθητική συγκίνηση, διότι του επιτρέπει να εκφραστεί συναισθηματικά για την ομορφιά, την ποικιλία, την απλότητα αλλά και την πολυπλοκότητα, που την χαρακτηρίζει.

Υπό το πρίσμα αυτό, στο συγκεκριμένο Πρόγραμμα Σπουδών, η ανάπτυξη του επιστημονικού και τεχνολογικού γραμματισμού των μαθητών και μαθητριών στηρίζεται πάνω στη διδασκαλία ενός «μίγματος» επιστημονικών εννοιών, νόμων, μοντέλων, καθώς και στοιχείων της ιστορίας των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας. Δίνεται έμφαση στην ανησυχία των επιστημόνων και στην κρίση των ιδεών τους για το πώς είναι ο κόσμος και πώς μπορούμε να τον αλλάξουμε. Έτσι, προτείνονται δραστηριότητες για τους μαθητές και τις μαθήτριες που θα προαγάγουν τον προβληματισμό τους για την ευκολία λάθους στην ερμηνεία ενός φαινομένου ή στις λύσεις ενός τεχνολογικού προβλήματος. Η εξέλιξη των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας αναγνωρίζεται ως προϊόν συνεργασίας πολλών διαφορετικών επιστημόνων από διαφορετικές κουλτούρες και σε διαφορετικές χρονικές στιγμές της ιστορίας (Plakitsi, 2010).

Επιπλέον, η ιστορική αίσθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας «συναντάται» με την αισθητική τους θεώρηση. Μέσω του πολυδιάστατου ρόλου της τέχνης, οι μαθητές και οι μαθήτριες ενθαρρύνονται να εκφράσουν και να συμβολίσουν τα συναισθήματά τους για τη μουσική, τους ήχους και τα χρώματα της φύσης, για τα επιστημονικά και τεχνολογικά συμβάντα και επιτεύγματα και παράλληλα να συνδέσουν τα συναισθήματά τους με τις σκέψεις και τις απορίες τους. Η εμπλοκή των μαθητών και

των μαθητριών σε τέτοιου τύπου δραστηριότητες συμβάλλει σε μια αίσθηση «κοσμικής ομορφιάς», που χαρακτηρίζει το φυσικό και ενίοτε τεχνολογικά κατασκευασμένο περιβάλλον.

Σχολικό εγχειρίδιο, έντυπες και ηλεκτρονικές πηγές, περιβάλλον: μια τριπολική διαλεκτική σχέση

Το συγκεκριμένο Πρόγραμμα Σπουδών σχεδιάστηκε με αφετηρία την ανάπτυξη μιας διαλεκτικής σχέσης ανάμεσα σε τρεις «πόλους μάθησης», τα σχολικά εγχειρίδια, τις έντυπες και ηλεκτρονικές πηγές και το περιβάλλον (φυσικό, τεχνολογικό, κοινωνικό) (Plakitsi et al, 2013, Roth, Goulart, Plakitsi, 2013). Με βάση τη δομή και το περιεχόμενο των σχολικών εγχειριδίων του Δημοτικού σχολείου (Μελέτη Περιβάλλοντος Α΄ έως Δ΄ τάξη, Ερευνώ και Ανακαλύπτω Ε΄ και Στ΄ τάξη) αποσκοπεί να δημιουργήσει ένα διαφορετικό πλαίσιο μάθησης για τις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία, δίνοντας έμφαση στα χαρακτηριστικά που αναλύθηκαν ανωτέρω. Έτσι, το σχολικό εγχειρίδιο αποτελεί έναν από τους τρεις «πόλους μάθησης», με τον οποίο οι μαθητές και οι μαθήτριες θα οικοδομήσουν την επιστημονική και τεχνολογική τους γνώση.

Κατ’ αναλογία τα καινοτομικά χαρακτηριστικά του πλαισίου μάθησης και διδασκαλίας για τη Φυσική του Γυμνασίου συνοψίζονται παραστατικά στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2: Τα χαρακτηριστικά του Νέου Προγράμματος Σπουδών Φυσικής Γυμνασίου

ΦΥΣΙΚΗ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Βασικά στοιχεία ταυτότητας του ΝΠΣ για τη διδασκαλία της Φυσικής στο Γυμνάσιο

Το νέο Πρόγραμμα Σπουδών για τη διδασκαλία της Φυσικής στο Γυμνάσιο :

1. Υιοθετεί την αντίληψη της πολλαπλότητας των διδακτικών προσεγγίσεων αλλά συγχρόνως αποδίδει «ρόλο πρωταγωνιστή»
 - α. σε εργαστηριακές δραστηριότητες και
 - β. στην αξιοποίηση των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών.
2. Μεριμνά για την σημασία των μαθηματικών σχέσεων χωρίς όμως να τους αποδίδει ρόλο κυρίαρχο.
3. Υιοθετώντας τη θεώρηση ότι η δόμηση της επιστήμης είναι - κατά βάση - μια διαδρομή από την ΕΜΠΕΙΡΙΑ στις ΕΝΝΟΙΕΣ και στη - μέσω εννοιών - διαμόρφωση της γλώσσας, στην αναζήτηση κανονικότητας, στην ερμηνεία και την πρόβλεψη ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ και με την επίγνωση για τη σημασία του ρόλου των ΜΟΝΤΕΛΩΝ και των μαθηματικών, το Πρόγραμμα θεμελιώνεται στην πεποίθηση ότι «η διδασκαλία της Φυσικής οφείλει να μοιάζει με αυτό που είναι η Φυσική».
4. Εισάγει την ΙΔΕΑ ενός Μικρόκοσμου και την αντίστοιχη Θεωρία μέσα από λογικούς συλλογισμούς, θεμελιωμένους στην ΕΜΠΕΙΡΙΑ της ελαστικότητας των αερίων. Καταβάλλεται δηλαδή προσπάθεια η ιδέα για έναν Μικρόκοσμο να μην εμφανίζεται ξαφνικά, αδικαιολόγητα και με ύφος ακλόνητης θρησκευτικής αλήθειας, αλλά να καθοδηγείται η σκέψη των διδασκόμενων από τα εμπειρικά γεγονότα προς αυτήν και να εξυπηρετείται έτσι ο γενικότερος στόχος κατανόηση του «πώς δομείται η επιστήμη».
5. Αξιοποιεί, διδακτικά, στοιχεία από την ιστορική εξέλιξη της επιστήμης.
6. Προτείνει η διδασκαλία:
 - α. να θεμελιώνεται κυρίως πάνω σε προϋπάρχουσες εμπειρίες - μνήμες των διδασκόμενων καθώς και σε ορισμένες γνώσεις για τις Φυσικές Επιστήμες τις οποίες διαθέτουν από τη φοίτηση στο Δημοτικό Σχολείο,
 - β. να αποδίδει έμφαση σε ομαδοσυνεργατικές διαδικασίες,
 - γ. να ενδιαφέρεται για τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, να εφαρμόζει μεθόδους διδασκαλίας που ενδεχομένως οδηγούν σε γνωστική σύγκρουση και να προβλέπει διεργασίες μεταγνώσης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ

Θεματικές ενότητες

Το νέο Πρόγραμμα Σπουδών δομείται πάνω σε εννέα θεματικές ενότητες, οι οποίες εξασφαλίζουν τη συνέχεια και τη συνοχή του από το Νηπιαγωγείο μέχρι το Λύκειο.

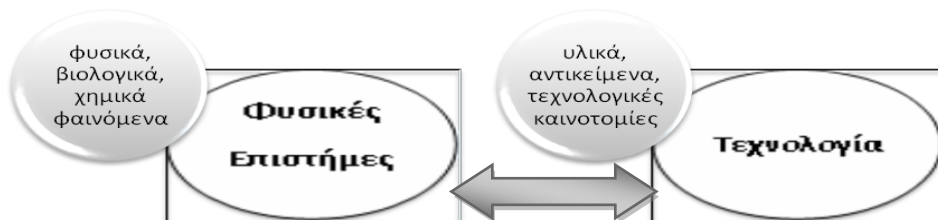
Α) ΦΥΣΙΚΑ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ και ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ-ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Στο Δημοτικό οι εννέα θεματικές ενότητες αναπτύσσονται οριζόντια και κάθετα ως εξής:

- ✓ σε όλες τις τάξεις του Δημοτικού απαντάται η ενότητα «Η ζωή γύρω μας»
- ✓ σε όλες τις τάξεις του Δημοτικού διδάσκεται η «Ενέργεια»,

- ✓ σε πέντε τάξεις διδάσκονται τα «Ηλεκτρικά και μαγνητικά φαινόμενα» καθώς και τα «Ηχητικά φαινόμενα»
- ✓ σε τέσσερις αναπτύσσονται οι «Μηχανές και δυναμικές αλληλεπιδράσεις» καθώς και οι «Ιδιότητες των υλικών»
- ✓ σε τρεις διδάσκονται τα «Θερμικά φαινόμενα»
- ✓ σε δύο τα «Φωτεινά φαινόμενα»
- ✓ τα «Χημικά φαινόμενα» προσεγγίζονται στις τρεις τελευταίες τάξεις του Δημοτικού σχολείου.

Βασικό χαρακτηριστικό των εννέα θεματικών ενοτήτων είναι η πλοκή του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών με αυτό της Τεχνολογίας (Layton, 2004), (σχήμα 1). Τα φυσικά, βιολογικά και χημικά φαινόμενα, καθώς και τα υλικά, τα αντικείμενα και οι τεχνολογικές καινοτομίες συνιστούν τους δύο «πόλους» του περιεχομένου των ενοτήτων (Νέο Πρόγραμμα Σπουδών, σελ. 10-18).



Σχήμα 3: Πλοκή περιεχομένου Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Οι μαθητές και οι μαθήτριες καλούνται να μελετήσουν τον κόσμο γύρω τους, δηλαδή έννοιες, νόμους και μοντέλα των Φυσικών Επιστημών. Παράλληλα μελετούν ιδιότητες των υλικών και τεχνολογικών αντικειμένων, που χρησιμοποιούν στην καθημερινή τους ζωή ή έστω ακούν, ενώ κάποια από αυτά πρόκειται να τα χρησιμοποιήσουν στο μέλλον, όπως είναι:

- ✓ παραδοσιακά και μοντέρνα υλικά και αντικείμενα (ξύλο, γυαλί, πλαστικό, οξέα, βάσεις, άλατα, ανθρακόνημα, πήλινες στάμνες, θερμός, στολές πυροσβέστη)
- ✓ ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές (λάμπα, φακός, πρίζα, MP3 Player, τηλέφωνο, ακουστικά βαρηκοΐας, βομβητής)
- ✓ απλά εργαλεία (κατσαβίδι, γρανάζι, μοχλός, κεκλιμένο επίπεδο, τροχαλία, τροχός)
- ✓ όργανα και συσκευές του εργαστηρίου των Φυσικών Επιστημών (μπαταρία, καλώδια, διακόπτης, λάμπα, πυξίδα, ηλεκτροκινητήρας, θερμόμετρο, ελατήριο)
- ✓ μηχανές και συσκευές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ηλιακός φούρνος, ηλιακός θερμοσίφωνας, ανεμογεννήτρια, ηλεκτρικό αυτοκίνητο).

Όλες οι θεματικές αναπτύσσονται παράλληλα και συνδέονται μεταξύ τους από την Α΄ έως τη Στ΄ τάξη.

Για το Γυμνάσιο, η σύνταξη του Προγράμματος εμπιστεύεται, τη θεώρηση ότι από τα γνωστικά αντικείμενα του Προγράμματος ειδικά οι ΕΝΝΟΙΕΣ συνιστούν στοιχεία ενός δικτύου. Οι προτεινόμενες για διδασκαλία έννοιες διαπλέκονται και παράλληλα δεν αποδίδεται σε όλες η ίδια βαρύτητα. Ένας «πρωτεύων» ρόλος αποδίδεται στην έννοια ΕΝΕΡΓΕΙΑ, η οικοδόμηση της οποίας, κατά τη διδασκαλία στην Γ΄ Γυμνασίου, «απλώνεται» σε όλο το Πρόγραμμα αυτής της τάξης και κυριολεκτικά κυριαρχεί. Για τη διδασκαλία στη Β΄ Γυμνασίου προτείνει τις ενότητες : Γη – Νερό – Αέρας – Η ζέση και το κρύο – Το φως – Ουρανός. Για τη διδασκαλία στην Γ΄ Γυμνασίου: Η περιγραφή της κίνησης – Οι νόμοι της κίνησης – Ενέργεια – Το ήλεκτρο και ο μαγνήτης – Κύματα.

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΔΑΣΚΑΛΟΥ ΚΑΙ ΤΟ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών προτείνει στοχευμένο και ελεύθερο εκπαιδευτικό/λογισμικό για να υποστηρίξει τη μάθηση (scaffolding inquiry). Το προωθεί κλιμακωτά την καθοδηγούμενη διερεύνηση στην αρχή με επίδειξη πειράματος και στη συνέχεια με εργασία στις ομάδες και εκτέλεση πειράματος από τους μαθητές. Και στα δύο επίπεδα καθοδηγούμενης διερεύνησης δίνονται οι μεταβλητές και η μέθοδος. Στη συνέχεια προτείνονται λογισμικά όπου προωθείται η ανοιχτή διερεύνηση με εργασία σε ομάδες όπου δίνονται οι μεταβλητές αλλά η μέθοδος είναι ανοιχτή και σταδιακά οι ίδιοι οι μαθητές σχεδιάζουν τις δικές τους διερευνήσεις.

Στο Δημοτικό Σχολείο χρησιμοποιείται το περιβαλλοντικό λογισμικό «Νηρηίδες – Περιβάλλον: Η προστασία του δάσους» (Πλακίτση, κ.ά., 2008) και το material science project (2011), όπως και επιστημονικές ταινίες που επιμελήθηκαν οι εμπειρογνώμονες (π.χ. Το ταξίδι της ηλεκτρικής ενέργειας, Σπύρτου, 2011).

Στο Γυμνάσιο χρησιμοποιούνται οργανικά ενταγμένες στο Νέο Πρόγραμμα Σπουδών εφαρμογές τύπου applets, που παράχθηκαν στο πλαίσιο του ψηφιακού σχολείου. Όλα τα προτεινόμενα λογισμικά και εφαρμογές προβλέπουν τη μέγιστη αλληλεπίδραση του μαθητή με τα έντυπα, και ψηφιακά υλικά.

Παράλληλα, οι εκπαιδευτικοί αναλαμβάνουν ένα νέο πολυποίκιλο ρόλο που αναλύεται στις εξής διαστάσεις:

- Α) καλούνται να υπερβούν τους παραδοσιακούς φραγμούς ανάμεσα στην τυπική, μη τυπική και άτυπη εκπαίδευση,
- Β) να στραφούν από την ποσότητα και την πληρότητα, στην ποιότητα και στον τρόπο πρόσκτησης της γνώσης,
- Γ) να σχεδιάζουν και να οργανώνουν περιβάλλοντα όπου αναπτύσσεται η βέλτιστη αλληλεπίδραση όλων των μελών της κοινότητας,
- Δ) να αναδείξουν την επιστήμη και την τεχνολογία σε ευνοϊκή γνωστική περιοχή για την ανάδειξη κλίματος κατανόησης και αλληλοσεβασμού από άτομα διαφορετικής πολιτισμικής ταυτότητας
- Ε) να προσεγγίζουν τις φυσικές επιστήμες αναζητώντας την πολλαπλότητα, την αισθητική, τις ηθικές και περιβαλλοντικές αξίες

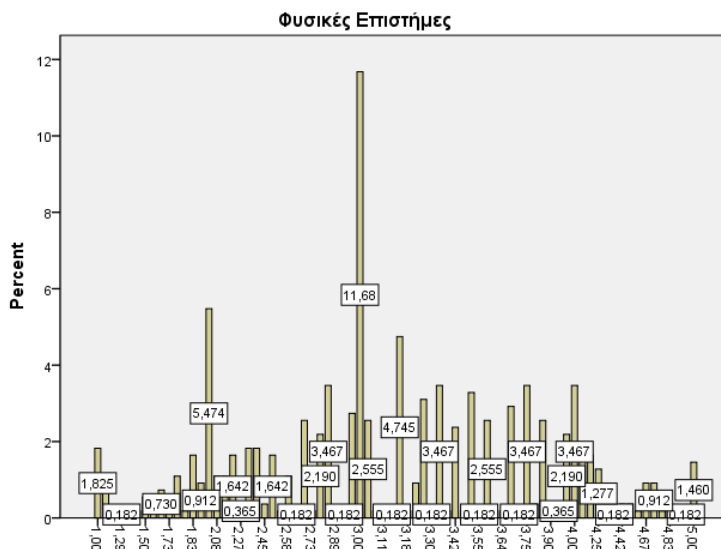
Για την υποστήριξη των εκπαιδευτικών, οι εμπειρογνώμονες οργανώνουν σε εθελοντική βάση, δωρεάν σεμινάρια εξ αποστάσεως εκπαίδευσης μέσω των ηλεκτρονικών μαθημάτων των συνεργαζόμενων Πανεπιστημίων.

Ταυτόχρονα, νέα αλληλεπιδραστικά projects αναπτύσσονται στο πλαίσιο του Νέου Προγράμματος Σπουδών με τη συμμετοχή των σχολείων των περιφερειών εκπαίδευσης. Νέα καινοτόμα λογισμικά και πρωτότυπες κατασκευές και μουσειοβαλίτσες παρουσιάζονται κάθε χρόνο σε εκδηλώσεις και φεστιβάλ επιστημών υπό την επιμέλεια των συνεργαζόμενων Πανεπιστημίων.

ΠΡΩΤΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ

1. Το ΝΠΣ για τις Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό Σχολείο είναι ένα παράδειγμα δημιουργικής συνεργασίας ερευνητών της Διδακτικής των ΦΕ και εμπειρών εκπαιδευτικών από διαφορετικά Πανεπιστήμια και μέρη της χώρας μας. Απαντήσαμε Ναι, στις «προκλήσεις και προοπτικές», όσον αφορά ότι άτομα από διαφορετικές ερευνητικές ομάδες που δεν είχαν συναντηθεί σε κοινά επιστημονικά εκπονήματα, κατάφεραν σε σύντομο χρονικό διάστημα να βρουν κοινό βηματισμό για την συγγραφή του ΝΠΣ. Ο κοινός βηματισμός επιστημόνων, σε μια χώρα που προσπαθεί να ανορθωθεί από την οικονομική κρίση, είναι όσο ποτέ άλλοτε, αναγκαίος για την ουσιαστική αλλαγή του εκπαιδευτικού μας συστήματος.

2. Σύμφωνα με την αποτίμηση της πιλοτικής εφαρμογής του Νέου Προγράμματος Σπουδών Φυσικών Επιστημών, που έγινε από ανεξάρτητο φορέα τόσο για το Δημοτικό όσο και για το Γυμνάσιο, τα αποτελέσματα είναι πολύ θετικά κυρίως στο κομμάτι της αποδοχής του νέου εκπαιδευτικού υλικού (ποικιλία πηγών μάθησης) και της συνολικής αλλαγής νοοτροπίας που επιφέρει το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών (ιστορική αίσθηση και αισθητική θεώρηση των ΦΕ/ΤΧ και σύνδεση της σχολικής επιστήμης και τεχνολογίας). Στο Σχήμα 5 η κατανομή είναι αρνητικά στρεβλή, και δείχνει την ικανοποίηση των εκπαιδευτικών.



Σχήμα 4: Γράφημα αξιολόγησης της πιλοτικής εφαρμογής του ΝΠΣ ΦΕ

Και για το Γυμνάσιο, οι εμπειρίες από την πιλοτική εφαρμογή του ΝΠΣ Φυσικής είναι συντριπτικά θετικές τόσο για την ενίσχυση της συνεργασίας μεταξύ των μαθητών όσο και για τη αύξηση της συμμετοχής και του ενδιαφέροντος των μαθητών. Χαρακτηριστικά αναφέρθηκε ότι οι αίθουσες διδασκαλίας του Γυμνασίου μετατράπηκαν σε διαδραστικά μαθησιακά περιβάλλοντα και αυξήθηκαν οι προγραμματισμένες εκδηλώσεις επιμορφωτικού χαρακτήρα. Η αλλαγή του τρόπου λειτουργίας της τάξης από αίθουσα διάλεξης σε εργαστήριο δραστηριότητας και σκέψης ήταν ίσως το μείζον θετικό στοιχείο της πιλοτικής εφαρμογής του ΝΠΣ στο Γυμνάσιο. Μεταξύ άλλων, αυξήθηκε η συμμετοχή των «μετριών» μαθητών, βελτιώθηκε η συνεργασία μεταξύ συναδέλφων και σχολικών συμβούλων και αύξησε την αυτονομία του εκπαιδευτικού.

ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

ΟΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΩΣ ΜΙΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Οι Φυσικές επιστήμες διαρθρώνονται από Το Νηπιαγωγείο έως το Λύκειο. Ξεκινάμε με απλές δραστηριότητες και μια πρώτη επαφή με τις έννοιες των ΦΕ στην Α' και Β' τάξη. Θέλουμε και περιμένουμε έναν μεγαλύτερο βαθμό εξωτερικοποίησης και δράσης στις μεσαίες τάξεις Γ' και Δ' με περισσότερες κατασκευές και τεχνολογία για να φτάσουμε στην κατανόηση των εννοιών στην Ε' και Στ' τάξεις με ένα πιθανό «ξέσπασμα» στην Στ' τάξη όπου η ενέργεια ως έννοια ομπρέλα να βοηθήσει τους μαθητές να εσωτερικεύσουν και να κάνουν κτήμα τους τις έννοιες των ΦΕ, για να περάσουν στη μαθηματοποίηση στο Γυμνάσιο και αργότερα στο Λύκειο.

Αυτό συνιστά και την ιστορικότητα της δραστηριότητας (οι αλλαγές στη σκέψη εμφανίζονται στο κοινωνικό πλαίσιο στη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου)

Ένας βασικός στόχος στην ιστορική ανάλυση είναι η περιοδικότητα εκφρασμένη με επεκτατικούς κύκλους (Plakitsi et al, 2013). Εάν σχηματίσουμε ένα τόξο για τους επαναλαμβανόμενους ή επεκτατικούς κύκλους, είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι ο χρόνος δραστηριότητας είναι ποιοτικά διαφορετικός από το χρόνο δράσης. Ο χρόνος δράσης είναι βασικά γραμμικός και προσδοκά μια πεπερασμένη λήξη. Ο χρόνος της δραστηριότητας είναι επαναλαμβανόμενος και κυκλικός.

Ο επεκτατικός κύκλος ενός συστήματος δραστηριότητας αρχίζει με μια σχεδόν αποκλειστική έμφαση στην εσωτερικοποίηση, στην κοινωνικοποίηση και την κατάρτιση των μαθητών για να γίνουν ικανά μέλη της δραστηριότητας καθώς πραγματοποιείται. Η δημιουργική εξωτερικοποίηση εμφανίζεται πρώτα υπό μορφή ιδιαίτερων μεμονωμένων καινοτομιών. Δεδομένου ότι οι διασπάσεις και οι αντιφάσεις της δραστηριότητας γίνονται πιο απαιτητικές, η εσωτερικοποίηση λαμβάνει όλο και περισσότερο τη μορφή κρίσιμης μάζας και η εξωτερικοποίηση αναζητά μόνο στρατηγικές λύσεις. Η εξωτερικοποίηση φθάνει στην αιχμή της όταν σχεδιάζεται ένα νέο πρότυπο για τη δραστηριότητα και εφαρμόζεται. Δεδομένου ότι το νέο πρότυπο σταθεροποιείται, η εσωτερικοποίηση των έμφυτων μέσων της γίνεται πάλι η κυρίαρχη μορφή εκμάθησης και ανάπτυξης. Η ιστορικότητα σε αυτήν την προοπτική σημαίνει τους προηγούμενους κύκλους του συστήματος δραστηριότητας.

Οι επεκτατικοί κύκλοι στο ΝΠΣ ΦΕ εμφανίζονται με τη διαπραγμάτευση πολλών θεμάτων των φυσικών επιστημών με επιστέγασμα την έννοια της ενέργειας για το Δημοτικό και ένας άλλος επεκτατικός κύκλος ξεκινά στο Γυμνάσιο και ολοκληρώνεται πάλι με την κυρίαρχη και ενοποιητική έννοια της ενέργειας.

Το εκπαιδευτικό υλικό σχεδιάζεται, αναπτύσσεται και χρησιμοποιείται κατ'αντιστοιχία. Για παράδειγμα για τον ηλεκτρομαγνητισμό ξεκινάμε με πειράματα με απλά καθημερινά χειραπτικά υλικά, εξοικειώνουμε τους μαθητές στη χρήση web-based λογισμικών και τα πρώτα επίπεδα συμβολισμού για να εξελιχθεί η σκέψη των μαθητών και να μπορέσουν να κατανοήσουν το υψηλότερο επίπεδο συμβολισμού που εισάγουν οι μαθηματικές σχέσεις στο Γυμνάσιο π.χ. για τον υπολογισμό της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Plakitsi, K. (2010). Collective curriculum design as a tool for rethinking scientific literacy. *Cultural Studies of Science Education*, 5:577–590. DOI 10.1007/s11422-010-9288-0
- Roth, W.-M., Goulart, M.I.M., Plakitsi, K. (2013). *Science Education during Preschool Years. A Cultural-Historical Approach*. SERIES: Cultural Studies of Science Education. Series editor: Kenneth Tobin, City University of New York, USA, and Catherine Milne, New York University. Authors from University of Victoria, Canada and Universidade Federal de Minas Gerais, Brazil and University of Ioannina, Greece. Dordrecht, The Netherlands: Springer.

- Plakitsi, K. (Ed.) (2013). *Activity Theory in Formal and Informal Science Education*. Series: Cultural perspectives in science education: research dialogs. Series editor: Kenneth Tobin, City University of New York, USA, and Catherine Milne, New York University. Editor and Co-authors: ATFISE group of the University of Ioannina (K. Plakitsi and PhD students) p. 252. Rotterdam: Sense Publishers.
- Plakitsi, K. (2012) (Ed). *Sociocognitive and sociocultural approaches in Science Education for early childhood*. ISBN 978-960-16-3828-7. Athens: Patakis.
- Πλακίτση, Κ., Κασσέτας, Ι. Α., Σμυρναίου, Ζ., Δεβελάκη, Μ., Διακόνου, Μ., Κανδεράκης, Ν., Φανίδης, Χ., Ταραμόπουλος, Θ., Παπατσίμπα, Α. (2011). Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για την υποχρεωτική εκπαίδευση. Επιστημονικό πεδίο: Φυσικές Επιστήμες – Φυσική Γυμνασίου. Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής – Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Πλακίτση, Κ., Κασσέτας, Ι. Α., Σιστανλής, Η. (2011). Οδηγοί Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης, για τον εκπαιδευτικό. Επιστημονικό πεδίο: Φυσικές Επιστήμες – Φυσική Γυμνασίου. Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής – Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Πλακίτση, Κ., Σπύρτου, Α., Παπαδοπούλου, Π., Τσαπαρλής, Γ., Καλογιαννάκης, Μ., Μαλανδράκης, Γ., Σούλιος, Ι., Ζουπίδης, Α., Κολιός, Ν., Ριζάκη, Α., Σταμούλης, Ε., (2011). *Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικών Επιστημών Δημοτικού για το «Νέο Σχολείο»*. Διαθέσιμο στο Ψηφιακό Σχολείο. Αναλυτική περιγραφή των προσδοκώμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων, των βασικών θεμάτων, των προτεινόμενων δραστηριοτήτων και του εκπαιδευτικού υλικού.
- Πλακίτση, Κ., Σπύρτου, Α., Παπαδοπούλου, Π., Τσαπαρλής, Γ., Καλογιαννάκης, Μ., Μαλανδράκης, Γ., Σούλιος, Ι., Ζουπίδης, Α., Κολιός, Ν., Ριζάκη, Α., Σταμούλης, Ε., (2011). *Πρόγραμμα Σπουδών Μελέτης του Περιβάλλοντος Δημοτικού για το «Νέο Σχολείο»*. Διαθέσιμο στο Ψηφιακό Σχολείο. Αναλυτική περιγραφή των προσδοκώμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων, των βασικών θεμάτων, των προτεινόμενων δραστηριοτήτων και του εκπαιδευτικού υλικού.
- Πλακίτση, Κ., Σπύρτου, Α., Παπαδοπούλου, Π., Τσαπαρλής, Γ., Καλογιαννάκης, Μ., Μαλανδράκης, Γ., Σούλιος, Ι., Ζουπίδης, Α., Κολιός, Ν., Ριζάκη, Α., Σταμούλης, Ε., (2011). *Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικών Επιστημών Δημοτικού για το «Νέο Σχολείο»*. ΟΔΗΓΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ. Διαθέσιμος στο Ψηφιακό Σχολείο. Ειδικότερα, περιέχονται σενάρια διδασκαλίας και οι αλλαγές του ΝΠΣ σε συνάρτηση με τα ισχύοντα σχολικά εγχειρίδια.
- Πλακίτση, Κ., Σπύρτου, Α., Παπαδοπούλου, Π., Τσαπαρλής, Γ., Καλογιαννάκης, Μ., Μαλανδράκης, Γ., Σούλιος, Ι., Ζουπίδης, Α., Κολιός, Ν., Ριζάκη, Α., Σταμούλης, Ε., (2011). *Πρόγραμμα Σπουδών Μελέτης του Περιβάλλοντος για το «Νέο Σχολείο»*. ΟΔΗΓΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ. Διαθέσιμος στο Ψηφιακό Σχολείο.
- Πλακίτση, Κ., Καλδρυμίδου, Μ., Παγγέ, Π., Κολιός, Ν., Ραπανάκης, Π. (2008) «Περιβάλλον – η προστασία του δάσους» (κωδ. 62/2065), Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Έργο του ΥΠΔΒΜΘ, ΠΛΕΙΑΔΕΣ «Ανάπτυξη Εκπ/κού λογισμικού και ολοκληρωμένων Εκπ/κών Πακέτων για τα ελληνικά σχολεία της Π.Ε. και Δ.Ε. &

διάθεση προϊόντων εκπ/κού λογισμικού στα σχολεία» ιδιαίτερα στην ενότητα «*NHPHIAES – Ανάπτυξη Ολοκληρωμένων Εκπαιδευτικών Πακέτων*» με τίτλο υποέργου «*Περιβάλλον – η προστασία του δάσους*».

Materials Science Project (2011). University-school partnerships for the design and implementation of research-based ICT-enhanced modules on Material Properties.

Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση:
http://lsg.ucy.ac.cy/materialsscience/teaching_modules.htm

Σπύρτου, Α. (2011) (επιστημονική επιμέλεια). *Το ταξίδι της ηλεκτρικής ενέργειας. Εκπαιδευτική ταινία*. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση:
<http://www.youtube.com/watch?v=coWQ1R2r5MY>

Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών Χημείας Γυμνασίου και Προτεινόμενο Εκπαιδευτικό Υλικό

**Γεώργιος Τσαπαρλής¹, Αναστασία Γεωργιάδου², Κωνσταντίνος
Καφετζόπουλος³, Σουλτάνα Λευκοπούλου³ και Γεωργία Φαντάκη⁴**

¹ Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας, gtseper@cc.uoi.gr

² Επίτιμη Σχολικός Σύμβουλος Κλάδου ΠΕ04 (Χημικοί)

³ Σχολικοί Σύμβουλοι Κλάδου ΠΕ04 (Χημικοί)

⁴ Εκπαιδευτικός Χημικός Β)θμιας Εκπαίδευσης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αναθεώρηση του Προγράμματος Σπουδών (ΠΣ) Χημείας, στο πλαίσιο του επιχειρησιακού προγράμματος Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση «Νέο Σχολείο (Σχολείο 21^{ου} Αιώνα)», αποτέλεσε μια ευκαιρία αναβάθμισης της ποιότητας του μαθήματος. Βασικοί στόχοι ήταν: (α) ανακατανομή των εννοιών και η ορθολογική διάταξη της ύλης των σχολικών βιβλίων και (β) ο συνδυασμός της αλλαγής του ΠΣ με το κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό (έντυπο και ψηφιακό). Η μεθοδολογία για την προσέγγιση του γνωστικού αντικείμενου συνδυάζει τη μακροσκοπική προσέγγιση (με βάση εμπειρίες των μαθητών), τη σύνδεση με την καθημερινή ζωή, αλλά και την εννοιολογική προσέγγιση, τη διερευνητική μάθηση και την εργαστηριακή διδασκαλία είτε σε ατομικό είτε σε ομαδικό επίπεδο. Το εκπαιδευτικό υλικό βασίζεται: στα εγκεκριμένα βιβλία του ΟΕΔΒ, στις σχετικά με το μάθημα της χημείας αναρτήσεις του Ψηφιακού Σχολείου, το εκπαιδευτικό λογισμικό γυμνασίου «Ο Θαυμαστός κόσμος της χημείας» για το γυμνάσιο, την εκπαιδευτική τηλεόραση, εγκεκριμένα εκπαιδευτικά λογισμικά χημείας, εκπαιδευτικά πακέτα συναφών μαθημάτων, τη βιντεοθήκη του πανελληνίου σχολικού δικτύου, τον εθνικό συσσωρευτή εκπαιδευτικού περιεχομένου Φωτόδεντρο και άλλες εκπαιδευτικές ιστοσελίδες.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Νέο Σχολείο (Σχολείο 21^{ου} Αιώνα), χημεία γυμνασίου, νέο πρόγραμμα σπουδών γυμνασίου, εκπαιδευτικό υλικό

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το 2011 ολοκληρώθηκε η αρχική φάση και το 2014 υπεβλήθη στο Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (ΙΕΠ) το τελικό πακέτο για την αναθεώρηση του Προγράμματος Σπουδών (ΠΣ) Χημείας του Γυμνασίου, στο πλαίσιο του επιχειρησιακού προγράμματος Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση «Νέο Σχολείο (Σχολείο 21^{ου} Αιώνα)».

Παρόλον ότι η χημεία διδάσκεται και θα εξακολουθεί να διδάσκεται μία ώρα την εβδομάδα στη β' και γ' τάξη του γυμνασίου, η αναθεώρηση του ΠΣ αποτέλεσε μια ευκαιρία αναβάθμισης της ποιότητας του μαθήματος. Το μονόρο του μαθήματος επιβάλλει προφανώς ένα ασφυκτικό χρονικό πλαίσιο για το μάθημα, γι' αυτό η αναθεώρηση του ΠΣ κατευθύνθηκε στην ανάγκη εξορθολογισμού της διδακτέας ύλης.

Το συνταχθέν νέο πρόγραμμα επιδιώκει αφενός την ανακατανομή των εννοιών, αφετέρου την ευελιξία προσέγγισης της ύλης, ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας κάθε σχολικής μονάδας. Ακόμη, αποβλέπει στην απελευθέρωση χρόνου για την εκπόνηση διερευνητικών δραστηριοτήτων και σχεδίων εργασίας από τους μαθητές. Από την άλλη, αν λάβουμε υπόψη ότι η πρώτη μεγάλη ιδέα που καλείται να εξυπηρετήσει η διδασκαλία της χημείας στο γυμνάσιο είναι ότι «όλα τα υλικά στο σύμπαν αποτελούνται από πολύ μικρά σωμάτια (τα άτομα)» (Harlen, 2010, Taber, 2012), και δεδομένου ότι τα άτομα και τα μόρια και οι συναφείς έννοιες είναι εξόχως αφηρημένες άρα δύσκολες στη διδασκαλία και στη μάθηση (Τσαπαρλής, 1994, Tsaparlis, 1997), καταλήγουμε στο ότι απαιτείται εξαιρετική προσοχή στο σχεδιασμό του προγράμματος σπουδών της γυμνασιακής χημείας.

ΤΟ ΝΕΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το αναθεωρημένο ΠΣ δεν θα υποστηριζόταν από αντίστοιχα βιβλία, η επιτροπή των εμπειρογνομόνων¹ που συγκρότησε το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο αποφάσισε να βασιστεί στο προηγούμενο πρόγραμμα. Προφανώς έγινε προσπάθεια να διορθωθούν αδυναμίες. Για τον λόγο αυτόν, η πρότασή μας είχε στόχους την *ανακατανομή εννοιών*, την προσθήκη μερικών χρήσιμων και απαραίτητων κατά τη γνώμη μας νέων θεμάτων και στην *ευελιξία προσέγγισης της ύλης*. Έμφαση δόθηκε και στην υποστήριξη του νέου ΠΣ με το κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό (έντυπο και ψηφιακό).

Το προηγούμενο πρόγραμμα περιείχε τις παρακάτω ενότητες:

Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ: 1: Εισαγωγή στη χημεία. 2: Από τα μείγματα στα χημικά στοιχεία. 3: Από το νερό στο άτομο – Από το μακρόκοσμο στο μικρόκοσμο. 3: Ατμοσφαιρικός αέρας 4: Έδαφος – Υπέδαφος.

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ: 1: Οξέα, βάσεις και άλατα. 2: Ταξινόμηση των στοιχείων - Στοιχεία με ιδιαίτερο ενδιαφέρον. 3: Η χημεία του άνθρακα.

Δύο είναι οι βασικοί άξονες των στόχων του νέου ΠΣ. Ο ένας άξονας αφορά την άμεση σχέση και χρησιμότητα του μαθήματος στη ζωή (αυτό που αποκαλείται *χημικός εγγραμματισμός* ή *χημικός αλφαριθμητισμός*). Ο δεύτερος άξονας αναφέρεται στην κατανόηση του κόσμου γύρω μας και στην αποκωδικοποίηση του τρόπου με τον οποίο αυτός λειτουργεί – αυτό που αποκαλείται *χημική κουλτούρα*, η οποία κατ' ουσίαν αποτελεί μέρος του *χημικού εγγραμματισμού* – ειδικότερα, να κατανοούμε τη σύσταση των υλικών, πώς, τότε και γιατί αλλάζουν, πώς αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον. Οι δύο αυτοί άξονες δεν

¹ Την επιτροπή αποτέλεσαν οι συγγραφείς της παρούσας εισήγησης, με συντονιστή τον πρώτο συγγραφέα.

είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους, αλλά αλληλοσυμπλέκονται: η χημεία δεν είναι κάτι αόριστο και αφηρημένο, αλλά είναι μέσα στη ζωή, είναι η ίδια η ζωή. Η σχέση αυτή υπαγορεύει να διδάσκονται οι αρχές και οι εφαρμογές της χημείας ως ένα ενιαίο σύνολο, όχι αποκομμένες οι μien από τις δε. Ο επιστημονικός εγγραμματισμός για όλους τους μαθητές συνιστά έναν από τους κύριους στόχους στα πλαίσια των γενικών σκοπών των φυσικών επιστημών (AAAS, 1989 & 1990, NRC, 1996).

Άλλα χαρακτηριστικά

- Αναδιάταξη της ύλης: ολοκληρωμένη και αποτελεσματική προσέγγιση βασικών εισαγωγικών εννοιών της Χημείας.
- Προτεινόμενες δραστηριότητες καλύπτονται εν μέρει από το εγκεκριμένο διδακτικό υλικό αλλά γίνονται και προεκτάσεις με βάση τις δυνατότητες του διαδικτύου και των σύγχρονων πηγών πληροφορίας και γνώσης.
- Προσπάθεια να αγαπήσουν οι μαθητές τη Χημεία μέσα από τις πλούσιες εφαρμογές της αλλά και να εφοδιαστούν με τις απαραίτητες βασικές γνώσεις που θα τους βοηθήσουν να προχωρήσουν στην πιο προχωρημένη ύλη του λυκείου.
- Βασική καινοτομία του νέου προγράμματος χημείας (όπως και των άλλων μαθημάτων) είναι η αναλυτική περιγραφή των προσδοκώμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων, των προτεινόμενων δραστηριοτήτων και του εκπαιδευτικού υλικού για κάθε βασικό διδασκόμενο θέμα, που υλοποιείται μέσα από τετράστηλους πίνακες.

Μεθοδολογία

- Έμφαση στην αρχή στη μακροσκοπική προσέγγιση, με βάση τις εμπειρίες των μαθητών
- Κατάλληλη χρήση της υπομικροσκοπικής και της συμβολικής συνιστώσας της χημείας.
- Εννοιολογική προσέγγιση
- Διερευνητική μάθηση
- Εργαστηριακή διδασκαλία είτε σε ατομικό είτε σε ομαδικό επίπεδο
- Σύνδεση με την καθημερινή ζωή

Διάταξη και οργάνωση του περιεχομένου

ΧΗΜΕΙΑ Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ (26 ώρες)

Η διδακτέα ύλη διακρίνεται στην Εισαγωγή και σε πέντε (5) ενότητες:

- Εισαγωγή: Τα υλικά και οι καταστάσεις τους (2 ώρες)
- Ενότητα 1. Από το έδαφος και το υπέδαφος στις χημικές ουσίες (5 ώρες)
- Ενότητα 2. Από το νερό στα διαλύματα (5 ώρες)
- Ενότητα 3. Από το νερό στο άτομο - Από το μακρόκοσμο στο μικρόκοσμο (7 ώρες)
- Ενότητα 4. Από τον αέρα στο οξυγόνο και στις καύσεις (4 ώρες)
- Ενότητα 5. Η ρύπανση του περιβάλλοντος και η αντιμετώπισή της (3 ώρες)

ΧΗΜΕΙΑ Γ΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ (26 ώρες)

Η διδακτέα ύλη διακρίνεται στην Εισαγωγή και σε τρεις (3) ενότητες:

- Εισαγωγή. Ταξινόμηση των στοιχείων – Περιοδικός Πίνακας (2 ώρες)
- Ενότητα 1. Η Χημεία του Άνθρακα και της Ζωής (9 ώρες)
- Ενότητα 2. Οξέα, Βάσεις και Άλατα (10 ώρες)
- Ενότητα 3. Στοιχεία με ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη χημεία και την καθημερινή ζωή (5 ώρες)

ΣΥΝΘΕΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Συνθετικές Εργασίες

- Η γέννηση του Περιοδικού Πίνακα
- Αναπαριστώντας τον Μεντελέγιεφ
- Ποιος είναι ο ένοχος; - Μελέτη του pH με τη μορφή αστυνομικής έρευνας
- Χημεία και Τέχνη

Πρακτικές Δραστηριότητες

- Γιατί αναταράζουμε το λαδόξιδο (βινεγκρέτ) πριν από τη χρήση
- Αναπαράσταση μειγμάτων με προσομοιώματα
- Ανίχνευση του νερού σε τρόφιμα και προϊόντα καθημερινής χρήσης
- Ποιο αέριο είναι διαλυμένο στα αναπνευστικά
- Αναπαριστώντας τον Μεντελέγιεφ
- Η γέννηση του Περιοδικού Πίνακα
- Ποιος είναι ο ένοχος; - Μελέτη του pH με τη μορφή αστυνομικής έρευνας
- Η πορεία των δεικτών. Χρωστικές στην πάροδο του χρόνου
- Τι ποσότητα αλατιού μπορεί να εξαχθεί από ένα λίτρο θαλασσινό νερό;
- Η ιστορία του ατόμου
- Τι αέρια αναπνέουμε
- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου
- Ατμοσφαιρική ρύπανση και συνέπειες
- Χημεία και Τέχνη

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

- Εγκεκριμένα βιβλία του ΙΤΥΕ Διόφαντος (Εκπαιδευτικό πακέτο Χημεία Β Γυμνασίου ΟΕΔΒ (Σ. Αβραμιώτης κ.ά.) και Χημεία Γ Γυμνασίου ΟΕΔΒ (Π. Θεοδωρόπουλος κ.ά.)
- Εκπαιδευτικό λογισμικό Γυμνασίου (Ο Θαυμαστός κόσμος της χημείας για το γυμνάσιο Cd-ROM Χημεία Β' Γ' Γυμνασίου Μ. Σιγάλας κ.ά. ΥΠΕΠΘ-ΠΙ-ΟΕΔΒ).
- Οι σχετικά με το μάθημα της Χημείας αναρτήσεις του Ψηφιακού Σχολείου στον ιστοχώρο <http://dschool.edu.gr> που περιέχεται Διαδραστικά Σχολικά Βιβλία <http://ebooks.edu.gr/>

- Τον εθνικό συσσωρευτή εκπαιδευτικού περιεχομένου «Φωτόδεντρο» που διακρίνεται σε:
- Το Αποθετήριο Μαθησιακών Αντικειμένων <http://photodentro.edu.gr/lor/>
- Το Αποθετήριο Εκπαιδευτικών Βίντεο <http://photodentro.edu.gr/video/>
Την ψηφιακή εκπαιδευτική πλατφόρμα για μαθητές και εκπαιδευτικούς <http://e-me.edu.gr/>

Άλλες πηγές εκπαιδευτικού υλικού

- Η εκπαιδευτική τηλεόραση από τον ιστοχώρο <http://www.edutv.gr>,
- Εγκεκριμένα εκπαιδευτικά λογισμικά Χημείας (όπως το ChemistrySet2000 εξελληνισμένο λογισμικό έργου Κίρκη των ΕΑΙΤΥ/ΠΙ/ΥΠΕΠΘ, ΧηΠολο (CD Χημείας Γυμνασίου, έργου Σειρήνες των ΕΑΙΤΥ/ΠΙ/ΥΠΕΠΘ),
- Ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό από τον ιστοχώρο <http://www.e-yliko.gr/resource/supportmaterial/suppSoft.aspx:όπου> βρίσκονται
- Προϊόντα Εκπαιδευτικού Λογισμικού
- <<http://www.e-yliko.gr/lists/List40/SaveSoft.aspx>> (Υ.ΠΑΙ.Θ./ Π.Ι./ Ε.Α.Ι.Τ.Υ.)
- Εκπαιδευτικά Πακέτα <<http://www.e-yliko.gr/resource/supportmaterial/EduPackets.aspx>> (Υ.ΠΑΙ.Θ./ Π.Ι./ Ε.Α.Ι.Τ.Υ.)
- Π.Ι./ Ε.Α.Ι.Τ.Υ.) Νηρηίδες Άνθρακας Α και Β, Χημικοί υπολογισμοί Α και Β, Λογισμικό Polymerix3D, έργου Πλειάδες-Νηρηίδες των ΕΑΙΤΥ/ΠΙ/ΥΠΕΠΘ και Συνοδευτικά CD-ROMs για τα Σχολικά Εγχειρίδια (Π.Ι.) <http://www.e-yliko.gr/lists/List40/synod_bibl.aspx> Χημεία Β-Γ Γυμνασίου
- Υποστηρικτικό υλικό συναφών μαθημάτων (π.χ. Γεωγραφία Α-Β γυμνασίου συνοδευτικό CD-rom των σχολικών εγχειριδίων Γεωγραφίας εκδ. ΙΤΥΕ Διόφαντος
- Τη Βιντεοθήκη Πανελληνίου Σχολικού Δικτύου: <http://vod.sch.gr/video/wellcome> και άλλες εκπαιδευτικές ιστοσελίδες).

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εκπαιδευτικού υλικού Εκπαιδευτική τηλεόραση: πλατφόρμα Vimeo

<http://www.vimeo.com/21012660> «Η μέθοδος του χαμένου κεριού» Χύτευση ορειχάλκινου αγάλματος (διαθεματική σύνδεση με την τέχνη).¹

Άλλο εκπαιδευτικό υλικό:

- Συσκευή απόσταξης —προσομοίωση συναρμολόγησης, εκπαιδευτικό παιχνίδι <http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/4147>

¹ Τα παλαιότερα γνωστά παραδείγματα αυτής της τεχνικής είναι τα αντικείμενα που ανακαλύφθηκαν στη Σπηλιά του Θησαυρού (*Nahal Mishmar*) στο νότιο Ισραήλ και ανήκουν στην εποχή του χαλκού (4500-3500 π.Χ). Ραδιοχρονολόγηση με Άνθρακα-14 μάς πάει περίπου στο 3700 π.Χ.

<http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/4148>

- Απόσταξη αλατόνερου — αναπαράσταση διαδικασίας απόσταξης του αλατόνερου <http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/4123>
- Απόσταξη μείγματος οινοπνεύματος-νερού <http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/4146>
- Χημικές αντιδράσεις ξηράς οδού. Αντίδραση στερεού ΚΙ με $Pb(NO_3)_2$. Διάσπαση στερεού οξειδίου του υδραργύρου (II (βίντεοσκοπημένο πείραμα). Καύση του μαγνησίου.
- Εξώθερμες – ενδόθερμες χημικές αντιδράσεις.
- Χημικές αντιδράσεις που συνδέονται με την καθημερινή ζωή.
- Ο κύκλος του νερού στη φύση Σχεδιοκίνηση <http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/5375>
- Προσομοίωση τεχνικής παρασκευής διαλυμάτων <http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8219>
- Παρασκευή διαλύματος % v/v βίντεο με την πειραματική διαδικασία
- Ηλεκτρολυτική διάσπαση του νερού
- Ο στοιχειακός αναλυτής των χημικών (Taber 2012)¹
- Κατάσρωση χημικών εξισώσεων με συμβολική μορφή και με προσομοιώματα μορίων
- Απόδειξη της ύπαρξης του αέρα (βίντεοσκοπημένο πείραμα) <http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/5386>
- Ο αέρας περιέχει 20% v/v οξυγόνο <http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/5389>
- Τι προκαλεί την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα Διαδραστική εφαρμογή <http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/3967>
- Ανακύκλωση υλικών (εκπαιδευτικό παιχνίδι) <http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/4038>
- Βιολογικός καθαρισμός λυμάτων στην Ψυτάλλεια (ερευνητική δραστηριότητα) <http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/4725>

¹ Ο φασματογράφος μάζας είναι μια τεχνική που αποσυνθέτει ενώσεις (ένα χημικό βήμα) και ακολουθεί ο φυσικός διαχωρισμός. Βασίζεται σε τεχνικές φυσικού διαχωρισμού με χρήση ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων, αλλά προτού καταστεί αυτό δυνατό, το δείγμα πρέπει να αποσυντεθεί χημικά. Έτσι, επιτυγχάνεται η διάσπαση ενός μορίου (είτε αυτό είναι μιας μεμονωμένης ουσίας είτε βρίσκεται σε ένα μείγμα ουσιών) που οδηγεί στην παραγωγή διακεκριμένων ατομικών ιόντων, τα οποία μπορεί να ανιχνευθούν με βάση τις διαφορετικές μάζες τους. Αν ένα δείγμα υποστεί επεξεργασία τέτοια που οδηγεί σε πλήρη ατομικοποίηση, το φάσμα που προκύπτει αποκαλύπτει την ποικιλία και τον σχετικό αριθμό των παριστάμενων ατόμων. Επομένως, ο φασματογράφος μάζας μεταβάλλει χημικά μια μεμονωμένη ουσία η οποία είναι ένωση στα στοιχεία της.

- Εκπαιδευτική τηλεόραση: Η εκπαιδευτική ταινία "Πράσινη Ενέργεια"
- Γαϊάνθρακες <http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/1384>
- Καύσιμα και ρύπανση της ατμόσφαιρας
<http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/6389>
- Καταλυτικός μετατροπέας <http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/1473>
- Σύσταση και προέλευση πετρελαίου και φυσικού αερίου
<http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/13342>
- Πολυμερισμός και πλαστικά <http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/6386>
- Κλασματική απόσταξη πετρελαίου <http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/561>
- Το φυσικό αέριο στα αυτοκίνητα <http://paragoges.pi.ac.cy/?video=255>
- Ο μηχανισμός δράσης των ενζύμων <http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/5113>
- Χρήση αλκοολόμετρου (βιντεοσκοπημένο πείραμα)
<http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/1469>
- Αλκοολική ζύμωση και οινοποίηση
- Ενότητα: Ο άνθρακας και οι ενώσεις της ζωής: Ο Θαυμαστός κόσμος της χημείας για το γυμνάσιο Cd-rom Χημεία Β' Γ' Γυμνασίου Μ. Σιγάλας κ.ά. ΥΠΕΠΘ-ΠΙ-ΟΕΛΒ
- Ο Θαυμαστός κόσμος της χημείας για το γυμνάσιο Cd-rom Χημεία Β' Γ' Γυμνασίου Μ. Σιγάλας κ.ά. ΥΠΕΠΘ-ΠΙ-ΟΕΛΒ Ενότητα: Τα οξέα- Οι βάσεις- Τα μέταλλα
- Ο Θαυμαστός κόσμος της χημείας για το γυμνάσιο Cd-rom Χημεία Β' Γ' Γυμνασίου Μ. Σιγάλας κ.ά. ΥΠΕΠΘ-ΠΙ-ΟΕΛΒ Ενότητα: Η εξουδετέρωση Ενότητα: Η εξουδετέρωση και τα άλατα
- Τα οξέα στο ανθρώπινο σώμα <http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/4875>
- Η αυξανόμενη οξύτητα των ωκεανών
<http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/2394>

ΟΔΗΓΟΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή, 2. Ο Επιστημονικός Εγγραμματισμός, 3. Η Διδακτική της Χημείας,
4. Καινοτόμες Προσεγγίσεις στο Μάθημα της Χημείας – Η Μέθοδος Πρότζεκτ, 5. Αξιολόγηση του Μαθητή στο Μάθημα της Χημείας, 6. Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών της Χημείας Γυμνασίου, 7. Βιβλιογραφικές Παραπομπές

ΤΕΛΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ

Το νέο πρόγραμμα σπουδών χημείας υπεβλήθη σε σύντομη πιλοτική εφαρμογή την άνοιξη του 2014, από την οποία προέκυψε η τελική μορφή του παραδοτέου πακέτου, τον Αύγουστο του 2014.

Το κύριο πρόβλημα επί του παρόντος είναι η μη ύπαρξη βιβλίων αφιερωμένων στο νέο ΠΣ. Προφανώς ο περιορισμός που υιοθέτησε η επιτροπή εμπειρογνομόνων, να

μην αποκλίνουμε δηλαδή σημαντικά από τα σχολικά βιβλία, βοηθάει στην υλοποίηση του νέου ΠΣ με βάση τα υπάρχοντα βιβλία.

Σε σχέση με διαφοροποιήσεις της ύλης των σχολικών βιβλίων στο νέο πρόγραμμα, σημειώνουμε τα παρακάτω. Το βιβλίο της γ' τάξης είναι πλήρως επαρκές και δεν χρειάζεται πρόσθετο διδακτικό υλικό, πέρα μιας σύντομης περιγραφής βασικών χημικών στοιχείων και μερικών ιδιοτήτων τους στο εισαγωγικό μάθημα («Εισαγωγή – Ταξινόμηση των στοιχείων – Περιοδικός Πίνακας»). Στην περίπτωση όμως της Β' τάξης κρίναμε απαραίτητες, αφενός μια πληρέστερη μελέτη των χημικών αντιδράσεων και αφετέρου την έμφαση στην έννοια της χημικής ουσίας και τη διάκριση χημικής ένωσης και χημικού στοιχείου. Για τον λόγο αυτόν, προστέθηκαν στο νέο πρόγραμμα μερικά νέα θέματα: Ι-διαίτερα, κρίναμε πολύ χρήσιμο να μελετήσουν οι μαθητές καλύτερα την έννοια της χημικής αντίδρασης ανάμεσα σε στερεά (αντίδραση νιτρικού μολύβδου με χλωριούχο κάλιο με ανάμιξη σε γουδί προς σχηματισμό κίτρινου χλωριούχου μολύβδου). Περαιτέρω μελετούμε αντιδράσεις θερμικής διάσπασης: CaCO_3 , CuO , HgO , Ag_2O , HgO , H_2O , $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Περιτό να τονίσουμε ότι με το νέο ΠΣ επιδιώκεται να αναβαθμιστεί και ο ρόλος του εκπαιδευτικού, ο οποίος, από διεκπεραιωτής προδιαγεγραμμένης ύλης και μεθόδου διδασκαλίας, επιβάλλεται να γίνεται δημιουργός και αναδιοργανωτής προσωπικής παιδαγωγικής σε σχέση με τους μαθητές του και την ευρύτερη κοινωνία. Έτσι ο εκπαιδευτικός καλείται να παίζει μεν έναν πρωταγωνιστικό ρόλο στα απαιτητικά σχολικά δρώμενα, αλλά και να δίνει εξίσου πρωτεύοντες ρόλους και σε όλους τους μαθητές.

Τέλος, η αλλαγή του Π.Σ. είναι μόνο η αρχή για την αναβάθμιση του μαθήματος. Ο συνδυασμός της αλλαγής του Π.Σ. με το κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό (έντυπο και ψηφιακό), με τη διαρκή επιμόρφωση, αυτοεπιμόρφωση και υποστήριξη του εκπαιδευτικού με τις αναγκαίες δομές και υποδομές, πιστεύουμε ότι μπορεί να οδηγήσει σε ουσιαστική και ενδιαφέρουσα μάθηση με νόημα για το μαθητή. Να συμπληρώσουμε ότι απαιτείται περαιτέρω δοκιμή, έλεγχος και βελτίωση του προγράμματος, ώστε να επιτευχθεί ο κατά το δυνατόν βέλτιστος τρόπος υλοποίησής του, που θα περιλαμβάνει προφανώς και τη συγγραφή κατάλληλων σχολικών βιβλίων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αβραμιώτης, Σ., Αγγελόπουλος, Β., Καπελώνης, Γ., Σινιγάλιας, Π., Σπαντιδής, Δ., Τρικαλίτη, Α., Φίλος, Γ., (2011), *Χημεία Β' Γυμνασίου* ΟΕΔΒ, Αθήνα, και εμπλουτισμένο: <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGYM-C102/362/2431,9302/>
- American Association for the Advancement of Sciences [AAAS] (1989). *Science for All Americans*. Washington: AAAS
- Harlen W. (ed.) (2010). *Principles and big ideas of science education*. Hatfield, Herts: Association of Science Education.
- Θεοδωρόπουλος, Π., Παπαθεοφάνους, Π., Σιδέρη Φ., (2011), *Χημεία Γ' Γυμνασίου* ΟΕΔΒ, Αθήνα, και εμπλουτισμένο: <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGYM-B202/219/1998,5022/>

- National Research Council (NRC) (1996). National science education standards. Washington DC: National Academy Press.
- Taber K. S. (2012). Key concepts in chemistry. In Taber K. S. (ed.), *Teaching secondary chemistry*, 2nd new edn., Ch. 1. London: Association for Science Education / Hodder Education.
- Τσαπαρλής Γ. (1994). Η ατομική και η μοριακή δομή στην χημική εκπαίδευση: Κριτική θεώρηση από διάφορες σκοπιές της διδακτικής των φυσικών επιστημών. *Πρακτικά 4ου Συνεδρίου Ελλάδας-Κύπρου της ΕΕΧ*, σσ. 18-24. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων & Ένωση Ελλήνων Χημικών.
- Tsaparlis G. (1997). Atomic and molecular structure in chemical education: A critical analysis from various perspectives of science education. *Journal of Chemical Education*, 74, 922-925.

Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών Γεωγραφίας Δημοτικού - Γυμνασίου και Προτεινόμενο Εκπαιδευτικό Υλικό

**Αικατερίνη Κλωνάρη¹, Αχιλλέας Μανδρίκας², Αθηνά
Καραμπάτσα³, Ανθιμος Χαλκίδης⁴, Αναστασία Μελίστα⁵ και
Μαρία Τζουρά⁶**

¹ Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Γεωγραφίας aklonari@geo.aegean.gr

² Σχολικός Σύμβουλος ΠΕ70, Δασκάλων

³ Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΠΕ4

⁴ Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΠΕ19

⁵ Εκπαιδευτικός Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης

⁶ Εκπαιδευτικός Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης και Υπεύθ. Σχολ. Δραστηριοτήτων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κατά την διάρκεια των δυο τελευταίων χρόνων στα ελληνικά σχολεία έχουν αρχίσει να εισάγονται μια σειρά σημαντικών αλλαγών που αφορούν τόσο στα Προγράμματα Σπουδών (Π.Σ.) όλων των αντικειμένων όσο και στον ψηφιακό εμπλουτισμό των αντίστοιχων βιβλίων. Σε αυτήν την εργασία θα παρουσιαστούν οι αλλαγές και τα νέα στοιχεία που έχουν εισαχθεί στα νέα Π.Σ. Γεωγραφίας, τα οποία πιλοτικά εφαρμόζονται σε ορισμένα σχολεία από το σχολικό έτος 2011-2012. Για τα Π.Σ. Γεωγραφίας εργάστηκαν δυο ομάδες εμπειρογνομόνων, μια για το Δημοτικό και μια για το Γυμνάσιο, κάτω από κοινό συντονισμό, ώστε να εξασφαλίζεται η ενιαία φιλοσοφία δόμησης τους, η συνέχεια τους και η συμφωνία τους με τις αρχές του «Νέου Σχολείου». Στα Προγράμματα Σπουδών εισάγονται για πρώτη φορά έννοιες όπως χωρική αντίληψη και χωρικές ικανότητες για την καλλιέργεια της γεωγραφικής σκέψης μέσα από δραστηριότητες και εκπαιδευτικό υλικό (κυρίως ψηφιακό) κατάλληλα επιλεγμένο, για την επίτευξη των προσδοκώμενων αποτελεσμάτων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Πρόγραμμα Σπουδών, Γεωγραφία, Α/θμια, Β/θμια Εκπαίδευση, εκπαιδευτικό υλικό

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πλαίσιο μέσα στο οποίο εκπονήθηκαν τα Νέα Π.Σ. Γεωγραφίας

Τα Νέα Προγράμματα Σπουδών Γεωγραφίας, ενταγμένα στο Υποέργο 1 με τίτλο «Εκπόνηση Προγραμμάτων Σπουδών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και Οδηγών για τον Εκπαιδευτικό ‘Εργαλεία Διδακτικών προσεγγίσεων’» στη Πράξη με τίτλο: «Νέο Σχολείο (Σχολείο 21^{ου} αιώνα) – Νέο Πρόγραμμα Σπουδών» με κωδικούς MIS:295450, ΣΑΕ: 2010ΣΕ04580066 στα πλαίσια του ΕΣΠΑ «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση 2007-2013», εκπονήθηκαν τα έτη 2010-2011 και ήταν ενταγμένα στο επιστημονικό πεδίο των Φυσικών Επιστημών. Το συντονισμό του όλου έργου είχε αναλάβει το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (Π.Ι.), σήμερα Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (Ι.Ε.Π.). Καθόλη τη διάρκεια του προγράμματος, ο Υπεύθυνος του έργου μαζί με ενδεκαμελή ομάδα εμπειρογνομόνων είχαν την επιστημονική καθοδήγηση του όλου εγχειρήματος και στα πλαίσια αυτά προσδιόρισαν τη φιλοσοφία και τη δομή της αναμόρφωσης όλων των Προγραμμάτων Σπουδών, στη βάση των οποίων εργαστήκαν οι επιμέρους επιστημονικές ομάδες για κάθε γνωστικό αντικείμενο και βαθμίδα εκπαίδευσης, με έναν όμως κοινό συντονιστή και επιστημονικό υπεύθυνο ανά γνωστικό αντικείμενο. Αυτό διασφάλισε την συνεκτικότητα και συνοπτικότητα του περιεχομένου των Π.Σ. από βαθμίδα σε βαθμίδα, την ισορροπία ως προς τα είδη μάθησης, την συνέπεια, συνέχεια και ομοιομορφία στην ανάπτυξή τους.

Για την ανάπτυξη/εκπόνηση του Νέου Προγράμματος Σπουδών Γεωγραφίας (Ν.Π.Σ.Γ.) εργάστηκε μια ομάδα 6 εμπειρογνομόνων (2 εμπειρογνώμονες υπεύθυνοι για την εκπόνηση των Π.Σ. Γεωγραφίας Α΄-Δ΄ τάξεων Δημοτικού, μέσα στην ΜτΠ, σε συνεργασία και με τους επιστημονικούς υπευθύνους των Φυσικών και Κοινωνικών Επιστημών, 2 για τα Π.Σ. Γεωγραφίας Ε΄ και ΣΤ΄ τάξεων Δημοτικού και 2 για την εκπόνηση των Π.Σ. Γεωγραφίας στην Α΄ και Β΄ τάξεων Γυμνασίου), με την επιστημονική καθοδήγηση, επίβλεψη και συντονισμό του επιστημονικού υπεύθυνου εμπειρογνώμονα για το διδακτικό μαθησιακό αντικείμενο της Γεωγραφίας. Επιπρόσθετα εκπονήθηκαν 2 Οδηγοί για τον Εκπαιδευτικό (1 για όλες τις τάξεις του Δημοτικού και 1 για το Γυμνάσιο) και δημιουργήθηκε επιπλέον εκπαιδευτικό υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών των πιλοτικών σχολείων που θα εφαρμόζονταν τα Νέα Προγράμματα Σπουδών (βλ. <http://ebooks.edu.gr/2013/newps.php>).

Ποια η αναγκαιότητα για την αναθεώρηση των υπαρχόντων ΑΠΣ;

Αρχικά θα πρέπει να αναφερθεί ότι το ΔΕΠΠΣ/ΑΠΣ Γεωγραφίας (2003), το οποίο εξακολουθεί να ισχύει και να εφαρμόζεται σε όλα τα σχολεία της επικράτειας, εκτός των 188 πιλοτικών σχολείων, αποτέλεσε μια σημαντική καινοτομία για την γεωγραφική εκπαίδευση στην χώρα μας.

Έτσι, στα Νέα Προγράμματα Σπουδών Γεωγραφίας (Ν.Π.Σ.Γ.), καινοτόμα στοιχεία του ΔΕΠΠΣ/ΑΠΣ διατηρήθηκαν ή και εμπλουτίστηκαν, ενώ κάποια προβλήματα που είχαν επισημανθεί, από την εφαρμογή τους στα σχολεία, έγινε προσπάθεια να επιλυθούν, ακολουθώντας πάντα τις βασικές αρχές της επιστήμης της Γεωγραφίας και της σύγχρονης Διδακτικής της. Για παράδειγμα, στο Ν.Π.Σ.Γ. έγινε προσπάθεια να

ελαχιστοποιηθούν οι επαναλήψεις ενότητων στο Δημοτικό και το Γυμνάσιο. Με αυτό τον τρόπο, ελευθερώθηκαν ώρες, π.χ. για την Ε΄ και ΣΤ΄ τάξη Δημοτικού 6-8 ώρες ανά τάξη, ενώ για το Γυμνάσιο η αφαίρεση κάποιων επαναλήψεων ελευθέρωσε περισσότερες 10-12 ώρες ανά τάξη, οι οποίες προτείνονται στο Ν.Π.Σ.Γ. να χρησιμοποιηθούν σε ενότητες που ήταν αδύνατον να διδαχθούν και δεν διδάσκονταν (π.χ. τελευταίες ενότητες στην Γεωγραφία Α΄ και Β΄ Γυμνασίου) με την προηγούμενη προτεινόμενη κατανομή ωρών διδασκαλίας (Κλωνάρη κ.ά., 2004). Επίσης, δίνεται η δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να εφαρμόσουν τις σύγχρονες, καινοτόμες διδακτικές μεθόδους που προτείνονται, που μέχρι σήμερα μια από τις αιτιολογίες για τη μη υιοθέτησή εκ μέρους τους, ήταν και η έλλειψη χρόνου, λόγω πληθώρας της ύλης, μια και απαιτούν περισσότερο χρόνο διαπραγμάτευσης από τους μαθητές, μαθητοκεντρικές ή ομαδοσυνεργατικές προσεγγίσεις μέσα στην τάξη ή και έξω από αυτή (Κλωνάρη κ.ά., 2004; Κλωνάρη, 2004). Τέλος ελευθερώθηκαν ώρες οι οποίες προτείνονται στο Ν.Π.Σ.Γ. να χρησιμοποιηθούν για την πραγματοποίηση συνθετικών εργασιών ενταγμένων σε κάθε ενότητα, σχετικές με το περιεχόμενο της κάθε διδακτικής ενότητας, αλλά ευρύτερου ενδιαφέροντος, για την επίτευξη των οποίων απαιτείται η χρήση ποικιλίας μεθόδων και μέσων.

Επιπρόσθετα, το περιεχόμενο του μαθήματος εναρμονίστηκε με τις γνωστικές ικανότητες κάθε ηλικίας (Blake, 2005; Cheek, 2010; Francek, 2013), ώστε να γίνει εφικτή η διδασκαλία με ομαδικές-συνεργατικές πρακτικές και να ασκηθούν οι μαθητές σε ερευνητικές διεργασίες, να υπάρξει χρόνος για την παρουσίαση των εργασιών των μαθητών μέσα στην τάξη, καθώς και να παρουσιαστεί στον περιορισμένο χρόνο που διατίθεται στο σχολικό πρόγραμμα μια ολοκληρωμένη και σύγχρονη προσέγγιση της Γεωγραφίας.

Επομένως, γνωρίζοντας ότι η τετραετής διδασκαλία του αντικείμενου (ως χωριστό μάθημα) δεν μπορεί να υποδεχτεί όλη την ύλη της Γεωγραφίας, υπήρχε η αναγκαιότητα μείωσης της διδακτέας ύλης, με στόχο την αποτελεσματικότερη μάθηση των μαθητών. Παράλληλα έγινε προσπάθεια να είναι δυνατό να ολοκληρωθεί η διδασκαλία της προτεινόμενης ύλης σε κάθε σχολική χρονιά.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΝΠΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Η Γεωγραφία ως σχολικό αντικείμενο υποφέρει από την προκατάληψη ότι πρόκειται για ένα βαρετό, εγκυκλοπαιδικής φύσης περιγραφικό αντικείμενο διδασκαλίας, που περιεχόμενό του είναι έννοιες, αριθμοί και τοπωνύμια που χρειάζεται να απομνημονευτούν και να εντοπιστούν σε χάρτες (Κατσίκης, 2001; Κλωνάρη, 2002; Λαμπρινός, Χατζηπαντελής & Γρατσωνίδης, 2002; Klonari & Koutsopoulos, 2005; Λαμπρινός, 2009). Όμως, στη σημερινή εποχή έχουν αποκτήσει έντονη γεωγραφική διάσταση σημαντικά θέματα, τα οποία, όπως ήδη αναφέρθηκε, αναδεικνύουν τη δυναμική σχέση και αλληλεπίδραση ανάμεσα στον χώρο και στις δραστηριότητες του ανθρώπου. Επομένως, δείχνουν με σαφήνεια ότι η Γεωγραφία συνδέεται άμεσα με την ανάπτυξη χωρικής σκέψης (Πίνακας 1) και δημιουργείται έτσι η ανάγκη για την καλλιέργεια χωρικών ικανοτήτων στους μαθητές (Anthamatten, 2010).

Πίνακας 1: Δεξιότητες χωρικής σκέψης

ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ	ΟΡΙΣΜΟΙ
Θέση	Που βρίσκεται ένα χαρακτηριστικό
Συνθήκες	Τα χαρακτηριστικά ενός τόπου
Συνδέσεις	Ο τρόπος που ένας τόπος συνδέεται με άλλους τόπους
Συγκρίσεις	Πως ένας τόπος συγκρίνεται με άλλους τόπους
Επιδράσεις	Η επίδραση που η θέση ενός τόπου ή ένα χαρακτηριστικό του ασκεί σε άλλους τόπους
Περιφέρεια	Μια ομάδα γειτονικών θέσεων που έχουν παρόμοιες συνθήκες ή συνδέσεις
Ιεραρχία	Ομοειδείς περιοχές με διαφορετικό μέγεθος ή σημασία
Μεταβολή	Η φύση των αλλαγών σε συνθήκες μεταξύ δύο τόπων
Αναλογία	Ομοιότητες σε συνθήκες σε ένα τόπο ως συνέπεια κάποιου κοινού χαρακτηριστικού
Πρότυπα	Μη τυχαία ταξινόμηση στοιχείων ή χαρακτηριστικών
Σχέσεις	Ο βαθμός όπου όμοια φαινόμενα συμβαίνουν σε όμοιες θέσεις

Το πρώτο βασικό χαρακτηριστικό του Ν.Π.Σ. Γεωγραφίας (Δημοτικού και Γυμνασίου) είναι η έμφαση που δίνεται στην ανάπτυξη της χωρικής σκέψης των μαθητών. Οι Hespanha, Goodchild, & Janelle (2009) εξηγούν ότι «μαθαίνω να σκέπτομαι χωρικά σημαίνει ότι πρέπει να έχω γνώση των χωρικών εννοιών, να μπορώ να σκέπτομαι και να δράω στον χώρο, να γνωρίζω πώς, πού και πότε πρέπει να χρησιμοποιήσω διάφορες στρατηγικές, κατάλληλα εργαλεία και τεχνολογίες, ώστε να λύσω προβλήματα ή να πάρω αποφάσεις σχετικές με θέματα που σχετίζονται με αυτόν». Οι Lee & Bednarz (2009) περιλαμβάνουν στις χωρικές ικανότητες την επεξεργασία χωρικών πληροφοριών, τον χωρικό προσανατολισμό, τις ερμηνείες των χωρικών κατανομών και προτύπων, τη σύνδεση και τη συσχέτιση θέσεων και τόπων, την κατανόηση χωρικών ιεραρχιών και τον προσανατολισμό στον πραγματικό κόσμο.

Το δεύτερο βασικό χαρακτηριστικό του Ν.Π.Σ. Γεωγραφίας είναι η αξιοποίηση πολλαπλών μέσων και ειδικά των εφαρμογών τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνιών (Τ.Π.Ε.). Σήμερα, υπάρχουν διαθέσιμοι για εκπαιδευτική χρήση διάφοροι

τύποι Τ.Π.Ε., όπως τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS), η τηλεπισκόπηση, εργαλεία και εφαρμογές του διαδικτύου, εικονικές σφαίρες (π.χ. Google Earth, κ.α.), εκπαιδευτικά λογισμικά, εφαρμογές υπερμέσων, εικονικά περιβάλλοντα, προσομοιώσεις-οπτικοποιήσεις, κτλ. (Lemberg & Stoltman, 1999). Οι Τ.Π.Ε. προσφέρουν σημαντικά στο μάθημα της Γεωγραφίας και ειδικά στην καλλιέργεια της χωρικής σκέψης, καθώς οπτικοποιούν αφηρημένες έννοιες και διαδικασίες που δεν υποπίπτουν άμεσα στην αντίληψη των μαθητών. Επιπλέον, διευκολύνουν τους μαθητές στην αναζήτηση πληροφοριών, εμπλουτίζουν τη διδασκαλία, κινητοποιούν το ενδιαφέρον και συμβάλλουν στη σύνδεση γεωγραφικών θεμάτων με άλλες γνωστικές περιοχές εξυπηρετώντας την ανάγκη για διεπιστημονικότητα (Taylor 2001, Wiegand 2006, Condie et al. 2007).

Το τρίτο βασικό χαρακτηριστικό του ΝΠΣ Γεωγραφίας είναι η υιοθέτηση ποικιλίας μεθοδολογικών πρακτικών κατά τη διδασκαλία, όπως οι διερευνητικού τύπου δραστηριότητες, η εργασία σε ομάδες και η βιωματική προσέγγιση συμπεριλαμβανομένης και της μελέτης πεδίου (Lee & Butler-Songer 2003, Gersmell 2005, Marble 2007, Bell et al. 2010). Η εφαρμογή των αρχών της συνεργατικής μάθησης μέσω πρακτικών που προάγουν την αυτενέργεια, την ανακάλυψη και την απάντηση γεωγραφικών ερωτήσεων μέσα από τη διερεύνηση θεωρούμε ότι υπηρετεί με συνέπεια την απαίτηση για μαθητοκεντρικά παιδαγωγικά πρότυπα (Minstrell & Van Zee 2000). Η αξιοποίηση των βιωμάτων των μαθητών θεωρείται σήμερα αυτονόητη παιδαγωγική επιλογή για την υποστήριξη μιας ενεργητικής διαδικασίας μάθησης (Ματσαγγούρας 1998). Η δυνατότητα εφαρμογής της γνώσης και η διασύνδεση με γεγονότα και φαινόμενα της καθημερινής ζωής είναι σύγχρονες απαιτήσεις της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Χαλκιά 2010). Επίσης, ο Edelson (2001) υποστηρίζει ότι οι συνθήκες υπό τις οποίες κατασκευάζεται η γνώση και ακολούθως χρησιμοποιείται καθορίζει την προσβασιμότητα της για μελλοντική χρήση.

Ως προς το περιεχόμενο του μαθήματος της Γεωγραφίας υιοθετείται η τριπλή προσέγγιση, η οποία περιλαμβάνει τη Φυσική Γεωγραφία, την Ανθρωπογεωγραφία και την Οικογεωγραφία ή Περιβαλλοντική Γεωγραφία (Κατσίκης 2004, Hall 2005, Τερκενλή κ.ά. 2007). Η προσέγγιση αυτή δίνει τη δυνατότητα στα άτομα να αποκτήσουν συναίσθηση της επίδρασης τόσο της προσωπικής όσο και της κοινωνικής συμπεριφοράς τους στο περιβάλλον και συνεπώς να κατανοήσουν την πολυπλοκότητα του κόσμου σε διάφορα επίπεδα και κλίμακες. Επιπλέον, παρέχει τη δυνατότητα να καλλιεργήσουν ικανότητες λήψης αποφάσεων σε θέματα που αφορούν το φυσικό περιβάλλον και συνεπώς να αναπτύξουν μια περιβαλλοντική ηθική προσανατολισμένη στην αειφόρο ανάπτυξη.

Τέλος μια βασική αρχή η οποία υιοθετείται και εισάγεται γενικά στα Ν.Π.Σ. και επομένως και στα Ν.Π.Σ. Γεωγραφίας, είναι η έννοια της διαφοροποιημένης διδασκαλίας. Για την υλοποίησή της οι μέθοδοι, οι δραστηριότητες και το εκπαιδευτικό υλικό που προτείνονται είναι προς αυτή την κατεύθυνση, δίνοντας στον εκπαιδευτικό την δυνατότητα, αν τα χρησιμοποιήσει, να προκαλέσει το ενδιαφέρον των μαθητών του, την συμμετοχή τους και να εξασφαλίσει την αποτελεσματικότητα της μάθησης.

ΤΟ ΝΠΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ Η ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

Με βάση τα παραπάνω, το ΝΠΣ Γεωγραφίας δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να εφαρμόσουν μια ποικιλία γεωγραφικών διαδικασιών μέσα από προτεινόμενες **γεωγραφικές έρευνες και εργασίες πεδίου**. Προωθεί τον **χαρτογραφικό, οπτικό και ψηφιακό γραμματισμό** προτείνοντας τη χρήση Νέων Τεχνολογιών (4^η στήλη ΠΣ), η χρήση των οποίων απαιτείται σε ένα σύγχρονο τρόπο διδασκαλίας του μαθήματος της Γεωγραφίας.

Σήμερα, υπάρχουν διαθέσιμοι για εκπαιδευτική χρήση διάφοροι τύποι εφαρμογών τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνιών, όπως τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS), η τηλεπισκόπηση, εργαλεία και εφαρμογές του διαδικτύου, εκπαιδευτικά λογισμικά, εφαρμογές υπερμέσων, εικονικά περιβάλλοντα, προσομοιώσεις-οπτικοποιήσεις κτλ.

Η σημασία των Νέων Τεχνολογιών για το μάθημα της Γεωγραφίας είναι σημαντική για τους εξής λόγους:

- Συγκεκριμενοποιούν αφηρημένες έννοιες και διαδικασίες που δεν υποπίπτουν άμεσα στην αντίληψη των μαθητών
- Δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να παρατηρήσουν τη γενική εικόνα αλλά και λεπτομέρειες μιας μεγάλης περιοχής ή ολόκληρης της Γης
- Εμπλουτίζουν τη διδασκαλία, την κάνουν πιο ενδιαφέρουσα και δίνουν κίνητρα ενασχόλησης με διάφορα γεωγραφικά θέματα.
- Διευκολύνουν τους μαθητές στην αναζήτηση πληροφοριών για ποικίλα γεωγραφικά θέματα.
- Διευκολύνουν τη σύνδεση γεωγραφικών θεμάτων με άλλες γνωστικές περιοχές και υπ' αυτήν την έννοια εξυπηρετούν τη διεπιστημονικότητα.
- Δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να αποκτούν άμεση αντίληψη των συνεπειών που έχουν για τον άνθρωπο φαινόμενα ή γεγονότα (π.χ. οι συνέπειες των πλημμυρών στη ζωή των ανθρώπων).

Παραδείγματα αξιοποίησης των ΤΠΕ στη διδασκαλία της Γεωγραφίας στα νέα ΠΣ

Η σημασία των Νέων Τεχνολογιών για μια αποτελεσματική, ενδιαφέρουσα και με νόημα διδασκαλία Γεωγραφίας αναδεικνύεται από τα παρακάτω παραδείγματα.

Γ' τάξη Δημοτικού

Στη Γ' Δημοτικού η Γεωγραφία διδάσκεται στο πλαίσιο του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος. Μία από τις βασικές έννοιες που εισάγεται στην τάξη αυτή είναι ο χάρτης. Η έννοια αυτή είναι πολύ δύσκολη για τα παιδιά, επειδή παρουσιάζει την αναπαράσταση του χώρου σε δύο διαστάσεις και επιπλέον χρησιμοποιεί σύμβολα για να αναπαραστήσει μία περιοχή/έναν τόπο. Προκειμένου να βοηθηθούν τα παιδιά να κατανοήσουν τα βασικά στοιχεία της έννοιας του χάρτη μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εφαρμογή

http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSDIM102/524/3457,13994/extras/mtpc_b05_map/index.html. Στην εφαρμογή αυτή φαίνεται η τρισδιάστατη απεικόνιση ενός

τόπου, η οποία μπορεί να μετατραπεί σε απεικόνιση δύο διαστάσεων, να εμφανιστούν οι ονομασίες των οδών, να γίνει σύνδεση με την εφαρμογή Google Maps και να εμφανιστεί σταδιακά η μετατροπή της περιοχής σε χάρτη. Επίσης, μπορούν να παρουσιαστούν αεροφωτογραφίες, ώστε τα παιδιά να αναγνωρίσουν συγκεκριμένα σημεία, όπως π.χ. κτίρια, περιοχές πρασίνου, βουνά, δρόμους κτλ., και να τα αντιστοιχίσουν με σύμβολα στο χάρτη, ενώ δεν παραλείπονται και τα σημεία του ορίζοντα. Εκτός, όμως από την κατανόηση της βασικής έννοιας του χάρτη, τα παιδιά έχουν τη δυνατότητα να ασκηθούν σε συγκεκριμένες διαδικασίες, όπως π.χ. να περιγράψουν μία διαδρομή στη συγκεκριμένη περιοχή με τη χρήση των όρων «βόρεια, νότια, ανατολικά, δυτικά».

Δ' τάξη Δημοτικού

«Οι νομοί της Ελλάδας» αποτελούν αντικείμενο διδασκαλίας στην Δ' Δημοτικού, όπου η Γεωγραφία διδάσκεται στο πλαίσιο της Μελέτης του Περιβάλλοντος. Σκοπός είναι οι μαθητές να εντοπίζουν τη θέση των νομών σε ένα χάρτη της Ελλάδας και να αντιστοιχούν νομούς με γεωγραφικά διαμερίσματα. Για την πραγματοποίηση των παραπάνω στόχων οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν την εφαρμογή <http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/2815?locale=el> στην οποία εμφανίζεται «λευκός» χάρτης της Ελλάδας με τα όρια των νομών. Ζητείται από τους μαθητές με γραπτό μήνυμα να εντοπίσουν συγκεκριμένο νομό και βαθμολογούνται με σταδιακά μειούμενο αριθμό πόντων ανάλογα με την επιτυχή υπόδειξη-απάντηση. Επίσης, η εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα «περιήγησης» στην Ελλάδα με τη μετακίνηση του ποντικιού σε κάθε νομό της Ελλάδας και την ταυτόχρονη εμφάνιση του ονόματος του νομού. Τέλος, με την παρουσία πυξίδας στο χάρτη δίνεται και πάλι η ευκαιρία προσανατολισμού και με την παρουσία κλίμακας δίνεται η δυνατότητα διαισθητικής αναφοράς στην κλίμακα του χάρτη και στον υπολογισμό απόστασης. Έτσι, η εκμάθηση των νομών μπορεί να γίνει με ευχάριστο και παιγνιώδη τρόπο, ενώ μπορεί να συνδυαστεί με επικόλληση σε «λευκό» πολιτικό χάρτη (<http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/2770?locale=el>) των ονομάτων των νομών κάθε γεωγραφικού διαμερίσματος, με ιχνογράφιση κάθε γεωγραφικού διαμερίσματος με τους νομούς του, με κατασκευή παζλ με κομμάτια τους νομούς της Ελλάδας και με παιχνίδια αντιστοίχισης νομών-γεωγραφικών διαμερισμάτων.

Ε' τάξη Δημοτικού

«Ο κατακόρυφος διαμελισμός της Ελλάδας και η ζωή σε ορεινές και πεδινές περιοχές» είναι αντικείμενο μάθησης στην Ε' Δημοτικού, όπου διδάσκεται η Ελλάδα (φυσικά στοιχεία, ανθρωπογεωγραφία, σχέσεις και αλληλεπιδράσεις). Βασικά στοιχεία της ενότητας είναι τα ελληνικά βουνά, με έμφαση στους δύο κύριους ορεινούς όγκους της Ελλάδας, Πίνδο και Ροδόπη, καθώς και η επίδρασή τους στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η εφαρμογή <http://photodentro.edu.gr/video/handle/8522/31?locale=el>, η οποία είναι ένα τρίλεπτο βίντεο της εκπαιδευτικής τηλεόρασης, παρουσιάζει δυο παιδιά ως επιβάτες ενός δορυφόρου να ταξιδεύουν πάνω από την Ελλάδα και να σχολιάζουν τις οροσειρές της. Έτσι, οι μαθητές της Ε' δημοτικού έχουν τη δυνατότητα μέσω τρισδιάστατων μοντέλων να πληροφορηθούν για την οροσειρά της Πίνδου και της Ροδόπης (θέση στην Ελλάδα, κατεύθυνση), να μάθουν μέσω ενσωματωμένων εικονιδίων βασικά είδη χλωρίδας και πανίδας και να δουν μέσω ενσωματωμένων βίντεο τις βασικές ασχολίες των κατοίκων

στις ορεινές περιοχές. Επιπλέον, μέσω της εφαρμογής αυτής τα παιδιά συγκεκριμενοποιούν στοιχεία που δεν υποπίπτουν άμεσα στην αντίληψή τους, ενώ σε συνδυασμό με φωτογραφίες και αεροφωτογραφίες μπορούν να ασκηθούν σε συγκεκριμένες διαδικασίες μάθησης (παρατήρηση της φυσιολογίας των βουνών, περιγραφή, σύγκριση, εύρεση σχέσεων και αλληλεπιδράσεων). Τέλος, σε συνδυασμό με το χάρτη μπορούν να κατανοήσουν την έννοια του συμβολισμού και της αφαίρεσης, δηλαδή παρά το ότι τα βουνά παρουσιάζονται με καφέ χρώμα στο χάρτη, στην πραγματικότητα όμως διαφέρουν ως προς το υψόμετρο, τη φυσιολογία κτλ.

ΣΤ' τάξη Δημοτικού

Η διαδοχή ημέρας – νύχτας είναι ένα αντικείμενο μάθησης ιδιαίτερα ενδιαφέρον αλλά και δύσκολο για τα παιδιά της ΣΤ' δημοτικού, αφού η κίνηση της Γης γύρω από τον άξονά της αποτελεί μία αφηρημένη έννοια, ενώ πολλές φορές δημιουργούνται παρανοήσεις αναφορικά με το φαινόμενο. Οι εφαρμογές http://www.mathima.gr/education/yliko/files_yliko/swf/DayNight.swf και <http://photodentro.edu.gr/or/r/8521/3190?locale=el> είναι προσομοιώσεις του φαινομένου. Σε αυτές εμφανίζεται ένας παγκόσμιος χάρτης με φωτεινό μέρος το μέρος των χωρών που έχουν μέρα σε πραγματικό χρόνο και με σκιασμένο μέρος το μέρος των χωρών που έχουν νύχτα. Στο χάρτη υπάρχουν αριθμητικές τιμές γεωγραφικού πλάτους και μήκους, ενώ ο χρήστης μπορεί να τοποθετεί την πόλη του δίνοντας τις αντίστοιχες τιμές, καθώς και να εμφανίζει τον ήλιο στο μέρος της Γης που είναι μεσημέρι. Με ρυθμό ανανέωσης «ανά λεπτό» και πατώντας «συνέχεια» ή «επανεκκίνηση» φαίνεται το ρολόι να κινείται μπροστά και ταυτόχρονα το σκιασμένο μέρος να κινείται δυτικά υποδηλώνοντας ποια μέρη της Γης έχουν διαδοχικά νύχτα με την πάροδο του 24ωρου, ενώ από την ανατολή έχει αρχίσει πάλι να «φωτίζεται - ξημερώνει». Επίσης, ο μαθητής μπορεί να γυρίζει τους δείκτες στο ρολόι, να παρατηρεί την ίδια κίνηση και να σημειώνει την ακριβή ώρα ανατολής και δύσης του ήλιου στην πόλη του. Με τον εποπτικό αυτό τρόπο αυτό οι μαθητές βοηθούνται να κατανοήσουν τη διαδοχή μέρας-νύχτας, να συζητήσουν για την περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της και να εφαρμόσουν τη γνώση αυτή σε άλλες αναπαραστάσεις με τη χρήση τη υδρογείου σφαίρας κι ενός φακού. Με ρυθμό ανανέωσης «ανά ημέρα» και πατώντας «συνέχεια» ή «επανεκκίνηση» φαίνεται με τη μορφή φωτεινού μέρους πάνω στον παγκόσμιο χάρτη η διάρκεια της ημέρας σε κάθε ημισφαίριο κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους και με τη μορφή σκιασμένου μέρους η διάρκεια της νύχτας. Από τη διαδοχική αλλαγή ημερομηνίας για μια συγκεκριμένη τοπική ώρα, ο μαθητής μπορεί να διαπιστώσει τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας στον τόπο του για κάθε εποχή. Μπορούν, επίσης, να εντοπιστούν οι ημερομηνίες για τις ισημερίες, το εαρινό ηλιοστάσιο και το θερινό ηλιοστάσιο για κάθε ημισφαίριο, καθώς και η αλλαγή μεταξύ θερινής και χειμερινής ώρας. Έτσι, οι μαθητές εισάγονται στην αλλαγή των εποχών και συζητούν για την περιφορά της Γης γύρω από τον ήλιο, ένα άλλο θέμα για το οποίο υπάρχει πλήθος προτεινόμενων διαδραστικών εφαρμογών στο ΠΣ Γεωγραφίας.

Α' τάξη Γυμνασίου

Οι «Μεταβολές στο φυσικό περιβάλλον» και συγκεκριμένα τα κεφάλαια με τίτλο «Λιθόσφαιρα» και «Σεισμοί» διδάσκονται στην Α' Γυμνασίου. Βασική έννοια των θεμάτων αυτών είναι η σχέση της κίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών με τη δημιουργία σεισμών και ηφαιστειών.

Οι εφαρμογές <http://www.staff.amu.edu.pl/~zbow/glob/glob34f.htm>, <http://digitalschool.minedu.gov.gr/modules/document/file.php/DSGYM-B106/HTML/world.htm> και http://digitalschool.minedu.gov.gr/modules/document/file.php/DSGYM-B106/HTML/i_quakew.htm περιέχουν μια σειρά από χάρτες των λιθοσφαιρικών πλακών της Γης και χάρτες σεισμών και ηφαιστειών. Οι μαθητές με τη βοήθεια της εφαρμογής παρατηρούν σε σχεδιάγραμμα παγκόσμιου χάρτη τα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, εντοπίζουν περιοχές με έντονη σεισμικότητα, καθώς και τις εστίες σεισμών και τα ηφαίστεια. Επίσης, η εφαρμογή έχει τη δυνατότητα εμβάθυνσης και αναζήτησης στοιχείων, όπως τα μεγέθη των σεισμών σε παγκόσμια κλίμακα, το εστιακό τους βάθος, η διασπορά τους ανά ήπειρο ή ανά γεωγραφικό πλάτος. Ως αποτέλεσμα, οι μαθητές μπορούν να αναπτύξουν χωρική σκέψη και να καλλιεργήσουν αντίστοιχες χωρικές δεξιότητες, όπως ο εντοπισμός της θέσης ενεργών ηφαιστειών και εστιών σεισμών σε παγκόσμια, ευρωπαϊκή και εθνική κλίμακα, να διακρίνουν χωρικά πρότυπα και μοντέλα, να ερμηνεύσουν το τρόπο δημιουργίας των ηφαιστειών και των σεισμών και να συσχετίσουν το σχηματισμό τους με την κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών.

Β' τάξη Γυμνασίου

Μία από τις βασικές επιλογές του περιεχομένου του μαθήματος στη Β' Γυμνασίου είναι η δυνατότητα ανάγνωσης των γεγονότων και των φαινομένων του χώρου με την οπτική της χωρικής κατανομής, της χωρικής διαφοροποίησης και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ φυσικού περιβάλλοντος και ανθρωπογενών δραστηριοτήτων σε σχέση με τις δυνατότητες των μαθητών της συγκεκριμένης ηλικίας. Έτσι μια σειρά πολυχαρτών της Ευρώπης (2D και 3D) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη των παραπάνω ικανοτήτων όπως: <http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/3653?locale=el> (3D χάρτης, με δυνατότητα διαφορετικών γωνιών θέασης του αναγλύφου), <http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/2909?locale=el> (χάρτης ανάγλυφου, γεωμορφολογικός), <http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/2756?locale=el> (χάρτης κλιματικός, βροχοπτώσεων, θερμοκρασιών Ιουλίου, Ιανουαρίου), <http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/2908?locale=el> (χάρτης ζωνών βλάστησης κλιματικός) και <http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/2757?locale=el> (χάρτης πολιτικός, κατανομής πληθυσμού, γλωσσών και θρησκειών).

Επιπλέον, θέματα όπως «Η Ευρώπη στον κόσμο», «Τομείς παραγωγής», «Πληθυσμός – πολιτισμικά στοιχεία», καθώς και οι «Συνθετικές δραστηριότητες – εργασίες» απαιτούν αναζήτηση, αξιολόγηση και σύνθεση πληροφοριακών στοιχείων. Η εφαρμογή http://europa.eu/index_el.htm, η οποία είναι η επίσημη ιστοσελίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην ελληνική γλώσσα, μπορεί να είναι χρήσιμη στις παραπάνω ενότητες. Συγκεκριμένα, με τη βοήθεια της εφαρμογής οι μαθητές μπορούν να αναζητήσουν πολλά στοιχεία για την Ευρώπη ανάλογα με τα ενδιαφέροντά τους. Στη

«Γωνιά του παιδιού» οι μαθητές μπορούν να παίξουν διάφορα παιχνίδια και να λύσουν γλωσσικά κουίζ σχετικά με το ευρώ, με σημαίες κρατών, με κτήρια και μνημεία, με την ιστορία, την οικονομία και το φυσικό περιβάλλον της Ευρώπης. Στη «Γωνιά των εκπαιδευτικών» υπάρχει διαθέσιμη πληθώρα διδακτικού υλικού για παιδιά Δημοτικού, Γυμνασίου και Λυκείου. Η θεματολογία απλώνεται από τη γνωριμία με τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τον πολιτισμό τους μέχρι τη φυσική γεωγραφία, την οικονομία και τα δικαιώματα των πολιτών. Η εφαρμογή συμβάλλει στην επίτευξη πολλών μαθησιακών στόχων, όπως να αναγνωρίζουν το ρόλο των ευρωπαϊκών χωρών στο παγκόσμιο τοπίο, σε σχέση με το εμπόριο, τις μετακινήσεις και την παραγωγή αγαθών, να αναγνωρίζουν τη διαφοροποίηση στο βιοτικό επίπεδο ανάμεσα σε χώρες της Ευρώπης και να αναγνωρίζουν ότι η επιλογή της Ευρώπης ως ηπείρου στηρίζεται περισσότερο σε ιστορικά-πολιτισμικά κριτήρια και όχι μόνο σε γεωμορφολογικά.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ποικιλία των παραπάνω παραδειγμάτων καταδεικνύει το εύρος των ικανοτήτων που μπορεί να αναπτύξουν οι μαθητές με την αξιοποίηση των ΤΠΕ στο μάθημα της Γεωγραφίας. Η ανάπτυξη της χωρικής σκέψης διευρύνεται, καθώς οι μαθητές αντιλαμβάνονται καλύτερα το χώρο μελέτης, πράγμα που δεν είναι πάντα εφικτό με τις ανθρώπινες αισθήσεις. Η σχετική και απόλυτη θέση ενός τόπου καταγράφονται ακριβέστερα. Οι μαθητές αποκτούν καλύτερη εποπτεία ενός χώρου, καθώς οπτικοποιούνται τα πρότυπα και οι κατανομές του. Η κλίμακα γίνεται πολύ πιο μετρήσιμο μέγεθος. Οι αλληλεξαρτήσεις φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος γίνονται εμφανέστερες και μπορούν να αυξήσουν την κριτική ικανότητα των μαθητών. Η πληροφoρία γίνεται πιο προσβάσιμη προσφέροντας μια ακόμα ευκαιρία για την ανάπτυξη της ικανότητας επιλογής και αξιοποίησης. Τέλος, οι ΤΠΕ φέρνοντας τον κόσμο πιο κοντά έστω και μόνο μέσω της εικόνας συμβάλλουν στην πολιτισμική κατανόηση μεταξύ των λαών. Ασφαλώς, χρειάζεται περαιτέρω έρευνα για να μπορέσει να τεκμηριωθεί η αποτελεσματικότητα της παρούσας προσέγγισης στη Γεωγραφία με εκείνη της στείρας απομνημόνευσης ή της χρήσης μόνο του έντυπου χάρτη.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anthamatten, P. (2010). Spatial Thinking Concepts in Early Grade-Level Geography Standards. *Journal of Geography*, 109(5), 169-180.
- Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S. & Ploetzner, R. (2010). Collaborative Inquiry Learning: Models, tools, and challenges. *International Journal of Science Education*, 32(3), 349-377.
- Blake, A. (2005). Do young children's ideas about the Earth's structure and processes reveal underlying patterns of descriptive and causal understanding in earth science? *Research in Science & Technological Education*, 23(1), 59-74.

- Cheek, K. A. (2010). Commentary: A summary and analysis of twenty seven years of geosciences conceptions research. *Journal of Geoscience Education*, 58(3), 122–134.
- Condie, R., Munro, B., Seagraves, L. & Kenesson, S. (2007). *The impact of ICT in schools - a landscape review*. UK: Becta Research.
- Edelson, D.C. (2001). Learning-for-Use: A Framework for the Design of Technology-Supported Inquiry Activities. *Journal of research in Science Teaching*, 38(3), 355-385.
- Francek, M. (2013). A compilation and review of over 500 geoscience misconceptions. *International Journal of Science Education*, 35(1), 31-64.
- Gersmell, P. (2005). *Teaching Geography* (1st ed.). NY, USA: The Guilford Press.
- Hall, T. (μτφ. Ν. Γ. Καραχάλης) (2005). *Αστική Γεωγραφία*. Αθήνα: Κριτική.
- Gersmehl, P.J. & Gersmehl, C.A. (2007). Spatial Thinking by Young Children: Neurologic Evidence for Early Development and “Educability”. *Journal of Geography*, 106: 5, 181-191.
- Hespanha, S.R., Goodchild, F. & Janelle, D.G. (2009). Spatial Thinking and Technologies in the Undergraduate Social Science Classroom. *Journal of Geography in Higher Education*, 33: S1, S17-S27.
- Κατσίκης, Α. (2001). Γεωγραφία και Γεωγραφική Εκπαίδευση: Αιτιολογία της Κρίσης: Πρόταση Ανανεωτικής Παρέμβασης. *Γεωγραφίες*, 2, 15–29.
- Κατσίκης, Α. (2004). Διεθνές Πρόγραμμα Αξιολόγησης της Γεωγραφικής Εκπαίδευσης: Διαπιστώσεις Προοπτικές. *Πρακτικά 7^ο Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου*, 523-530, Μυτιλήνη, Λέσβος
- Klonari, A. & Koutsopoulos, K. (2005). Primary and secondary educators’ attitudes on school geography. In K. Donert & P. Charzynski (Ed.), *Changing horizons in geography education*, 151–155. Torun, Poland: Herodot Network.
- Κλωνάρη, Αικ. (2002). Η θέση της Γεωγραφίας στην υποχρεωτική Εκπαίδευση στα ελληνικά σχολεία σήμερα. *Πρακτικά του 6^ο Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου*, τ. 1, 529-534, 3-6 Οκτωβρίου, Θεσσαλονίκη: Ελληνική Γεωγραφική Εταιρεία.
- Κλωνάρη, Αικ., Καραμπάτσα, Αθ., Καρανίκας, Γ. (2004). Η Γεωγραφία στο Γυμνάσιο: βήματα προς τα πίσω; *Πρακτικά 2^ο Συνέδριο Ε.ΔΙ.Φ.Ε. και 2^ο Συμπόσιο Ι.Ο.Σ.Τ.Ε. στη Νότια Ευρώπη, "Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας. Οι προκλήσεις του 21^ο αιώνα"*, 137-144, Καλαμάτα, 18-20 Μαρτίου 2004.
- Κλωνάρη, Αικ. (2004). Οι απόψεις εκπαιδευτικών της Α/θμιας και Β/θμιας Εκπαίδευσης για το μάθημα της Γεωγραφίας. *Πρακτικά 7^ο Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου*, 602-610, Μυτιλήνη, Λέσβος.
- Λαμπρινός, Ν., Χατζηπαντελής, Θ., & Γρατσωνίδης, Α. (2002). Η άποψη των μαθητών της ΣΤ΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου για το μάθημα της Γεωγραφίας. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 122, 102–108.
- Λαμπρινός, Ν. (2009). *Σχετικά με τη διδασκαλία της γεωγραφίας στο σχολείο*. Θεσσαλονίκη: Γράφημα.

- Lee, J. & Bednarz, R. (2009). Effect of GIS Learning on Spatial Thinking. *Journal of Geography in Higher Education*, 33(2), 183-198.
- Lee, H.-S. & Butler-Songer, N. (2003). Making authentic science accessible to students. *International Journal of Science Education*, 25(8), 923-948.
- Lemberg, D. & Stoltman, J. (1999). Geography teaching and the new technologies: opportunities and challenges. *Journal of Education*, 181(3), 63-76.
- Linn, M. & Petersen, A.C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis, *Child Development*, 56:1479-1498
- Marble, S. (2007). Inquiring into Teaching: Lesson Study in Elementary Science Methods. *Journal of Science Teacher Education*, 18(6), 935-953.
- Ματσαγγούρας Ηλ. (1998). *Στρατηγικές Διδασκαλίας – Η Κριτική Σκέψη στη Διδακτική Πράξη*. Αθήνα: Gutenberg.
- Minstrell, J. & Van Zee, E. H. (eds.) (2000). *Inquiring into Inquiry Learning and teaching in Science*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science
- Taylor, L. (2001). *ICT in Geography*. UK: Pearson Publishing
- Τερκενλή, Θ., Ιωσηφίδης, Θ., Χωριανόπουλος, Ι. (επιμ.) (2007). *Ανθρωπογεωγραφία, Άνθρωπος, κοινωνία και χώρος*. Αθήνα: Κριτική.
- Wiegand, P. (2006). *Learning and teaching with maps*. London: Routledge
- Χαλκιά, Κ. (2010). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες - Θεωρητικά ζήτηματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. Αθήνα: Πατάκη.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ

Αξιολόγηση Επιτραπέζιων Παιχνιδιών

Χρυσάνθη Σκουμπουρδή ¹

ΟΜΑΔΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΙΩΝ:

Πιννίκα Βασιλεία, Ανδριώτη Μαριάννα, Καραγκιόζογλου Νεκταρία-Ευτυχία, Κατσαρά Ευδοκία, Μανδυλάκη Ελένη, Παρδάλη Βασιλική, Χατζηκοκολάκη Ιωάννα

¹ Πανεπιστήμιο Αιγαίου kara@aegean.gr

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συνεισφορά του παιχνιδιού στην ολόπλευρη ανάπτυξη των παιδιών αναγνωρίζεται από πολύ παλιά και συνεχίζει να αναγνωρίζεται και σήμερα με την έμφαση να δίνεται στην εκπαιδευτική του αξία. Έχει διαπιστωθεί ότι το παιχνίδι συμβάλλει στην ανάπτυξη του επικοινωνιακού τομέα—εφόσον γίνεται αποδεκτή και συχνά ενισχύεται και επιδιώκεται η πολυτροπική επικοινωνία—στην καλλιέργεια της κοινωνικής αλληλεπίδρασης και στην ωρίμανση του συναισθηματικού τομέα. Το παιχνίδι θεωρείται ως η βάση πολλών προγραμμάτων, ειδικά για τις πρώτες εκπαιδευτικές βαθμίδες, κατέχοντας σημαντική θέση ως υποστηρικτικό πλαίσιο για τη διδασκαλία και τη μάθηση των μαθηματικών εννοιών και διαδικασιών, προκαλώντας την υιοθέτηση θετικής στάσης για τα μαθηματικά και ενισχύοντας την επιθυμία των παιδιών για ενασχόληση με αυτά (Abbott, 1994; Afari, Aldridge & Fraser, 2012; Bennett, Wood & Rogers, 1997; Bragg, 2012; Ceglowski, 1997; Edo, Planas & Badillo, 2009; Griffiths, 1994; Σκουμπουρδή, 2010; Szendrei, 1996).

Κάποια εκπαιδευτικά πλαίσια υιοθετούν την άποψη ότι το παιχνίδι είναι η μόνη σημαντική και αναπτυξιακά κατάλληλη δραστηριότητα για τα μικρά παιδιά και έτσι αφήνουν τα παιδιά ελεύθερα να παίζουν για να μάθουν (Skipper & Collins, 2003). Όμως, χωρίς τη σχεδιασμένη ένταξη του παιχνιδιού στην εκπαιδευτική διαδικασία δεν μπορεί να υπάρξει μάθηση (Σκουμπουρδή, 2012). Αποτελεί πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς να επιλέξουν ή/και να κατασκευάσουν παιχνίδια, κατάλληλα, αφενός για την εξυπηρέτηση των διδακτικών στόχων τους και αφετέρου ενδιαφέροντα για τους μαθητές τους τα οποία να εντάξουν στη διδακτική διαδικασία μετά από σχεδιασμό. Ποια κριτήρια, όμως, πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη μας κατά την αξιολόγηση ενός παιχνιδιού για την ένταξή του στη μαθηματική εκπαίδευση των παιδιών;

Με στόχο τη διερεύνηση της συσχέτισης των ‘αρχών αξιολόγησης παιχνιδιών’ (Σκουμπουρδή, 2012), με τα κριτήρια που θέτουν οι εκπαιδευτικοί για την αξιολόγηση παιχνιδιών, πραγματοποιήσαμε Εργαστήριο Εκπαιδευτικού Παιχνιδιού.

ΑΡΧΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΠΑΙΧΝΙΔΙΩΝ

Οι αρχές αξιολόγησης παιχνιδιών, οι οποίες προκύπτουν από τις αρχές σχεδιασμού ενός παιχνιδιού, προκύπτουν από την ανάλυση των παιχνιδιών σε τέσσερα επίπεδα (Σκουμπουρδή, 2012): 1^ο Επίπεδο: Αρχές που ανακύπτουν από την ‘ανάλυση επιφάνειας’ του παιχνιδιού, δηλαδή από την ανάλυση των στοιχείων που γίνονται άμεσα αντιληπτά μόνο από την εικόνα του παιχνιδιού. 2^ο Επίπεδο: Αρχές που απορρέουν από την ‘ανάλυση βάθους’ του παιχνιδιού, ανάλυση δηλαδή στοιχείων που γίνονται έμμεσα αντιληπτά. 3^ο Επίπεδο: Αρχές που προκύπτουν από την ‘ανάλυση διαδικασίας’ δηλαδή από στοιχεία που απορρέουν κατά τη διαδικασία του παιχνιδιού και μπορεί να διαμορφώνονται με διαφορετικό τρόπο στις διαφορετικές παρτίδες. 4^ο Επίπεδο: Αρχές που προκύπτουν από την ‘μετά-ανάλυση’ της διαδικασίας του παιχνιδιού και από τη συζήτηση με τους παίκτες.

Στο πρώτο επίπεδο (‘ανάλυση επιφάνειας’ του παιχνιδιού) η αξιολόγηση περιορίζεται στην ανάλυση των φυσικών χαρακτηριστικών του παιχνιδιού τα οποία γίνονται άμεσα αντιληπτά, από την εικόνα του και αφορούν κυρίως στα συστατικά του παιχνιδιού: από τι αποτελείται το παιχνίδι, τι έχει πάνω το κουτί του (π.χ. υπάρχουν φωτογραφίες του παιχνιδιού, οδηγίες, άλλες πληροφορίες και ποιες), πώς είναι το ταμπλό του, πώς είναι η διαδρομή του, ποια είναι τα μέσα τυχαιότητας, τι μέσο (π.χ. κάρτες, ζάρι, σβούρα, χρονόμετρο αόριστης διάρκειας, κλεψύδρα κ.λ.π.) περιλαμβάνεται για να οριστεί η σειρά των παικτών και να εξασφαλιστεί η ροή του παιχνιδιού, ποια άλλα μέσα χρησιμοποιούνται για τη διεξαγωγή του παιχνιδιού, αν υπάρχει πρόσθετο υλικό, τι είδους κλπ.

Στο δεύτερο επίπεδο (‘ανάλυση βάθους’ του παιχνιδιού) η αξιολόγηση πραγματοποιείται με βάση τα στοιχεία που προκύπτουν από την ανάλυση των στόχων του παιχνιδιού, καθώς και της μορφής και του περιεχομένου των κανόνων του, των καρτών ή/και άλλων στοιχείων που περιλαμβάνονται στο παιχνίδι. Στο επίπεδο αυτό γίνεται ανάλυση παραγόντων που σχετίζονται με τον εκπαιδευτικό του ρόλο και επισημαίνονται παράγοντες που αφορούν σε ικανότητες και δεξιότητες που απαιτούνται ή/και μπορούν να καλλιεργηθούν και είναι γνωστικής, συναισθηματικής και κοινωνικής φύσης, όπως: ο γνωστικός στόχος του παιχνιδιού, οι γνώσεις και οι εμπειρίες που απαιτούνται από τους παίκτες, η ηλικία στην οποία απευθύνεται, τα είδη σκέψης που προάγονται, οι στρατηγικές που δύναται να αναδυθούν, οι ρόλοι που μπορούν να αναληφθούν, τα κίνητρα που προσφέρει για συμμετοχή και μάθηση, το αν διευκολύνει την ενεργητική οικοδόμηση ικανοτήτων και δεξιοτήτων, καθώς και την ενεργοποίηση της δημιουργικής και κριτικής σκέψης των παιδιών, το αν προσαρμόζεται στις ανάγκες των παιδιών, αν ενθαρρύνει τη συνεργασία μεταξύ των παιδιών κλπ.

Στο τρίτο επίπεδο (‘ανάλυση διαδικασίας’ του παιχνιδιού) η αξιολόγηση βασίζεται στη διερεύνηση της διαδικασίας του παιχνιδιού μέσα από την ανάλυση των στοιχείων που προκύπτουν κατά τη διεξαγωγή του. Σε αυτό το επίπεδο αναλύεται και ο ρόλος των μαθητών/παικτών και του εκπαιδευτικού. Στοιχεία που μπορεί να περιλαμβάνονται σε τέτοιου είδους αναλύσεις σχετίζονται με ποικίλα θέματα όπως: το αν έγιναν κατανοητοί οι κανόνες, το πώς παίχτηκε το παιχνίδι (ο τρόπος που κάθισαν οι παίκτες και η σειρά που έπαιζαν, περιγραφή της διαδικασίας του παιχνιδιού, υπήρχε

σχέση ομαδικότητας κλπ), το ποιος ήταν ο ρόλος του εκπαιδευτικού (υποστηρικτικός, βοηθητικός, συντονιστικός, καθοδηγητικός, (μη)συμμετοχικός κλπ), το ποιοι ήταν οι ρόλοι των μαθητών/παικτών, ποιες στρατηγικές χρησιμοποίησαν, ποιες ικανότητες και δεξιότητες φαίνεται να καλλιεργούνται κλπ.

Στο τέταρτο επίπεδο (‘μετά-ανάλυση’ του παιχνιδιού) η αξιολόγηση απορρέει από τη μετά-ανάλυση της διαδικασίας του παιχνιδιού και την καταγραφή των απόψεων, στάσεων, ιδεών, προτάσεων κλπ των μαθητών/παικτών και του εκπαιδευτικού για το παιχνίδι. Για παράδειγμα: το πώς αντιλήφθηκαν το παιχνίδι, το πού αποδίδουν τη νίκη, τι γνωστικές και άλλες ικανότητες και δεξιότητες απέκτησαν, ποιο είναι εκείνο το στοιχείο του παιχνιδιού που άρεσε περισσότερο, τι αλλαγές προτείνουν κλπ. Σε αυτό το επίπεδο διερευνώνται και πιο ανοιχτά θέματα όπως: γιατί παίζουν ένα παιχνίδι, πώς επιλέγουν ένα παιχνίδι και τελικά ποιος θεωρούν ότι είναι ο ρόλος του παιχνιδιού στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Προκειμένου να διερευνήσουμε ποια από τα παραπάνω στοιχεία αναφέρονται από τους εκπαιδευτικούς κατά την αξιολόγηση ενός παιχνιδιού, πραγματοποιήθηκε Εργαστήριο Εκπαιδευτικού Παιχνιδιού.

ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

Κατά τη διάρκεια του Εργαστηρίου που πραγματοποιήσαμε, στο οποίο συμμετείχαν εκπαιδευτικοί—υποψήφιοι και εν ενεργεία νηπιαγωγοί, υποψήφιοι και εν ενεργεία δάσκαλοι και μαθηματικοί—παρουσιάστηκαν ποικίλα σχεδιασμένα επιτραπέζια παιχνίδια τα οποία αφού παίχτηκαν από ομάδες των συμμετεχόντων, αξιολογήθηκαν.

Στο Εργαστήριο χρησιμοποιήθηκαν σχεδιασμένα επιτραπέζια παιχνίδια αφενός για να μην είναι οικεία στους εκπαιδευτικούς και αφετέρου γιατί συχνά δημιουργείται η ανάγκη δημιουργίας νέων παιχνιδιών και όχι επιλογής από τα υπάρχοντα. Τα παιχνίδια δημιουργήθηκαν με βάση τις αρχές σχεδιασμού και ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού, καθώς και τις ιδιαίτερες αρχές για τον σχεδιασμό επιτραπέζιων παιχνιδιών (Σκουμπουρδή, 2012). Τα επιτραπέζια αυτά παιχνίδια διαπραγματεύονται ποικίλα θέματα με νόημα και ενδιαφέρον για τα μικρά παιδιά. Οι μαθηματικές έννοιες που εμπλέκουν είναι έννοιες που συμπεριλαμβάνονται στα Προγράμματα Σπουδών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, παρόλο που δε γίνονται πάντα άμεσα αντιληπτές στο παιχνίδι.

Για τη συγκεκριμένη εργασία θα σχολιαστούν τρία από τα παιχνίδια, ως παραδείγματα διαφορετικών ειδών: «Ο Τζιτζίκας και ο Μέρμηγκας», «Κόλλα ...15!» και «Το παιχνίδι της περιπέτειας».

Τα παιχνίδια και η αξιολόγησή τους

Το παιχνίδι «Ο Τζιτζίκας και ο Μέρμηγκας»

«Ο Τζιτζίκας και ο Μέρμηγκας» είναι ένα επιτραπέζιο παιχνίδι στο οποίο οι παίκτες καλούνται να βοηθήσουν τα μυρμήγκια να συλλέξουν και να μεταφέρουν τους σπόρους τους από το χωριό στη φωλιά τους. Αυτό βέβαια πρέπει να γίνει με προσοχή, εφόσον οι αργόσχολοι τζιτζίκες παραμονεύουν για να τους πάρουν τις προμήθειες.

Το παιχνίδι είναι σχεδιασμένο για παιδιά από τεσσάρων ετών και πάνω και

παιίζεται από δύο έως πέντε παίκτες. Η διαδρομή στο ταμπλό είναι ρομβοειδής με διακλαδώσεις (Φωτ. 1) ώστε να επιτρέπει περισσότερες από μία επιλογές κίνησης σε οποιαδήποτε κατεύθυνση/φορά. Εκτός από το ταμπλό, το παιχνίδι περιέχει μία κληρωτίδα-πουγκί με αριθμούς από το ένα (1) μέχρι το πέντε (5) (ο κάθε αριθμός βρίσκεται δύο φορές στο πουγκί, δηλαδή υπάρχουν δύο πεντάδες), πέντε πόνια-μυρμήγκια διαφορετικού χρώματος, τρία πόνια-τζιτζικες, πενήντα σπόρους και πέντε πουγκιά σε πέντε διαφορετικά χρώματα όπως και τα πόνια (Φωτ. 2). Στο παιχνίδι τα μυρμήγκια ξεκινούν από το χωριό και πρέπει να φτάσουν στη φωλιά τους με όσο το δυνατόν περισσότερους σπόρους. Δεν πρέπει όμως να ξεπεράσουν τους οκτώ σπόρους, γιατί δε θα μπορούν να τους σηκώσουν. Σε περίπτωση που τους ξεπεράσουν, χάνουν τους σπόρους τους και επιστρέφουν στην αρχή.



Φωτ. 1



Φωτ. 2

Ο κάθε παίκτης διαλέγει ένα μυρμήγκι και το πουγκί που του αντιστοιχεί για να βάζει μέσα τους σπόρους που μαζεύει. Για να προχωρήσει το πόνι του, διαλέγει από την κληρωτίδα (το μεγάλο πουγκί) δύο αριθμούς και επιλέγει τον αριθμό που τον εξυπηρετεί καλύτερα. Το πόνι κινείται σε όποια κατεύθυνση επιθυμεί ο παίκτης (σεβόμενος τις γραμμές του ταμπλό). Για τους αρχάριους, το παιχνίδι παίζεται με έναν τζιτζικα, ο οποίος τοποθετείται στον κεντρικό κύκλο κατά την εκκίνηση. Για τους προχωρημένους παίκτες, το παιχνίδι παίζεται με δύο ή τρεις τζιτζικες, οι οποίοι τοποθετούνται στους τρεις κεντρικούς κύκλους κατά την εκκίνηση. Ο τζιτζικας μετακινείται ένα βήμα κάθε φορά από τον παίκτη που παίζει. Στόχος του κάθε παίκτη είναι η απομάκρυνση του τζιτζικα από το μυρμήγκι του και το πλησίασμά του στον ισχυρότερο αντίπαλο του. Σε περίπτωση που κάποιο μυρμήγκι πέσει πάνω στον τζιτζικα, ο τζιτζικας του παίρνει δύο σπόρους. Όταν ένα μυρμήγκι πέσει σε μαύρο κύκλο, παίρνει προαιρετικά μέχρι τρεις σπόρους. Εάν πέσει σε κόκκινο κύκλο, παίρνει υποχρεωτικά δύο σπόρους. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού είναι εφικτό, ανάλογα με τα βήματα που του επιτρέπονται, κάποιο μυρμήγκι να επιστρέψει στο χωράφι ή να μπει στη φωλιά για να ακολουθήσει κάποια νέα διαδρομή. Το ίδιο είναι δυνατόν να συμβεί και με τον τζιτζικα. Μάλιστα, στην περίπτωση που ο τζιτζικας τοποθετηθεί από κάποιον παίκτη στη φωλιά, τότε, όποιο μυρμήγκι φτάσει στη φωλιά μετά από αυτόν χάνει δύο από τους σπόρους του και συνεχίζει το παιχνίδι προκειμένου να τους

ξαναμαζεύει. Κερδίζει ο παίκτης που θα φτάσει στο τέρμα με οχτώ σπόρους (ή τουλάχιστον με τους περισσότερους σπόρους σε σχέση με τους υπόλοιπους συμπαίκτες του). Οι παίκτες προκειμένου να φτάσουν στον τερματισμό θα πρέπει να υπολογίσουν σωστά πόσους σπόρους έχουν στο πουγκί τους, να κάνουν προσθέσεις και αφαιρέσεις όταν πρόκειται να πάρουν ή να αφήσουν σπόρους (στην περίπτωση ‘συνάντησης’ με τον τζίτζικα), να αντιστοιχίσουν τα βήματα με τον αριθμό που επέλεξαν για να κινηθούν, να υπολογίσουν τους σπόρους που έχουν οι αντίπαλοι και να δρουν προστατευτικά προς το μυρμήγκι τους, στρέφοντας τους τζίτζικες προς τους ισχυρούς αντιπάλους τους.

Με στόχο την ανάπτυξη στρατηγικής και τακτικής, αλλά και τη λήψη αποφάσεων, οι παίκτες ψυχαγωγούνται και, παράλληλα, εισάγονται σε βασικές έννοιες των μαθηματικών όπως η αφαίρεση, η πρόσθεση και η αντιστοίχιση. Είναι ένα επιτραπέζιο παιχνίδι το οποίο προτρέπει τα παιδιά να πάρουν κάποιες αποφάσεις για την εξέλιξη του παιχνιδιού, αφενός κάνοντας διάφορους υπολογισμούς και αφετέρου λαμβάνοντας υπόψη τους τις κινήσεις των άλλων παικτών, αλλά και τη θέση των τζίτζικιών.

Αξιολόγηση

Το παιχνίδι «Ο τζίτζικας και ο μέρμηγκας», έπαιξαν πέντε εκπαιδευτικοί (2 άντρες: 2 υποψήφιοι νηπιαγωγοί και 3 γυναίκες: 1 μαθηματικός, 1 υποψήφια νηπιαγωγός, 1 εν ενεργεία νηπιαγωγός) η αξιολόγηση των οποίων διέφερε. Ενώ όλοι δήλωσαν ότι θα χρησιμοποιούσαν το παιχνίδι για να διδάξουν μαθηματικά, οι απαντήσεις τους εξειδικεύονταν με βάση την ειδικότητά τους. Οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί ανέφεραν τον θετικό ρόλο που μπορεί να παίξει ένα τέτοιο πλαίσιο τόσο ως προς το κίνητρο που προσφέρει για συμμετοχή όσο και στην ευκολότερη κατανόηση των πράξεων από τα μικρά παιδιά. Επιπλέον, επισήμαναν, ως πλεονέκτημα, την ύπαρξη διαφορετικών κανόνων και άρα βαθμών δυσκολίας του παιχνιδιού θεωρώντας ότι έτσι δίνεται η δυνατότητα σταδιακής εμπλοκής του παιδιού στο παιχνίδι και τις απαιτήσεις του. Πιο συγκρατημένη ήταν η εν ενεργεία νηπιαγωγός η οποία έθεσε από την αρχή προϋποθέσεις για τη χρήση του παιχνιδιού από τα νήπια εφόσον το θεώρησε αρκετά δύσκολο για τα παιδιά αυτής της ηλικίας. Πρότεινε τον χωρισμό του σε επιμέρους ενότητες και αλλαγή των κανόνων για να εισαχθούν τα νήπια σταδιακά στην υιοθέτηση στρατηγικής «ώστε τον Ιούνιο», όπως χαρακτηριστικά αναφέρει, «να είναι έτοιμα να παίξουν το παιχνίδι όπως είναι σχεδιασμένο». Τέλος, ο μαθηματικός αναφέρει ότι θα επέλεγε το παιχνίδι για να διδάξει μαθηματικά σε παιδιά μικρής ηλικίας, δίνοντας έμφαση στους μαθηματικούς στόχους που μπορούν να επιτευχθούν μέσω αυτού. Αναφέρει συγκεκριμένα τους κανόνες απαριθμησης και τις ανισώσεις. Παράλληλα προτείνει τροποποιήσεις του παιχνιδιού για τη χρήση του από μαθητές γυμνασίου δίνοντας το παράδειγμα της ενσωμάτωσης κλασμάτων: «μπορείς να πάρεις τόσους σπόρους όσο το $\frac{1}{4}$ των σπόρων στο πουγκί σου» ή «άφησε τόσους σπόρους όσο το $\frac{1}{2}$ των σπόρων στο πουγκί σου».

Το παιχνίδι «Κόλα...15!»

Το παιχνίδι «Κόλλα...15!» είναι ένα παιχνίδι τύχης, με κάρτες (Φωτ. 3). Στόχος του παιχνιδιού είναι η συμπλήρωση του ταμπλό με τις κατάλληλες κάρτες. Το παιχνίδι

παίζεται με δύο έως πέντε παίκτες (ή ομάδες) και περιλαμβάνει πέντε ταμπλό τα οποία αποτελούνται από πλαίσια με αριθμούς, από το ένα (1) μέχρι το δεκαπέντε (15) και κάρτες με αντικείμενα διαφορετικού πλήθους (από 1 έως 15). Επίσης, υπάρχουν τρεις κάρτες με ειδικές εντολές που πρέπει να εκτελέσει ο παίκτης: STOP (χάνεις τη σειρά σου), -1 (δίνεις μία κάρτα από το ταμπλό σου την οποία αφήνεις ανοιχτή και μπορεί να τη χρησιμοποιήσει ο επόμενος παίκτης) και +1 (παίρνεις ακόμα μία κάρτα). Οι κάρτες με τα αντικείμενα βρίσκονται σε πράσινα πουγκιά και οι ειδικές κάρτες βρίσκονται σε πορτοκαλί πουγκιά. Χρησιμοποιούνται τόσα πουγκιά από κάθε χρώμα όσα και ο αριθμός των παικτών. Μέσω τυχαιότητας με το οποίο να ορίζεται η σειρά των παικτών δεν υπάρχει. Πρώτος παίζει ο παίκτης που θα τραβήξει κάρτα με τον μεγαλύτερο αριθμό. Η σειρά των υπόλοιπων παικτών ακολουθεί τη φορά των δεικτών του ρολογιού.



Φωτ. 3

Κάθε παίκτης (ομάδα) παίρνει από ένα ταμπλό και από ένα πράσινο και ένα πορτοκαλί πουγκί με κάρτες. Όλες οι κάρτες (από όλα τα πουγκιά των παικτών), αφού ανακατευτούν καλά, τοποθετούνται στο κέντρο, σε μία στοίβα, με την εικόνα των αντικειμένων προς τα κάτω. Στη σειρά του ο κάθε παίκτης παίρνει μια κάρτα από τη στοίβα και την τοποθετεί, στον αντίστοιχο αριθμό, στο ταμπλό του. Για παράδειγμα, αν τραβήξει μια κάρτα με τρεις πεταλούδες, την τοποθετεί στη θέση του ταμπλό με τον αριθμό 3. Οι παίκτες είναι υποχρεωμένοι να λένε δυνατά τον αριθμό του συνόλου των αντικειμένων της κάρτας που τράβηξαν, πριν την κολλήσουν στο ταμπλό τους. Σε περίπτωση που ο παίκτης τραβήξει μια κάρτα που έχει ήδη συμπληρώσει στο ταμπλό του και δεν του χρειάζεται την αφήνει ανοιχτή στην άκρη. Ο επόμενος στη σειρά παίκτης μπορεί να χρησιμοποιήσει την κάρτα που άφησε ανοιχτή ο προηγούμενος ή να πάρει μια από το κέντρο. Όταν τελειώσουν οι κάρτες στο κέντρο, χρησιμοποιούνται οι ανοικτές κάρτες, οι οποίες ανακατεύονται και γυρνάνε ανάποδα. Κερδίζει όποιος παίκτης (ομάδα) συμπληρώσει πρώτος το ταμπλό του.

Το παιχνίδι βοηθάει τα παιδιά να αντιληφθούν τη σειρά των αριθμών, την άμεση εκτίμηση ποσοτήτων, την καταμέτρηση και την αντιστοίχιση. Μέσω του παιχνιδιού μπορεί να αναπτυχθεί η πρωτοβουλία της επιλογής, ενώ παράλληλα εξασκείται η μνήμη και οξύνεται η συγκέντρωση και η προσοχή. Το παιχνίδι βασίζεται στις υπάρχουσες εμπειρίες των νηπίων, δηλαδή προϋποθέτει την εμπειρία στο παίξιμο παιχνιδιών, τη

γνώση των αριθμών, την ικανότητα πραγματοποίησης στοιχειωδών πράξεων και τέλος, τον σεβασμό των κανόνων ηθικής για κάθε παιχνίδι. Η σειροθέτηση και η αντιστοίχιση αποτελούν τις προαπαιτούμενες συνιστώσες για τη δόμηση της έννοιας του αριθμού. Επιπλέον το παιχνίδι έχει ενδιαφέρον και προσφέρει κίνητρο για συμμετοχή. Η συμπλήρωση του ταμπλό θα οδηγήσει στη νίκη, η οποία είναι αποτέλεσμα γνώσης των αριθμητικών συμβόλων, της καταμέτρησης αντικειμένων και της αντιστοίχισης. Η δημιουργική σκέψη των παιδιών αναπτύσσεται σύμφωνα με τις δράσεις που επιλέγουν να κάνουν για να συνεχιστεί το παιχνίδι και να συμπληρώσουν το ταμπλό τους. Συγκεκριμένα, να αντιστοιχίζει σωστά με τις κατάλληλες κάρτες τα σύνολα με τους αριθμούς και να αποφασίζει εάν η κάρτα που έχει αφήσει ο προηγούμενος συμπαίκτης του, του είναι χρήσιμη για αυτόν.

Αξιολόγηση

Το παιχνίδι «Κόλλα ... 15!», έπαιξαν πέντε εκπαιδευτικοί (5 γυναίκες: 2 νηπιαγωγοί και 3 δασκάλες) οι οποίες δήλωσαν ότι θα επέλεγαν το παιχνίδι για τη διδασκαλία των μαθηματικών. Ανέφεραν ότι θα το επέλεγαν γιατί μέσω αυτού μπορεί να υλοποιηθούν ποικίλοι εκπαιδευτικοί στόχοι: «βοηθάει του μαθητές να αντιληφθούν την έννοια του αριθμού μέσω της αριθμησης αντικειμένων και της αντιστοίχισής τους με τα αριθμητικά σύμβολα», «αντιλαμβάνονται την αξία των ψηφίων» κλπ. Επιπλέον, ανέφεραν ότι είναι ένα ευχάριστο παιχνίδι με το οποίο «τα παιδιά μαθαίνουν βιωματικά μέσω ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας», «η μάθηση (μέσω αυτού) γίνεται με παιγνιώδη μορφή». Παράλληλα θεώρησαν ότι εφόσον το παιχνίδι προκάλεσε τον δικό τους ενθουσιασμό θα άρεσε και στα παιδιά.

Το παιχνίδι «Το βιβλίο της περιπέτειας»

«Το βιβλίο της περιπέτειας» είναι ένα παιχνίδι γνώσεων με ποικίλες δραστηριότητες, από όλες τις μαθηματικές ενότητες: αριθμοί, πράξεις, γεωμετρία και μέτρηση εμπλέκονται σε αυτό. Είναι επιτραπέζιο παιχνίδι με κάρτες, η θεματική του οποίου σχετίζεται με το κυνήγι του χαμένου θησαυρού (Φωτ. 4). Το παιχνίδι περιλαμβάνει ένα αναδιπλούμενο ταμπλό με σταθμούς-νησιά σε πέντε διαφορετικά χρώματα. Υπάρχει και ο σταθμός αφετηρία-τερματισμός. Επιπλέον, περιέχονται εκατόν πενήντα κάρτες, πέντε κατηγοριών, τριάντα κάρτες σε κάθε κατηγορία. Το επιπρόσθετο υλικό που περιέχει το παιχνίδι είναι έξι κουδουνίστρες, μία κλεψύδρα του ενός λεπτού, έξι πόνια σε μορφή караβιών, ένα μπλοκ και ένα μολύβι. Το μέσο τυχαιότητας που παρέχεται είναι το ζάρι. Οι κανόνες δημιουργούν δύο διαφορετικά παιχνίδια: παιχνίδι με ταμπλό και παιχνίδι χωρίς ταμπλό. Οι παίκτες καλούνται να εκτελέσουν ορισμένες εντολές ανάλογα την κατηγορία των καρτών σε συνεργασία είτε με τους συμπαίκτες τους είτε με τους αντίπαλους. Ως χρόνος απάντησης ορίζονται οι δύο (2) κλεψύδρες του ενός (1) λεπτού. Αν ο χρόνος τελειώσει, οι υπεύθυνοι των αντίπαλων ομάδων χτυπούν την κουδουνίστρα. Ο χρόνος ξεκινάει όταν ο παίκτης ολοκληρώσει τη σκέψη του. Όταν αποφασίσει να ξεκινήσει δε βλέπει πλέον την κάρτα.



Φωτ. 4

Οι κατηγορίες των καρτών χωρίζονται με χρώματα (κόκκινο, κίτρινο, πράσινο, μπλε, άσπρο) και απαιτούν διαφορετικούς τρόπους έκφρασης. Οι κόκκινες κάρτες ανήκουν στην κατηγορία «παντομίμα». Σε αυτήν την κατηγορία ο παίκτης (ομάδα) πρέπει να δείξει ή να κάνει ό,τι δείχνει η κάρτα. Οι κίτρινες κάρτες ανήκουν στην κατηγορία «ζωγράφισε το!». Σε αυτήν την κατηγορία ο παίκτης (ομάδα) πρέπει να ζωγραφίσει ό,τι δείχνει η κάρτα. Οι πράσινες κάρτες ανήκουν στην κατηγορία «κάνε το!». Σε αυτήν την κατηγορία ο παίκτης (ομάδα) πρέπει να κάνει ή να δείξει ή να πει κάτι τόσες φορές όσες λέει η κάρτα. Οι μπλε κάρτες ανήκουν στην κατηγορία «πες το!». Σε αυτήν την κατηγορία ο παίκτης (ομάδα) πρέπει να απαντήσει στην ερώτηση των καρτών. Οι λευκές κάρτες ανήκουν στην κατηγορία «πρόβλημα». Σε αυτήν την κατηγορία ο παίκτης (ομάδα) πρέπει να λύσει το πρόβλημα που θέτει η κάρτα. Αυτά ισχύουν αν παίζουν ομάδες, όπου ο παίκτης δείχνει την προσπάθειά του στην ομάδα του και η ομάδα του καλείται να βρει τι απεικονίζει η κάρτα. Αν το παιχνίδι παίζεται ατομικά τότε η δοκιμασία πραγματοποιείται από τον επόμενο συμπαίκτη. Αν η κάρτα απαντηθεί σωστά την κρατάει ο παίκτης, αν όχι επιστρέφεται στην κατηγορία. Νικητής είναι ο παίκτης (ομάδα) που θα καταφέρει να συγκεντρώσει πρώτος δέκα (10) κάρτες, δύο (2) από κάθε χρώμα. Το παιχνίδι ολοκληρώνεται όταν ο παίκτης (ομάδα) που θα μαζέψει τις δέκα (10) κάρτες καταφέρει να φτάσει στη σπηλιά.

Το παιχνίδι είναι σχεδιασμένο για παιδιά άνω των τεσσάρων ετών και μπορεί να παιχτεί από δύο έως έξι παίκτες (ομάδες). Πρώτος παίζει ο παίκτης (ομάδα) που θα φέρει στο ζάρι τον μεγαλύτερο αριθμό. Η σειρά των υπόλοιπων παικτών ακολουθεί τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Η πορεία των παικτών, πάνω στο ταμπλό, μπορεί να καθοριστεί από τους ίδιους, εφόσον ακολουθούν διαδρομές που ορίζονται από τις λευκές παύλες. Αν το επιτραπέζιο παιχνίδι πραγματοποιηθεί χωρίς ταμπλό οι ομάδες συμμετέχουν πάλι σε έναν μαραθώνιο καρτών χρησιμοποιώντας το ζάρι με τα χρώματα.

Οι μαθηματικές έννοιες που περιλαμβάνονται στο παιχνίδι είναι: αναγνώριση και γραφή αριθμητικών συμβόλων, πρόσθεση και αφαίρεση με υλικά, λεκτικά προβλήματα πρόσθεσης και αφαίρεσης, απαρίθμηση, καταμέτρηση, άμεση εκτίμηση ποσοτήτων, σύγκριση δύο συλλογών αντικειμένων, διατακτικοί αριθμοί, χρήση εννοιών χώρου, σύγκριση μήκους (άμεση), καθώς και αναγνώριση, σχεδίαση και ομαδοποίηση των βασικών επίπεδων γεωμετρικών σχημάτων. Κάποιες άλλες δεξιότητες ή ικανότητες που

δύνανται να καλλιεργηθούν είναι η εξάσκηση της μνήμης, η όξυνση της συγκέντρωσης, της προσοχής και της παρατηρητικότητας και η οργανωτικότητα, καθώς τα παιδιά καλούνται να δράσουν σε ορισμένες εντολές, να παρατηρούν αν οι ίδιοι και οι αντίπαλοι τηρούν τους κανόνες, αλλά και να οργανώνουν το παιχνίδι τους ανάλογα με τις ανάγκες τους. Ακόμη, τα παιδιά καλούνται, όταν παίζουν ομαδικά, να μοιράσουν ρόλους και να διαχειριστούν όσο αποτελεσματικότερα μπορούν τις ευθύνες που ανέλαβαν.

Στο παιχνίδι γίνεται άμεσα αντιληπτή η παροχή ευκαιριών για ανάδειξη στρατηγικών από την ελεύθερη κίνησή τους στο ταμπλό. Καθώς δεν υπάρχει αρίθμηση, στους σταθμούς-νησιά, τα παιδιά στην προσπάθειά τους να μαζέψουν τις απαιτούμενες κάρτες πρέπει να κινηθούν βάση της διαδρομής που θα εξυπηρετεί τον στόχο τους. Υπάρχει όμως και ευκαιρία για ανάδειξη στρατηγικών, η οποία δεν γίνεται άμεσα αντιληπτή. Τα παιδιά μπορούν να αναπτύξουν στρατηγικές στην προσπάθειά τους να επιλέξουν το νησί με τη δραστηριότητα που είναι πιο κοντά στις ικανότητες τους και έτσι να έχουν περισσότερες πιθανότητες απόκτησης της κάρτας.

Μέσω του συγκεκριμένου παιχνιδιού τα παιδιά εξοικειώνονται με αρχές της ηθικής όπως ο σεβασμός, η εμπιστοσύνη, η υπομονή, η ειλικρίνεια, το δίκαιο παιχνίδι, και η ευγενής άμιλλα. Δίνεται στα παιδιά η δυνατότητα να εκφραστούν με διάφορους τρόπους όπως η ζωγραφική και η παντομίμα, οι οποίες προάγουν τη μη λεκτική επικοινωνία και έτσι δίνεται η ευκαιρία σε όλα τα παιδιά να συμμετέχουν και να επικοινωνούν τον συλλογισμό τους με διάφορους τρόπους.

Αξιολόγηση

Το παιχνίδι «Το βιβλίο της περιπέτειας», έπαιξαν δεκαπέντε υποψήφιοι εκπαιδευτικοί (8 υποψήφιοι νηπιαγωγοί, 6 υποψήφιοι δασκάλους και 1 υποψήφιος δάσκαλος) σε τρεις ομάδες των πέντε ατόμων. Όλοι οι φοιτητές ανέφεραν ότι θα επέλεγαν το παιχνίδι για τη διδασκαλία των μαθηματικών τόσο γιατί καλλιεργεί πολλές δεξιότητες όσο και γιατί είναι ενδιαφέρον και ελκυστικό, εφόσον συνδυάζει την ψυχαγωγία με τη μάθηση. Χαρακτηριστικά αναφέρουν «συνδυάζει πολλές διαφορετικές δεξιότητες τις οποίες αναπτύσσει με ενδιαφέρον τρόπο», «είναι όμορφα δομημένο και ευπαρουσίαστο», «έχει εκπαιδευτικό χαρακτήρα», «προκαλεί το ενδιαφέρον του παίκτη και προωθεί τη συνεργασία και την ομαδικότητα», «το παιχνίδι είναι ομαδικό και θα βοηθήσει τα παιδιά να ενταχθούν πιο ομαλά στο περιβάλλον της τάξης με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν φιλίες και να αναπτύξουν την προσωπικότητά τους». Επιπλέον λόγοι με βάση τους οποίους θα επέλεγαν το συγκεκριμένο παιχνίδι είναι ο μαθητοκεντρικός του χαρακτήρας, η έκφραση μέσω μη λεκτικής επικοινωνίας, η κριτική και δημιουργική σκέψη που καλλιεργεί.

ΣΥΝΟΨΗ

Οι αξιολογήσεις των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών θέτουν ως κύριο κριτήριο για την επιλογή των συγκεκριμένων παιχνιδιών αφενός τον διαφορετικό τρόπο μάθησης που προσφέρουν (διαθεματική, ομαδική, παιδοκεντρική) μέσω του κινήτρου, του ενδιαφέροντος και της ψυχαγωγίας που προκαλούν και αφετέρου τον θετικό τους ρόλο στην υλοποίηση στόχων (γνωστικών, συναισθηματικών, κοινωνικών) και στην ανάπτυξη

δεξιοτήτων. Άλλα στοιχεία που σχολιάστηκαν αφορούσαν στον βαθμό δυσκολίας των κανόνων του παιχνιδιού και στην εφαρμοσιμότητά του στην τάξη, στο είδος της συνεργασίας που απαιτείται, στην ποικιλία των τρόπων επικοινωνίας που επιδιώκεται, καθώς και στην κριτική και δημιουργική σκέψη που καλλιεργείτε. Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί κατά την αξιολόγηση ανέφεραν, εκτός από τα παραπάνω, την εμφάνιση του παιχνιδιού, την προτεινόμενη ηλικία, την εφαρμοσιμότητα των κανόνων, την καταλληλότητα των προτεινόμενων δραστηριοτήτων, αλλά και τις εμπειρίες και πρότερες γνώσεις κάθε παιδιού, την εξοικείωση των παιδιών με τα παιχνίδια, την ύπαρξη χαρακτηριστικών παιδιών και τα στάδια εξέλιξης της νόησης. Άξονες δηλαδή οι οποίοι δεν αφορούν αποκλειστικά την αξιολόγηση των συγκεκριμένων παιχνιδιών, αλλά που καταδεικνύουν περισσότερο γενικά κριτήρια επιλογής και χρήσης ενός παιχνιδιού στην εκπαιδευτική διαδικασία.

ΕΝ ΚΑΤΑΚΛΕΙΔΙ

Τα κριτήρια που χρησιμοποιήσαν οι εκπαιδευτικοί για την αξιολόγηση των παιχνιδιών φαίνεται να σχετίζονται με στοιχεία από όλα τα επίπεδα των ‘αρχών αξιολόγησης παιχνιδιών’, παρόλο που δεν τα αναλύουν διεξοδικά και δομημένα, κάτι που μπορεί να οφείλεται και στη φύση του Εργαστηρίου. Από το πρώτο επίπεδο, την ‘ανάλυση επιφάνειας’ του παιχνιδιού, αναφέρθηκε η εμφάνιση του παιχνιδιού. Από το δεύτερο επίπεδο, την ‘ανάλυση βάθους’ του παιχνιδιού, αναφέρθηκαν σχεδόν όλα τα στοιχεία, τόσο για τον εκπαιδευτικό ρόλο των παιχνιδιών όσο και στοιχεία για τον σκοπό του, τους κανόνες του, τις ικανότητες και δεξιότητες που απαιτούνται και καλλιεργούνται, στοιχεία που προέκυψαν πιθανόν από την ‘ανάλυση και μετά-ανάλυση της διαδικασίας’ του παιχνιδιού, δηλαδή από το τρίτο και τέταρτο επίπεδο ανάλυσης, εφόσον οι εκπαιδευτικοί ενεπλάκησαν σε αυτήν, ως παίχτες.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι εκπαιδευτικοί, που συμμετείχαν στο Εργαστήριο, δέχονται και αναγνωρίζουν τον θετικό ρόλο που μπορεί να παίξει ένα παιχνίδι στην εκπαιδευτική διαδικασία. Με αυτό ως δεδομένο θα είχε ενδιαφέρον να διερευνηθούν περαιτέρω και να καταγραφούν τα κριτήρια που θέτουν οι εκπαιδευτικοί για την αξιολόγηση παιχνιδιών προκειμένου να τα εντάξουν στην εκπαιδευτική διαδικασία. Τα κριτήρια των εκπαιδευτικών αφενός θα συσχετιστούν με τις ‘αρχές αξιολόγησης παιχνιδιών’ με σκοπό να τις συμπληρώσουν και να τις εμπλουτίσουν και αφετέρου θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε τι σημαίνει για τους εκπαιδευτικούς ‘παιχνίδι’, τι θέση του δίνουν στη διδακτική πράξη και τι προσδοκούν από αυτό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abbott, L. (1994). ‘Play is ace!’ Developing play in schools and classrooms. Στο J. R. Moyles (ed.), *The excellence of Play* (pp. 76-87). Grate Britain: Open University Press.
- Afari, E., Aldridge, J. & Fraser, B. (2012). Effectiveness of using games in tertiary-level mathematics classrooms. *International Journal of Science and Mathematics*

- Education*, 10: 1369-1392.
- Bennett, N, Wood, L. & Rogers, S. (1997). *Teaching through play. Teachers thinking and classroom practice* (Ch.1 pp. 1-17 & Ch. 6 pp. 116-132). Open University Press.
- Bragg, L. (2012). Testing the effectiveness of mathematical games as a pedagogical tool for children's learning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10: 1445-1467. [19]
- Ceglowski, D. (1997). Understanding and building upon children's perceptions of play activities in early childhood programs. *Early Childhood Education Journal*, 25 (2): 107-112.
- Edo, M., Planas, N. & Badillo, E. (2009). Mathematical learning in a context of play. *European Early Childhood Education Research Journal*, 17 (3): 325-341. [16]
- Griffiths, R. (1994). Mathematics and play. In J. R. Moyles (ed.), *The excellence of play* (pp. 145-157). Great Britain, Buckingham: Open University Press.
- Skipper, E. L., & Collins, E. N. (2003). Making the NCTM standards user-friendly for child care teachers. *Teaching Children Mathematics*, 9(7), 421-427.
- Σκουμπορδή, Χ. (2010). Το παιχνίδι ως πλαίσιο για την προσέγγιση των μαθηματικών της πρώτης σχολικής ηλικίας: Σχεδιασμός επιτραπέζιων παιχνιδιών. *Σύγχρονη Εκπαίδευση* 162, 82-99.
- Σκουμπορδή, Χ. (2012). *Σχεδιασμός ένταξης υλικών και μέσων στη μαθηματική εκπαίδευση των μικρών παιδιών*. Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα.
- Szendrei, J. (1996). Concrete materials in the classroom. In A. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick & C. Laborde (eds.), *International handbook of mathematics education* (pp. 411-434). Netherlands: Kluwer, Academic Publishers.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

***Σχεδιασμός, παραγωγή, χρήση και
αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για τα
μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες
στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση***

Μελέτη Περίπτωσης για την Επιλογή Μεθόδου Επίλυσης Προβλήματος από τους Μαθητές ως Στοιχείο της Διδασκαλίας των Μαθηματικών

Αλέξανδρος Βασιλειάδης

57^ο Δημοτικό Σχολείο Ηρακλείου Κρήτης
alvasileiadis@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αναγνωρίζοντας την αναγκαιότητα ποιοτικών αλλαγών στην παρουσίαση της ύλης των Μαθηματικών, εδώ ειδικά της Ε΄ Δημοτικού, παρουσιάζεται μία διδακτική παρέμβαση που αφορά την ανάγκη παρότρυνσης των μαθητών και των μαθητριών στην επιλογή της πιο προφανούς και εύκολης μεθόδου επίλυσης μαθηματικού προβλήματος. Έτσι, από τη μία το παιδευτικό ίζημα προκύπτει από τη διερεύνηση, επιλογή και χρήση της κατακτημένης μεθόδου, κι όχι χάρις στην εξαιρετική ικανότητά κάποιου να επιλύει προβλήματα χωρίς να υποβαθμίζεται η ανταξία αυτής της δεξιοτεχνίας, από την άλλη, επιδιώκει να αλλάξει τη λειτουργία του μαθήματος των Μαθηματικών ως μηχανισμού κατάταξης και αποκλεισμού. Κάτι τέτοιο δεν είναι ανεξάρτητο της μεθοδολογικής επάρκειας του διδάσκοντα και της δυνατότητάς του να διαμορφώνει το διδακτέο αντικείμενο, όχι απλώς αναπαράγοντας το ΑΠΣ, αλλά διανθίζοντας και υποστηρίζοντας τη διδακτική του αντικείμενου, την ίδια στιγμή αυξάνοντας τη σημαντικότητα και τη σημασία του.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Μαθηματικά στην Πρωτοβάθμια, Ρεαλιστικά Μαθηματικά (Realistic Mathematics), Curricular Research.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι πλατιά αποδεκτό στην κοινωνία ότι το ελληνικό σχολείο χρειάζεται ριζική αλλαγή γιατί είναι από τα πιο παραδοσιακά και καθυστερημένα (Φραγκουδάκη, 2011). Αποτιμήθηκε από την επιστημονική βιβλιογραφία ότι η σύγχρονη σχολική πραγματικότητα διεθνώς αντιμετωπίζει σημαντικά προβλήματα και κάτι τέτοιο υποδεικνύεται και στο χώρο της Μαθηματικής Εκπαίδευσης, μιας και η πλειοψηφία των μαθητών και των μαθητριών έχουν αρνητική σχέση με τα Μαθηματικά (Βοσνιάδου, 2005). Κάτι τέτοιο επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι δε διασυνδέεται η θεωρητική γνώση με την καθημερινότητα και το περιβάλλον του μαθητή μέσα στο οποίο συγκροτείται η

προσωπικότητά του (Βοσνιάδου, 2005). Επίσης, πρόβλημα στη μαθηματική εκπαίδευση αποτελεί και «*η αφαιρετική φύση των διδασκόμενων Μαθηματικών, η ασητηρότητα, η πολυπλοκότητα και η οργάνωση των εμπλεκόμενων ιδεών, καθώς και η προβληματική τους προσέγγιση στο σχολείο*» (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2011: 2), ενώ επιβαρυντικά στα παραπάνω λειτουργεί και η αποτυχία των παιδιών στα Μαθηματικά, ακόμα και αν δεν νοείται ως αποτυχία των ίδιων, ούτε των διδασκόντων, αλλά ως αποτυχία του εκπαιδευτικού συστήματος και του curriculum, που δεν καταφέρνουν να αυτοπροσδιοριστούν στο παρόν (Baruk, 1993: 13).

Ειδικότερα, σε άμεση σχέση με την παρούσα εργασία, στην επιστημονική βιβλιογραφία αναφέρεται η αποτυχία των μαθητών στους χειρισμούς των Μαθηματικών, που φέρνει στην επιφάνεια όλες τις γνωστικές ασυνέχειες και αδυναμίες που υπάρχουν στις σχέσεις τους με αυτά. Φανερώνει, δηλαδή, τη ρήξη που έχει συντελεστεί με το περιεχόμενο των Μαθηματικών, η οποία τις περισσότερες φορές συντελείται χωρίς ο μαθητής να το γνωρίζει, αντιμετωπίζοντάς τα «*σαν μια σειρά συμβόλων χωρίς περιεχόμενο, σαν μια σειρά τεχνικών χωρίς αιτιολόγηση, σαν μια σειρά σημαινόντων χωρίς σημαινόμενα*» (Λιναρδάκης, 1993: 242), που αρκετές φορές οδηγούν τους μαθητές και τις μαθήτριες σε λάθος αναπαραστάσεις (Βοσνιάδου, 2005). Αυτή η άποψη ενισχύεται από το γεγονός ότι το εγκύκλιο πρόγραμμα, που δίνει έμφαση στο χειρισμό των τυπικών συμβόλων, αποθαρρύνει τα παιδιά από το να μεταφέρουν τις φυσιολογικές / διαισθητικές λειτουργίες τους και να τις ενσωματώνουν στον γνωσιακό / προσληπτικό μηχανισμό που καλούνται ν' αναπτύξουν στο σχολείο (Resnick, 2005). Σε όλα τα παραπάνω προστίθεται και το γεγονός ότι ένας σημαντικός αριθμός εκπαιδευτικών πιστεύουν ότι υπάρχουν μαθηματικές έννοιες που δεν κατανοούν οι ίδιοι (Λεμονίδης, 1994).

Στην ίδια κατεύθυνση με τα παραπάνω, οφείλει να προστεθεί και η προσωπική αποτίμηση του γράφοντος, τονίζοντας τον προβληματισμό για το διδακτικό περιβάλλον που αποδίδει σημαντικότητα και αξιώνει την αυτόματη ανάκληση προκαθορισμένων / τυποποιημένων διαδικασιών επίλυσης ασκήσεων. Οι μαθητές εισάγονται σε έννοιες χωρίς να τους δίνεται αφορμή και συνάφεια με προηγούμενες γνώσεις και – το κυριότερο – δυσκολίες που παρέμειναν αναπάντητες και θα υποστήριζαν προωθητικά την αξία και χρησιμότητα της νεοεισαγόμενης γνώσης. Αν σε αυτό προστεθεί και η μαθηματική / τυποποιημένη γλωσσικά διατύπωση ενός προβλήματος που του αφαιρεί σε φυσιολογικότητα και δεν του αποδίδει χαρακτήρα πραγματικού προβλήματος, δίνεται η αίσθηση ότι δε θα οδηγηθούν οι μαθητές σε μία επεξεργασία εννοιών και παισίων εφαρμογής της προς απόκτηση γνώσης, που θα απέδιδε την πρόποσα, μαθησιακή, μεταγνωστική, αλλά και πολιτισμική αξία στο διδακτέο αντικείμενο.

Με την υιοθέτηση της διερευνητικής μεθόδου – στη διδασκαλία, αλλά και στην μαθησιακή διαδικασία της τάξης – αλλά και με τη φροντίδα αναφοράς σε προβλήματα που, ως τέτοια, αναγνωρίζονται και γίνονται αποδεκτά από τους μαθητές, ο διδάσκων υποστηρίζει την αυτονομία και διευρύνει τα «εσωτερικά κίνητρα» των μαθητών του. Εδώ υιοθετήθηκε η ορολογία των Μίχου και Ματσαγγούρα (2007), οπότε τα «εσωτερικά κίνητρα» αναφέρονται στην κινητοποίηση – ενεργοποίηση του ατόμου όταν καλείται να ασχοληθεί ενεργά με δραστηριότητες που του είναι ενδιαφέρουσες και του προκαλούν

ευχαρίστηση. Επίσης, επιλέχθηκε να προωθηθεί η απαξίωση της άποψης πως «μαθαίνεις με έναν μοναδικό τρόπο, μέσω καθιερωμένων προγραμμάτων», υπέρ της διαφοροποιημένης μάθησης που αναζητά και υπηρετεί τις ανάγκες των υποκείμενων στη μαθησιακή διαδικασία. Τέλος, η επίκληση των άτυπων μεθόδων υπολογισμού που χρησιμοποιούν τα παιδιά, όπως η μέτρηση και η δοκιμή, πρβλ., π.χ., (Γράχλου κ.ά., 2008), αποτελεί πρόσφορο έδαφος για την ορθολογική και με κοινωνική - χρηστική ευαισθησία εισαγωγή μεθόδων και αντικειμένων που θα κατατείνουν στην οργάνωση της γνώσης και στην πορεία προς την, με επιστημονικές βάσεις και απαιτήσεις, απόδοσή της.

Αν δεχτούμε τα προηγούμενα, η Μαθηματική Εκπαίδευση χρειάζεται ποιοτικές αλλαγές. Αλλαγές έτσι, ώστε:

- η διδασκαλία του μαθήματος των Μαθηματικών, να επικεντρώνεται, όχι στη μηχανική επίλυση ασκήσεων (Γαγάτσης κ.ά., 2006), αλλά στην επίλυση πραγματικών προβλημάτων (Freudenthal, 1983), αναζητώντας την εμπέδωση μεθόδων – και συνεπώς καθημερινής αξίας – για την Αριθμητική, αλλά και εισάγοντας στην συμπερασματολογία των Μαθηματικών,
- να ενσωματώνεται στη διδακτική η άποψη του G. Brousseau (1984) πως «*η μάθηση στηρίζεται όχι πάνω στη σωστή λειτουργία του «διδασκτικού συμβολαίου»», αλλά στην επιτυχή ρήξη του,*
- εκτός των άλλων, να αναδεικνύονται τα Μαθηματικά, όπως παροτρύνει και η επιστημονική άποψη των Ρεαλιστικών Μαθηματικών ως κοινωνικο-πολιτισμικό αγαθό, αποτελώντας βάση κριτικής σκέψης και εργαλείο διαχείρισης κι επεξεργασίας της καθημερινότητας και των πολιτισμικών / νοητικών δραστηριοτήτων του ατόμου.

Τα παραπάνω υποδεικνύονται και από τα σύγχρονα ερευνητικά δεδομένα, που αναγνωρίζουν την ανάγκη στόχευσης του Προγράμματος Σπουδών για τα Μαθηματικά της Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης στη «*μάθηση Μαθηματικών που είναι χρήσιμα για όλους τους μαθητές και παραμένουν Μαθηματικά*», όπως καταγράφεται και από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2011: 4).

Η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

Μεθοδολογία της παρέμβασης

Αρχικά, κατά την πρώτη φάση της παρέμβασης επιλέχθηκαν 45 μαθητές και μαθήτριες της Ε Δημοτικού από τρία διαφορετικά τμήματα και σχολικές μονάδες. Η επιλογή των σχολικών μονάδων έγινε με βάση το γεγονός ότι και τα τρία σχολεία διαθέτουν μαθητές διαφορετικού κοινωνικοοικονομικού επιπέδου, είναι σχολεία της υπαίθρου, εξατάξια και με παρόμοιο συνολικό αριθμό παιδιών. Σε αυτή τη φάση, έγινε προσπάθεια διερεύνησης του κατά πόσον, με το υπάρχον αναλυτικό πρόγραμμα, αλλά και το σχολικό εγχειρίδιο, οι απόφοιτοι της Ε Δημοτικού έχουν νοηματοδοτήσει τις διδαχθείσες μαθηματικές έννοιες και μεθόδους ως πραγματικές και χρηστικές και όχι ως φορμαλιστικά εργαλεία διαχείρισης συμβόλων ή για εξεταστική χρήση. Η διδασκαλία του μαθήματος των Μαθηματικών κατά τη διάρκεια ολόκληρης της σχολικής χρονιάς βασίστηκε στο σχολικό εγχειρίδιο και, πιο συγκεκριμένα, ακολουθήθηκε η σειρά των ενοτήτων, όπως είναι

τοποθετημένες στα περιεχόμενα του βιβλίου. Η επικέντρωση έγινε στην ενότητα που συντίθεται από τις πράξεις με δεκαδικούς αριθμούς και κλάσματα. Η επιλογή αυτή έλαβε υπόψη και τη συνδυαστική αντιμετώπιση των δύο μορφών παράστασης αριθμών και των μεθόδων τους. Στο τέλος της σχολικής χρονιάς, χορηγήθηκε, με τη σύμφωνη γνώμη των συναδέλφων, ένα «φύλλο δραστηριοτήτων» στο οποίο υπήρχαν δραστηριότητες που αφορούσαν τα κλάσματα και τους δεκαδικούς αριθμούς (είτε ξεχωριστά, είτε σε συνδυασμό των δύο εννοιών). Σκοπός ήταν να διερευνηθεί το κατά πόσον τα παιδιά μπορούσαν να συνδυάσουν έννοιες, ώστε να προχωρήσουν σε ένα σχέδιο επίλυσης των προβλημάτων των δραστηριοτήτων. Προτιμήθηκε ο ποιοτικός και όχι ο ποσοτικός χαρακτηρισμός των σχεδίων επίλυσης των δραστηριοτήτων των παιδιών που υπήρχαν στα φύλλα αξιολόγησης.

Πρώτη χορήγηση «φύλλου δραστηριοτήτων» - Διερεύνηση προβλήματος

Πιο συγκεκριμένα, μεταξύ άλλων, δόθηκε η παρακάτω δραστηριότητα:

Ο πατέρας του Παναγιώτη τις προηγούμενες τρεις ημέρες πήγε εκδρομή με το αυτοκίνητο (του αρέσουν τόσο πολύ οι εκδρομές!!!). Τη Δευτέρα έκαψε $3\frac{1}{2}$ λίτρα βενζίνη, την Τρίτη έκαψε

4,25 λίτρα βενζίνη και την Τετάρτη $3\frac{1}{10}$ λίτρα βενζίνη.

- A) Ποια μέρα ταξίδεψε περισσότερο;
B) Πόσα λίτρα βενζίνης έκαψε συνολικά;

Οι μαθητές παροτρύνθηκαν, αφού διαβάσουν και κατανοήσουν το πρόβλημα, να χρησιμοποιήσουν όποιο τρόπο επιθυμούσαν για να το λύσουν. Παρατηρήθηκε ότι όλοι οι μαθητές προχώρησαν στην απάντηση του πρώτου ερωτήματος. Διέκριναν ότι οι ποσότητες είναι συγκρίσιμες και στη συνέχεια προχώρησαν στην καταγραφή της σωστής απάντησης. Αρκετοί μαθητές, καταστρώνοντας το σχέδιο επίλυσης του πρώτου ερωτήματος, κατέγραψαν τις ποσότητες σε σειρά (είτε ξεκινώντας από τη μέρα που ο πατέρας του Παναγιώτη ταξίδεψε λιγότερο, είτε από τη μέρα που ταξίδεψε περισσότερο, χρησιμοποιώντας τα σύμβολα της ανισότητας).

Αν και φάνηκε από την απάντηση του πρώτου ερωτήματος, ότι οι μαθητές είχαν πλήρη αντίληψη των σχετικών ποσοτήτων του προβλήματος και κατάφεραν να διατάξουν τους αριθμούς, και παρόλο που δε διατυπώθηκαν οι ποσότητες στο πρόβλημα λεκτικά, ένα στατιστικά σημαντικό ποσοστό μαθητών και μαθητριών δεν είχε την ευχέρεια να προχωρήσει στην ορθή λύση του δεύτερου ερωτήματος, είτε μην απαντώντας καθόλου, είτε απαντώντας εσφαλμένα, είτε αποτυπώνοντας αρχικά σωστά την πράξη της πρόσθεσης των τριών αριθμών του προβλήματος, αδυνατώντας όμως να προχωρήσουν στην πρόσθεση των ποσοτήτων σωστά. Το παραπάνω υπέδειξε ότι οι μαθητές δεν ανταποκρίνονται επαρκώς σε προβλήματα «διατυπωμένα ως αληθινά», ακριβώς διότι έχουν διαμορφώσει τυπικές – συμπεριφοριστικές μεθόδους για «προβλήματα της τάξης». Η εν γένει διατύπωση των προβλημάτων στο σχολικό βιβλίο ζητά την εκτέλεση συγκεκριμένων πράξεων, πολύ δε περισσότερο τα προβλήματα αυτά εντάσσονται σε παραγράφους με συγκεκριμένο μεθοδολογικό περιεχόμενο και όχι σε παραγράφους

ενιαίου εννοιολογικού περιεχομένου (προβλήματα που λύνονται με πρόσθεση, προβλήματα που λύνονται με αφαίρεση, κλπ.). Φαίνεται λοιπόν να επιβεβαιώνεται η άποψη (Καλδρυμίδου κ.ά., 2000) ότι «οι μαθητές λύνουν τα μη συνηθισμένα, γι' αυτούς, προβλήματα με ένα στερεότυπο, μηχανικό, ασυνείδητο και μη ρεαλιστικό τρόπο», ως αποτέλεσμα της τήρησης των όρων του «διδακτικού συμβολαίου» (Verschaffel et al., 2000; Greer, 1997), αφού οι αριθμοί που ορθά διατάχθηκαν στο πρώτο ερώτημα, δεν εντάχθηκαν σε καμία μεθοδολογία λύσης στο δεύτερο ερώτημα, ελλείψει ρητών οδηγιών προς τούτο.

Διδακτικό πλαίσιο της παρέμβασης

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω σαν μία ένδειξη ύπαρξης προβλήματος ως προς τη διαχείριση των γνώσεων των μαθητών στην επίλυση ενός προβλήματος, πραγματοποιήθηκαν από τον γράφοντα κατά το επόμενο σχολικό έτος, στη μία από τις τρεις σχολικές μονάδες που χορηγήθηκε το πρώτο φύλλο δραστηριοτήτων και σε σύνολο 17 μαθητών, κάποιες αλλαγές πάνω στο Αναλυτικό Πρόγραμμα (ΑΠ) των Μαθηματικών της Ε Δημοτικού (Μαθηματικά Ε Δημοτικού, 2006). Θεωρήθηκε ότι η ομάδα μαθητών είναι συγκρίσιμη με αυτή στην οποία χορηγήθηκε το πρώτο φύλλο δραστηριοτήτων. Αυτές οι αλλαγές αφορούν, κυρίως, τη διαδοχική δόμηση της ύλης, ώστε καθετί που παρουσιάζεται να προκύπτει ως φυσιολογική εξέλιξη των προηγούμενων εννοιών. Έγινε δηλαδή, μία προσπάθεια αναδιάταξης της ύλης των Μαθηματικών, χρησιμοποιώντας ως βάση τους στόχους που επιδιώκονται στο Αναλυτικό πρόγραμμα του μαθήματος των Μαθηματικών της Ε Δημοτικού.

Για παράδειγμα, παρατηρήθηκε ότι στο σχολικό εγχειρίδιο η ενότητα «Ισοδύναμα Κλάσματα» είναι τοποθετημένη στο 17^ο Κεφάλαιο και η ενότητα «Πρόσθεση και Αφαίρεση Ετερόνομων Κλασμάτων» είναι τοποθετημένη στο 39^ο Κεφάλαιο. Ενδιάμεσα είναι τοποθετημένες ενότητες που αναφέρονται σε έννοιες όπως: «Στατιστική – Μέσος Όρος» (Κεφάλαιο 21^ο), «Γεωμετρικά Σχήματα – Περίμετρος» (Κεφάλαιο 24^ο), και άλλα. Εκτιμήθηκε ότι κάτι τέτοιο αποθαρρύνει τους μαθητές από το να συνδέουν έννοιες. Αντ' αυτού, σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε στα πλαίσια της διαδοχικής δόμησης της ύλης που προαναφέραμε, ένα πλάνο αναδιάταξης της ύλης όπου, μεταξύ άλλων, τοποθετήθηκε πρώτα η ενότητα «Εισαγωγή στα κλάσματα», αμέσως μετά η ενότητα «Ισοδύναμα Κλάσματα» και στη συνέχεια οι «Πράξεις των Κλασμάτων». Κατόπιν, έγινε το πέρασμα στην ενότητα «Εισαγωγή στους Δεκαδικούς Αριθμούς». Η επιλογή αυτή έλαβε υπόψη και τη συνδυαστική αντιμετώπιση των δύο μορφών παράστασης αριθμών και των μεθόδων τους.

Σε αυτήν τη διεργασία υιοθετήθηκε η άποψη του A. Argaví (2005: 42-48), ότι «το νόημα είναι συνάρτηση της χρήσης και η χρήση είναι αποτέλεσμα της ορθής κατανόησης του νοήματος». Με αυτήν την αλλαγή στη διαμόρφωση της ύλης, έγινε προσπάθεια να αναδειχθεί το σημαντικό στο περιεχόμενο και στα αναμενόμενα διδακτικά αποτελέσματα κάθε ενότητας και η αλληλουχία των εννοιών, ως ένδειξη του ενιαίου της γνώσης και της αντίληψης γι αυτήν που επιδιώκεται, να τύχει επεξεργασίας από τους μαθητές.

Η παρέμβαση υιοθετεί την αντίληψη πως η κατάκτηση νέων γνώσεων έρχεται μετά από τη συνειδητοποίηση από το μαθητή της ανεπάρκειας των παλαιών του γνώσεων (Fort, 1993), στα πλαίσια μιας – θεσμοθετημένης στο περιβάλλον της τάξης – αυτοαξιολόγησης, που θα ενεργοποιήσει στρατηγικές αντιμετώπισης προβλημάτων, ενισχύοντας συγχρόνως την αυτοπεποίθηση και τη μεταγνώση του μαθητή (Δαργέντα, 2013).

Έτσι, το ζητούμενο δεν είναι η ποσότητα της ύλης, αλλά η ορθή διάρθρωσή της που οδηγεί στη δόμηση της προς κατάκτηση γνώσης. Σημαντικό βέβαια είναι και το πώς το μαθηματικό πρόβλημα θα ενταχθεί από τον εκπαιδευτικό στη μαθησιακή διαδικασία της τάξης (διασυνδέσεις με αμέσως προηγούμενες γνώσεις, ανάδυση του προβλήματος από επιστημολογικά κενά της προηγούμενα διδαγμένης ύλης, αναφορά σε πραγματικά προβλήματα άλλων – μη μαθηματικών – αντικειμένων διδασκαλίας). Υιοθετήθηκε, δηλαδή, η άποψη (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2011: 8) ότι:

Σημαντικό στοιχείο του μαθηματικού τρόπου σκέψης αποτελεί η ικανότητα δημιουργίας συνδέσεων. Οι μαθητές κατανοούν σε βάθος τα Μαθηματικά, όταν συνειδητοποιούν τις σχέσεις μεταξύ μαθηματικών εννοιών και διαδικασιών, καθώς και ότι τα Μαθηματικά είναι μια επιστήμη που συγκροτείται στη βάση λογικών σχέσεων και δομών.

Πρώτο παράδειγμα μετάβασης μεταξύ εννοιών

Αφού ολοκληρωθεί η διδασκαλία της ενότητας της πρόσθεσης και αφαίρεσης ομώνυμων κλασμάτων, δίνεται στους μαθητές η παρακάτω δραστηριότητα:

Ο Αντώνης κάθισε τη Δευτέρα στον υπολογιστή του δύομισι ώρες.

- A) Αν ο Αντώνης καθίσει και την Τρίτη την ίδια ώρα στον υπολογιστή του, πόση ώρα θα κάθεται συνολικά στον υπολογιστή του και τις δύο ημέρες;
- B) Επειδή, όμως, η μητέρα του κατάλαβε ότι πέρασε αρκετή ώρα στον υπολογιστή τη Δευτέρα, του είπε ότι την Τρίτη θα καθίσει στον υπολογιστή του τρία τέταρτα της ώρας. Πόση ώρα θα καθίσει, τελικά, στον υπολογιστή ο Αντώνης το διήμερο Δευτέρα - Τρίτη;

Προσδοκία της παραπάνω δραστηριότητας, είναι να πραγματοποιηθεί μία ομαλή μετάβαση μεταξύ ομώνυμων και ετερόνυμων κλασμάτων. Θεωρήθηκε ότι οι μαθητές θα ανταποκριθούν με άνεση στο πρώτο ερώτημα, μιας και μόλις το έχουν διδαχθεί. Προχωρώντας όμως στο δεύτερο ερώτημα, οι μαθητές παροτρύνονται να υπολογίσουν τη συνολική ώρα με το νου (πιθανά και με το μάτι στο ρολόι τους, σε μια άτυπη, αν και προφανή, επίλυση), μιας και η μεθοδολογία επίλυσης δε διαφέρει από το πρώτο ερώτημα, ώστε να αντιληφθούν ότι δεν μπορούν να ακολουθήσουν τον ίδιο τρόπο επίλυσης του προβλήματος που ακολούθησαν για το πρώτο ερώτημα. Προκύπτει έτσι η αναγκαιότητα τοποθέτησης, στο συγκεκριμένο σημείο, της έννοιας των ισοδύναμων κλασμάτων, έννοια απαραίτητη πριν τη μετάβαση στην πρόσθεση και αφαίρεση ετερόνυμων κλασμάτων.

Δεύτερο παράδειγμα μετάβασης μεταξύ εννοιών

Με τον ίδιο τρόπο, μόλις ολοκληρωθεί η διδασκαλία της ενότητας των κλασμάτων, δίνεται στους μαθητές η εξής δραστηριότητα:

Δύο δίδυμα αδέρφια, ο Δημήτρης με τον Παναγιώτη, διαφωνούν για το ποιος από τους δύο είναι πιο ψηλός. Και οι δύο πήγαν πριν από δύο χρόνια να βγάλουν δελτίο για τις αθλητικές

δραστηριότητες που συμμετείχε το σχολείο. Το ύψος που είναι γραμμένο στο δελτίο του Δημήτρη είναι ένα μέτρο και είκοσι τέσσερα εκατοστά. Ο Δημήτρης σε αυτά τα δύο χρόνια ψήλωσε κατά εβδομήντα δύο χιλιοστά. Το ύψος που είναι γραμμένο στο δελτίο του Παναγιώτη είναι ένα μέτρο και είκοσι ένα εκατοστά. Ο Παναγιώτης σε αυτά τα δύο χρόνια ψήλωσε κατά εννιά εκατοστά. Ποιο από τα δύο αδέρφια είναι σήμερα πιο ψηλό;

Μέσα από αυτήν τη δραστηριότητα, αναμένεται να πραγματοποιηθεί μια ομαλή μετάβαση μεταξύ κλασμάτων και δεκαδικών αριθμών. Οι μαθητές καλούνται να διαβάσουν φωναχτά το πρόβλημα, και στην προσπάθειά τους να αριθμητικοποιήσουν τις πληροφορίες του προβλήματος, συνειδητοποιούν με αυτό τον τρόπο τη συνάφεια των δεκαδικών κλασμάτων με τους δεκαδικούς αριθμούς που έχουν διδαχθεί σε προηγούμενη σχολική χρονιά. Εκτιμήθηκε ότι οι μαθητές δε θα αντιμετωπίσουν κάποια δυσκολία στο να προτείνουν ότι για να λυθεί το παραπάνω πρόβλημα πρέπει να αθροιστούν οι δύο ποσότητες για το ένα παιδί και οι δύο ποσότητες για το άλλο παιδί. Σε αυτό το σημείο, και με καθοδηγούμενη διερεύνηση του προβλήματος, οι μαθητές παρωθούνται να ανακαλέσουν τις γνώσεις τους για τους δεκαδικούς αριθμούς. Στόχος αυτής της διερεύνησης είναι να αποδοθούν οι δεκαδικοί αριθμοί ως ισοδύναμοι των κλασμάτων και αντίστοιχοι του δεκαδικού συστήματος αρίθμησης, να συνδεθούν φυσιολογικά με την καθημερινότητα των μαθητών και τέλος να αναδειχθεί ότι οι δεκαδικοί αριθμοί είναι η προφανής λεκτική απόδοση των αριθμών. Με αυτόν τον τρόπο, θεωρείται ότι η επίλυση του προβλήματος με χρήση δεκαδικών αριθμών δεν είναι μηχανιστική αλλά επιλέξιμη.

Διδακτικές προεκτάσεις

Συνοψίζοντας, διδάχθηκαν συγγενείς έννοιες με χρονική εγγύτητα, ώστε να αναδεικνύεται ακριβώς αυτή η συγγένεια, αλλά και να παρέχεται η δυνατότητα στο μαθητή για ένα **παιχνίδι επιλογής** μεταξύ μεθόδων επίλυσης που διαχειρίζονται ίδιοι τύπου προβλήματα.

Εκτιμήθηκε ότι με αυτές τις αλλαγές που έγιναν, καθώς και με τον τρόπο διδασκαλίας που ακολουθήθηκε, τα παιδιά παροτρύνονται να **αξιολογούν τις μεθόδους** που θα δύναται να επιλέξουν όταν είναι αντιμέτωπα με κάποιο πρόβλημα και όχι να επικαλούνται μηχανιστικά έναν στερεότυπο τρόπο λύσης. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται να δίνονται μνημονικοί κανόνες, μιας και είναι *«αμφίβολη η προσφορά τους στη μαθηματική γνώση»* (Πετρόπουλος, 1993: 258).

Επίσης, δεν είναι εκτός της παρούσας διερεύνησης και ο προβληματισμός για τις μακροσκελείς αλυσίδες διαδοχικών γνώσεων που φαίνεται να απαιτεί η παρούσα εγκύκλια διδακτέα ύλη των Μαθηματικών (κυρίως, βέβαια, στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση). Εκτιμήθηκε ότι η διαμόρφωση των **διαδοχών εξ' ανάγκης**, που περιγράφηκε παραπάνω, αντιστοιχεί σε μια πρώτη επεξεργασία του ερωτήματος - παιδαγωγικού προβλήματος που τέθηκε, περιλαμβάνοντας, τις απαραίτητες για την υποστήριξη της νέας γνώσης, παλαιότερες έννοιες και την εισαγωγή μεθόδων εκεί που προκύπτει η ανάγκη τους και με επιλογή αυτής της εισαγωγής που υποστηρίζεται ακριβώς από τη διδαγμένη μεθοδολογία επιλογής βέλτιστης μεθόδου.

Παράδειγμα του «παιχνιδιού» επιλογής μεθόδου

Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι:

Στην αποθήκη ενός συνεταιρισμού κατά το μήνα Σεπτέμβριο υπήρχαν $\frac{3}{4}$ του τόνου πατάτες.

Το μήνα Οκτώβριο προστέθηκαν $\frac{1}{2}$ του τόνου πατάτες και το μήνα Νοέμβριο προστέθηκαν

άλλα $\frac{9}{10}$ του τόνου πατάτες. Σε ένα άλλο συνεταιρισμό κατά το μήνα Σεπτέμβριο υπήρχαν

0,75 τόνοι πατάτες. Το μήνα Οκτώβριο προστέθηκαν 0,5 τόνοι πατάτες και το μήνα Νοέμβριο προστέθηκαν 0,9 τόνοι πατάτες. Ποιος από τους δύο συνεταιρισμούς έχει τους περισσότερους τόνους πατάτες;

Η διατύπωση του προβλήματος θα μπορούσε να γίνει λεκτικά σε ό,τι αφορά την πρώτη περίοδο. Θεωρούμε εδώ δεδομένο ότι η άμεση καταγραφή των δεδομένων θα γίνει με τον τρόπο που παρουσιάζουμε. Μόλις ολοκληρωθούν οι διεργασίες επίλυσης, οι διδασκόμενοι αντιλαμβάνονται ότι οι ποσότητες ήταν ακριβώς οι ίδιες και το μόνο που διέφερε ήταν η διαδικασία, αλλά και η διαφορετική ευκολία (κάτι που θα τονιστεί) εκτέλεσης των πράξεων.

Δεύτερη χορήγηση «φύλλου δραστηριοτήτων»

Ολοκληρώνοντας τη διδασκαλία των Μαθηματικών της Ε Δημοτικού σύμφωνα με τις παραπάνω αλλαγές, και στα πλαίσια ευρύτερης διερεύνησης θεμάτων διδακτικής και διδασκαλίας (Βασιλείαδης & Στράντζαλος, 2014), δόθηκε στο τέλος της σχολικής χρονιάς σε 40 μαθητές και μαθήτριες το ίδιο φύλλο εργασίας με εκείνο που δόθηκε την προηγούμενη σχολική χρονιά (πρβλ Πρώτη χορήγηση φύλλου δραστηριοτήτων). Επιλέχθηκαν οι ίδιες σχολικές μονάδες που επιλέχθηκαν την προηγούμενη σχολική χρονιά, ώστε τα ποιοτικά αποτελέσματα να είναι συγκρίσιμα (προτιμήθηκε και πάλι να γίνει ποιοτικός και όχι ο ποσοτικός χαρακτηρισμός των στοιχείων των σχεδίων επίλυσης των μαθητών που υπήρχαν στα φύλλα αξιολόγησης). Οι 17 από το σύνολο των 40 μαθητών ακολούθησαν μέσα στη σχολική χρονιά τη διδακτική παρέμβαση που περιγράφηκε πιο πάνω, ενώ οι υπόλοιποι 23 ακολούθησαν την πορεία ακολουθίας των εννοιών όπως προτείνεται στο σχολικό εγχειρίδιο. Οι μαθητές είδαν τα προβλήματα του «φύλλου δραστηριοτήτων» για πρώτη φορά μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης. Σκοπός και πάλι ήταν να διερευνηθεί το κατά πόσον τα παιδιά μπορούσαν να συνδυάσουν έννοιες, ώστε να προχωρήσουν σε ένα σχέδιο επίλυσης των δραστηριοτήτων.

Κατέστη σαφές και σε αυτούς τους μαθητές, ότι μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν όποιο τρόπο επιθυμούσαν για να λύσουν το πρόβλημα, αφού το μελετήσουν και το κατανοήσουν. Παρατηρήθηκε ότι και οι 40 μαθητές απάντησαν το ερώτημα Α. Διέκριναν ότι οι ποσότητες είναι συγκρίσιμες και στη συνέχεια προχώρησαν στην καταγραφή της σωστής απάντησης. Αρκετοί μαθητές, καταστρώνοντας το σχέδιο επίλυσης του πρώτου ερωτήματος, κατέγραψαν τις ποσότητες σε σειρά (είτε ξεκινώντας από τη μέρα που ο

πατέρας του Παναγιώτη ταξίδεψε λιγότερο, είτε από τη μέρα που ταξίδεψε περισσότερο, χρησιμοποιώντας τα σύμβολα της ανισότητας). Επομένως, μέχρι στιγμής, παρουσιάζονται αρκετές ομοιότητες μεταξύ των 17 παιδιών που ακολούθησαν τη διδακτική μεθοδολογία που περιγράφηκε παραπάνω με τα παιδιά που δεν την ακολούθησαν και κατά την προηγούμενη αλλά και κατά την ίδια σχολική χρονιά.

Ως προς το ερώτημα Β όμως, υπήρξε μία διαφοροποίηση στα σχέδια επίλυσης. Πιο συγκεκριμένα, 15 από τα 17 παιδιά της «τάξης – παρέμβασης» αποτύπωσαν τους αριθμούς με τη δεκαδική τους μορφή και στη συνέχεια προχώρησαν στην πρόσθεση, είτε με το νου είτε κάθετα. Αυτοί οι 15 οι μαθητές έγραψαν ολοκληρωμένα και την απάντηση του προβλήματος. Κατανόησαν δηλαδή το πρόβλημα πολύπλευρα, κατέστρωσαν ένα σχέδιο επίλυσης και προχώρησαν στη λύση του προβλήματος ακολουθώντας τη γρηγορότερη διαδικασία εκτέλεσης των πράξεων. Αντίθετα, μόνο 2 από τα υπόλοιπα 23 παιδιά που ακολούθησαν κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς την πορεία ακολουθίας των ενοτήτων που προτείνεται στο σχολικό εγχειρίδιο κατάφεραν να αναπτύξουν και να ολοκληρώσουν ένα ολοκληρωμένο σχέδιο επίλυσης. Οι υπόλοιποι 21 μαθητές και μαθήτριες δεν είχαν την ευχέρεια να προχωρήσουν στην ορθή λύση του δεύτερου ερωτήματος, είτε μην απαντώντας καθόλου, είτε απαντώντας εσφαλμένα, είτε αποτυπώνοντας αρχικά σωστά την πράξη της πρόσθεσης των τριών αριθμών του προβλήματος, αδυνατώντας όμως να προχωρήσουν στην πρόσθεση των ποσοτήτων σωστά (κάτι που παρατηρήθηκε στα φύλλα δραστηριοτήτων των παιδιών της Ε Δημοτικού της προηγούμενης σχολικής χρονιάς).

Αποτίμηση της παρέμβασης

Η αποτίμηση της παρούσας παρέμβασης, δείχνει ότι υπάρχει μία σημαντική διαφορά στα φύλλα αξιολόγησης μεταξύ των μαθητών που ακολούθησαν τη μεθοδολογία του σχολικού εγχειριδίου και των μαθητών που ακολούθησαν τη μεθοδολογία που περιγράφηκε και εφαρμόστηκε. Οι περισσότεροι μαθητές (15 από τους 17) δεν έγραψαν τους αριθμούς με την κλασματική τους μορφή (μιας και οι δύο από τους τρεις αριθμούς στην εκφώνηση του μαθηματικού προβλήματος είναι γραμμένοι με αυτό τον τρόπο), προφανώς διότι γνώριζαν εξ αρχής πως αν έγραφαν τους αριθμούς με την κλασματική τους μορφή, θα έπρεπε να ακολουθήσουν μια πιο χρονοβόρα διαδικασία επίλυσης. Αντ' αυτού, οι περισσότεροι μαθητές έγραψαν τους αριθμούς με τη δεκαδική τους μορφή (κάτι που υποδεικνύει πως δεν αλλοιώθηκε η μεθοδολογική τους επιλογή από τη μορφή της αριθμητικής παράστασης).

Από τα παραπάνω, μπορεί να υποστηριχθεί ότι είναι σημαντικό οι μαθητές, αφού κατανοήσουν αρχικά το πρόβλημα, να μπορούν να καταστρώνουν ένα σχέδιο επίλυσης, στο οποίο να αποτιμάται η πιο προφανής και ευκολότερη μέθοδος επίλυσης του. Θεωρείται δηλαδή, ότι έχει παιδευτική αξία το να μπορούν οι μαθητές να «ελίσσονται» μεταξύ αρκετών τρόπων επίλυσης προβλήματος και να επιλέγουν τον κατάλληλο, όπως αυτός καθορίζεται από το πλαίσιο στο οποίο εντάσσεται το μαθηματικό πρόβλημα.

Επίσης, το γεγονός ότι χορηγήθηκε το «φύλλο δραστηριοτήτων» σε δύο σχολικές χρονιές επιβεβαιώνει ότι η παρέμβαση ήταν αυτή που άλλαξε τη δυνατότητα των μαθητών και των μαθητριών να ανταποκρίνονται στο «φύλλο δραστηριοτήτων».

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ανεξάρτητα από διδακτικές στάσεις και θεωρίες, η διδασκαλία αποτελεί ένα εργαστήριο συνεχούς πειραματισμού. Στόχος είναι να δημιουργηθούν διαδικασίες ζωντανές που θα απελευθερώνουν τη δυναμική της δημιουργικότητας και θα κάνουν τους μαθητές που συμμετέχουν σε αυτές πιο ελεύθερους, αυτόνομους, δημιουργικούς και θα τους προκαλούν ευχαρίστηση. Έτσι, έννοιες όπως η εξερεύνηση και η γνωσιακή κατάρτιση, θα αποκτούν υπόσταση καθημερινά στη διδακτική πράξη και κατά συνέπεια στη σχολική ζωή. Παραμένουν, βέβαια, προς επεξεργασία το πώς και προς ποια κατεύθυνση θέλουμε / επιδιώκουμε να διευρύνονται τα «εσωτερικά κίνητρα» και τι νοείται ως ευχαρίστηση σε μια μαθησιακή διαδικασία, ειδικότερα στο μάθημα των Μαθηματικών.

Το πραγματικό πρόβλημα που αναφέρεται εδώ είναι το κατά πόσον ένα Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών μπορεί να περιλάβει κι ενσωματώσει τέτοιες «άτυπες» διαδικασίες, κατά πόσον είναι ή / και καθίστανται έτοιμοι ν' ανταποκριθούν στις απαιτήσεις που η προηγούμενη απαίτηση εγείρει οι ίδιοι οι διδάσκοντες.

Σε αντίθεση με την καθιερωμένη άποψη πως μαθαίνεις μόνο με ένα τρόπο, μέσω καθιερωμένων προγραμμάτων, θεωρούμε πως μαθαίνεις να σκέφτεσαι έχοντας ήδη εμπλακεί σε νοητικές διαδικασίες επεξεργασίας - επίλυσης προβλημάτων.

Στην πρότασή μας επιδιώχθηκε σε ένα καθαρά διδακτικό – μαθησιακό πλαίσιο, αυτό της επίλυσης προβλήματος, να διαμορφωθούν οι μαθησιακές καταστάσεις που θα υποστηρίζουν την εισαγωγή καινούριας έννοιας με βάση προβλήματα που αυτή λύνει καλύτερα από προηγούμενες, αλλά και τη μεθοδολογία που υποστηρίζει το προηγούμενο, δηλαδή ο αριθμητικός ορθολογισμός που υποδεικνύει την κάθε φορά βέλτιστη μέθοδο. Τα προηγούμενα εντάχθηκαν όχι σε ένα φορμαλισμού και δυσνόητων όρων πλαίσιο, αλλά στο, με ξεκάθαρους στόχους και επιλογές, πλαίσιο των Ρεαλιστικών Μαθηματικών.

Με βάση τα παραπάνω, η παρούσα πρόταση δε λύνει απευθείας τα χέρια των εκπαιδευτικών ως προς τη λεγόμενη διεκπεραίωση του μαθήματος, ωστόσο εγείρει προβληματισμό και, στο πλαίσιο της απαιτούμενης και διδακτικώς λελογισμένης αυτονομίας, γεννά έρευνα, χαρακτηριστικά γνωρίσματα ενός μάχιμου - πραγματικού δασκάλου (Στράντζαλος, 2012).

Σε ότι αφορά την παιδαγωγική σκοπιά της πρότασής μας, πιστεύουμε ότι με αυτό τον τρόπο δεν καθίσταται σημαντικό το δύσκολο, αλλά αυτό που παρέχει και περιέχει πληροφορία και μέθοδο, εκείνο, δηλαδή, που αποτιμάται ότι εμπεριέχει κι απελευθερώνει παιδευτικό κι όχι μόνο μαθησιακό ίζημα, το οποίο συνεπιφέρει και τη διαμόρφωση συγκεκριμένης (επιστημολογικής) κουλτούρας.

Προσδοκούμε από την Ε Δημοτικού να εφαρμοστούν οι μέθοδοι και οι μεθοδολογίες της Αριθμητικής στην καθημερινότητα του μαθητή, μέσα από προβλήματα «ανοικτού τύπου» (Aragac et al., 1988), όπου:

- το παιδευτικό ίζημα θα προκύπτει όταν ο μαθητής κινείται αξιολογώντας από το απλό στο πολύπλοκο χάρις στην μέθοδο, κι όχι χάρις στην εξαιρετική ικανότητά του να επιλύει προβλήματα,
- τα απαιτούμενα εργαλεία για μία απάντηση σε καθένα από τα σχετικά προβλήματα δε θα υπερβαίνουν το πλαίσιο των μαθηματικών γνώσεων των μαθητών, αλλά και η εκφώνησή τους δε θα «προδίδει» τη μέθοδο για την οποία απάντησή τους, η οποία δε θα πρέπει να είναι μονοσήμαντη, (Afsac et al., 1988) και
- τα προβλήματα θα έχουν χροιά πραγματικής κατάστασης, η εκφώνησή τους θα επιδέχεται, πιθανώς πολλαπλές, ερμηνείες και η κατάσταση του στρατηγικού πλάνου για την επίλυσή τους θα προϋποθέτει συμπληρώσεις των δεδομένων με τεκμηριωμένες επεξηγήσεις και παραδοχές, που δεν ορίζονται μονοσήμαντα (ό.π.).

Προκύπτει, επομένως, η ανάγκη δημιουργίας μιας θεσμοθετημένης αυτοαξιολόγησης (στο περιβάλλον της τάξης ως κοινότητας) που θα ενεργοποιεί στρατηγικές αντιμετώπισης προβλημάτων, αφού πρώτα θα έχει διαμορφώσει κριτήρια και αποτελέσματα που οι μαθητές θα αποδέχονται με ενσυνείδητο ορθολογισμό. Πιο συγκεκριμένα, στο προηγούμενο πάντα πλαίσιο, επιδιώκεται οι μαθητές να ασχολούνται με αντικείμενα στα οποία δε θα είναι αποκλειστικός στόχος τους να βρουν το σωστό ή το λάθος, αλλά να αξιολογούν το βέλτιστο αποφασίζοντας τι θα κάνουν από εδώ και πέρα.

Θεωρούμε πως μέσα από τέτοιες διαδικασίες (που είναι ευκατὰ να είναι και ομαδοσυνεργατικές), δίνονται ευκαιρίες να γίνει πιο φιλική η ατμόσφαιρα της τάξης, αποσπώντας την από τη στεγνή ασκησιολογία (επικέντρωση στο φορμαλισμό και στην ανάκληση, με συμπεριφοριστικό τρόπο, τύπων), και να διασυνδεθούν τα Μαθηματικά με τις εφαρμογές τους, δίνοντας μια μερική απάντηση στο εύλογο ερώτημα των μαθητών: *«γιατί Μαθηματικά;»* (Στράντζαλος, 2014), ταυτόχρονα διαμορφώνοντας, στο πλαίσιο που εισηγείται, για παράδειγμα, η Κριτική Παιδαγωγική, κατάλληλο κλίμα για εναλλακτικές αξιολογήσεις που αντί να κατηγοριοποιούν και να συντελούν σε ανταγωνιστικό κλίμα, θα παρωθούν και θα δημιουργούν προϋποθέσεις θετικού κοινωνικού ιζήματος για το αντικείμενο των Μαθηματικών.

Η μεθοδολογία αυτή έχει τη ματιά στραμμένη και στην «μετάβαση» από το Δημοτικό στο Γυμνάσιο, αφού το πλαίσιό της συμβάλλει στην ομαλή μεταφορά κατακτήσεων και κριτηρίων μεταξύ των δύο βαθμίδων διατηρώντας την ισχύ της. Κάτι τέτοιο, βέβαια, θεωρείται πως δεν είναι ανεξάρτητο της μεθοδολογικής επάρκειας του διδάσκοντα και της δυνατότητάς του να διαμορφώνει το διδακτέο αντικείμενο μην αναπαράγοντας απλώς το ΑΠΣ (Βασιλειάδης & Στράντζαλος, 2014: 1).

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συναδέλφους εκπαιδευτικούς Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Λέττα Τζανάκη, κι όχι μόνο για τις πολλαπλές αναγνώσεις κι επιμελημένες παρεμβάσεις της στο κείμενο, και Αθανάσιο Στράντζαλο, τόσο για τις δημιουργικές συζητήσεις που είχαμε και συνεχίζουμε να έχουμε, όσο και για την πολύτιμη βοήθειά του στην περάτωση της παρούσας εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επίκουρη

καθηγήτρια του Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ., κυρία Δέσποινα Δεσλή, για τα σχόλια και τις επισημάνσεις της σε ότι αφορά τη συγγραφή της εργασίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Arcavi, A. (2005). Developing and Using Symbol Sense in Mathematics. *For the Learning of Mathematics*, vol. 25, num. 2, pp. 42-48.
- Arsac, G., & Germain, G., & Mante, M. (1988). *Problème ouvert et situation-problème*. Lyon: IREM de Lyon.
- Baruk, S. (1993). Πώς να περάσουμε από το ιδιαίτερο στη Γενική Παιδεία. Στο Φ. Καλαβάσης & Μ. Μειμάρης (Επιμ.), *Θέματα Διδακτικής Μαθηματικών II, 3η Διεθνής Επιστημονική Δημερίδα στη Διδακτική των Μαθηματικών, 26-27/03/1993* (σσ. 13-30). Ρόδος: Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Αιγαίου, 1994.
- Βασιλειάδης, Α. & Στράντζαλος, Α. (2014). Διερεύνηση της μετάβασης από το εκπαιδευτικό πλαίσιο της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης σε αυτό της Δευτεροβάθμιας: Μελέτη περίπτωσης για τα Μαθηματικά, *5^ο Συνέδριο της Ένωσης Ερευνητών της Διδακτικής των Μαθηματικών*, 14-16 Μαρτίου 2014 (ISSN: 1792-8494) Φλώρινα
- Βοσνιάδου, Σ. (2005). Τι είναι η ψυχολογία των Μαθηματικών. Στο Σ. Βοσνιάδου (Επιμ.), *Η Ψυχολογία των Μαθηματικών* (σσ. 13-26). Αθήνα: Gutenberg.
- Brousseau, G. (1984). The crucial role of the didactical contract in the analysis and construction of situations in teaching and learning mathematics. In: Steiner et al., *Theory of mathematics education*, occasional paper 54, Bielefeld, IDM, pp. 110-119
- Γαγάτσης, Α., - Λοΐζου, Ά., - Στυλιανού, Μ., - Τόφαρου, Στ. (2006). Διδακτικό Συμβόλαιο και Μάθηση των Μαθηματικών. Στο Ε. Φτιάκα, Α. Γαγάτσης, Ι. Ηλία, & Μ. Μοδέστου (Εκδ.), *Πρακτικά ΙΧ Παγκόπριου Συνεδρίου Παιδαγωγικής Εταιρείας Κύπρου & Κ.Ο.Ε.Ε.* (σσ. 39-54) (CD-ROM). Λευκωσία: Πανεπιστήμιο Κύπρου.
- Δαργέντα, Δ.-Ε. (2013). Συμβολή στον πειραματισμό στη χρήση ΤΠΕ για την υποστήριξη της γλωσσικής διδασκαλίας: μελέτη περίπτωσης για τα Γαλλικά στην Κομμωτική της ΕΠΑΣ (επαγγελματική εκπαίδευση), *7ο Πανελλήνιο Συνέδριο των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ - Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη, Σύρος 21-23 Ιουνίου 2013*, Τζιμόπουλος Ν. (επιμ.), Εκδόσεις Ε-Δίκτυο ΤΠΕΕ, Αθήνα, (978-960-89753-8-5 SET), 9 σελ.
- Fort, M. (1993). Σχολική και Εξωσχολική Μαθηματική Εκπαίδευση: Ο Ρόλος της Επιμόρφωσης. Στο Φ. Καλαβάσης & Μ. Μειμάρης (Επιμ.), *Θέματα Διδακτικής Μαθηματικών II, 3η Διεθνής Επιστημονική Δημερίδα στη Διδακτική των Μαθηματικών, 26-27/03/1993* (σσ. 55-66). Ρόδος: Πανεπιστήμιο Αιγαίου, 1994.
- Freudenthal, H. (1983). *Didactical Phenomenology of Mathematical Structures*. New York: Kluwer Academic / Plenum Publishers
- Greer, B. (1997). Modelling reality in mathematics classrooms. The case of word problems. *Learning & Instruction*, 7(4), 293-307.
- Κακαδιάρης, Χ., Μπελιτίσου, Ν., Στεφανίδης, Γ. & Χρονοπούλου, Γ. (2006) *Μαθηματικά Ε Δημοτικού*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.

- Καλδρυμίδου, Μ., Οικονόμου, Α., Οικονόμου, Π., Σακονίδης, Χ., Τζεκάκη, Μ. (2000), Αξιολόγηση των μαθηματικών γνώσεων μαθητών Στ' Δημοτικού και Γ' Γυμνασίου. Στο Κ. Τζανάκης (Επιμ.), *2η Δημερίδα Διδακτικής των Μαθηματικών*, 21-22 Απριλίου 2000 (σσ. 15-39), Ρέθυμνο
- Λεμονίδης, Χ. (1994). Στάση των δασκάλων ως προς τα Μαθηματικά και τη διδασκαλία τους. *ΜΑΚΕΔΟΝΟΝ*, Τεύχος 1, 73-83.
- Λιναρδάκης, Π. (1993). Η Περιπλάνηση των Μαθηματικών Εννοιών από το Σχολείο στο Φροντιστήριο. Στο Φ. Καλαβάσης & Μ. Μειμάρης (Επιμ.), *Θέματα Διδακτικής Μαθηματικών II*, 3η Διεθνής Επιστημονική Δημερίδα στη Διδακτική των Μαθηματικών, 26-27/03/1993 (σσ. 241-248). Ρόδος: Πανεπιστήμιο Αιγαίου, 1994.
- Μίχου, Α. & Μανταγούρας, Η. (2007). Ο έλεγχος και η αυτονομία ως διαστάσεις της παρακίνησης των μαθητών: Στάσεις και επιλογές υποψήφιων δασκάλων. *ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ*, Τόμος 14 (Τεύχος 4), σελ. 346-366.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2011). Πρόγραμμα Σπουδών για τα Μαθηματικά στην υποχρεωτική Εκπαίδευση, ΕΣΠΑ 2007-13\Ε.Π. Ε&ΔΒΜ\Α.Π. 1-2-3 «ΝΕΟ ΣΧΟΛΕΙΟ(Σχολείο 21ου αιώνα) – Νέο Πρόγραμμα Σπουδών, Οριζόντια Πράξη» MIS: 295450
- Πετρόπουλος, Θ. (1993). Μεθοδολογία στο Φροντιστήριο, Πανάκεια ή Τροχοπέδη για τη Μαθηματική Γνώση; Στο Φ. Καλαβάσης & Μ. Μειμάρης (Επιμ.), *Θέματα Διδακτικής Μαθηματικών II*, 3η Διεθνής Επιστημονική Δημερίδα στη Διδακτική των Μαθηματικών, 26-27/03/93 (σσ. 249-258). Ρόδος: Πανεπιστήμιο Αιγαίου, 1994.
- Resnick, L. B. (2005). Αναπτύσσοντας τη Μαθηματική Γνώση. Στο Σ. Βοσνιάδου (Επιμ.), *Η Ψυχολογία των Μαθηματικών* (σσ. 128-153). Αθήνα: Gutenberg.
- Στράντζαλος, Π. (2012). Ο Δάσκαλος. *Θέματα Μαθηματικής Εκπαίδευσης και Επιμόρφωσης*, Τόμος 1ος, 7-20.
- Στράντζαλος, Π. (2014). Τι είναι επιτέλους τα Μαθηματικά; - Μέρος 1ο: Τα Μαθηματικά υπό το πρίσμα της Ιστορίας και της αμφίπλευρης αλληλεπίδρασής τους με τον πολιτισμό. *Θέματα Μαθηματικής Εκπαίδευσης και Επιμόρφωσης*, Τόμος 2ος, 7-36.
- Τράχηλου, Ε., Χρίστου, Ζ., & Λεμονίδης, Χ., (2008). Οι άτυπες στρατηγικές που χρησιμοποιούν οι μαθητές στον πολλαπλασιασμό. *Πρακτικά 10^{ου} Παγκόπριου Συνεδρίου Μαθηματικής Παιδείας και Επιστήμης*, 1-3 Φεβρουαρίου, σελ. 449-462, Πάφος.
- Verschaffel, L., Greer, B., & DeCorte, E. (2000). *Making sense of word problems*. Lisse, TheNetherlands: Sweets & Zeitlinger.
- Φραγκουδάκη, Α. (2011). *Κίνημα των 10: Ριζικές Αλλαγές στα Σχολεία*. Ανακτήθηκε 28/4/11, από <http://www.protagon.gr/?i=protagon.el.article&id=6363>
<http://www.protagon.gr/?i=protagon.el.article&id=6363>

Ανάπτυξη και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για τα ηλεκτρικά κυκλώματα σε μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου

Στέλλα Θεοφάνους¹ και Μιχάλης Σκουμιάς²

¹ Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, theo.stella.86@gmail.com

² Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Αιγαίου, skoumios@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αποσκοπεί στη διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Αναπτύχθηκε εκπαιδευτικό υλικό για τα ηλεκτρικά κυκλώματα βασισμένο στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία και τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών με χρήση προσομοιώσεων, το οποίο εφαρμόστηκε σε 41 μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Επίσης, συγκροτήθηκε ερωτηματολόγιο για τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, το οποίο δόθηκε στους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια και στα φύλλα εργασίας του εκπαιδευτικού υλικού. Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές έτειναν να ενεργοποιούν αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση, μετά τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές έτειναν να ενεργοποιούν αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Επιπρόσθετα, μελετήθηκε η εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών σε όλη τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: εκπαιδευτικό υλικό, εποικοδομητική προσέγγιση, ηλεκτρικά κυκλώματα, μάθηση Φυσικών Επιστημών

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία εντάσσεται στο ευρύτερο χώρο των μελετών που διερευνούν την αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών, μέσω κατάλληλα σχεδιασμένων διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται σε ερευνητικά δεδομένα (Baviskar, Hartle, & Whitney, 2009; Skoumios, 2013; Skoumios & Hatzinikita, 2006). Ειδικότερα, επικεντρώνεται στη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης στις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα.

Η αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, επιδιώκεται μέσα από την εμπλοκή των μαθητών με εκπαιδευτικό υλικό που εδράζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών με χρήση επιστημονικών πρακτικών (βλ. θεωρητικό πλαίσιο).

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε η εννοιολογική περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων για τρεις λόγους. Ο πρώτος λόγος σχετίζεται με το ότι τα ηλεκτρικά κυκλώματα συνδέονται με καταστάσεις της καθημερινής ζωής. Ο δεύτερος λόγος αφορά στο ότι στην πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και συγκεκριμένα στα αναλυτικά τους προγράμματα έχει ενταχθεί η εννοιολογική περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Ο τρίτος λόγος σχετίζεται με το ότι στη σχετική βιβλιογραφία για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές συνήθως εκδηλώνουν αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση (ενδεικτικά: Psillos, Koumaras & Valassiades, 1987).

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζεται το εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε για τη διδακτική επεξεργασία των αντιλήψεων των μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα καθώς επίσης και η αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων από την υλοποίηση αυτού του εκπαιδευτικού υλικού σε μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ο μαθητής κατασκευάζει ενεργητικά τη γνώση μέσα από γνωστικές, κοινωνικές και πολιτισμικές διαδικασίες, σύμφωνα με τις εποικοδομητικές απόψεις για τη μάθηση (NGSS Lead States, 2013). Μια βασική θέση των εποικοδομητικών απόψεων για τη μάθηση υποστηρίζει ότι οι μαθητές κατέχουν αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών οι οποίες έχουν διαμορφωθεί από τις εμπειρίες τους (Driver, Guesne & Tiberghien, 1985). Προκειμένου να σχεδιαστεί αποτελεσματικά το μαθησιακό περιβάλλον αυτές οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών αποτελούν το υπόβαθρο για την σχεδίαση και ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας. Κρίνεται αναγκαίο οι μαθητές, μέσω του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας, να συνειδητοποιήσουν τις αρχικές αντιλήψεις τους και τις αντιλήψεις των συμμαθητών τους, να τις διαπραγματευτούν και να τις τροποποιήσουν (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007).

Η διανοητική και πρακτική εργασία που σχετίζεται με την επεξεργασία και την αναθεώρηση των αντιλήψεων εδράζεται στην εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές (NRC, 2012). Ο όρος επιστημονικές πρακτικές αναφέρεται στις κύριες πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον κόσμο (NRC, 2012). Τα τελευταία χρόνια ο όρος επιστημονικές πρακτικές χρησιμοποιείται αντί του όρου δεξιότητες διερεύνησης για να δώσει έμφαση στο ότι η εμπλοκή με την επιστημονική έρευνα απαιτεί όχι μόνο δεξιότητες αλλά και γνώση γύρω από κάθε μια πρακτική που ακολουθείται (NRC, 2012). Υποστηρίζεται ότι η ενεργός εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές μπορεί να τους βοηθήσει να οικοδομήσουν ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007).

Έχουν προταθεί διάφορα παιδαγωγικά πλαίσια (διδασκτικά μοντέλα) για τη σχεδίαση του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας που αποσκοπούν στη μάθηση ιδεών και εννοιών των Φυσικών Επιστημών. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται το μοντέλο της εποικοδομητικής διδασκαλίας των Driver και Oldham (1986), ο μαθησιακός κύκλος των White et al. (1999), τα μαθησιακά μοντέλα 5E του Bybee (1997) και 7E του Eisenkraft (2003), το διδασκτικό πλαίσιο EIMA των Schwarz και Gwekwerere (2007), το μοντέλο 4EX2 των Marshall et al. (2009) και το πλαίσιο των Minner et al. (2010). Παρά τις διαφοροποιήσεις τους τα μοντέλα αυτά αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού, υποστηρίζουν τον εκπαιδευτικό και οργανώνουν τη διδακτική ακολουθία ώστε οι μαθητές να έχουν πολλαπλές ευκαιρίες να κατανοήσουν τις ιδέες και τις έννοιες μέσω της πρακτικής, της ανατροφοδότησης, της αναθεώρησης και του αναστοχασμού.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ

Η μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αλλά και φοιτητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα απετέλεσε το αντικείμενο πολλών ερευνών (ενδεικτικά: Borges & Gilbert 1999; Engelhardt & Beichner, 2004; Κολτσάκης & Πιερράτος, 2006; Κουμαράς, Ψύλλος, Βαλασιάδης, & Ευαγγελινός, 1990; Osborne & Freyberg, 1985; Παρασκευάς & Αλιμήσης, 2007; Shipstone, 1984).

Οι αντιλήψεις των μαθητών για το πώς λειτουργεί ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα συγκροτούν νοητικά μοντέλα, μερικά από τα οποία είναι τα ακόλουθα (Κουμαράς, Ψύλλος, Βαλασιάδης, & Ευαγγελινός, 1990):

(α) «Μονοπολικό» μοντέλο: προκειμένου να λειτουργήσει ένα απλό κύκλωμα με πηγή και λάμπα και να ανάψει η λάμπα χρειάζεται μόνο ένας αγωγός που να συνδέει την πηγή με τον καταναλωτή.

(β) Μοντέλο των «συγκρουόμενων ρευμάτων»: το κύκλωμα διαρρέεται από δύο ρεύματα, με αντίθετες φορές, τα οποία «συγκρούονται» στη λάμπα και προκαλούν τη φωτοβολία της.

(γ) Μοντέλο της «εξασθένισης του ρεύματος»: το ηλεκτρικό κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα μίας, σταθερής φοράς. Ένα μέρος του ηλεκτρικού ρεύματος «καταναλώνεται» στο εσωτερικό της λάμπας.

(δ) «Επιστημονικό» μοντέλο: Το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει στο κύκλωμα κατά μία σταθερή φορά και διατηρείται.

Επίσης, όταν οι μαθητές προβλέπουν τη λαμπρότητα ενός λαμπτήρα συνδεδεμένου με συνδυασμό μπαταριών ή λαμπτήρα ο οποίος περιλαμβάνεται σε συνδυασμό λαμπτήρων χρησιμοποιούν ποσοτική αιτιακή σχέση μεταξύ του αριθμού λαμπτήρων και των μπαταριών που περιλαμβάνονται στο κύκλωμα, ενώ όταν προβλέπουν τη διάρκεια μπαταρίας συνδεδεμένης με συνδυασμό λαμπτήρων χρησιμοποιούν μια ποσοτική αιτιακή σχέση σε σχέση με τον αριθμό των λαμπτήρων που συνδέονται με την μπαταρία (Κουμαράς, Ψύλλος, Βαλασιάδης, & Ευαγγελινός, 1990, 1990).

Παρά το μεγάλο αριθμό των ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών για την εννοιολογική περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, είναι περιορισμένες οι έρευνες που

αφορούν σε διδακτικές παρεμβάσεις με στόχο την αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών (ενδεικτικά, Brna,1990; Carlsen & Andre, 1992; Ronen & Eliabou, 2000; Nikolopoulou & Cox 2003; Chabay & Sherwood, 2006; Σούλιος, Γωνίδα & Ψύλλος 2007; Afra, Osta & Zoubeir 2009; Κώτσης & Ευαγγέλου, 2011).

Οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σε αυτό το ερευνητικό πεδίο αφορούν κυρίως σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Brna,1990; Carlsen & Andre, 1992; Ronen & Eliabou, 2000; Nikolopoulou & Cox 2003; Chabay & Sherwood, 2006; Afra, Osta & Zoubeir 2009), ενώ είναι ιδιαίτερα περιορισμένος ο αριθμός των ερευνών που αναφέρονται σε μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Σούλιος, Γωνίδα & Ψύλλος, 2005; Κώτσης & Ευαγγέλου, 2011).

Επίσης, η αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των διδακτικών παρεμβάσεων στις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί έχει γίνει με τη βοήθεια ερωτηματολογίων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Δεν εντοπίζονται έρευνες που η αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των διδακτικών παρεμβάσεων να πραγματοποιείται μέσω της μελέτης του λόγου των μαθητών σε όλη τη διάρκεια των διδασκαλιών.

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Η εργασία αυτή εστιάζεται στη παραγωγή, εφαρμογή και αξιολόγηση ενός εκπαιδευτικού υλικού για τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης -με εκπαιδευτικό υλικό για τα ηλεκτρικά κυκλώματα που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών- στις αντιλήψεις των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Τα ζητήματα ως προς τα οποία μελετάται η εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα αφορούν: την έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος, τη φορά και τη διατήρηση του ηλεκτρικού ρεύματος στο ηλεκτρικό κύκλωμα, τη σύνδεση λαμπτήρα με την μπαταρία, τη φωτοβολία λαμπτήρων συνδεδεμένων σε σειρά και παράλληλα.

Ως επιμέρους ερευνητικοί στόχοι της παρούσας εργασίας τίθενται:

- (α) ο εντοπισμός και η καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα πριν την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού στη σχολική τάξη
- (β) ο εντοπισμός και η καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού στη σχολική τάξη
- (γ) η μελέτη της εξέλιξης των αντιλήψεων των μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα από την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού στη σχολική τάξη.

Η μελέτη της εξέλιξης των αντιλήψεων των μαθητών επιδιώκεται να πραγματοποιηθεί όχι μόνο με σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών σε ερωτηματολόγια πριν και μετά τη διδασκαλία αλλά και με τη μελέτη της εξέλιξης των αντιλήψεων των μαθητών σε όλη τη διάρκεια των διδασκαλιών.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ερευνητική διαδικασία

Η έρευνα διεξήχθη σε τρεις φάσεις. Στη πρώτη φάση, συγκροτήθηκε το ερωτηματολόγιο που εξέταζε τις αντιλήψεις των μαθητών και το εκπαιδευτικό υλικό για τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Στη δεύτερη φάση, πραγματοποιήθηκε η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων από τους μαθητές (πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση) και η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού στους μαθητές. Στη τρίτη φάση, αφού ολοκληρώθηκε η συλλογή των δεδομένων από τα ερωτηματολόγια και τα φύλλα εργασίας των μαθητών, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των δεδομένων και η εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Δείγμα

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε τον Μάρτιο και τον Απρίλιο του 2012 σε 41 μαθητές (δύο σχολικά τμήματα) της Ε΄ τάξης (18 αγόρια και 23 κορίτσια), που φοιτούσαν σε δημοτικό σχολείο της Ρόδου. Ο μέσος όρος ηλικίας των μαθητών κατά το χρόνο διεξαγωγής της έρευνας ήταν 11 ετών. Οι περισσότεροι μαθητές ανήκαν σε μέσο έως υψηλό κοινωνικοοικονομικό επίπεδο, σύμφωνα με την οικονομική και επαγγελματική κατάσταση των γονέων και όλοι οι μαθητές είχαν ελληνική υπηκοότητα. Επισημαίνεται, ότι πριν την υλοποίηση της έρευνας, οι μαθητές δεν είχαν διδαχθεί την εννοιολογική περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Το εκπαιδευτικό υλικό

Για της ανάγκες της παρούσας έρευνας αναπτύχθηκε εκπαιδευτικό υλικό για τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Το εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε αποτελείται από επτά ενότητες: (α) «πότε ανάβει το λαμπάκι», (β) «η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος», (γ) «η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος», (δ) «αγωγοί και μονωτές», (ε) «ο διακόπτης», (στ) «σύνδεση λαμπτήρων σε σειρά» και (ζ) «παράλληλη σύνδεση λαμπτήρων».

Η συγκρότηση του εκπαιδευτικού υλικού κάθε ενότητας βασίστηκε στις αντιλήψεις των μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα και στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών. Στο εκπαιδευτικό υλικό αξιοποιήθηκε η προσομοίωση του προγράμματος PhET για τα ηλεκτρικά κυκλώματα (<http://phet.colorado.edu/en/simulation/circuit-construction-kit-dc>). Το διδακτικό μοντέλο που ακολουθήθηκε για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού αποτελεί προσαρμογή του μαθησιακού μοντέλου 5E του Bybee (1997) και του διδακτικού πλαισίου EIMA των Schwarz και Gwekwerere (2007) που εμπλέκει τους μαθητές σε μια καθοδηγούμενη έρευνα εστιασμένη στην ανάδειξη, επεξεργασία και αναθεώρηση των αρχικών τους αντιλήψεων χρησιμοποιώντας επιστημονικές πρακτικές. Αυτό το διδακτικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού των επτά ενότητων περιλαμβάνει τις ακόλουθες πέντε φάσεις.

Ενεργοποίηση μαθητών, ανάδειξη των αρχικών αντιλήψεων

Κατά τη φάση αυτή (φάση I), οι μαθητές επεξεργάστηκαν ένα πρόβλημα το οποίο τους ζητούσε να προβούν σε προβλέψεις και εξηγήσεις. Αρχικά, οι μαθητές εργάστηκαν ατομικά και κατέγραψαν τις προβλέψεις και τις εξηγήσεις. Στη συνέχεια, συζήτησαν με τους συμμαθητές της ομάδας τους και εντόπισαν ομοιότητες και διαφορές στις απαντήσεις τους. Κάθε μαθητής προσπάθησε να υποστηρίξει την άποψή του και να πείσει τους συμμαθητές του για αυτή. Οι αντιπρόσωποι των ομάδων ανακοίνωσαν τα αποτελέσματα των συζητήσεων των ομάδων των μαθητών στην ολομέλεια των μαθητών της τάξης. Τέλος, οι μαθητές συζήτησαν σε επίπεδο τάξης και διατύπωσαν ερωτήματα για έρευνα.

Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας

Στη φάση αυτή (φάση II), οι μαθητές σχεδίασαν και πραγματοποίησαν έρευνες, ακολουθώντας τις ερωτήσεις στα φύλλα εργασίας τους, με σκοπό να απαντήσουν στα ερευνητικά ερωτήματα που διατύπωσαν στην προηγούμενη φάση. Κατέγραψαν ατομικές προβλέψεις, τις οποίες αιτιολόγησαν και συζήτησαν στην ομάδα, αναγνώρισαν τις μεταβλητές που υπεισέρχονταν στις έρευνες, πραγματοποίησαν έλεγχο των μεταβλητών, περιέγραψαν την πειραματική διαδικασία και υλοποίησαν τα πειράματα μέσω της προσομοίωσης. Κατέγραψαν και αιτιολόγησαν ατομικά τις παρατηρήσεις τους και έπειτα τις συζήτησαν στην ομάδα τους.

Συγκρότηση εξήγησης

Κατά τη φάση αυτή (φάση III), οι μαθητές επεξεργάστηκαν τις παρατηρήσεις τους, εξήγαγαν από αυτές τα συμπεράσματα και τα συνέκριναν με τις αρχικές τους προβλέψεις. Στη φάση αυτή επιδιώχθηκε οι μαθητές να συγκροτήσουν τεκμηριωμένες εξηγήσεις (εξηγήσεις βασισμένες στα αποδεικτικά στοιχεία που συνέλεξαν).

Εφαρμογή σε νέα προβλήματα και ανατροφοδότηση

Κατά τη φάση αυτή (φάση IV), οι μαθητές επεξεργάστηκαν προβλήματα διαφορετικά από αυτά που είχαν διαπραγματευτεί αρχικά με στόχο να εφαρμόσουν την κεκτημένη γνώση σε νέες καταστάσεις. Κατά την υλοποίηση αυτών των δραστηριοτήτων οι μαθητές συζήτησαν τις απαντήσεις τους με τους συμμαθητές τους, συγκρίνοντας και αντιπαραθέτοντας τις ιδέες τους.

Αξιολόγηση και αναστοχασμός

Στη φάση αυτή (φάση V), ζητήθηκε από τους μαθητές να καταγράψουν τις απαντήσεις τους, σε ερωτήσεις που είχαν επεξεργαστεί στο παρελθόν στο πλαίσιο προβλημάτων που τους είχαν τεθεί αρχικά. Οι μαθητές συνέκριναν τις αρχικές με τις τρέχουσες απαντήσεις τους, συζήτησαν ομοιότητες ή διαφορές μεταξύ των απαντήσεων τους ώστε να συνειδητοποιήσουν την πορεία της γνωστικής αλλαγής.

Στο Παράρτημα παρατίθενται τρία προβλήματα (ένα από τη φάση I, ένα από τη φάση IV και ένα από τη φάση V) από την τρίτη ενότητα του εκπαιδευτικού υλικού που αφορά στη τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.

Συλλογή δεδομένων

Συγκροτήθηκε ερωτηματολόγιο για τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Με βάση τους ερευνητικούς στόχους καθορίστηκαν τα ζητήματα που θα κάλυπτε η έρευνα και συγκροτήθηκαν οι σχετικές ερωτήσεις του ερωτηματολογίου. Η κατασκευή του ερωτηματολογίου ολοκληρώθηκε σε δύο φάσεις. Το αρχικό ερωτηματολόγιο επιδόθηκε ατομικά σε 4 μαθητές ώστε να αξιολογηθεί η αναγνωσιμότητά του και αν υπήρχαν σημεία που οι μαθητές δεν μπορούσαν να καταλάβουν. Επίσης δόθηκε σε 3 εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και σε δύο ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ώστε να ελεγχθεί για τυχόν ελλείψεις ή ασάφειες. Σύμφωνα με αυτές τις παρατηρήσεις, έγιναν διορθώσεις και έτσι το ερωτηματολόγιο πήρε την τελική του μορφή. Οι περισσότερες ερωτήσεις ήταν κλειστού τύπου εκτός από τις δύο πρώτες ερωτήσεις οι οποίες ήταν ανοικτού τύπου. Το ερωτηματολόγιο που συγκροτήθηκε συνίσταται από 6 ερωτήσεις.

Στη συνέχεια, περιγράφονται οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου και ο στόχος κάθε ερώτησης.

Ερώτηση 1: Ζητήθηκε από τους μαθητές να εξηγήσουν σε ένα φίλο τους με απλά λόγια τι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα. Η ερώτηση αυτή στόχευε να διερευνήσει τις αντιλήψεις των μαθητών για την έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος.

Ερώτηση 2: Ζητήθηκε από τους μαθητές να σχεδιάσουν με γραμμές τον τρόπο σύνδεσης της λάμπας με τη μπαταρία ώστε η λάμπα να ανάψει. Η ερώτηση αυτή στόχευε να διερευνήσει τις αντιλήψεις των μαθητών για τη σύνδεση της μπαταρίας με λαμπτήρα.

Ερώτηση 3: Ζητήθηκαν από τους μαθητές προβλέψεις και αιτιολογήσεις αναφορικά με τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος στο κάθε καλώδιο σε ένα απλό κύκλωμα. Η ερώτηση αυτή στόχευε να διερευνήσει τις αντιλήψεις των μαθητών για τη διατήρηση του ηλεκτρικού ρεύματος στο ηλεκτρικό κύκλωμα.

Ερώτηση 4: Ζητήθηκαν από τους μαθητές να σημειώσουν με βέλη το ηλεκτρικό ρεύμα που ρέει σε κάθε καλώδιο καθώς και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους. Η ερώτηση αυτή στόχευε να διερευνήσει τις αντιλήψεις των μαθητών για τη φορά του ηλεκτρικού ρεύματος στο ηλεκτρικό κύκλωμα.

Ερώτηση 5: Ζητήθηκαν από τους μαθητές προβλέψεις και αιτιολογήσεις αναφορικά με (α) τη φωτοβολία σε δύο λαμπάκια που συνδέονται σε σειρά και (β) για το τι θα συμβεί αν ξεβιδώσουμε το ένα λαμπάκι από αυτά. Η ερώτηση αυτή στόχευε να διερευνήσει τις αντιλήψεις των μαθητών για τη φωτοβολία λαμπτήρων συνδεδεμένων σε σειρά.

Ερώτηση 6: Ζητήθηκαν από τους μαθητές προβλέψεις και αιτιολογήσεις αναφορικά με (α) τη φωτοβολία σε δύο λαμπάκια που συνδέονται παράλληλα και (β) για το τι θα συμβεί αν ξεβιδώσουμε το ένα λαμπάκι από αυτά. Η ερώτηση αυτή στόχευε να διερευνήσει τις αντιλήψεις των μαθητών για τη φωτοβολία λαμπτήρων συνδεδεμένων παράλληλα.

Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια (τα οποία δόθηκαν στους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση) και οι απαντήσεις των μαθητών στις δραστηριότητες των φύλλων εργασίας του εκπαιδευτικού υλικού σε όλη τη διάρκεια των διδασκαλιών.

Ανάλυση των δεδομένων

Οι απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια χωρίστηκαν σε δυο κατηγορίες: (α) αντίληψη προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης (περιλαμβάνεται οποιαδήποτε απάντηση που είναι σύμφωνη με την σχολική γνώση) και (β) εναλλακτικές αντιλήψεις (περιλαμβάνεται οποιαδήποτε απάντηση διαφορετική από αυτή που είναι σύμφωνη με την σχολική γνώση). Προσδιορίστηκαν οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών ανά ερώτηση. Για τη μελέτη του ζητήματος της εξέλιξης των απαντήσεων των μαθητών χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό κριτήριο χ^2 για τη σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών στο ερωτηματολόγιο που δόθηκε πριν τη διδακτική παρέμβαση (αρχικό ερωτηματολόγιο) και στο ερωτηματολόγιο που δόθηκε μετά τη διδακτική παρέμβαση (τελικό ερωτηματολόγιο). Η τιμή του χ^2 (λαμβάνοντας υπόψη τους βαθμούς ελευθερίας του συγκεκριμένου πίνακα) αποτελεί ένδειξη της ύπαρξης συσχετίσεων. Παράλληλα, η εξέταση των τιμών των τυποποιημένων υπολοίπων συνιστά ένα τρόπο ερμηνείας αυτών των συσχετίσεων.

Εκτός από τη σύγκριση των αρχικών και τελικών ερωτηματολογίων, μελετήθηκε και η όλη πορεία εξέλιξης των αντιλήψεων των μαθητών μέσα από τις απαντήσεις τους στις δραστηριότητες των φύλλων εργασίας κατά τις διδασκαλίες. Συγκεκριμένα μελετήθηκαν οι πορείες των μαθητών για κάθε ενότητα και έτσι δημιουργήθηκαν πίνακες που αποτυπώνουν τις «νοητικές διαδρομές» των μαθητών. Οι απαντήσεις των μαθητών που έδιναν σε κάθε δραστηριότητα των φύλλων εργασίας ταξινομήθηκαν σε κατηγορίες, όπως και οι απαντήσεις στα ερωτηματολόγια.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι αντιλήψεις των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση

Η ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στο ερωτηματολόγιο επέτρεψε τον εντοπισμό των αντιλήψεων των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου γύρω από την περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι συχνότητες, οι εκατοστιαίες συχνότητες των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με την έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2=17,47$, $df=1$, $p<0.0001$). Η συσχέτιση αυτή οφείλεται στις ακόλουθες τάσεις των μαθητών:

- οι μαθητές πριν τη διδακτική παρέμβαση έτειναν να μην εκδηλώνουν αντιλήψεις σύμφωνες με τη σχολική γνώση.
- οι μαθητές μετά τη διδακτική παρέμβαση έτειναν να εκδηλώνουν αντιλήψεις σύμφωνες προς τη σχολική γνώση.

Πίνακας 1: Οι συχνότητες εμφάνισης των αντιλήψεων των μαθητών για την έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος πριν και μετά τις διδασκαλίες και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα.

Αντιλήψεις	Πριν τη διδακτική παρέμβαση			Μετά τη διδακτική παρέμβαση		
	N	N%	R	N	N%	R
Αντιλήψεις σύμφωνες με τη σχολική γνώση	2	5	[-2,54]	20	48,8	[+2,51]
Εναλλακτικές αντιλήψεις	38	95	[+1,55]	21	51,2	[-1,53]

Σύνδεση του λαμπτήρα με την μπαταρία

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι συχνότητες, οι εκατοστιαίες συχνότητες των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά για τη σύνδεση του λαμπτήρα με την μπαταρία και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 2: Οι συχνότητες εμφάνισης των αντιλήψεων των μαθητών για τη σύνδεση του λαμπτήρα με την μπαταρία πριν και μετά τις διδασκαλίες και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα.

Αντιλήψεις	Πριν τη διδακτική παρέμβαση			Μετά τη διδακτική παρέμβαση		
	N	N%	R	N	N%	R
Αντιλήψεις σύμφωνες με τη σχολική γνώση	4	9,8	[-3,18]	32	78,0	[+3,18]
Εναλλακτικές αντιλήψεις	37	90,2	[+2,81]	9	22,0	[-2,81]

Διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών για τη σύνδεση του λαμπτήρα με την μπαταρία πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2=36,1$, $df=1$, $p< 0.0001$). Η συσχέτιση αυτή οφείλεται στις ακόλουθες τάσεις των μαθητών:

- οι μαθητές πριν τη διδακτική παρέμβαση έτειναν να εκδηλώνουν εναλλακτικές αντιλήψεις για τη σύνδεση του λαμπτήρα με την μπαταρία και όχι αντιλήψεις σύμφωνες με τη σχολική γνώση.
- οι μαθητές μετά τη διδακτική παρέμβαση έτειναν να εκδηλώνουν αντιλήψεις για τη σύνδεση του λαμπτήρα με την μπαταρία σύμφωνες προς τη σχολική γνώση και όχι εναλλακτικές αντιλήψεις.

Διατήρηση του ηλεκτρικού ρεύματος

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι συχνότητες, οι εκατοστιαίες συχνότητες των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά για τη διατήρηση του ηλεκτρικού ρεύματος στο κύκλωμα και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά για τη διατήρηση του ηλεκτρικού ρεύματος στο κύκλωμα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2=29,79$, $df=1$, $p<0.0001$). Η συσχέτιση αυτή οφείλεται στις ακόλουθες τάσεις των μαθητών:

- οι μαθητές πριν τη διδακτική παρέμβαση έτειναν να εκδηλώνουν εναλλακτικές αντιλήψεις και όχι αντιλήψεις σύμφωνες με τη σχολική γνώση.
- οι μαθητές μετά τη διδακτική παρέμβαση έτειναν να εκδηλώνουν αντιλήψεις σύμφωνες προς τη σχολική γνώση και όχι εναλλακτικές αντιλήψεις.

Πίνακας 3: Οι συχνότητες εμφάνισης των αντιλήψεων των μαθητών για τη διατήρηση του ηλεκτρικού ρεύματος πριν και μετά τις διδασκαλίες και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα.

Αντιλήψεις	Πριν τη διδακτική παρέμβαση			Μετά τη διδακτική παρέμβαση		
	N	N%	R	N	N%	R
Αντιλήψεις σύμφωνες με τη σχολική γνώση	16	39	[-2,17]	40	97,6	[+2,17]
Εναλλακτικές αντιλήψεις	25	61	[+3,19]	1	2,4	[-3,19]

Φορά του ηλεκτρικού ρεύματος

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι συχνότητες, οι εκατοστιαίες συχνότητες των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά για τη φορά του ηλεκτρικού ρεύματος στο κύκλωμα και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 4: Οι συχνότητες εμφάνισης των αντιλήψεων των μαθητών για τη φορά του ηλεκτρικού ρεύματος πριν και μετά τις διδασκαλίες και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα.

Αντιλήψεις	Πριν τη διδακτική παρέμβαση			Μετά τη διδακτική παρέμβαση		
	N	N%	R	N	N%	R
Αντιλήψεις σύμφωνες με τη σχολική γνώση	2	4,9	[-3,37]	30	73,2	[+3,38]
Εναλλακτικές αντιλήψεις	39	95,1	[+2,70]	11	26,8	[-2,70]

Διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών για τη φορά του ηλεκτρικού ρεύματος στο κύκλωμα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2=37,36$, $df=1$, $p<0.0001$). Η συσχέτιση αυτή οφείλεται στις ακόλουθες τάσεις των μαθητών:

- οι μαθητές πριν τη διδακτική παρέμβαση έτειναν να εκδηλώνουν εναλλακτικές αντιλήψεις και όχι αντιλήψεις σύμφωνες με τη σχολική γνώση.
- οι μαθητές μετά τη διδακτική παρέμβαση έτειναν να εκδηλώνουν αντιλήψεις σύμφωνες προς τη σχολική γνώση και όχι εναλλακτικές αντιλήψεις.

Σύγκριση φωτοβολίας λαμπτήρων συνδεδεμένων σε σειρά

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι συχνότητες, οι εκατοστιαίες συχνότητες των αντιλήψεων των μαθητών για τη σύγκριση της φωτοβολίας λαμπτήρων συνδεδεμένων σε σειρά και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών για τη σύγκριση της φωτοβολίας λαμπτήρων συνδεδεμένων σε σειρά πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2=4,78$, $df=1$, $p=0.0288$).

Πίνακας 5: Οι συχνότητες εμφάνισης των αντιλήψεων των μαθητών για τη σύγκριση της φωτοβολίας λαμπτήρων συνδεδεμένων σε σειρά πριν και μετά τις διδασκαλίες και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα.

Αντιλήψεις	Πριν τη διδακτική παρέμβαση			Μετά τη διδακτική παρέμβαση		
	N	N%	R	N	N%	R
Αντιλήψεις σύμφωνες με τη σχολική γνώση	31	75,6	[-0,59]	39	95,1	[+0,59]
Εναλλακτικές αντιλήψεις	10	24,4	[+1,43]	2	4,9	[-1,43]

Λειτουργία λαμπτήρα όταν αφαιρεθεί λαμπτήρας που συνδέεται σε σειρά με αυτόν

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι συχνότητες, οι εκατοστιαίες συχνότητες των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τη λειτουργία λαμπτήρα όταν αφαιρεθεί ένας άλλος λαμπτήρας που συνδέεται σε σειρά με αυτόν και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2=32,3$, $df=1$, $p<0.0001$). Η συσχέτιση αυτή οφείλεται στις ακόλουθες τάσεις των μαθητών:

- οι μαθητές πριν τη διδακτική παρέμβαση έτειναν να εκδηλώνουν εναλλακτικές αντιλήψεις και όχι αντιλήψεις σύμφωνες με τη σχολική γνώση.

- οι μαθητές μετά τη διδακτική παρέμβαση έτειναν να εκδηλώνουν αντιλήψεις σύμφωνες προς τη σχολική γνώση και όχι εναλλακτικές αντιλήψεις.

Πίνακας 6: Οι συχνότητες εμφάνισης των αντιλήψεων των μαθητών για τη λειτουργία λαμπτήρα όταν αφαιρεθεί ένας άλλος λαμπτήρας που συνδέεται σε σειρά με αυτόν πριν και μετά τις διδασκαλίες και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα.

Αντιλήψεις	Πριν τη διδακτική παρέμβαση			Μετά τη διδακτική παρέμβαση		
	N	N%	R	N	N%	R
Αντιλήψεις σύμφωνες με τη σχολική γνώση	12	9,8	[-2,50]	38	78,0	[+2,50]
Εναλλακτικές αντιλήψεις	29	90,2	[+3,13]	3	22,0	[-3,13]

Σύγκριση φωτοβολίας λαμπτήρων συνδεδεμένων παράλληλα

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται οι συχνότητες, οι εκατοστιαίες συχνότητες των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά για τη σύγκριση της φωτοβολίας λαμπτήρων που συνδέονται παράλληλα και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2=27,1$, $df=1$, $p < 0.0001$). Η συσχέτιση αυτή οφείλεται στις ακόλουθες τάσεις των μαθητών:

- οι μαθητές πριν τη διδακτική παρέμβαση έτειναν να εκδηλώνουν εναλλακτικές αντιλήψεις και όχι αντιλήψεις σύμφωνες με τη σχολική γνώση.
- οι μαθητές μετά τη διδακτική παρέμβαση έτειναν να εκδηλώνουν αντιλήψεις σύμφωνες προς τη σχολική γνώση και όχι εναλλακτικές αντιλήψεις.

Πίνακας 7: Οι συχνότητες εμφάνισης των αντιλήψεων των μαθητών για τη σύγκριση της φωτοβολίας λαμπτήρων που συνδέονται παράλληλα πριν και μετά τις διδασκαλίες και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα.

Αντιλήψεις	Πριν τη διδακτική παρέμβαση			Μετά τη διδακτική παρέμβαση		
	N	N%	R	N	N%	R
Αντιλήψεις σύμφωνες με τη σχολική γνώση	13	31,7	[-2,30]	37	90,2	[+2,30]
Εναλλακτικές αντιλήψεις	28	68,3	[+2,88]	4	9,8	[-2,88]

Λειτουργία λαμπτήρα όταν αφαιρεθεί λαμπτήρας που συνδέεται παράλληλα με αυτόν
 Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται οι συχνότητες, οι εκατοστιαίες συχνότητες των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τη λειτουργία λαμπτήρα όταν αφαιρεθεί ένας άλλος λαμπτήρας που συνδέεται παράλληλα με αυτόν και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2=4,49$, $df=1$, $p=0,0341$).

Πίνακας 8: Οι συχνότητες εμφάνισης των αντιλήψεων των μαθητών για με τη λειτουργία λαμπτήρα όταν αφαιρεθεί ένας άλλος λαμπτήρας που συνδέεται παράλληλα με αυτόν πριν και μετά τις διδασκαλίες και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα.

Αντιλήψεις	Πριν τη διδακτική παρέμβαση			Μετά τη διδακτική παρέμβαση		
	N	N%	R	N	N%	R
Αντιλήψεις σύμφωνες με τη σχολική γνώση	33	80,5	[-0,50]	40	97,6	[+0,50]
Εναλλακτικές αντιλήψεις	8	19,5	[+1,41]	1	2,4	[-1,41]

Η εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών στη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης

Από την ανάλυση του γραπτού λόγου των μαθητών προκύπτει ότι οι μαθητές τροποποιούν τις αντιλήψεις τους σε διαφορετικές στιγμές και με αφορμή διαφορετικές διδακτικές καταστάσεις. Η κωδικοποίηση των απαντήσεων των μαθητών στις δραστηριότητες σε κάθε φύλλο εργασίας επέτρεψε την ανάδειξη της πορείας της εξέλιξης των αντιλήψεων των μαθητών («νοητικές διαδρομές» των μαθητών) για τα ηλεκτρικά κυκλώματα κατά τη διδακτική παρέμβαση (βλ. Πίνακα 9).

Πίνακας 9: Οι «νοητικές διαδρομές» τεσσάρων μαθητών στην ενότητα «πότε ανάβει το λαμπάκι».

Μαθητές	Δραστηριότητες				
	1	2	3	4	5
Λουκία					
Χριστίνα					
Παρασκευή					
Γιώργος					

Υπόμνημα

	Αντίληψη προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης
	Εναλλακτική αντίληψη

Από την μελέτη των γραπτών απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις των προβλημάτων των φύλλων εργασίας, προέκυψε ότι οι μαθητές τροποποιούν τις αντιλήψεις τους σε διαφορετικές στιγμές. Παράλληλα, αυτός ο τρόπος οργάνωσης των απαντήσεων των μαθητών, επέτρεψε τη διαμόρφωση των ακόλουθων ομάδων μαθητών, αναφορικά με τις «νοητικές διαδρομές» που ακολουθούν.

Ομάδα Α: Οι μαθητές εκδηλώνουν από την αρχή της διδασκαλίας αντιλήψεις προς την κατεύθυνση τις σχολικής γνώσης και τις διατηρούν μέχρι το τέλος της διδασκαλίας.

Ομάδα Β: Οι μαθητές ενώ αρχικά εκδηλώνουν αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση στη συνέχεια ενεργοποιούν αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης και τις διατηρούν μέχρι το τέλος της διδασκαλίας.

Ομάδα Γ: Οι μαθητές ενώ αρχικά χρησιμοποιούν αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, στη συνέχεια εκδηλώνουν αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση και ακολούθως ενεργοποιούν αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης τις οποίες διατηρούν μέχρι το τέλος της διδασκαλίας.

Ομάδα Δ: Οι μαθητές ενώ αρχικά χρησιμοποιούν αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση, στην πορεία χρησιμοποιούν αντιλήψεις προς την κατεύθυνση τις σχολικής γνώσης και ακολούθως ενεργοποιούν αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση τις οποίες διατηρούν μέχρι το τέλος της διδασκαλίας.

Η μελέτη των «νοητικών διαδρομών» επέτρεψε να εντοπιστούν οι δραστηριότητες οι οποίες συμβάλλουν σημαντικά στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης και κατά συνέπεια στη νοητική εξέλιξη των μαθητών. Διαπιστώθηκε ότι οι δραστηριότητες οι οποίες φαίνεται να συνεισέφεραν σημαντικά στην εννοιολογική αλλαγή των μαθητών ήταν: (α) οι δραστηριότητες που ανήκουν στη φάση του αναστοχασμού πάνω στη διαδικασία της μάθησης (σε αυτές οι μαθητές συγκρίνουν τις αρχικές με τις νέες αντιλήψεις τους και συνειδητοποιούν με ποια διαδικασία αποκτήθηκε η νέα γνώση) και (β) οι δραστηριότητες που ανήκουν στη φάση της δημιουργίας γνωστικής αποσταθεροποίησης και αναδόμησης των αντιλήψεων (σε αυτές οι μαθητές καλούνταν να ελέγξουν τις αντιλήψεις τους, με σκοπό να τις επεκτείνουν, να τις αντικαταστήσουν ή να αναπτύξουν νέες αντιλήψεις μέσω πειραματικών δραστηριοτήτων που χρησιμοποιούν την προσομοίωση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης, με εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε με βάση την εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση, στις αντιλήψεις των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου για τα ηλεκτρικά κυκλώματα.

Από την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στο ερωτηματολόγιο προέκυψε ότι ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση η πλειονότητα των μαθητών ενεργοποιούσε αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση, μετά τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές εκδήλωσαν αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Μάλιστα, διαπιστώθηκε ότι υπάρχει μια στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις

αντιλήψεις των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Συνεπώς, η διδακτική αντιμετώπιση των αντιλήψεων των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, μέσω του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε και εφαρμόστηκε, αναδείχθηκε εφικτή.

Από την ανάλυση του γραπτού λόγου των μαθητών προέκυψαν μια σειρά από διαπιστώσεις σε ό,τι αφορά τη νοητική πρόοδο των μαθητών και τη συμβολή των διδασκαλιών στην επεξεργασία των αντιλήψεων γύρω από την περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Διαπιστώθηκε, ότι η πλειοψηφία των μαθητών μετά την ολοκλήρωση της της διδακτικής παρέμβασης ενεργοποίησε συστηματικά αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, παρότι οι «νοητικές διαδρομές» που ακολουθήθηκαν από τα παιδιά κατά τη διάρκεια της διδακτικής επεξεργασίας των αντιλήψεων ήταν διαφορετικές. Επιπρόσθετα, διαπιστώθηκε ότι οι δραστηριότητες οι οποίες επιφέρουν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα και συμβάλλουν στην πορεία της εννοιολογικής αλλαγής είναι κυρίως οι δραστηριότητες οι οποίες προκαλούν αντιπαράθεση της αρχικής αντίληψής των μαθητών με την προς οικοδόμηση αντίληψη, καθώς επίσης και οι δραστηριότητες στις οποίες οι μαθητές συγκρίνουν τις αρχικές με τις νέες αντιλήψεις τους και συνειδητοποιούν με ποια διαδικασία αποκτήθηκε η νέα γνώση.

Ωστόσο, θα πρέπει να επισημανθεί ότι τα παραπάνω συμπεράσματα υπόκεινται σε περιορισμούς που αφορούν στο περιορισμένο δείγμα (41 μαθητές) και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν (ερωτηματολόγια).

Παρά τους παραπάνω περιορισμούς η εργασία αυτή συνεισφέρει στην έρευνα για την ανάπτυξη αποτελεσματικού εκπαιδευτικού υλικού στις Φυσικές Επιστήμες αφού μελετά τη συμβολή του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε όχι μόνο μέσω ερωτηματολογίων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση αλλά και μέσω του λόγου των μαθητών σε όλη τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης. Τα μαθησιακά αποτελέσματα που προέκυψαν μπορούν να αποδοθούν στη διδακτική στρατηγική που ακολουθήθηκε, η οποία ήταν βασισμένη στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση επιστημονικών πρακτικών.

Ωστόσο, η εργασία αυτή επικεντρώθηκε αποκλειστικά στη μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, χωρίς να εξετάζει τις επιστημονικές πρακτικές και τις στάσεις των μαθητών. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να μελετηθούν συστηματικά αφενός η εξέλιξη των επιστημονικών πρακτικών των μαθητών και αφετέρου οι στάσεις τους προς τις Φυσικές Επιστήμες κατά την εφαρμογή αυτού του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε για τα ηλεκτρικά κυκλώματα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Afra, N., Osta, I., & Zoubair, W. (2007). Students' alternative conceptions about electricity and effect of inquiry-based teaching strategies. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7, 103-132.

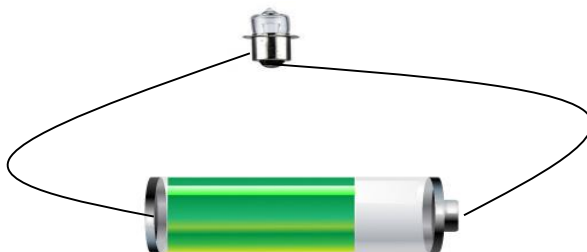
- Baviskar, S. N., Hartle, R. T., & Whitney, T. (2009). Essential criteria to characterize constructivist teaching: Derived from a review of the literature and applied to five constructivist-teaching method articles. *International Journal of Science Education*, 31(4), 541–550.
- Borges, A., & Gilbert, J. (1999). Mental models of electricity. *International Journal of Science Education*, 21(1), 95-117.
- Brna, P. (1990). A methodology for confronting science misconceptions, *Journal of Educational Computing Research*, 6(2), 157-182.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Carlsen, D. D., & Andre, T. (1992). Use of a microcomputer simulation and conceptual change text to overcome student preconceptions about electric circuits. *Journal of Computer-Based Instruction*, 19(4), 105–109
- Chabay R. and Sherwood, B. (2006). Restructuring the introductory electricity and magnetism course, *Am. J. Phys.* 74, 329-336.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes, England: Open University Press.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science, *Studies in Science Education*, 18, 105-122.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.
- Engelhardt, P.V. & Beichner, R.J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), 98-115.
- Κολτσάκης, Ε., Πιερράτος, Θ., (2006). Ανίχνευση των αντιλήψεων των μαθητών για το ηλεκτρικό κύκλωμα με σκοπό το σχεδιασμό κατάλληλων διδακτικών παρεμβάσεων. 3ο Συνέδριο Ε.ΔΙ.Φ.Ε., Βόλος, 2006.
- Κουμαράς Π., Ψύλλος Δ., Βαλασιάδης Ο., Ευαγγελινός Δ. (1990). «Επισκόπηση των απόψεων Ελλήνων μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων», *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 13, 125-154.
- Κώτσης, Θ. Κ., & Ευαγγέλου, Β. Υ. (2011). Σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών Ε΄ Δημοτικού σχολείου, μετά από πραγματικά ή εικονικά πειράματα για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα. Στο Γ. Παπαγεωργίου, & Γ. Κουντουριώτης (επιμ.), *Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες*, 228-237.
- Marshall, J. C., Horton, B, Smart, J. (2009). 4E X 2 Instructional Model: Uniting Three Learning Constructs to Improve Praxis in Science and Mathematics Classrooms *Journal of Science Teacher Education*, 20, 501-516.

- Minner, D., Levy, A.J., Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction - What Is It and Does it Matter: Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching* 47(4), 474-496.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Committee on Conceptual Framework for the New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nikolopoulou, K. and Cox, M. (2003). Using Computer Simulations in Science: A Study in Electricity. *Themes in Education*, 4, 2, 89-121.
- Osborne, R., & Freyberg, P. (1985). *Learning in science: The implications of children's science*. Auckland: Heinemann Education.
- Παρασκευάς Θ. & Αλμήςσης, Δ. (2007). Έρευνα για τις αντιλήψεις των μαθητών ΣΤ΄ τάξης Δημοτικού Σχολείου για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα. *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*, 5(A), 192-201.
- Psillos, D., Koumaras, P., Valassiades, O. (1987) Pupils representations of electric current before during and after instruction on D.C. circuits. *Journal of Research in Science and Technical Education*, 5(2), 185-199.
- Ronen, M., & Eliahu, M. (2000). Simulation—A bridge between theory and reality: The case of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 16, 14-26.
- Shipstone, D. M. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits. *European Journal of Science Education*, 6(2), 185–198.
- Skoumios, M. (2013). The nature of the criteria the students use to justify their ideas during a computer assisted instruction based on socio-cognitive conflict processes. *Ubiquitous Learning: An International Journal*, 5 (3), 25-41.
- Skoumios, M., & Hatzinikita, V. (2006). Research-based teaching about science at the upper-primary school level. *The International Journal of Learning*, 13 (5), 29-42
- Schwarz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, 91(1), 158-186.
- Σούλιος Ι., Γωνίδα Ε. & Ψύλλος Δ. (2007). Αναστοχασμός και μεταγνωστικές δεξιότητες κατά την επίλυση προβλημάτων Φυσικής με απλά ηλεκτρικά κυκλώματα, Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, ΚΟΔΙΦΕΕΤ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Μάρτιος 15-18, Τόμος Α, 202-210.
- White, B., Shimoda, T, & Frederiksen, J. (1999). Enabling Students to Construct Theories of Collaborative Inquiry and Reflective Learning: Computer Support for Metacognitive Development. *International Journal of Artificial Intelligence*, 10, 151-182.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 1

Το παρακάτω σχήμα δείχνει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.



Στο καλώδιο που είναι στα δεξιά του κυκλώματος ρέει ρεύμα:

- Λιγότερο απ' ό τι στο καλώδιο που είναι στα αριστερά του κυκλώματος
- Περισσότερο απ' ό τι στο καλώδιο που είναι στα αριστερά του κυκλώματος
- Ίσο με αυτό που ρέει στο καλώδιο που είναι στα αριστερά του κυκλώματος

Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;

.....

Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

Υπάρχουν ομοιότητες ανάμεσα στις απόψεις σας; Αν ναι, ποιες είναι αυτές;

.....

Υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στις απόψεις σας; Αν ναι ποιες είναι αυτές;

.....

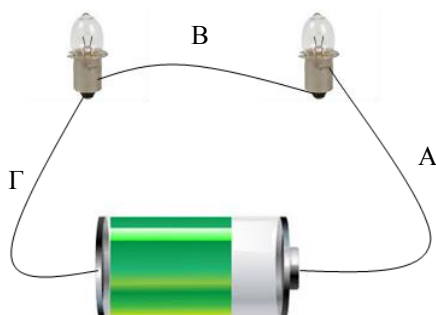
Προσπάθησε να πείσεις τους συμμαθητές για την άποψη που έχεις προτείνει. Παρουσίασε τους λόγους για τους οποίους υποστηρίζεις τη δική σου άποψη.

Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου, υποστηρίζεις την ίδια άποψη; Γιατί;

.....

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 4

Το παρακάτω σχήμα δείχνει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.



Να συγκρίνεις το ρεύμα στα καλώδια Α, Β και Γ.

.....

Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;

.....

Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

Υπάρχουν ομοιότητες ανάμεσα στις απόψεις σας; Αν ναι, ποιες είναι αυτές;

.....

Υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στις απόψεις σας; Αν ναι ποιες είναι αυτές;

.....

Προσπάθησε να πείσεις τους συμμαθητές για την άποψη που έχεις προτείνει. Παρουσίασε τους λόγους για τους οποίους υποστηρίζεις τη δική σου άποψη.

Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου, υποστηρίζεις την ίδια άποψη; Γιατί;

.....

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 5

Στην ερώτηση που αφορούσε στο ρεύμα που ρέει στα δύο καλώδια ενός ηλεκτρικού κυκλώματος (Πρόβλημα 1), ποια απάντηση είχες προτείνει;

.....

Ποια απάντηση θα δώσεις τώρα;

.....

Αν δώσεις διαφορετική απάντηση στις παραπάνω ερωτήσεις, τι νομίζεις ότι ήταν εκείνο που σου έκανε να αλλάξεις γνώμη;

.....

Τι σε εμπόδιζε να προβλέψεις ότι το ρεύμα παραμένει σταθερό στο ηλεκτρικό κύκλωμα;

.....

Τι σε βοήθησε να καταλάβεις ότι το ρεύμα παραμένει το ίδιο στο ηλεκτρικό κύκλωμα;

.....

Συζήτησε τις απαντήσεις σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

Σχεδιάζοντας Εκπαιδευτικό Υλικό για Ταλαντούχα και Χαρισματικά Παιδιά

**Κωνσταντίνος Καράμπελας, Σταματία Μαντικού, Αλέξανδρος Τόδας,
Γεώργιος Κατσούρης, Σαράντης Καρβουνίδης, Μαρία Τσιόκανου**

kkarampelas@aegean.gr, mail@2dim-peir-rodou.dod.sch.gr, alextodas@hotmail.com,
gior.katsouris@gmail.com, skarvounidis@gmail.com, mariats23@hotmail.com

2ο 9/θ Πρότυπο Πειραματικό Δημοτικό Σχολείο Πόλεως Ρόδου, Π.Τ.Δ.Ε,
Πανεπιστημίου Αιγαίου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή αποτελεί μελέτη περίπτωσης σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού, για γνωστικά αντικείμενα σχετικά θετικών για ταλαντούχα και χαρισματικά παιδιά. Πραγματοποιήθηκε σε σχολείο, όπου λειτουργεί ο θεσμός των 'Ομίλων' που αφορά τέτοια παιδιά. Οι εκπαιδευτικοί των ομίλων, καλούνται να σχεδιάσουν δράσεις και εκπαιδευτικό υλικό. Η βιβλιογραφία δείχνει ότι η ανταπόκριση σε τέτοιες προκλήσεις, συναντά εμπόδια. Ο σχεδιασμός υλικού οφείλει να ακολουθεί κάποιο μοντέλο. Στην περίπτωση των ομίλων, κατάλληλο είναι το «καθοδηγούμενο από τους στόχους μοντέλο» που περιλαμβάνει αποσαφήνιση κριτηρίων, σχεδιασμό του υλικού και ανατροφοδότηση. Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, σχεδιάστηκε η έρευνα, που είναι ποιοτική. Πραγματοποιήθηκε τη διάρκεια 2012-2014. Πήραν μέρος έξι εκπαιδευτικοί και 90 μαθητές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το κλίμα του σχολείου παρέχει ευκαιρίες για σχεδιασμό εκπαιδευτικού υλικού, ωστόσο υπάρχουν περιορισμοί.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: Όμιλοι, Ταλαντούχα και Χαρισματικά Παιδιά, Καινοτομία, Παραγωγή Εκπαιδευτικού Υλικού, Καθοδηγούμενο από τους Στόχους Μοντέλο

ΕΝΑΣ ΝΕΟΣ ΘΕΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Η συγκεκριμένη εργασία εξετάζει απόψεις, ιδέες και στάσεις εκπαιδευτικών για την παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού σε γνωστικά αντικείμενα Θετικών Επιστημών. Πιο συγκεκριμένα εξετάζεται η δυνατότητα παραγωγής εκπαιδευτικού υλικού για παιδιά που έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον ή χάρισμα, τα οποία συμμετέχουν στους «Ομίλους».

Οι «Όμιλοι» καθιερώθηκαν ως θεσμός στα Πειραματικά Δημοτικά Σχολεία από το σχολικό έτος 2012-2013, σύμφωνα με το Νόμο 3966/2011, αποσκοπώντας να προωθήσουν και να αξιοποιήσουν ιδιαίτερες ικανότητες και ταλέντα ορισμένων μαθητών σε διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα. Αποτελούν προσπάθεια προσαρμογής της

οργάνωσης του σχολείου στις ανάγκες και ιδιαιτερότητες της τοπικής κοινωνίας παρέχοντας στους εκπαιδευτικούς ευελιξία επιλογής διδακτικών ενοτήτων, σχεδιασμού εκπαιδευτικών υλικών και προσεγγίσεων. Παρέχουν όμως και περισσότερες ευκαιρίες για συνεργασία με τοπικούς φορείς. Η επιλογή των γνωστικών αντικειμένων των ομίλων καθώς και των μαθητών που θα συμμετέχουν, γίνεται στο επίπεδο της σχολικής μονάδας, με βάση τη νομοθεσία.

Η βιωσιμότητα των ομίλων, συσχετίζεται με τη δυνατότητα των εκπαιδευτικών να την υλοποιήσουν επιτυχώς. Αυτό περιλαμβάνει την επιτυχή υλοποίηση δράσεων και τον επιτυχή σχεδιασμό υλικού (Fullan, 2007). Είναι λοιπόν σημαντικό να εξεταστούν οι απόψεις των εκπαιδευτικών για τις δυνατότητες που έχουν να σχεδιάσουν το εκπαιδευτικό υλικό για Ομίλους.

Η εξέταση των συγκεκριμένων απόψεων, προϋποθέτει σαφή μελέτη της έρευνας και της βιβλιογραφίας σχετικά με:

- 1) Την εκπαίδευση ταλαντούχων και χαρισματικών παιδιών.
- 2) Την εκπαιδευτική καινοτομία.
- 3) Τα μοντέλα σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού.

Η ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΙΣΜΑΤΙΚΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΤΑΛΕΝΤΩΝ

Η έρευνα για την εκπαίδευση χαρισματικών ή ταλαντούχων παιδιών έχει ιστορία πάνω από 100 χρόνων. Έχουν διατυπωθεί αρκετές θεωρίες σχετικά με την εκπαίδευση μαθητών που επιδεικνύουν ταλέντο ή ιδιαίτερη κλίση σε ένα συγκεκριμένο μάθημα ή κλάδο. Όμως αρκετά παραμένουν και τα θέματα που δεν έχουν διευκρινιστεί σχετικά με την εφαρμογή των θεωριών αυτών (Ziegler κα, 2012).

Αρχικά, βασικό ζήτημα είναι ο ορισμός της «χαρισματικότητας» (giftedness). Σύμφωνα με τους Subotnik κα (2011),

«Χαρισματικότητα είναι η επίδειξη επίδοσης ή παραγωγής που είναι ευκρινώς στο ανώτερο άκρο της κατανομής του χώρου των ταλέντων σε ένα συγκεκριμένο τομέα, ή είναι σχετική με εκείνη ατόμων που επιτυγχάνουν υψηλές επιδόσεις στον τομέα αυτό. Επιπρόσθετα, η χαρισματικότητα μπορεί να θεωρηθεί μια εξελικτική διαδικασία. Σε αρχικό στάδιο η βασική παράμετρος είναι η δυνατότητα. Σε αργότερο στάδιο η χαρισματικότητα προσδιορίζεται με μέτρο την επιτυχία και τα κατορθώματα. Σε τελικό στάδιο προσδιορίζεται μέσω της εκδηλούμενης υπεροχής. Από το αρχικό στάδιο, σημαντικός είναι ο ρόλος ψυχοκοινωνικών παραμέτρων. Τόσο όμως αυτές όσο και οι γνωστικές παράμετροι είναι αρκετά εύπλαστες και πρέπει να διαμορφωθούν ανάλογα».

Η ιδιαιτερότητα της συγκεκριμένης προσέγγισης έγκειται στην έμφαση σε ψυχολογικούς-κοινωνικούς παράγοντες στους οποίους άλλες προσεγγίσεις δε δίνουν ιδιαίτερη σημασία.

Ο Maker (1992), συμπληρώνει ότι το χαρισματικό άτομο έχει τη δυνατότητα να λύνει σύνθετα προβλήματα. Αυτή η προσέγγιση ενέχει και το στοιχείο της δημιουργικότητας. Συγκεκριμένα, εστιάζεται πολύ στην ικανότητα ενός ταλαντούχου ατόμου: 1) να αποσαφηνίζει και να αναλύει προβλήματα, 2) να καταστρώνει σχέδιο λύσης

αφού εντοπίσει τον πιο αποτελεσματικό και οικονομικό τρόπο, και 3) να καταλήγει σε αποδεκτές και κατάλληλες λύσεις, χρησιμοποιώντας τη διαθέσιμη σκέψη, πληροφορία και γνώση. Ουσιαστικά, η προσέγγιση αυτή, εστιάζεται στις ικανότητες επίλυσης πολύπλοκων προβλημάτων και προκλήσεων.

Ο Renzuli (1986) προσθέτει πως το χαρισματικό άτομο συνδυάζει τρία βασικά χαρακτηριστικά. Το πρώτο είναι γενικές ή ειδικές γνώσεις άνω του μέσου όρου, όχι όμως απαραίτητα, αρκετά υψηλότερες. Το δεύτερο στοιχείο είναι η αφοσίωση και το κίνητρο για ενασχόληση. Τέλος το τρίτο στοιχείο είναι η δημιουργικότητα.

Παράλληλα, η Αμερικάνικη Ένωση για την Έρευνα των Χαρισματικών Παιδιών προσδιορίζει ότι οι δεξιότητες των συγκεκριμένων παιδιών εστιάζονται συνήθως σε τομείς όπως πνευματική καλλιέργεια, καλλιτεχνική δραστηριότητα, ηγετικές τάσεις, δημιουργικότητα ή σε συγκεκριμένα επιστημονικά-γνωστικά αντικείμενα (National Union for Gifted Children, 2008).

Όλες οι ομάδες που προσπαθούν να ορίσουν την χαρισματικότητα συμφωνούν ότι προσδιορίζει και προσδιορίζεται από τρία βασικά χαρακτηριστικά. Αυτά είναι:

- Γενικές γνώσεις και δεξιότητες, ανώτερες από το σχετικό μέσο όρο
- Δημιουργικότητα, και
- Οργανωτικότητα στην ολοκλήρωση δραστηριοτήτων.

Τα βασικά ερωτήματα που αναδύονται από τους παραπάνω ορισμούς, σύμφωνα με τη Rinn (2012) έχουν σχέση με τον εντοπισμό βασικών ψυχολογικών και κοινωνικών παραμέτρων που συσχετίζονται με την εκπαίδευση ταλέντων, τη δυνατότητα ποσοτικοποίησής του καθώς και τις ενδεικνυόμενες εκπαιδευτικές παρεμβάσεις.

Ως προς το πρώτο ερώτημα, τον εντοπισμό των βασικότερων παραμέτρων, αναφέρονται ενδεικτικά το κίνητρο, η επιμονή, η καταβολή προσπάθειας, η διάθεση για βαθύτερη ενασχόληση, το γενικότερο ενδιαφέρον, οι κοινωνικές σχέσεις, η πρόθεση για πειραματισμό και η δυνατότητα αντιμετώπισης δυσκολιών ή εμποδίων. Αυτές οι παράμετροι ωστόσο, η Rinn (2012) θεωρεί πως πρέπει να εξετάζονται μέσα από το πλαίσιο των ακαδημαϊκών επιδόσεων των μαθητών.

Δεν υπάρχει όμως σαφής γενική απάντηση σε ό,τι αφορά το δεύτερο ερώτημα, τη μέτρηση ή ποσοτικοποίηση των παραμέτρων αυτών. Η επιλογή μιας κλίμακας μέτρησης ίσως εξαρτάται από την κάθε περίπτωση και τα χαρακτηριστικά της.

Τέλος, ως προς το τρίτο ερώτημα, τις καταλληλότερες εκπαιδευτικές παρεμβάσεις, υπάρχει μια γενική συμφωνία ότι η διδασκαλία ταλέντων γίνεται σε τρεις φάσεις. Η πρώτη φάση περιλαμβάνει τον εντοπισμό ταλέντων ή ενδιαφερόντων των παιδιών. Η δεύτερη φάση περιλαμβάνει την καλλιέργεια γνώσεων και δεξιοτήτων. Η τρίτη φάση περιλαμβάνει την παρακίνηση από τον εκπαιδευτικό ώστε ο μαθητής να αναπτύξει μια δική του μέθοδο ή προσέγγιση στον τομέα που τα παιδιά έχουν ταλέντο. Οποσδήποτε, το σχολείο οφείλει να είναι σε συνεργασία με γονείς και οποιονδήποτε άλλο φορέα ειδικών ή εξειδικευμένων παιδαγωγών ή επιστημόνων που μπορεί ή επιθυμεί να βοηθήσει (Kelly, 2004; Rinn, 2012).

Η ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ

Σύμφωνα με τις σύγχρονες αντιλήψεις για τη διοίκηση σχολείου και τις νέες θεωρίες μάθησης, ο εκπαιδευτικός οργανισμός αποτελεί ένα ανοιχτό σύστημα που αλληλεπιδρά συνεχώς με το ευρύτερο περιβάλλον. Κάθε πρόταση για βελτίωση στοχεύει στην αναβάθμιση του οργανισμού ως προς τη δυνατότητά να παράγει ωφέλιμη γνώση, με διάφορες μορφές όπως το παιδαγωγικό υλικό. Στοχεύει, επίσης, στη μακροπρόθεσμη ανάπτυξη ενός ευέλικτου εκπαιδευτικού περιβάλλοντος που θα μπορεί να βελτιώνεται συνεχώς (Everard κα, 2004).

Η σχολική μονάδα που απαντά επιτυχώς στις προτάσεις για αλλαγή, αποτελεί μια ευέλικτη και δημιουργική κοινότητα μάθησης. Οι συνεργατικές σχέσεις ανάμεσα στα μέλη της, οι ανθρώπινες αλληλεπιδράσεις στην εσωτερική δομή της, η νέα γνώση που οικοδομείται και οι εμπειρίες που διαδίδονται στα πλαίσιά της, αποτελούν το «πνευματικό κεφάλαιο» αυτής της κοινότητας (Kelly, 2004, σ.11), χάρη στο οποίο, η διοίκησή της μπορεί να διαχειρισθεί την αλλαγή, ώστε αυτή να αποτελέσει ευκαιρία για παραγωγή νέων αξιών, δηλαδή μια «καινοτομία» (Drucker, 1999, σ. 102). Σε κάθε κοινότητα μάθησης, οι δάσκαλοι ως «ηθικοί φορείς αλλαγής» (Fullan, 2001, σ.16), πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να δράσουν καταλυτικά, ενεργοποιώντας δεξιότητες, γνώσεις και εμπειρίες τους προς την αναβάθμιση του σχολικού και του ευρύτερου μαθησιακού περιβάλλοντος (Everard κα, 2004).

Οι δάσκαλοι έχουν σημαντικό ρόλο στην περίπτωση της αλλαγής. Χρειάζεται να καταστούν συμμετοχοί στο όραμα της αλλαγής και να κατανοήσουν τη σημασία της.

Παράλληλα, συμμετέχοντας στην παραγωγή γνώσης, είναι απαραίτητο οι εκπαιδευτικοί να άρουν την «απομόνωσή τους» (Χατζηγεωργίου, 1998, σσ. 68) και να διαχειριστούν την αλλαγή. Εκμεταλλεζόμενοι δυνατότητες που τους δίνει το περιβάλλον, πρέπει να αντλούν πληροφορίες και οδηγίες σχετικές με τη διδακτική πράξη και να ξεπερνούν τα προβλήματα που παρουσιάζονται όπως θέματα χρόνου, χώρου, εξοπλισμού συμπεριφοράς (Everard κα, 2004), ώστε να υλοποιήσουν την αλλαγή με μεγαλύτερη επιτυχία.

Ως καθοδηγητές της αλλαγής οι δάσκαλοι μπορούν να μεταδώσουν γνώση και εμπειρία τους σε άλλα μέλη της εκπαιδευτικής κοινότητας, να αναπτύξουν πρωτοβουλίες για καινοτόμες προτάσεις που θα βελτιώσουν το κλίμα του σχολικού οργανισμού και την ποιότητα της γνώσης που παράγει. Η ποιοτική αναβάθμιση της σχολικής λειτουργίας και του μαθησιακού περιβάλλοντος είναι διαδικασία πολυδιάστατη. Προϋποθέτει συνεχείς αλληλεπιδράσεις των εκπαιδευτικών, μεταξύ τους και με τα μέλη της κοινότητας τα οποία παίρνουν αποφάσεις και με τις αρχές που σχεδιάζουν μεταρρυθμίσεις (Χατζηγεωργίου, 1998; Fullan, 2001).

ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Η Σημασία του Παιδαγωγικού Υλικού

Ο σχεδιασμός παιδαγωγικού υλικού είναι σημαντικός. Το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί χρειάζεται να είναι συμβατό με κριτήρια που ακολουθούνται και πρακτικές που εφαρμόζονται στον εκπαιδευτικό οργανισμό, καθώς και να είναι ευνόητο, ελκυστικό και

χρήσιμο για τους μαθητές. Οι εκπαιδευτικοί χρειάζονται πληροφορίες, δεξιότητες και στάσεις σχετικά εκπαιδευτικό υλικό, ώστε να επιλέξουν, να διαμορφώσουν ή να σχεδιάσουν το πλέον κατάλληλο για κάθε διδακτική παρέμβαση (Kesidou & Roseman, 2002; Schwarz κα, 2008).

Το εκπαιδευτικό υλικό, είναι προϊόν αλληλεπίδρασης του εκπαιδευτικού με το εκάστοτε πρόγραμμα σπουδών. Ο εκπαιδευτικός συνεισφέρει γνώσεις, δεξιότητες, πρακτικές, στάσεις και αξίες. Στις γνώσεις μπορεί να περιλαμβάνονται γνώσεις αντικειμένου, όπως Φυσικές Επιστήμες, Μαθηματικά, Πληροφορική, γνώσεις παιδαγωγικού περιεχομένου ή και εφαρμοσμένης παιδαγωγικής, όπως γνώση του Προγράμματος Σπουδών και σχεδίων μαθήματος. Οι αξίες και στάσεις του εκπαιδευτικού μπορεί να έχουν σχέση με τη γνώμη του για το αντικείμενο και τους στόχους του μαθήματος, το ρόλο του εκπαιδευτικού, τη σχέση του με τους μαθητές και τη σημασία του Προγράμματος Σπουδών. Για το λόγο αυτό, διαφορετικοί εκπαιδευτικοί μπορεί να σχεδιάσουν διαφορετικό υλικό, βασισμένοι στο ίδιο πρόγραμμα σπουδών (Schwarz κα, 2008).

Συνεπώς το παιδαγωγικό υλικό, εμπεριέχει αναπαραστάσεις γνώσεων, δραστηριότητες και εργασίες, καθώς και διδακτικές πρακτικές που μπορούν να ενημερώσουν για τη δουλειά του εκπαιδευτικού ή και να την επηρεάσουν. Αντικατοπτρίζει βαθύτερες ιδέες, αξίες και νοήματα για το περιεχόμενο και τη διδασκαλία.

Σύμφωνα με τον Fullan, (2007), μια πρόκληση που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί στις περιπτώσεις καινοτομίας είναι η αδυναμία υλοποίησης, καθώς δεν βρίσκουν εύκολα το κατάλληλο υλικό. Ο εκπαιδευτικός που συμμετέχει σ' αυτές, συνήθως ξεκινά μελετώντας τι υλικό χρησιμοποιείται για παρεμφερείς δράσεις. Το υλικό μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στις ιδέες του εκπαιδευτικού για το ρόλο του, την προσέγγιση που θα ακολουθήσει, ενώ μπορεί να γίνει και πηγή γνώσης για τον εκπαιδευτικό (Schwarz κα, 2008).

Η σύνθεση παιδαγωγικού υλικού βασίζεται σε μοντέλα, που ακολουθούν τρεις βασικές φάσεις: αποσαφήνιση στόχων, σχεδιασμός υλικού και ανατροφοδότηση. Έχουν διατυπωθεί πολλά μοντέλα. Η συγκεκριμένη διαδοχή φάσεων υπάρχει στα περισσότερα (Krajcic κα, 2008).

Το Καθοδηγούμενο από τους Στόχους Μοντέλο Παραγωγής Διδακτικού Υλικού

Κάθε καινοτομία στο χώρο της Διδακτικής των Θετικών Επιστημών ή και των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας, στηρίζεται σε αναθεώρηση διδακτικών εργαλείων και υλικών καθώς και στο σχεδιασμό νέων. Η διαδικασία αυτή, περιλαμβάνει δύο άξονες. Ο πρώτος άξονας είναι η ανάλυση διδακτικών στόχων του γνωστικού αντικειμένου, όπως ορίζονται από τα κριτήρια (standards) που υπαγορεύει το Πρόγραμμα Σπουδών και η εκπαιδευτική έρευνα. Ο δεύτερος περιλαμβάνει διερεύνηση και σχεδιασμό νέων παιδαγωγικών προσεγγίσεων που θα εξυπηρετούν τους στόχους αυτούς και την εφαρμογή νέων πρακτικών (Krajcic κα, 2008).

Σε ότι αφορά τον πρώτο άξονα, οι Kesidou & Roseman (2002) υποστηρίζουν ότι το εκπαιδευτικό υλικό σπάνια εκπληρώνει στόχους και κριτήρια με βάση τα οποία σχεδιάστηκε. Αντιμετωπίζει επιφανειακά έννοιες και δε δίνει έμφαση σε σημεία όπως η κατανόηση σε βάθος και εξήγηση φαινομένων. Υποστηρίζουν επίσης ότι συχνά δεν επιτυγχάνει να εφαρμόσει την προγραμματισμένη παιδαγωγική προσέγγιση. Οι Krajcic κα (2008) εξηγούν ότι αυτό συμβαίνει επειδή τα κριτήρια στηρίζονται σε επιστημονικές διατυπώσεις ειδικών των φυσικών επιστημών. Οι εκπαιδευτικοί που σχεδιάζουν υλικό με βάση επιστημονικά κριτήρια, πρέπει να προσέξουν: 1) πώς οι έννοιες θα γίνουν ελκυστικές και κατανοητές; 2) ποιες από τις συγκεκριμένες έννοιες θα διδαχθούν; 3) τι είδους βιώματα και εναύσματα θα χρησιμεύσουν; 4) ποιες δράσεις ή εργασίες εφαρμογής χρησιμεύουν ως αξιολόγηση.

Σε ότι αφορά το δεύτερο άξονα, η σύγχρονη προσέγγιση υποστηρίζει την ενεργό συμμετοχή μαθητών σε δραστηριότητες, γνωστές ως projects. Το θέμα του project πρέπει να είναι σχετικό με την εμπειρία των παιδιών, και να εξυπηρετεί τους στόχους του γνωστικού αντικείμενου. Η δραστηριότητα οφείλει να βοηθά τα παιδιά να επιστρατεύσουν και να εμπλουτίσουν γνώσεις και να αναπτύξουν δεξιότητες όπως συνεργατικότητα, παρατήρηση, κριτική σκέψη, ανάλυση, διερεύνηση, επεξήγηση φαινομένων. Πρέπει να υπάρχει εμφανής για τα παιδιά σύνδεση με την καθημερινή εμπειρία τους (Lin κα, 2004; Krajcic κα, 2008).

Όμως ο εκπαιδευτικός σχεδιάζοντας project και σχετικό υλικό, αντιμετωπίζει προκλήσεις. Μία είναι ότι στο Αναλυτικό Πρόγραμμα, ίσως υπάρχουν έννοιες ή δεξιότητες, που ο εκπαιδευτικός να αδυνατεί να παρουσιάσει στα παιδιά με τρόπο ενδιαφέρον και ελκυστικό, σχετικό με την εμπειρία τους (Krajcic κα, 2008).

Λύση στη συγκεκριμένη πρόκληση αποτελεί το 'καθοδηγούμενο από τους διδακτικούς στόχους μοντέλο σχεδιασμού υλικού' (learning-goals-driven-design-model). Οι βασικοί άξονές του είναι: 1) αποσαφήνιση των στόχων, 2) διερεύνηση της παιδαγωγικής προσέγγισης, 3) παραλληλισμός και συγχρονισμός κριτηρίων, δραστηριοτήτων και αξιολόγησης.

Η αποσαφήνιση στόχων είναι χρονοβόρα. Οι Krajcic κα, (2008), προτείνουν το σχεδιασμό εννοιολογικού χάρτη που θα αναγράφει αρχικά τις έννοιες που πρέπει να οικοδομηθούν, όπως συλλέγονται από Αναλυτικά Προγράμματα, ή από πορίσματα έρευνας. Οι έννοιες πρέπει να συνοδεύονται από αντιλήψεις παιδιών γύρω από αυτές, που αποτελούν θεμέλιο για την οικοδόμηση της νέας, επιστημονικά αποδεκτής γνώσης. Στη συνέχεια, οι έννοιες πρέπει να αναλυθούν σε επιμέρους έννοιες και να τονιστεί η σχέση τους με βιώματα παιδιών. Με αυτό το σχεδιασμό, θα επιλέξει ο εκπαιδευτικός σε τι βάθος θα επεξεργαστούν τα παιδιά τη συγκεκριμένη έννοια και με ποιο τρόπο. Στο σημείο αυτό, γίνεται προσπάθεια συσχετισμού των εννοιών μεταξύ τους. Αυτή ίσως οδηγήσει σε προσθήκες νέων εννοιών, που αποδειχθούν χρήσιμες και κατανοητές για τα παιδιά. Ο εκπαιδευτικός, με γνώμονα τον παραπάνω εμπλουτισμένο χάρτη, επιλέγει το πλαίσιο του project (Krajcic κα, 2008).

Στη δεύτερη φάση, της διερεύνησης παιδαγωγικής προσέγγισης, γίνεται αποσαφήνιση μαθησιακών συμπεριφορών (learning performances) που πρέπει να

υιοθετήσουν μαθητές, όπως μοντελοποίηση, ερμηνεία φαινομένων. Η σημασία των μαθησιακών συμπεριφορών έγκειται στο γεγονός ότι η σύγχρονη θεώρηση της Διδακτικής των Φυσικών και Θετικών Επιστημών δεν περιορίζεται στην εκμάθηση εννοιών και ανάπτυξη δεξιοτήτων. Υποστηρίζει την αναγκαιότητα κατανόησης εννοιών και σχέσεων μεταξύ τους, ώστε οι μαθητές να διατυπώνουν συλλογισμούς επιστημονικούς και να αναπτύσσουν μοντέλα κατανόησης, περιγραφής, ανάλυσης και πρόβλεψης. Οι επιθυμητές μαθησιακές συμπεριφορές χρησιμεύουν σαν άξονας για σχεδιασμό νέων δράσεων, σε διαφορετικές έννοιες και διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα. Αυτό βοηθάει στην παγίωση σταθερής εκπαιδευτικής πρακτικής (Duschl κα, 2007; Krajcic κα, 2008).

Την ανάπτυξη μαθησιακών συμπεριφορών ακολουθεί ο παραλληλισμός κριτηρίων δράσεων και αξιολόγησης. Αυτό περιλαμβάνει την ανάπτυξη πλαισίου (contextualisation), τελειοποίηση μαθησιακών δραστηριοτήτων, καθορισμό διδακτικής αλληλουχίας και εντοπισμό βασικών σημείων του προγράμματος.

Η ανάπτυξη πλαισίου, επιτυγχάνεται με τη γεφύρωση μαθησιακών συμπεριφορών με την καθημερινή εμπειρία των παιδιών. Αυτό γίνεται με ερωτήσεις, που προσελκύουν το ενδιαφέρον μαθητών. Η απάντηση στην ερώτηση, θα τροφοδοτεί ανάγκη για επεξηγήσεις με έννοιες Φυσικών και Θετικών Επιστημών, ώστε οι μαθητές να εξοικειώνονται με το θέμα του μαθήματος.

Η τελειοποίηση των μαθησιακών δραστηριοτήτων προϋποθέτει την επιλογή φαινομένων και θεμάτων που θα μπορέσουν να παρουσιάσουν τις επιστημονικές γνώσεις με εύλογο τρόπο στους μαθητές. Από αυτά που θα επιλεγθούν, ξεχωρίζουν όσα συνδυάζονται καλύτερα με τους στόχους και τις επιδιωκόμενες μαθησιακές συμπεριφορές. Με αυτά τα βήματα, σχεδιάζονται μαθησιακές δραστηριότητες (Krajcic κα, 2008).

Ο καθορισμός της διδακτικής αλληλουχίας που ακολουθεί ξεκινά με νέα μελέτη του χάρτη που σχεδιάστηκε στην αποσαφήνιση στόχων. Γίνεται νέα επιλογή εννοιών που τελικά θα διδαχθούν, ενώ ελέγχεται ποιες έννοιες θεωρούνται για τα παιδιά απλές, για να αποτελέσουν αρχή της αλληλουχίας, ενώ οι περισσότεροι σύνθετες να ακολουθήσουν. Βέβαια, λαμβάνεται υπόψη και η αρχική ερώτηση ώστε η σειρά των δράσεων να οδηγήσει στην απάντησή της.

Παρόμοια, η αξιολόγηση, σχεδιάζεται με βάση προηγούμενες διαδικασίες και φυσικά τους στόχους και τις μαθησιακές συμπεριφορές. Οι απαιτήσεις του Προγράμματος Σπουδών και οι διαδικασίες αξιολόγησης χρειάζεται να είναι σε διαρκή αλληλεπίδραση. Η χρήση πολλαπλών παραδειγμάτων και πλαισίων εφαρμογής στην αξιολόγηση, προσφέρει πιο έγκυρη διαπίστωση του βαθμού κατάκτησης στόχων και υιοθέτησης μαθησιακών συμπεριφορών (Krajcic κα, 2008).

Συνοπτικά, σύμφωνα με το 'καθοδηγούμενο από τους διδακτικούς στόχους μοντέλο σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού', αρχικά γίνεται διερεύνηση στόχων. Στη συνέχεια, γίνεται προσδιορισμός μαθησιακών συμπεριφορών που πρέπει να υιοθετήσουν μαθητές πέρα από την εμπάθυνση σε διδακτικούς στόχους. Με άξονα τέλος, το πλαίσιο διδασκαλίας, τον καθορισμό των ακριβών μαθησιακών στόχων και συμπεριφορών, τη

διδασκτική αλληλουχία εννοιών, τις μεθόδους και τα υλικά αξιολόγησης, γίνεται ο τελικός σχεδιασμός του υλικού. Η ολοκλήρωση του σχεδιασμού, γίνεται με την ανατροφοδότηση από την χρήση, που μπορεί να οδηγήσει σε βελτιώσεις ή διαδικασίες σύνταξης νέου υλικού (Kesidou & Roseman, 2002; Krajcic κα, 2008).

Συγκρίνοντας, το καθοδηγούμενο από τους διδακτικούς στόχους μοντέλο σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού, με άλλα, διακρίνονται κοινά σημεία αλλά και σημαντικές διαφοροποιήσεις. Τα βασικά κοινά σημεία είναι η ανάλυση, σύνθεση, σχεδιασμός, εφαρμογή και ανατροφοδότηση. Αυτά τα σημεία αντιπροσωπεύουν ομάδα μοντέλων που απευθύνονται σε διαφορετικά, ποικίλα γνωστικά αντικείμενα.

Το συγκεκριμένο μοντέλο, εστιάζεται σε Φυσικές και Θετικές επιστήμες. Βασική διαφορά του από άλλα είναι η έμφαση σε μαθησιακές συμπεριφορές που αποτελούν βάση στο σχεδιασμό συνόλου και όχι μεμονωμένων διδακτικών παρεμβάσεων. Συνεισφέρει έτσι στον ευρύτερο προγραμματισμό τακτικής σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού για ένα γνωστικό αντικείμενο (Duschl et al., 2007; Krajcic κα, 2008).

ΟΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

Η συγκεκριμένη έρευνα μελετά τις απόψεις εκπαιδευτικών σχετικά με τη δυνατότητα που τους παρέχει το σχολικό κλίμα να σχεδιάσουν το εκπαιδευτικό υλικό που θα χρησιμοποιήσουν για να υλοποιήσουν ομαλά την καινοτομία των ομίλων. Για να μελετηθεί αυτό, χρειάζεται να εξετασθεί αν η εφαρμογή των φάσεων του μοντέλου σχεδιασμού που ακολουθείται γίνεται ομαλά.

Οι Όμιλοι αποτελούν νέο θεσμό που απευθύνεται σε παιδιά με χάρισμα σε κάποιο γνωστικό αντικείμενο. Τόσο η βιβλιογραφία γύρω από το συγκεκριμένο θέμα (National Union for Gifted Children, 2008; Rinn, 2012), όσο και το νομικό και θεσμικό πλαίσιο των ομίλων (Νόμος 3966/2011), τονίζουν ότι η εκπαίδευση των παιδιών αυτών, χρειάζεται να περιλαμβάνει οικοδόμηση γνώσεων, ανάπτυξη δεξιοτήτων και διαμόρφωση στάσεων. Οι εκπαιδευτικοί των ομίλων, χρειάζεται να σχεδιάσουν δράσεις και υλικό που ικανοποιεί τις παραπάνω προϋποθέσεις.

Για τα σχεδιασμό του εκπαιδευτικού υλικού, για ομίλους που έχουν σχέση με Φυσικές Επιστήμες, Μαθηματικά, Πληροφορική, κρίνεται καταλληλότερο το 'καθοδηγούμενο από τους στόχους μοντέλο σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού'. Ο βασικός λόγος είναι ότι το μοντέλο αυτό, βασίζεται στην εκπαιδευτική προσέγγιση με τη μέθοδο project, που είναι συμβατή με τις σύγχρονες θεωρήσεις γύρω από τη διδακτική των συγκεκριμένων γνωστικών αντικειμένων. Άλλος λόγος είναι ότι το συγκεκριμένο μοντέλο δεν περιορίζεται σε απλούς γνωστικούς στόχους, ή μεμονωμένες δεξιότητες. Επεκτείνεται στην προαγωγή μαθησιακών συμπεριφορών (Krajcic κα, 2008), που είναι σημαντικές για την εκπαίδευση ταλαντούχων ή χαρισματικών παιδιών (Rinn, 2012). Στα πλαίσια του μοντέλου, οι εκπαιδευτικοί θα προσδιορίσουν στόχους και μαθησιακές συμπεριφορές, θα σχεδιάσουν το υλικό και μετά τη διδασκαλία, θα πάρουν ανατροφοδότηση.

Καλούνται επομένως οι εκπαιδευτικοί, που αναλαμβάνουν την οργάνωση και διαχείριση των Ομίλων, να αναλάβουν νέες ευθύνες και δραστηριότητες ακολουθώντας

το παραπάνω μοντέλο ώστε να σχεδιάσουν το υλικό που θα χρησιμοποιήσουν. Όπως όμως δείχνει η έρευνα και η βιβλιογραφία, κάθε φορά που οι εκπαιδευτικοί αναλαμβάνουν νέους ρόλους, βρίσκονται αντιμέτωποι με προκλήσεις. Η βασικότερη ίσως πρόκληση είναι η δυσκολία που προβάλλει το σύνολο των υποδομών, το κλίμα και η κουλτούρα του σχολείου που ενδεχομένως να μην είναι συμβατή με την καινοτομία που υλοποιείται και να μη βοηθά τους εκπαιδευτικούς στους νέους ρόλους που έχουν αναλάβει. Οι εκπαιδευτικοί αρκετές φορές δηλώνουν ότι δε γνωρίζουν τι ακριβώς πρέπει να κάνουν ή πώς ακριβώς πρέπει να εφαρμόσουν τους νέους ρόλους στη διδασκαλία, ότι δεν έχουν την απαιτούμενη υποστήριξη ή τον απαιτούμενο χρόνο (Fullan, 2007).

Το Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα δεν αποτελεί εξαίρεση. Σύμφωνα με τους θεωρητικούς της εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης Ζαμπέτα (2000) & Καζαμία (1990), οι περισσότερες προσπάθειες αναβάθμισης του εκπαιδευτικού κλίματος στα πλαίσια του Ελληνικού σχολείου αντιμετωπίζουν παρόμοιες προκλήσεις και συχνά δεν πετυχαίνουν τους στόχους τους.

Η βιωσιμότητα επομένως των Ομίλων, εξαρτάται από τη δυνατότητα των εκπαιδευτικών να αντεπεξέλθουν στους νέους ρόλους τους, να ξεπεράσουν προκλήσεις ώστε να σχεδιάσουν και το απαιτούμενο εκπαιδευτικό υλικό, ακολουθώντας τα τρία βασικά βήματα: προσδιορισμός στόχων, ανάπτυξη υλικού, ανατροφοδότηση. Είναι λοιπόν σημαντικό να διερευνηθούν οι απόψεις των εκπαιδευτικών πάνω στο θέμα αυτό. Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, διαμορφώνονται τα τρία παρακάτω βασικά ερωτήματα:

- 1) Με ποια κριτήρια οι εκπαιδευτικοί ορίζουν τους στόχους;
- 2) Ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν στο σχεδιασμό του εκπαιδευτικού υλικού,
- 3) Υπάρχουν ευκαιρίες για ανατροφοδότηση;

Κάθε ερώτημα αναφέρεται στους τρεις άξονες σχεδιασμού υλικού του 'καθοδηγούμενου από τους στόχους μοντέλου'. Οι απαντήσεις, θα δείξουν εάν γίνεται ομαλά ο σχεδιασμός εκπαιδευτικού υλικού, συνεπώς εάν μπορεί να υλοποιηθεί ομαλά και η καινοτομία.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η έγκυρη απάντηση στα ερευνητικά ερωτήματα απαιτεί την επιλογή κατάλληλης μεθοδολογίας. Οι βασικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις στην εκπαιδευτική έρευνα είναι η θετικιστική και η μη-θετικιστική προσέγγιση. Η πρώτη διερευνά ανθρώπινες συμπεριφορές με στόχο τη σύνταξη κανόνων που θα βοηθήσουν προβλέψεις. Η δεύτερη αμφισβητεί τη δυνατότητα οριοθέτησης ανθρώπινων συμπεριφορών σε στενούς κανόνες. Απόρροια των δύο προσεγγίσεων είναι η επιλογή ανάμεσα στην ποσοτική και ποιοτική έρευνα. Η ποσοτική που βασίζεται στη θετικιστική προσέγγιση εφαρμόζει πειραματικές μεθόδους για να επεξεργαστεί ποσοτικά δεδομένα και να επιβεβαιώσει την ορθότητα διατυπωμένων υποθέσεων. Η ποιοτική έρευνα που βασίζεται στην μη-θετικιστική προσέγγιση, επιδιώκει να μελετήσει ανθρώπινες συμπεριφορές, στάσεις, ιδέες, απόψεις και αξίες μέσα σε συγκεκριμένα πλαίσια (Cohen κα, 2011).

Η συγκεκριμένη έρευνα, όπως διαμορφώνεται από τα ερευνητικά ερωτήματα, είναι περισσότερο ποιοτική. Οι Strauss και Corbin (1997, σελ. 17), ορίζουν την ποιοτική

έρευνα ως «κάθε δείγμα ερευνητικής δουλειάς που επιδιώκει να δώσει αποτελέσματα που όμως δεν προκύπτουν από επεξεργασία στοιχείων ή οποιαδήποτε προσπάθεια ποσοτικοποίησης».

Τα δεδομένα και οι πληροφορίες προς ανάλυση σε μια έρευνα μπορεί να συλλεχθούν με διάφορα εργαλεία: συνεντεύξεις, ερωτηματολόγια, παρακολουθήσεις, βιογραφίες, σημειώσεις κάθε είδους. Στη συγκεκριμένη έρευνα πλέον κατάλληλες πρακτικές είναι η συνέντευξη και η παρατήρηση (Cohen κα, 2011).

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε Πρότυπο Πειραματικό Δημοτικό Σχολείο, όπου λειτουργεί ο θεσμός των Ομίλων, από το σχολικό έτος 2012-2013. Στα δύο έτη 2012-2013 και 2013-2014, έχουν λειτουργήσει όμιλοι σχετικοί με Θετικές Επιστήμες και Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας: *Όμιλος Μαθηματικών, Φυσικών Επιστημών, Περιβάλλοντος, Ψηφιακού Γραμματισμού, Γεωγραφίας & Αστρονομίας*. Συνολικά, έξι εκπαιδευτικοί έχουν αναλάβει την υλοποίηση αυτών των ομίλων. Ο αριθμός των μαθητών που συμμετείχαν σε αυτούς ήταν συνολικά 90. Πραγματοποιήθηκαν 20 ομαδικές συνεντεύξεις με τους εκπαιδευτικούς των ομίλων, που συνοδεύθηκαν από παρακολουθήσεις σχεδιασμού του υλικού.

Για την απάντηση στο πρώτο ερευνητικό ερώτημα, δόθηκε έμφαση σε ερωτήσεις-θέματα που αφορούν την αποσαφήνιση στόχων, σε συνδυασμό όμως με βασικούς άξονες της εκπαίδευσης των χαρισματικών παιδιών: *Τι θέματα έχετε σκοπό να διαπραγματευτείτε; Τι γνώσεις και πληροφορίες θέλετε να οικοδομηθούν; Ποιες διαστάσεις των εννοιών αυτών θα αναλυθούν; Ποια στοιχεία χαρισματικότητας έχετε σκοπό να αναδείξετε και να προωθήσετε;*

Για την απάντηση στο δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, δόθηκε έμφαση σε ερωτήσεις που έχουν σχέση με τη φάση παραλληλισμού δράσεων και κριτηρίων, σε συνδυασμό με τις προκλήσεις της υλοποίησης της καινοτομίας: *Συναντώνται εμπόδια στο σχεδιασμό εκπαιδευτικού υλικού συγκεκριμένων δράσεων; Υπάρχει στο σχολείο ο απαιτούμενος εξοπλισμός και το σύνολο των υποδομών που θα συνοδεύσει την οργάνωση και χρήση του συγκεκριμένου υλικού;*

Τέλος, για την απάντηση στο τρίτο ερευνητικό ερώτημα δόθηκε έμφαση σε ερωτήσεις που έχουν σχέση με το θέμα της ανατροφοδότησης, όπως: *με ποιο τρόπο αξιολογείται η ποιότητα και η αποτελεσματικότητα του εκπαιδευτικού υλικού; Πότε κρίνεται ότι έχουν επιτευχθεί οι στόχοι;*

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1^Ο ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑ: «Με ποια κριτήρια οι εκπαιδευτικοί επέλεξαν τους στόχους;»

Οι συνεντεύξεις και παρακολουθήσεις έδειξαν ότι τα κριτήρια, με βάση τα οποία οι εκπαιδευτικοί επιλέγουν στόχους, ευνοούν την εφαρμογή του καθοδηγούμενου από τους διδακτικούς στόχους μοντέλου σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού. Λαμβάνουν υπόψη τις αρχές της εκπαίδευσης ταλαντούχων και χαρισματικών παιδιών, έτσι ώστε να ευνοείται η υλοποίηση καινοτομίας.

Βασικό κριτήριο είναι η οικοδόμηση γνώσεων και πληροφοριών. Οι γνώσεις αυτές μπορεί να προωθούνται τόσο από πρόγραμμα σπουδών και τη διεθνή βιβλιογραφία, όσο και να προέρχονται από θέματα σχετικά με τη βιωματική εμπειρία των παιδιών. Κριτήριο είναι και η καταλληλότητά τους για το σχεδιασμό project. Συχνά όμως μπορεί να προέρχονται από παράκληση των παιδιών να μάθουν στα πλαίσια του Ομίλου για ένα θέμα επιλογής τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η επιθυμία παιδιών του Ομίλου μαθηματικών να μάθουν για δυνάμεις, εξισώσεις και ανισώσεις, που όπως δήλωσαν ότι θέλουν να τα μάθουν για το Γυμνάσιο.

Αυτά το κριτήρια είναι συμβατά με τις αρχές εκπαίδευσης ταλαντούχων και χαρισματικών παιδιών που δίνουν έμφαση στην οικοδόμηση γνώσεων, την προώθηση του κινήτρου των μαθητών (Mezulli, 1986; Maker, 1992; Rin, 2012). Παράλληλα, οι εκπαιδευτικοί δείχνουν ότι ακολουθούν τις αρχές του μοντέλου που επιλέχθηκε, που βασίζεται αρκετά στο project, ενώ αναγνωρίζουν και την αναγκαιότητα γεφύρωσης της βιβλιογραφίας με τη βιωματική εμπειρία των μαθητών (Krajcic κα, 2008). Ωστόσο, τονίζουν ότι χρειάζεται προσοχή, καθώς η απλή διδασκαλία ύλης ανώτερων τάξεων αντιβαίνει στη φιλοσοφία των Ομίλων. Όπως τόνισαν συχνά «*Οι όμιλοι δεν είναι φροντιστήριο ούτε ενισχυτική διδασκαλία*» (Νόμος 3966/2011).

Πέρα όμως από τις γνώσεις, οι εκπαιδευτικοί έδωσαν σημασία σε κριτήρια όπως καλλιέργεια δεξιοτήτων και στάσεων. Οι δεξιότητες αυτές μπορεί να έχουν σχέση με παρατήρηση, συζήτηση, ανάλυση, κριτική σκέψη, αναζήτηση πληροφοριών, ομαδικότητα, εντοπισμός ερωτημάτων, επίλυση προβλήματος. Χαρακτηριστική ήταν η τοποθέτηση ενός εκπαιδευτικού ότι «*Οι όμιλοι είναι μια καλή ευκαιρία να καλλιεργήσουμε δεξιότητες. Τις γνώσεις τις προωθούμε και μέσα από το πρωινό πρόγραμμα. Τις δεξιότητες όχι. Οι όμιλοι σ' αυτό βοηθούν*». Η επιλογή δεξιοτήτων γινόταν με βάση τη συμβατότητά τους με άλλες δεξιότητες και έννοιες, τον τρόπο που θα συνδεθούν σε ένα project, αλλά και τη δυνατότητα αξιολόγησής.

Ειδικότερα για το σχεδιασμό project, καθώς και για σχεδιασμό υλικού, αξιοποιήθηκε και το πνευματικό κεφάλαιο του σχολείου. Στον όμιλο περιβάλλοντος, για παράδειγμα, σχεδιάστηκε project με θέμα τα ηφαίστεια, τις φυσικές καταστροφές και το σχεδιασμό δράσεων πρόληψης. Αφορμή ήταν και η πρόθεση γονέων και εξωτερικών συνεργατών που ασχολούνταν επαγγελματικά με το συγκεκριμένο θέμα να συνεργαστούν.

Η επιλογή των στόχων λοιπόν γίνεται ομαλά. Ακολουθούνται τα βασικά σημεία της εκπαίδευσης χαρισματικών παιδιών (Rin, 2012) αλλά και του επιλεγμένου μοντέλου (Krajcic κα, 2008), ενώ γίνεται και αξιοποίηση του πνευματικού κεφαλαίου. Αυτά ευνοούν το σχεδιασμό δράσεων με το μοντέλο αυτό και τη βιωσιμότητα της καινοτομίας (Kelly, 2004; Fullan, 2007).

2^ο ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑ: «Ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν στο σχεδιασμό του εκπαιδευτικού υλικού;»

Οι δυσκολίες των εκπαιδευτικών, όπως φάνηκαν από τις συνεντεύξεις και τις παρατηρήσεις ταυτίζονταν με εκείνες, που έρευνες τονίζουν ότι παρουσιάζονται σε

προσπάθειες υλοποίησης καινοτομίας. Σχετίζονται με το κλίμα και την εκπαιδευτική κουλτούρα (Fullan, 2007).

Οι εκπαιδευτικοί αντιμετώπισαν την πρόκληση διαχείρισης φόρτου εργασίας. Εκτός από το σχεδιασμό του υλικού για Ομίλους, είχαν υποχρέωση να αντεπεξέλθουν και σε άλλες καθημερινές υποχρεώσεις και δραστηριότητες, να διδάξουν και γνωστικά αντικείμενα στις τάξεις που τους είχαν ανατεθεί. Υπήρχε η πρόκληση διαχείρισης χρόνου και ιεράρχησης υποχρεώσεων, τόσο για συλλογή πληροφοριών, σχεδιασμό του υλικού, προετοιμασία, αλλά και για εκτίμηση και ανατροφοδότηση. Ανέφεραν χαρακτηριστικά *«Συμμετέχουμε στους ομίλους επειδή το θέλουμε. Ωστόσο δεν παύει να είναι χρονοβόρο. Θέλει χρόνο κυρίως η προετοιμασία του υλικού»*.

Οι σχολικές υποδομές, αν και γενικά ικανοποιητικές, επέβαλαν περιορισμούς. Για παράδειγμα αρκετές φορές οι εκπαιδευτικοί σκέφτηκαν να σχεδιάσουν δράσεις που χρειαζόνταν πολλούς υπολογιστές. Όμως, το σχολείο είχε μόνο μια αίθουσα υπολογιστών. Επομένως περιοριζόταν η δυνατότητα οργάνωσης σχετικών δράσεων αλλά και ο σχεδιασμός σχετικού υλικού. Η έλλειψη υποδομών ήταν εμφανής, όπως γίνεται σε τέτοιες περιπτώσεις (Fullan, 2007).

Επίσης, εμφανείς ήταν οι οικονομικές δυσκολίες. Συχνά οι εκπαιδευτικοί χρειαζόνταν πηγές, υλικά και μέσα που δε μπορούσε να παρέχει το σχολείο. Όπως τόνισαν *«Κάποιες φορές με δικά μας έξοδα αγοράζαμε υλικά που θέλαμε. Αυτό όμως δεν ήταν πάντα δυνατό. Πολλές δράσεις που είχαμε σχεδιάσει τελικά τις τροποποιήσαμε ή τις αφήσαμε»*.

Τέλος, παρουσιάστηκαν και γραφειοκρατικά εμπόδια. Ο σχεδιασμός υλικού δράσεων που βασιζόταν στη συμμετοχή εξωτερικών συνεργατών ή τη χρήση λογισμικών, προέβλεπε πρώτα τη διαδικασία παιδαγωγικής διεκπεραίωσης των δράσεων αυτών. Διαφορετικά υπήρχε πιθανότητα το υλικό να κριθεί επίφοβο για εκπαιδευτική χρήση (Νόμος 3966/2011).

Αξιοσημείωτο είναι ότι οι εκπαιδευτικοί δεν εξέφρασαν αδυναμία ανάληψης δράσεων. Έρευνες τονίζουν ότι εκπαιδευτικοί σε περιπτώσεις εφαρμογής νέων προγραμμάτων και θεσμών, δηλώνουν συχνά ελλιπώς καταρτισμένοι και προετοιμασμένοι να προετοιμάσουν σχετικές δράσεις και υλικό (Fullan, 2007). Στη συγκεκριμένη έρευνα αυτό δεν παρουσιάστηκε. Βοήθησε η αξιοποίηση του πνευματικού κεφαλαίου, καθώς στο σχεδιασμό ομίλων, οι εκπαιδευτικοί ανέλαβαν ομίλους σχετικούς με ενδιαφέροντά τους και γενικά συνεκτιμήθηκαν δυνατότητες και ιδιαιτερότητες της μονάδας. Αυτό γενικά βοηθά την υλοποίηση καινοτομιών (Kelly, 2004).

Όμως, γενικά παρουσιάστηκαν προκλήσεις όπως έλλειψη χρόνου, φόρτου εργασίας, γραφειοκρατικές και οικονομικές δυσκολίες. Αυτά συμφωνούν με τη βιβλιογραφία (Kazamias, 1990; Zambetta, 2000; Fullan, 2007).

Επομένως, το εκπαιδευτικό κλίμα και η σχολική κουλτούρα εμπόδισαν το σχεδιασμό εκπαιδευτικού υλικού, κατ' επέκταση και την γενικότερη εφαρμογή της καινοτομίας των Ομίλων (Fullan, 2007).

3^ο ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑ: «Επαρκούν οι υπάρχουσες ευκαιρίες για ανατροφοδότηση;»

Οι πληροφορίες για ανατροφοδότηση, προήλθαν κυρίως από σχόλια εκπαιδευτικών, εκπαιδευμένων, γονέων και επιστημονικών συνεργατών του σχολείου. Οι εκπαιδευτικοί έπρεπε να αρκεστούν σε αυτές για να εντοπίσουν τα δυνατά και αδύνατα σημεία του εκπαιδευτικού υλικού που προετοίμασαν και χρησιμοποίησαν. Πράγματι, αρκετές φορές οι εκπαιδευτικοί ενεπλάκησαν σε συζητήσεις ώστε να αντλήσουν ιδέες και απόψεις σχετικά με το υλικό που σχεδίασαν ή χρησιμοποίησαν. Στη διάρκεια αυτών των συζητήσεων, εξετάστηκε εάν το υλικό, όπως σχεδιάστηκε ήταν κατανοητό ή ελκυστικό για τους μαθητές, τους βοήθησε να οικοδομήσουν έννοιες, να αναπτύξουν δεξιότητες και να υιοθετήσουν μαθησιακές συμπεριφορές (Krajcic κα, 2008). Οι συζητήσεις αυτές, μπορεί να γίνονταν με μαθητές, ή ακόμα γονείς και επιστημονικούς συνεργάτες που μπορεί να συμμετείχαν σε εκπαιδευτικές δράσεις των ομίλων συνεπώς και στην προετοιμασία και χρήση του εκπαιδευτικού υλικού. Αυτό, αποτελούσε πτυχή της αξιοποίησης του πνευματικού κεφαλαίου (Kelly, 2004).

Οι εκπαιδευτικοί διερεύνησαν αν κατακτήθηκαν οι στόχοι του Ομίλου, μέσα από δραστηριότητες ή ακόμα και ημερίδες, διαγωνισμούς, ή φεστιβάλ, όπου οι μαθητές παρουσίαζαν τα θέματα που διαπραγματεύθηκαν. Ακόμα όμως και αυτές οι περιπτώσεις, εστιάστηκαν περισσότερο στους στόχους και στις μαθησιακές συμπεριφορές, παρά στο υλικό.

Οι αποτιμήσεις ομίλων, όπως ορίζονται από το Νόμο 3966/2011, αποτελούν ευκαιρία για ανασκόπηση, από τη μεριά του εκπαιδευτικού και δίνουν περιθώρια για ανατροφοδότηση. Ωστόσο, όπως φάνηκε, η ανασκόπηση αυτή, είναι γενική, εστιάζεται σε σημεία όπως η παρουσία των μαθητών, τα παραδοτέα, οι δράσεις. Αν και δεν αγνοούσε τελείως το εκπαιδευτικό υλικό, ο γενικός και σφαιρικός της χαρακτήρας, περιόριζε την δυνατότητα για ανατροφοδότηση σχετικά με αυτό. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι όπως τόνισαν *«...αν και οι εκθέσεις αποτίμησης, υποβάλλονταν κανονικά, όπως προέβλεπε ο νόμος, δεν υπήρξε κανένα είδος ανατροφοδότησης»*.

Οι εκπαιδευτικοί λοιπόν αξιολόγησαν το υλικό που χρησιμοποίησαν με πληροφορίες που συνέλεξαν σε επίπεδο σχολείου. Καθώς οι όμιλοι σχεδιάζονται από το σχολείο και βασίζονται στα ενδιαφέροντα παιδιών, εκπαιδευτικών και στις δυνατότητες και ιδιαιτερότητες της σχολικής μονάδας και της κοινωνίας, είναι δύσκολο να βρεθούν παράγοντες κεντρικά σχεδιασμένοι που να αξιολογήσουν συγκεκριμένα παιδαγωγικό υλικό για παιδιά Ομίλων. Οι εκθέσεις αποτίμησης, όπως φάνηκε δεν έχουν το συγκεκριμένο χαρακτήρα (Νόμος 3966/2011). Η ευθύνη για αποτίμηση υλικού, εναπόκειται λοιπόν στους ίδιους τους εκπαιδευτικούς που στα πλαίσια υλοποίησης καινοτομίας, ίσως αναπτύξουν και τέτοιες δεξιότητες (Fullan, 2007; Schwarz κα, 2008; Beyers & Davis, 2012).

Υπάρχει αναγκαιότητα συγκρότησης πλαισίου ανατροφοδότησης και εκτίμησης του υλικού. Διαφορετικά δεν είναι βέβαιος ο επιτυχής σχεδιασμός του και αυτό υπονομεύει γενικά τη βιωσιμότητα της καινοτομίας (Fullan, 2007).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας ήταν να διερευνήσει τις απόψεις εκπαιδευτικών σχετικά με τη δυνατότητα του σχολικού κλίματος να στηρίζει τους εκπαιδευτικούς στη διαδικασία σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού στα πλαίσια υλοποίησης περίπτωσης εκπαιδευτικής καινοτομίας. Η διαδικασία αυτή, είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς αποτελεί βασική παράμετρο στο ρόλο του εκπαιδευτικού ως φορέα αλλαγής, συνεισφέροντας και στην υλοποίηση της καινοτομίας, που είναι γενικά μια διαδικασία χαοτική. Πράγματι, στην υλοποίησή της οι εκπαιδευτικοί βρίσκονται αντιμέτωποι με ποικίλες προκλήσεις (Fullan, 2007).

Το πλαίσιο της συγκεκριμένης έρευνας ήταν ο θεσμός των Ομίλων, που εφαρμόζεται στα Πρότυπα Πειραματικά Σχολεία της Ελλάδας και απευθύνεται σε ταλαντούχα και χαρισματικά παιδιά (Νόμος 3966/2011). Η σχετική έρευνα τονίζει ότι στην εκπαίδευση των συγκεκριμένων παιδιών, είναι απαραίτητος ο εντοπισμός του ταλέντου, η οικοδόμηση γνώσεων, η ανάπτυξη δεξιοτήτων και στάσεων (Rin, 2012).

Για το σχεδιασμό εκπαιδευτικού υλικού για ομίλους σχετικούς με Φυσικές Επιστήμες, Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας, Μαθηματικά και Περιβάλλον, κρίθηκε καταλληλότερο το καθοδηγούμενο από τους εκπαιδευτικούς στόχους μοντέλο. Το μοντέλο αυτό, βασίζεται στον εντοπισμό εννοιών, ανάλυσή τους σε παραμέτρους και υποέννοιες που θα αναλυθούν, συσχετισμό των εννοιών μεταξύ τους, με δεξιότητες και με θέματα της καθημερινής ζωής, με βασικό σκοπό την ανάπτυξη μαθησιακών συμπεριφορών (Krajcic κα, 2008). Ο σχεδιασμός με βάση το μοντέλο αυτό, ακολουθεί τρεις φάσεις: προσδιορισμός κριτηρίων, ολοκλήρωση εκπαιδευτικού υλικού, ανατροφοδότηση.

Ακολουθώντας τη διαδοχή τριών φάσεων και έχοντας υπόψη την πολυπλοκότητα της καινοτομίας, διαμορφώθηκαν τρεις ερευνητικές ερωτήσεις. Μέσα από αυτές απαντάται αν το σχολικό κλίμα ευνοεί εκπαιδευτικούς στη σύνταξη εκπαιδευτικού υλικού, στα πλαίσια της καινοτομίας. Οι ερωτήσεις αυτές ήταν: 1) με βάση ποια κριτήρια επιλέγουν οι εκπαιδευτικοί τους στόχους; 2) ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν στο σχεδιασμό του υλικού, 3) επαρκούν οι υπάρχουσες ευκαιρίες για ανατροφοδότηση; Η έρευνα ήταν κυρίως ποιοτική (Cohen κα, 2011).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υλοποιήθηκαν ομαλά σε μεγάλο βαθμό και οι τρεις φάσεις του μοντέλου. Καθώς λοιπόν γίνεται ομαλά ο σχεδιασμός εκπαιδευτικού υλικού για τους ομίλους, γίνεται ομαλά και η υλοποίηση της καινοτομίας. Οι εκπαιδευτικοί βασίστηκαν στις φάσεις σχεδιασμού του εκπαιδευτικού υλικού, με βάση τις οδηγίες που ορίζει το καθοδηγούμενο από τους μαθησιακούς στόχους μοντέλο (Krajcic κα, 2008). Έλαβαν υπόψη αρχές για την εκπαίδευση των ταλαντούχων και χαρισματικών παιδιών (Rin, 2012), ενώ αξιοποίησαν και το πνευματικό κεφάλαιο του σχολείου (Kelly, 2004). Ωστόσο, παρουσιάζονται προκλήσεις, όπως έλλειψη χρόνου, πόρων και απαιτούμενων υποδομών, που είναι αρκετά συχνές σε περιπτώσεις αλλαγής. Τέλος, υπήρχαν ευκαιρίες ανατροφοδότησης που όμως βασίστηκαν κυρίως σε πρωτοβουλίες σε επίπεδο σχολείου. Από τα παραπάνω, φαίνεται ότι οι εκπαιδευτικοί έχουν τη δυνατότητα, μέσα στα πλαίσια του συγκεκριμένου εκπαιδευτικού πλαισίου, να αντεπεξέλθουν επιτυχώς στη διαδικασία

σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού, χωρίς όμως να λείπουν και εμπόδια, που προβάλλονται από το σχολικό κλίμα. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με εκείνα από σχετικές έρευνες (Fullan, 2007).

Πριν γενικευτούν τα συγκεκριμένα αποτελέσματα, πρέπει να τονισθούν ορισμένοι περιορισμοί. Η έρευνα εξέτασε το σχεδιασμό εκπαιδευτικού υλικού σε ένα συγκεκριμένο σχολείο, σε μια συγκεκριμένη περίοδο δύο ετών, στα πλαίσια μιας συγκεκριμένης καινοτομίας. Αποδεικνύει ότι το σχολικό κλίμα έχει ιδιαίτερη σημασία. Όμως, κάθε προσπάθεια γενίκευσης των αποτελεσμάτων, προϋποθέτει και σύγκρισή τους με εκείνα παρόμοιων ερευνών (Pring, 2000).

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οφείλουμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες σε γονείς, μαθητές, εκπαιδευτικούς του σχολείου ακόμα και όσους δε συμμετείχαν σε ομίλους καθώς και στο σύμβουλό Δρ. Εμμ. Σοφό. Η υλοποίηση της εργασίας δε θα ήταν δυνατή χωρίς τη συμβολή και υποστήριξή τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bell, J. (2001). *Doing your research project: A guide for first - time researchers in Education and Social Science*. 3rd Ed. Buckingham, Philadelphia: Open University.
- Beyer, C.J. & Davis, .E.A., (2012). Learning to Adapt Science Curriculum Materials: Examining the Development of Preservice Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Science Education*, 96(1), 130-157.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2011). *Research Methods in Education*. 7th Ed. London: Routledge / Falmer.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (Eds.). (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.
- Everard, K.B., Morris, G. & Wilson, I., 2004. *Effective School Management*. London: Paul Chapman Publishing.
- Fullan, M. (2001). *The New Meaning of Educational Change*. 3rd Ed. London: Routledge..
- Fullan, M., (2007). *The New Meaning of Educational Change*. 4th Ed. Teachers College Press, New York
- Gardner, H., (1983). *Frames of Mind. The Theory of Multiple Intelligences*. New York: Basic Books.
- Kazamias, A., (1990). *The Curse of Sisyphus in Greek Educational Reform: A Socio-Political and Cultural Interpretation*. *Modern Greek Studies Yearbook*, 6, pp.33-53.
- Kelly, A., (2004). *The Intellectual Capital of Schools. Measuring and Managing Knowledge, Responsibility and Reward: Lessons from the Commercial Sector*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers

- Kesidou, S., & Roseman, J. E. (2002). How well do middle school science programs measure up? Findings from Project 2061's curriculum review. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), pp. 522-549.
- Krajcic, J., McNeill, K.L. & Reiser, B.J., (2008). Learning-Goals-Driven Design Model: Developing Curriculum Materials that Align with National Standards and Incorporate Project-Based Pedagogy. *Science Education*, 92(1), 1-32.
- Linn, M. C., Bell, P., & Davis, E. A. (2004). *Internet environments for science education*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Maker, C.J. (1992). Intelligence and Creativity in Multiple Intelligences: Identification and Development. *Educating Able Learners: Discovering and Nurturing Talents*, 17, 12-19.
- Pring, R., (2000). *Philosophy of Educational Research*. London: Continuum.
- Renzulli, J. S. (1986). *Systems and Models for Developing Programs for the Gifted and Talented*. Mansfield Center, CT: Creative Learning Press.
- Rin, A., (2012). Implications for Addressing the Psychosocial Needs of Gifted Individuals : A Response to Subotnik, Olszewski-Kubilius, & Worrell (2011). *Gifted Child Quarterly*, 56 (4): 206-209.
- Schwarz, C., Gunckel, K., Smith, E., Covitt, B., Bae, M., Enfield, M. & Tsurusaki, B., (2008). Helping Elementary Pre-service Teachers to Learn to Use Curriculum Material for Effective Science Teaching. *Science Education*, 92(2), 345-377.
- Strauss, A. & Corbin, J., (1997). Grounded theory research: Procedures, canons and evaluative criteria. *Qualitative Sociology*, 13, 3-21.
- Subotnik, R. F., Olszewski-Kubilius, P., & Worrell, F. C. (2011). Rethinking Giftedness & Gifted Education: A Proposed Direction Forward based on Psychological Science. *Psychological Science in the Public Interest*, 12, 3-54.
- Taba, H. (1962). *Curriculum Development*. New York: Harcourt.
- Zambeta, E., 2000. Greece and Europe: Reflections from Education Policy [online]. Events at Keele Education Department 'Travelling Policy/Local Spaces: Globalisation, Identities and Education Policy in Europe', University of Keele. Available from: <http://www.keele.ac.uk/depts/ed/events/conf-pdf/cPaperZambeta.pdf> [Accessed 24 July 2003].
- Ziegler, A., Stoeger H. & Vialle W. (2012). Giftedness and Gifted Education: The Need for a Paradigm Change. *Gifted Child Quarterly*, 56 (4): 194-197.
- NOMOS 3966/2011. *Θεσμικό πλαίσιο των Πρότυπων Πειραματικών Σχολείων, Ίδρυση Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής, Οργάνωση του Ινστιτούτου Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ» και λοιπές διατάξεις*. 24 Μαΐου 2011, Αρ. Φύλλου 188.
- Χατζηγεωργίου, Γ. (1998). *Γνώθι το Curriculum: Γενικά και Ειδικά Θέματα Αναλυτικών Προγραμμάτων και Διδακτικής*. Αθήνα: Ατραπός.

Παραλλαγές Μαθηματικών Προβλημάτων

Ελένη Κίτσιου¹, Κωνσταντίνος Τάτσης² και Αγάπιος Πάνος³

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

¹eleni_kitsiou@hotmail.com, ²ktatsis@uoi.gr & ³agapiospanos@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αφορά στην κατασκευή μαθηματικών προβλημάτων μέσω συγκεκριμένων παραλλαγών. Κατασκευάστηκαν πενήντα προβλήματα, τα οποία απευθύνονται σε μαθητές της Στ' τάξης Δημοτικού, αφορούν όλες τις ενότητες του σχολικού βιβλίου και σχετίζονται με πέντε θεματικές ενότητες: λογοτεχνία, καθημερινότητα, αθλήματα, στατιστική/οικονομία και επαγγέλματα. Δύο προβλήματα προέρχονται από κάθε θεματική ενότητα και για καθένα από αυτά δημιουργήθηκαν τέσσερις παραλλαγές. Οι παραλλαγές προέκυψαν μέσω αλλαγής του πλαισίου, αλλαγής στα αριθμητικά δεδομένα, αλλαγής των όρων της κατάστασης που περιγράφεται στο πρόβλημα, αντιστροφής του αρχικού προβλήματος, προσθήκης επιπλέον πληροφοριών, συνδυασμών των προηγούμενων και τέλος μέσω της δημιουργίας ανοιχτών προβλημάτων. Επιπροσθέτως, προτείνεται η οργάνωση των προβλημάτων είτε μέσω μιας αυτόματης παρουσίασης είτε μέσω ενός προγραμματιστικού περιβάλλοντος, όπου οι μαθητές θα μπορούν να περιηγηθούν και να αλληλεπιδράσουν με αυτά οποιαδήποτε χρονική στιγμή.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: επίλυση προβλημάτων, Μαθηματικά, παραλλαγές προβλημάτων, unity

ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Η επίλυση προβλημάτων αποτελεί έναν από τους βασικούς στόχους της μαθηματικής εκπαίδευσης. Υπάρχει συμφωνία μεταξύ των ερευνητών στη σημασία της εμπλοκής των μαθητών από μικρή ηλικία σε διαδικασίες επίλυσης, αλλά και κατασκευής προβλημάτων. Η συγκεκριμένη θέση εκφράζεται σε πολλά προγράμματα σπουδών παγκοσμίως, όπως το NCTM (2000), στο οποίο αναφέρεται μεταξύ άλλων ότι όλοι οι μαθητές σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης αναμένεται να είναι ικανοί να:

... κατασκευάζουν τη μαθηματική γνώση μέσω της επίλυσης προβλημάτων, επιλύουν προβλήματα που ανακύπτουν στα Μαθηματικά αλλά και σε άλλα πλαίσια, εφαρμόζουν και υιοθετούν ποικιλία κατάλληλων στρατηγικών για την επίλυση προβλημάτων και παρακολουθούν και αναστοχάζονται πάνω στη διαδικασία της επίλυσης προβλήματος. (σ. 52)

Κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφορες ταξινομήσεις προβλημάτων. Δύο γενικές κατηγορίες είναι τα κλειστά προβλήματα, όπου υπάρχουν όλες οι απαραίτητες

πληροφορίες στη εκφώνηση αυτών, ενώ η απάντηση είναι μονοσήμαντη και τα ανοιχτά προβλήματα, όπου δεν υπάρχουν όλες οι απαιτούμενες πληροφορίες, ενώ ως λύση επιδέχονται ποικίλες απαντήσεις (Κολέζα, 2009). Ένα ζητούμενο για τον εκπαιδευτικό, αλλά και τον ερευνητή είναι το κατά πόσο ένα ενδιαφέρον κλειστό πρόβλημα μπορεί να παραλλαχθεί, με σκοπό να μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί στην τάξη. Η διαδικασία αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια των παρακάτω μεθόδων (Κολέζα, 2009):

- αλλαγή πλαισίου
- αλλαγή στους αριθμούς
- αλλαγή των όρων της κατάστασης που περιγράφεται στο πρόβλημα
- αντίστροφο
- προσθήκη επιπλέον πληροφοριών
- συνδυασμός στο περιεχόμενο με διαφορετικούς αριθμούς, συνθήκες και με αλλαγές στα δεδομένα και τα ζητούμενα.

Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας και ακολουθώντας τις παραπάνω μεθόδους, αλλά και μέσω της δημιουργίας ανοιχτών προβλημάτων, κατασκευάστηκαν πενήντα προβλήματα, τα οποία απευθύνονται σε μαθητές της Στ' τάξης Δημοτικού. Σε καθεμία από τις παραλλαγές εφαρμόστηκε μία ή περισσότερες από τις προαναφερθείσες μεθόδους. Επίσης να διευκρινιστεί ότι επιδιώχθηκε να εμπλέκονται διαφορετικές μέθοδοι στις παραλλαγές κάθε προβλήματος.

Όσον αφορά στη διδακτική πράξη, τα προβλήματα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από τον εκπαιδευτικό ως βοηθητικό υλικό παράλληλα με τα σχολικά εγχειρίδια για τη συνεχή τροφοδοσία των προχωρημένων μαθητών, καθώς και την εξάσκηση όλων των μαθητών μέσα στην τάξη. Επιπροσθέτως, οι μαθητές μπορούν να περιηγούνται μόνοι τους σε αυτά οποιαδήποτε χρονική στιγμή, ακόμα κι εκτός σχολικού ωραρίου και χωρίς την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού. Εφόσον σήμερα τα παιδιά είναι εξοικειωμένα με την τεχνολογία το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό υλικό μπορεί να είναι εξίσου αξιοποιήσιμο τόσο από τους εκπαιδευτικούς όσο και από τους μαθητές.

Πρέπει βέβαια να τονίσουμε ότι η παραλλαγή ενός αρχικού προβλήματος μπορεί ενδεχομένως να οδηγήσει σε αλλοίωση των αρχικών μαθησιακών στόχων ή και του επιπέδου δυσκολίας. Για το σκοπό αυτό, ένας βασικός στόχος της παρούσας εργασίας ήταν, πέραν της κατασκευής νέων προβλημάτων, η ανάλυση και η κατηγοριοποίηση αυτών, με σκοπό την αποδοτικότερη χρήση τους στην τάξη των Μαθηματικών.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

Για την κατηγοριοποίηση των παραχθέντων προβλημάτων επικεντρωθήκαμε σε τρεις βασικούς άξονες: μαθηματικό περιεχόμενο, πλαίσιο και επίπεδο δυσκολίας. Για την κατηγοριοποίηση του μαθηματικού περιεχομένου επιλέξαμε να ακολουθήσουμε τη δομή του σχολικού εγχειριδίου της Στ' τάξης του Δημοτικού, έτσι ώστε το υλικό να είναι εύχρηστο για τον εκπαιδευτικό. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τις σχετικές ενότητες του σχολικού εγχειριδίου:

Πίνακας 1: Μαθηματικές ενότητες που συνδέονται με τα προβλήματα

ΑΡΙΘΜΟΙ & ΠΡΑΞΕΙΣ	ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ	ΛΟΓΟΙ-ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ	ΣΥΛΛΟΓΗ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΜΕΤΡΗ ΣΕΙΣ-ΜΟΤΙΒΑ	ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ
Πρόσθεση & Αφαίρεση	Μεταβλητές	Λόγοι & Αναλογίες	Απεικόνιση δεδομένων/ Γραφήματα	Μετρό...	Κλίμακα
Πολλαπλασιασμός & Διαίρεση	Με άγνωστο παράγοντα γινομένου	Σταθερά & Μεταβλητά ποσά	Ταξινόμηση δεδομένων	Μοτίβα...	Εμβαδόν
Αριθμητικές παραστάσεις	Ανακεφαλαίωση	Ανάλογα ποσά	Μέσος όρος		Όγκος
Σύνθετα προβλήματα		Αντιστρόφως ανάλογα ποσά			Ανακεφαλαίωση
Δυνάμεις		Ποσοστά			
Κλάσματα					
Ανακεφαλαίωση					

Επιπλέον, στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα κεφάλαια του σχολικού εγχειριδίου της Στ' τάξης από κάθε μαθηματική ενότητα (Ε.Κ) που χρησιμοποιήθηκαν στα προβλήματα και τις παραλλαγές αυτών.

Πίνακας 2: Κεφάλαια του σχολικού εγχειριδίου που συνδέονται με τα προβλήματα

1. Αριθμοί & πράξεις	
1.3	Μετατροπή δεκαδικών σε κλάσματα
1.5	Πρόσθεση & Αφαίρεση φυσικών & δεκαδικών αριθμών
1.6	Πολλαπλασιασμός φυσικών & δεκαδικών αριθμών
1.7	Διαίρεση φυσικών & δεκαδικών αριθμών
1.8	Πράξεις με μεικτές αριθμητικές παραστάσεις
1.9	Σύνθετα προβλήματα των 4 πράξεων
1.17	Δυνάμεις
1.18	Δυνάμεις του 10
1.20	Το κλάσμα ως ακριβές ηλίκο διαίρεσης
1.21	Ισοδύναμα κλάσματα
1.23	Προβλήματα με αφαίρεση κλασμάτων
1.24	Προβλήματα με πολλαπλασιασμό κλασμάτων
	Ανακεφαλαίωση
2. Εξισώσεις	
2.25	Η έννοια της μεταβλητής
2.28	Εξισώσεις με άγνωστο παράγοντα γινομένου
	Ανακεφαλαίωση

3. Λόγοι-Αναλογίες	
3.30	Λόγος δύο μεγεθών
3.31	Από τους λόγους στις αναλογίες
3.33	Σταθερά & Μεταβλητά ποσά
3.34	Ανάλογα ποσά
3.35	Λύνω προβλήματα με ανάλογα ποσά
3.37	Λύνω προβλήματα με αντιστρόφως ανάλογα ποσά
3.38	Η απλή μέθοδος των τριών στα ανάλογα ποσά
3.39	Η απλή μέθοδος των τριών στα αντιστρόφως ανάλογα ποσά
3.41	Βρίσκω το ποσοστό
4. Συλλογή & επεξεργασία δεδομένων	
4.45	Απεικονίζω δεδομένα με εικονόγραμμα
4.46	Ταξινομώ δεδομένα-Εξάγω συμπεράσματα
4.47	Τύποι γραφημάτων
4.48	Βρίσκω το μέσο όρο
5. Μετρήσεις-Μοτίβα	
5.49	Μετρώ το μήκος
5.50	Μετρώ το βάρος
5.51	Μετρώ το χρόνο
5.52	Μετρώ την αξία με χρήματα
5.53	Γεωμετρικά μοτίβα
5.54	Αριθμητικά μοτίβα
5.55	Σύνθετα μοτίβα
6. Γεωμετρία	
6.59	Μεγεθύνω-Μικραίνω σχήματα
6.61	Μετρώ επιφάνειες
6.70	Όγκος ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου
	Ανακεφαλαίωση

Όσον αφορά στο πλαίσιο που σχετίζεται με το πρόβλημα, καταλήξαμε στα παρακάτω θέματα:

- λογοτεχνία
- καθημερινότητα
- αθλήματα
- στατιστική/οικονομία
- επαγγέλματα

Τέλος, για την κατηγοριοποίηση του επιπέδου δυσκολίας χρησιμοποιήσαμε την ταξινόμια SOLO (Structure of Observed Learning Outcomes). Η συγκεκριμένη ταξινόμια χρησιμοποιείται για την κατηγοριοποίηση της νοητικής λειτουργίας μέσω της ανάλυσης των μαθηματικών δραστηριοτήτων των μαθητών (Biggs & Collis, 1982). Η SOLO μπορεί

να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο στην αξιολόγηση, αλλά και στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων και περιλαμβάνει πέντε επίπεδα κατανόησης:

1. **Προδομικό** (prestructural): Ο μαθητής μαθαίνει κομμάτια ασύνδετων πληροφοριών που δεν έχουν καμία οργάνωση και δεν βγάζουν κανένα νόημα.
2. **Μονοδομικό** (unstructural): Οι μαθητές κάνουν απλές και προφανείς συνδέσεις μεταξύ των πληροφοριών.
3. **Πολυδομικό** (multistructural): Διάφορες συνδέσεις γίνονται, αλλά όχι μετά-συνδέσεις μεταξύ τους. Οι μαθητές ξέρουν ή μπορούν να χρησιμοποιούν περισσότερα από ένα κομμάτια των δεδομένων πληροφοριών (γεγονότων ή ιδεών) για να απαντήσουν στην ερώτηση, αλλά δεν ενσωματώνουν τις ιδέες.
4. **Συσχετιστικό** (relational): Οι μαθητές βλέπουν πώς τα διάφορα κομμάτια των πληροφοριών σχετίζονται μεταξύ τους. Οι ερωτήσεις σ' αυτό το επίπεδο απαιτούν από τους μαθητές να ενσωματώσουν περισσότερα από ένα κομμάτια της δεδομένης γνώσης, των πληροφοριών, του γεγονότος ή της ιδέας.
5. **Επίπεδο της εκτεταμένης αφαίρεσης** (extended abstract): Σε αυτό το επίπεδο οι μαθητές μπορούν να κάνουν συνδέσεις πέρα από το πεδίο του προβλήματος ή της ερώτησης, για να γενικεύσουν ή να μεταφέρουν τη μάθηση σε μια νέα κατάσταση. Αυτές οι ερωτήσεις περιλαμβάνουν ένα πιο υψηλό επίπεδο αφαίρεσης. Τα ερωτήματα απαιτούν από τον μαθητή να υπερβεί τις δεδομένες πληροφορίες, τη γνώση ή τις ιδέες και να συναγάγει ένα γενικότερο κανόνα ή μια απόδειξη που ισχύουν για όλες τις περιπτώσεις. (Κολέζα, 2009, σ. 469-470)

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

Λόγω του σχετικά μεγάλου αριθμού προβλημάτων, αλλά και του εύρους των σχετικών θεματικών ενοτήτων, αποφασίσαμε να προτείνουμε δύο τρόπους οργάνωσης και παρουσίασης αυτών. Ο πρώτος τρόπος είναι μέσω μιας αυτόματης παρουσίασης, η οποία αποτελείται από τις εξής βασικές διαφάνειες:

- 50 προβλήματα για λύση: Περιλαμβάνει ένα πίνακα με αριθμημένα τα 50 προβλήματα και υπερσύνδεση σε καθένα από αυτά με το αντίστοιχο πρόβλημα.
- 10 ανοιχτά προβλήματα για λύση: μέσω ενός πίνακα γίνεται υπερσύνδεση κάθε προβλήματος με τη διαφάνεια προβολής του ανοιχτού προβλήματος.
- Τομείς (λογοτεχνία, καθημερινότητα, κ.ο.κ.): Γίνεται υπερσύνδεση σε νέα διαφάνεια με κάθε υποενοότητα/τομέα, η οποία περιέχει τα αντίστοιχα προβλήματα και παραλλαγές. Έπειτα από εκεί γίνεται υπερσύνδεση με την αντίστοιχη διαφάνεια προβολής του προβλήματος/παραλλαγής.
- Μαθηματικές ενότητες (αριθμοί και πράξεις, εξισώσεις, κ.ο.κ.): Οι τίτλοι των μαθηματικών ενοτήτων υπερσυνδέονται αντίστοιχα σε νέες διαφάνειες. Κάθε διαφάνεια μαθηματικής ενότητας περιέχει ένα σχεδιάγραμμα με κεφάλαια που περιέχονται σε αυτή και εν συνεχεία μέσω της νέας αυτής διαφάνειας υπερσύνδεση με τα αντίστοιχα προβλήματα.

Εικόνα 1: Στιγμιότυπα της αυτόματης παρουσίασης

Μαθηματικές ενότητες

- Αριθμοί & Πράξεις
 - Προθέσεις & Αφαιρέσεις
 - Πολλαπλασιασμοί & Διαίρεσεις
 - Αριθμητικές παραστάσεις
 - Σύνθετα προβλήματα
 - Δυνάμεις
 - Κλάσματα
 - Ανακεφαλαίωση
- Εξισώσεις
 - Ανομοιογενείς
 - Ανομοιογενείς & Αναλογίες
 - Επιπέδων & Μεταβλητές ποσά
 - Ανάλογα ποσά
 - Αντιστρόφως ανάλογα ποσά
 - Ποσοστά
- Συλλογή & Επεξεργασία δεδομένων
 - Απεικόνιση δεδομένων
 - Ταξινόμηση δεδομένων
 - M.O.
- Μετρήσεις
 - Μετρήσεις
 - Μοτίβα
- Γεωμετρία
 - Κλίμακα
 - Εμβαδόν
 - Όγκος
 - Ανακεφαλαίωση

Συλλογή & Επεξεργασία Δεδομένων

- Απεικόνιση δεδομένων/Γραφήματα
 - 3.4
 - 6.4
 - 7.4
- Ταξινόμηση δεδομένων
 - 6.2
 - 7.4
- Μέσος όρος
 - 7.2
 - 7.5

Πρόβλημα 7.4

Παραλλαγή	Αλλαγή στα δεδομένα & ζητούμενα
Θεματική ενότητα	Οικονομία/Στατιστική
Μαθηματική ενότητα	Συλλογή & Επεξεργασία δεδομένων (4)
Κεφάλαιο	Απεικονίζω δεδομένα με ραβδόγραμμα (45)
	Ταξινόμω δεδομένα-εξάνω συμπεράσματα (46)
Επίπεδα ταξινόμησης SOLO	Πολυδομικό

Επίπεδα ταξινόμησης SOLO

Πρόβλημα 7.4

Οι βαθμοί της Μαρίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Φτιάξε τον πίνακα συχνοτήτων και το αντίστοιχο ραβδόγραμμα.

Μαθημ.α	Βαθμοί
Βιολογία του ανθρώπου	8
Γλωσσολογία	10
Θρησκευτικά θέματα	8
Νεότερη Ιστορία	7
Κοινωνιολογία	6
Μαθηματικά II	9
Περιβαλλοντικές Επιστήμες	9
ΤΠΕ	10
Φυσική I	10
Χημεία I	10

Πίνακας VII (4)

- Επίπεδα δυσκολίας (1^ο, 2^ο, 3^ο, 4^ο και 5^ο): Τα επίπεδα της ταξινόμησης SOLO περιέχονται σε μία πυραμίδα. Κάθε επίπεδο (εκτός του πρώτου) υπερσυνδέεται με διαφάνεια που περιέχει τα προβλήματα που αντιστοιχούν σε αυτό και εκ νέου υπάρχει δυνατότητα υπερσύνδεσης αυτών με τη διαφάνεια πλήρους προβολής τους.

Σε κάθε διαφάνεια υπάρχει η δυνατότητα επιστροφής σε όποιο επίπεδο επιθυμεί ο χρήστης. Επιπλέον, πριν από κάθε πρόβλημα υπάρχει διαφάνεια που περιέχει τον πίνακα «ταυτότητα προβλήματος» με την παραλλαγή του, τη θεματική ενότητα, τη μαθηματική ενότητα, τα κεφάλαια και το επίπεδο της ταξινόμησης SOLO, και μάλιστα κάποια από αυτά είναι υπερσυνδεδεμένα με την αντίστοιχη βασική διαφάνεια ή υποενότητα αυτής. Ακόμη, στην διαφάνεια που περιέχεται το πρόβλημα υπάρχει βέλος που οδηγεί στον προαναφερόμενο πίνακα, βέλος που οδηγεί σε ενδεικτική λύση του προβλήματος κι αντίστοιχα στην λύση υπάρχει κουμπί ενέργειας για να επιστρέψει ο χρήστης στο πρόβλημα.

Ο δεύτερος τρόπος παρουσίασης των προβλημάτων που επιπλέον επιτρέπει και την αλληλεπίδραση με αυτά αφορά στη χρήση ενός εικονικού περιβάλλοντος. Το περιβάλλον αυτό αποτελεί ουσιαστικά ένα ψηφιακό παιχνίδι που έχει σαν σκοπό τη μάθηση μέσα από την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Το ψηφιακό αυτό παιχνίδι σχεδιάστηκε με γνώμονα το κοινό στο οποίο απευθύνεται, δηλαδή τους μαθητές Στ' τάξης δημοτικού. Το περιβάλλον δημιουργήθηκε με την μηχανή Unity 3D (Unity Game Engine).

Ο λόγος που επιλέχθηκε το Unity έναντι των εναλλακτικών προτάσεων είναι ότι προσφέρει πλήρη ελευθερία στον δημιουργό να ενσωματώσει και να προγραμματίσει με τον τρόπο που επιθυμεί οποιαδήποτε δραστηριότητα. Επιπλέον, με τις κατάλληλες τροποποιήσεις το ψηφιακό αυτό παιχνίδι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και από φορητές συσκευές όπως κινητά και tablets. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να κινηθεί ελεύθερα στον χώρο του περιβάλλοντος και μάλιστα αποφασίζει ο ίδιος εάν θα αλληλεπιδράσει με κάποιο αντικείμενο ή δραστηριότητα, καθώς και τον χρόνο στον οποίο θα συμβεί αυτό. Υπάρχει δυνατότητα περιήγησης στον εσωτερικό χώρο ενός τυπικού σπιτιού, επεκτείνοντας μάλιστα τη δυνατότητα περιήγησης και στον εξωτερικό χώρο όπου βρίσκεται η αυλή. Ο λόγος που επιλέχθηκε ένα τέτοιο περιβάλλον έναντι κάποιου φανταστικού χώρου είναι ότι οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι με έναν τέτοιο χώρο και επομένως δεν θα δυσκολευτούν να προσανατολιστούν στο περιβάλλον και να αλληλεπιδράσουν με τις δραστηριότητες.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το ψηφιακό αυτό παιχνίδι έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο που δεν απαιτείται η παρουσία του εκπαιδευτικού προκειμένου να είναι να σε θέση να χρησιμοποιηθεί από τους μαθητές. Κατά τη χρήση του παρέχονται σαφείς οδηγίες στο χρήστη σχετικά με τον τρόπο αλληλεπίδρασης με αυτό και επιπλέον διατυπώνονται τα ζητούμενα κάθε δραστηριότητας από τους χαρακτήρες που έχουν ενσωματωθεί στο περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά δίνονται κάποιες οδηγίες στον μαθητή σχετικά με τον χειρισμό και τον τρόπο αλληλεπίδρασης με τα αντικείμενα του χώρου. Οι οδηγίες δίνονται από δύο χαρακτήρες οι οποίοι έχουν το ρόλο του βοηθού και παρέχουν οδηγίες για κάθε μια από τις δραστηριότητες. Έπειτα ο μαθητής είναι ελεύθερος να περιηγηθεί σε όλους τους χώρους εντός ή εκτός του σπιτιού. Τη στιγμή που ο μαθητής θα βρεθεί σε κάποιον χώρο όπου υπάρχει δραστηριότητα που αφορά τα Μαθηματικά, ένας από τους δύο χαρακτήρες θα τον πλησιάσει και θα του δώσει οδηγίες για να αλληλεπιδράσει με τη δραστηριότητα. Περαιτέρω οδηγίες ή εκφωνήσεις σχετικά με τις δραστηριότητες δίνονται είτε μέσω κειμένου γραμμένου σε χαρτί ή θόνη υπολογιστή, είτε μέσω ηχητικού μηνύματος στον τηλεφωνητή που υπάρχει στον χώρο της κουζίνας.

Σε μια προσπάθεια για την υποστήριξη της μάθησης μέσα από τα λάθη έχουν ενσωματωθεί τρεις προσπάθειες για να επιλύσει ο μαθητής το κάθε πρόβλημα, επιτρέποντάς του να πειραματιστεί και να οδηγηθεί στη σωστή απάντηση μέσα από τη δοκιμή και πλάνη (Prensky, 2009). Ο τρόπος αλληλεπίδρασης περιλαμβάνει κινήσεις αντικειμένων με το ποντίκι και συμπλήρωση κενών. Σε κάθε περίπτωση παρέχεται ανατροφοδότηση στον μαθητή σχετικά με την ορθότητα της απάντησης που έχει δώσει στο πρόβλημα. Σε περίπτωση λάθους παρακινείται να προσπαθήσει και πάλι πιέζοντας το αντίστοιχο πλήκτρο. Αν ο μαθητής καταφέρει να επιλύσει το πρόβλημα ο χαρακτήρας τον ευχαριστεί και τον παρακινεί να μεταβεί σε κάποια άλλη δραστηριότητα. Σε περίπτωση που υπάρξουν τρεις ανεπιτυχείς προσπάθειες επίλυσης του παρουσιάζεται μια ενδεικτική λύση όπου επεξηγείται ο τρόπος επίλυσης του προβλήματος μέσω αναπαράστασης (εκτελούνται οι κινήσεις που θα έπρεπε να έχει πραγματοποιήσει ο χρήστης). Στην Εικόνα 2 παρουσιάζονται δραστηριότητες που έχουν ενσωματωθεί στο εικονικό περιβάλλον.

Εικόνα 2: Στιγμιότυπα του εικονικού περιβάλλοντος



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΑΡΑΛΛΑΓΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

Στη συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζουμε κάποιους από τους τρόπους με τους οποίους μπορούμε να κατασκευάσουμε παραλλαγές ενός αρχικού μαθηματικού προβλήματος. Δίπλα από την εκφώνηση κάθε προβλήματος εμφανίζεται αριθμημένη η παραλλαγή (όπου υπάρχει) του αρχικού προβλήματος, η θεματική ενότητα (πλαίσιο), οι αντίστοιχες ενότητες και τα κεφάλαια του σχολικού εγχειριδίου και το επίπεδο δυσκολίας. Οι μαθηματικές ενότητες και τα κεφάλαια παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Για τις παραλλαγές, τα πλαίσια και τα επίπεδα δυσκολίας δημιουργήθηκε ο Πίνακας 3.

Πίνακας 3: Παράμετροι κατασκευής παραλλαγών προβλήματος

Μέθοδος παραλλαγής (Π)	Θεματικές ενότητες/ πλαίσια (Θ)	Επίπεδα δυσκολίας (Δ)
1. Αλλαγή πλαισίου	1. Λογοτεχνία	1. Προδομικό
2. Αλλαγή στους αριθμούς	2. Καθημερινότητα	2. Μονοδομικό
3. Αλλαγή των όρων της κατάστασης	3. Αθλήματα	3. Πολυδομικό
4. Ανοιχτό πρόβλημα	4. Στατιστική/ Οικονομία	4. Συσχετιστικό
5. Αντίστροφο πρόβλημα	5. Επαγγέλματα	5. Εκτεταμένης αφαίρεσης
6. Προσθήκη επιπλέον πληροφοριών		
7. Συνδυασμός στο περιεχόμενο με διαφορετικούς αριθμούς, συνθήκες και με αλλαγές στα δεδομένα και τα ζητούμενα		

Πρόβλημα 1

Το συγκεκριμένο πρόβλημα, μαζί με τις παραλλαγές του βασίζονται στο παιδικό μυθιστόρημα «Η Αλίκη στη Χώρα των Θαυμάτων» του Carroll Lewis (2007) και συγκεκριμένα σε απόσπασμα από το κεφάλαιο «Η ιστορία της Ψευτογελώνας». Μέσω του συγκεκριμένου μυθιστορήματος ο συγγραφέας επέλεξε έναν πολύ έξυπνο τρόπο για να αντιπαραβάλει τα «παράλογα» πράγματα που συμβαίνουν στη «φантаστική πραγματικότητα» της Αλίκης με αυτά της φυσικής πραγματικότητας και έτσι συνεισφέρει ουσιαστικά στη διαδικασία της μάθησης, προκαλεί το γέλιο του αναγνώστη, διεγείρει τη σκέψη του και τον προβληματίζει ευχάριστα (Κολέζα, 2009).

Πρόβλημα 1	Π	Θ	Ε.Κ	Δ
Μια φορά κι έναν καιρό στη Χώρα των Θαυμάτων ζούσε η Αλίκη, η Ψευτοχελώνα και ο Γρύπας και είχαν μια συζήτηση σχετικά με τα μαθήματα. Μπορείς να τους βοηθήσεις, δίνοντας απάντηση στην απορία της Αλίκης;	-	1	5.51	3
A: Και πόσες ώρες τη μέρα κάνετε μάθημα;			5.54	
Ψ: Δέκα ώρες την πρώτη μέρα, εννιά τη δεύτερη μέρα και ούτω καθεξής				
A: Τι περίεργο πρόγραμμα!				
Γ: Μα γι' αυτό λέγεται εκμειωτικό πρόγραμμα, επειδή μέρα με τη μέρα οι ώρες μειώνονται.				
A: Άρα κάποια μέρα θα πρέπει να είχατε αργία, έτσι δεν είναι; Ποια μέρα;				

Πρόβλημα 1, Παραλλαγή 1	Π	Θ	Ε.Κ	Δ
Μια φορά κι έναν καιρό στη Χώρα των Θαυμάτων ζούσε η Αλίκη, η Ψευτοχελώνα και ο Γρύπας και είχαν μια συζήτηση σχετικά με τα μαθήματα. Μπορείς να τους βοηθήσεις, δίνοντας απάντηση στην απορία της Αλίκης; (αν θες χρησιμοποίησε και αριθμογραμμή)	4	1	5.51	5
A: Και πόσες ώρες τη μέρα κάνετε μάθημα;			5.54	
Ψ: Δέκα ώρες την πρώτη μέρα, εννιά τη δεύτερη μέρα και ούτω καθεξής				
A: Τι περίεργο πρόγραμμα!				
Γ: Μα γι' αυτό λέγεται εκμειωτικό πρόγραμμα, επειδή μέρα με τη μέρα οι ώρες μειώνονται.				
A: Τη δωδέκατη μέρα για παράδειγμα τι κάνετε;				

Πρόβλημα 1, Παραλλαγή 2	Π	Θ	Ε.Κ	Δ
Μια φορά κι έναν καιρό στη Χώρα των Θαυμάτων ζούσε η Αλίκη, η Ψευτοχελώνα και ο Γρύπας και είχαν μια συζήτηση σχετικά με τα μαθήματα. Μπορείς να τους βοηθήσεις, δίνοντας απάντηση στην απορία της Αλίκης;	6	1	1.5	3
Α: Και πόσες ώρες τη μέρα κάνατε μάθημα;	7		1.6	
Ψ: Δέκα ώρες την πρώτη μέρα, εννιά τη δεύτερη μέρα και ούτω καθεξής			1.8	
Α: Τι περίεργο πρόγραμμα!			5.51	
Γ: Μα γι' αυτό λέγεται εκμειωτικό πρόγραμμα, επειδή μέρα με τη μέρα οι ώρες μειώνονται.				
Α: Τότε την ενδέκατη μέρα, θα πρέπει να είχατε αργία, έτσι δεν είναι;			5.54	
Ψ: Φυσικά.				
Γ: Αλήθεια πόσες ώρες μάθημα κάναμε αυτές τις 11 μέρες;				
Πρόβλημα 1, Παραλλαγή 3	Π	Θ	Ε.Κ	Δ
Μια φορά κι έναν καιρό στη Χώρα των Θαυμάτων ζούσε η Αλίκη, η Ψευτοχελώνα και ο Γρύπας και είχαν μια συζήτηση σχετικά με τα μαθήματα. Μπορείς να βοηθήσεις τη Ψευτοχελώνα να ολοκληρώσει την πρότασή της;	3	1	5.51	2
Α: Και πόσες ώρες τη μέρα κάνατε μάθημα;			5.54	
Ψ: Την πρώτη μέρα κάναμε 3 ώρες.				
Γ: Και κάθε επόμενη μέρα κάναμε 2 ώρες περισσότερες από την προηγούμενη.				
Α: Τι περίεργο πρόγραμμα!				
Ψ: Για παράδειγμα την ενδέκατη μέρα κάναμε εεεε....				

Να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο πρόβλημα δεν θεωρείται ρεαλιστικό, καθώς στην πραγματικότητα όπου ένα μερόνυχτο έχει 24 ώρες δεν γίνεται τις 23 ώρες κάποιος να κάνει μάθημα. Βέβαια στη Χώρα των Θαυμάτων όπου ζουν οι ήρωες του παραμυθιού όλα μπορούν να συμβούν!

Πρόβλημα 1, Παραλλαγή 4	Π	Θ	Ε.Κ	Δ
Μια φορά κι έναν καιρό στη Χώρα των Θαυμάτων ζούσε η Αλίκη, η Ψευτοχελώνα και ο Γρύπας και είχαν μια συζήτηση σχετικά με τα μαθήματα. Μπορείς τους βοηθήσεις με το ωρολόγιο πρόγραμμα;	2	1	5.51	5
Α: Και πόσες ώρες τη μέρα κάνετε μάθημα;	5		5.54	
Ψ: Αχ, ξέχασα! Αλλά θυμάμαι ότι τη δεύτερη μέρα κάναμε το $\frac{1}{2}$ των ωρών της πρώτης μέρας, την τρίτη μέρα κάναμε το $\frac{1}{2}$ των ωρών της δεύτερης μέρας και ούτω καθεξής.				
Α: Τι περίεργο πρόγραμμα!				
Γ: Εγώ όμως θυμάμαι....Κάθε εβδομάδα κάναμε 31 ώρες μάθημα.				
Ψ: Α, ναι! Η Παρασκευή ήταν η καλύτερη μέρα, γιατί είχαμε μόνο μια ώρα μάθημα.				

Πρόβλημα 2

Το συγκεκριμένο πρόβλημα και οι παραλλαγές του βασίζονται σε απόσπασμα από το μυθιστόρημα «*Τα Ταξίδια του Γκιούλιβερ*» του Jonathan Swift (1976) και συγκεκριμένα από το 3^ο κεφάλαιο του πρώτου μέρους με τίτλο «Ταξίδι στη χώρα των Λιλιπούτειων», όπου ο συγγραφέας διασκεδάει με πρωτότυπο τρόπο τον αυτοκράτορα και την αυλή του και αυτοί του δίνουν την ελευθερία του, αλλά κάτω από ορισμένους όρους. Γράφοντας αυτό το μυθιστόρημα ο Jonathan Swift δεν είχε ως σκοπό ούτε να διασκεδάσει τον κόσμο, ούτε να τον αγαπήσουν τα παιδιά, ούτε να τα προσελκύσει μετά βίας, καθώς απέφευγε τις επαφές μαζί τους, αλλά αντίθετα στόχευε να εξοργίσει τον κόσμο και να δημιουργήσει μια καυστική σάτιρα για τους ανθρώπους της εποχής του (Κολέζα, 2009).

Πρόβλημα 2	Π	Θ	Ε.Κ	Δ
Ο Γκιούλιβερ βρίσκεται στη Χώρα των Λιλιπούτειων και μας εξιστορεί:	-	1	6.61	4
«Μια μέρα, είχα τη μεγάλη ευκαιρία να διασκεδάσω τον αυτοκράτορα με ένα πολύ πρωτότυπο τρόπο. Του ζήτησα να δώσει διαταγή να μου φέρουν κάμποσους πασσάλους. Η αυτού μεγαλειότητα διέταξε αμέσως τον αρχιδασονόμο του να δώσει τις κατάλληλες εντολές και την επόμενη μέρα το πρωί τρεις δασονόμοι έφτασαν με πάμπολλες καρότσες. Πήρα εννιά από τους πασσάλους αυτούς και τους στερέωσα καλά στο έδαφος, σε σχήμα τετραγώνου 900 τετραγωνικών εκατοστών.»				
Πόση ήταν η περίμετρος του τετραγώνου που σχηματίστηκε από τους πασσάλους;				

Ενδεικτική λύση

Γνωρίζω ότι το εμβαδόν του τετραγώνου προκύπτει από τον τύπο $E_{\text{τετραγώνου}}=(\text{πλευρά})^2$.
Επομένως με δοκιμές θα βρω πόσα εκατοστά είναι η κάθε πλευρά.

$$10 \times 10 = 100 \text{ τ.εκ. (λάθος)}$$

$$20 \times 20 = 400 \text{ τ.εκ. (λάθος)}$$

$$30 \times 30 = 900 \text{ τ.εκ. (σωστό)}$$

Άρα η πλευρά του τετραγώνου είναι 30 εκ.

Επίσης γνωρίζω ότι η περίμετρος του τετραγώνου ισούται με το άθροισμα των πλευρών του. Μιας κι όλες οι πλευρές στο τετράγωνο είναι ίσες, ο τύπος της περιμέτρου ισούται με $\Pi = 4 \times 30 = 120$ εκ.

Απάντηση: Η περίμετρος ήταν 120 εκ.

Πολλά παιδιά ίσως απαντήσουν 900. Αυτό συμβαίνει όταν οι μαθητές βιώνουν τα Μαθηματικά ως ένα σύνολο μη συνδεδεμένων μεταξύ τους διαδικασιών με στόχο την αποστήθιση. Τότε ένα μεγάλο ποσοστό των παιδιών λύνει μηχανιστικά τα πρόβλημα, χωρίς να ελέγχει το νόημα (Κολέζα, 2009). Ακόμη ένα σημείο που πρέπει να δοθεί σημασία στο συγκεκριμένο πρόβλημα είναι ότι το εμβαδόν έχει άλλη μονάδα μέτρησης από την περίμετρο. Οι μαθητές θα πρέπει να έχουν κατανοήσει βαθιά αυτές τις έννοιες. Οι μαθηματικές έννοιες που εμφανίζονται σε αυτό το πρόβλημα είναι το εμβαδόν και η μονάδα μέτρησής του με τις αντίστοιχες υποδιαιρέσεις της.

Πρόβλημα 2, Παραλλαγή 1	Π	Θ	Ε.Κ	Δ
Ο Γκιούλβερ βρίσκεται στη Χώρα των Λιλιπούτειων και μας εξιστορεί: «Μια μέρα, είχα τη μεγάλη ευκαιρία να διασκεδάσω τον αυτοκράτορα με ένα πολύ πρωτότυπο τρόπο. Του ζήτησα να δώσει διαταγή να μου φέρουν κάμποσους πασσάλους ύψους 60 εκατοστών και πάχους 3 εκατοστών. Η αυτού μεγαλειότητα διέταξε αμέσως τον αρχιδασονόμο του να δώσει τις κατάλληλες εντολές και την επόμενη μέρα το πρωί τρεις δασονόμοι έφτασαν με πάμπολλες καρότσες. Πήρα εννιά από τους πασσάλους αυτούς και τους στερέωσα καλά στο έδαφος, σε σχήμα τετραγώνου 900 τετραγωνικών εκατοστών.» Πόσα εκατοστά έχει απόσταση ο ένας πάσσαλος από τον άλλον;	6	1	1.7	5
	7		5.53	
			6.61	

Ενδεικτική λύση

Γνωρίζω ότι το εμβαδόν του τετραγώνου προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της μιας πλευράς του επί την άλλη. Ακόμη ξέρω ότι όλες οι πλευρές του τετραγώνου είναι ίσες. Επομένως με δοκιμές θα βρω πόσα εκατοστά είναι η κάθε πλευρά.

$$10 \times 10 = 100 \text{ τ.εκ. (λάθος)}$$

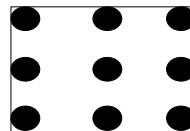
$20 \times 20 = 400$ τ.εκ. (λάθος)

$30 \times 30 = 900$ τ.εκ. (σωστό)

Άρα η πλευρά του τετραγώνου είναι 30 εκ.

Αφού χρησιμοποίησε 9 πασσάλους και σχημάτισε τετράγωνο τους τοποθέτησε όπως στην Εικόνα 3, ($3 \times 3 = 9$ πάσσαλοι).

Για να βρω την απόσταση των πασσάλων πρέπει πρώτα να αφαιρέσω το πάχος και των τριών πασσάλων. Και οι τρεις πάσσαλοι καταλαμβάνουν $3 \times 3 = 9$ εκ. Άρα τα διαθέσιμα εκατοστά είναι $30 - 9 = 27$ εκ. Μεταξύ των πασσάλων υπάρχουν δύο κενά, επομένως $27 : 2 = 13,5$ εκ.



Εικόνα 3

Απάντηση: Ο ένας πάσσαλος από τον άλλον απέχει 13,5 εκατοστά. Το συγκεκριμένο πρόβλημα περιλαμβάνει ένα υψηλό σχετικά επίπεδο αφαίρεσης. Οι μαθητές καλούνται να χρησιμοποιήσουν και πληροφορίες που δεν περιλαμβάνονται στα δεδομένα, να κάνουν νέες υποθέσεις και πολλές μετασυνδέσεις για την επίλυση του προβλήματος.

Πρόβλημα 2, Παραλλαγή 2	Π	Θ	Ε.Κ	Δ
Ο Γκιούλιμπερ βρίσκεται στη Χώρα των Λιλιπούτειων και μας εξιστορεί:	6	1	1.6	4
«Μια μέρα, είχα τη μεγάλη ευκαιρία να διασκεδάσω τον αυτοκράτορα με ένα πολύ πρωτότυπο τρόπο. Του ζήτησα να δώσει διαταγή να μου φέρουν κάμποσους πασσάλους ύψους 60 εκατοστών και πάχους 3 εκατοστών. Η αυτού μεγαλειότητα διέταξε αμέσως τον αρχιδασονόμο του να δώσει τις κατάλληλες εντολές και την επόμενη μέρα το πρωί τρεις δασονόμοι έφτασαν με πάμπολλες καρότσες. Πήρα εννιά από τους πασσάλους αυτούς και τους στερέωσα καλά στο έδαφος, σε βάθος 5 εκατοστών, σε σχήμα τετραγώνου 900 τετραγωνικών εκατοστών. Μετά, έδεσα παράλληλα σε κάθε γωνία και σε απόσταση 55 εκατοστών από το έδαφος, άλλους τέσσερις πασσάλους. Έπειτα, έδεσα το μαντίλι μου στους εννιά όρθιους πασσάλους και το τέντωσα από όλες τις πλευρές τόσο δυνατά, όσο τεντώνουν τη μεμβράνη ενός τυμπάνου. Οι τέσσερις παράλληλοι πάσσαλοι που ήταν ψηλότεροι κατά 15 εκατοστά από την επιφάνεια του μαντιλιού, χρησίμευαν σαν προστατευτικό περβάζι, σε κάθε πλευρά.»			6.61	
Πόσα κυβικά αέρα υπάρχουν στο ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο που σχηματίζεται πάνω από το μαντίλι ως το «περβάζι»;			6.70	

Ενδεικτική λύση

Γνωρίζω ότι το εμβαδόν του τετραγώνου προκύπτει από τον τύπο $E=a^2$. Με δοκιμές προκύπτει ότι $30 \times 30 = 900$, δηλαδή η πλευρά του τετραγώνου είναι 30 εκ. Στο τετράγωνο, ακόμη, το πλάτος είναι ίσος με το μήκος, αφού όλες οι πλευρές του είναι ίσες. Τέλος, γνωρίζω ότι ο όγκος του ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου ισούται με το γινόμενο των τριών διαστάσεών του. Δηλαδή, $O=30 \times 30 \times 15 = 13.500$ κ.εκ.

Απάντηση: Υπάρχουν 13.500 κυβικά εκατοστά αέρα.

Οι μαθητές καλούνται να κάνουν πολλούς συσχετισμούς, να έχουν σύνθετη σκέψη κι εν τέλει να ενσωματώσουν πολλά κομμάτια των δεδομένων προκειμένου να οδηγηθούν στην επίλυση του προβλήματος. Θα πρέπει να έχουν την ικανότητα να επιλέξουν ποια δεδομένα θα χρησιμοποιήσουν, πώς θα τα συνδυάσουν και με ποια σειρά. Εκτός από το εμβαδόν και τις μονάδες μέτρησής του, άλλες μαθηματικές έννοιες που εμφανίζονται είναι η προσεταιριστική ιδιότητα του πολλαπλασιασμού και ο όγκος του ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου.

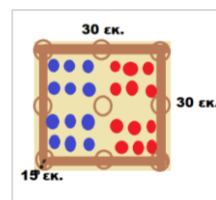
Πρόβλημα 2, Παραλλαγή 3	Π	Θ	Ε.Κ	Δ
<p>Ο Γκιούλιβερ βρίσκεται στη Χώρα των Λιλιπούτειων και μας εξιστορεί:</p> <p>«Μια μέρα, είχα τη μεγάλη ευκαιρία να διασκεδάσω τον αυτοκράτορα με ένα πολύ πρωτότυπο τρόπο. Του ζήτησα να δώσει διαταγή να μου φέρουν κάμποσους πασσάλους ύψους 60 εκατοστών και πάχους 3 εκατοστών. Η αυτού μεγαλειότητα διέταξε αμέσως τον αρχιδασονόμο του να δώσει τις κατάλληλες εντολές και την επόμενη μέρα το πρωί τρεις δασονόμοι έφτασαν με πάμπολλες καρτότσες. Πήρα εννιά από τους πασσάλους αυτούς και τους στερέωσα καλά στο έδαφος, σε βάθος 5 εκατοστών, σε σχήμα τετραγώνου 900 τετραγωνικών εκατοστών. Μετά, έδεσα παράλληλα σε κάθε γωνία και σε απόσταση 55 εκατοστών από το έδαφος, άλλους τέσσερις πασσάλους. Έπειτα, έδεσα το μαντίλι μου στους εννιά όρθιους πασσάλους και το τέντωσα από όλες τις πλευρές τόσο δυνατά, όσο τεντώνουν τη μεμβράνη ενός τυμπάνου. Οι τέσσερις παράλληλοι πάσσαλοι που ήταν ψηλότεροι κατά 15 εκατοστά από την επιφάνεια του μαντιλιού, χρησίμευαν σαν προστατευτικό περβάζι, σε κάθε πλευρά. Όταν τελείωσα το έργο μου, πρότεινα στον αυτοκράτορα να επιτρέψει σε ένα από τα καλύτερα τμήματα του ιππικού του, 24 άντρες για την ακρίβεια, να έρθει και να κάνει ασκήσεις πάνω στο τεντωμένο μαντίλι. Ο βασιλιάς δέχτηκε την πρότασή μου και έτσι, ανέβασα με τα χέρια μου στην πάνινη εξέδρα, ένα-ένα τα άλογα με τους ένοπλους αξιωματικούς καβαλάρηδες τους που θα έκαναν εικονικά γυμνάσια. Μόλις τακτοποιήθηκαν, χωρίστηκαν σε δύο παρατάξεις και άρχισαν να ρίχνουν βέλη χωρίς αιχμές, να τραβούν τα σπαθιά τους, να ορμούν και να κυνηγιούνται, να κάνουν επίθεση και να υποχωρούν».</p> <ul style="list-style-type: none"> • Μπορείς να αναπαραστήσεις γραφικά την παραπάνω σκηνή; • Με τη βοήθεια των υπόλοιπων συμμαθητών σου αναπαραστήστε την σκηνή μέσα στην αυλή. 	4	1	6.59	5
			6.61	

Ενδεικτική λύση

$24:2=12$ άντρες ιππικού σε κάθε παράταξη.

Απάντηση: Η σκηνή φαίνεται στην Εικόνα 4.

Το συγκεκριμένο πρόβλημα απαιτεί υψηλό αφαιρετικό επίπεδο σκέψης, όπου οι μαθητές θα πρέπει να λάβουν υπόψη τους πολλές παραμέτρους για την όσο πιστότερη αναπαράσταση της σκηνής και να αποφασίσουν ποια δεδομένα θα απεικονίσουν και ποια όχι. Το πόσο πιστή θα είναι η αναπαράσταση εξαρτάται



Εικόνα 4

από το επίπεδο γνώσης των Μαθηματικών, τη χρήση ή όχι προοπτικής, το επίπεδο εμπάθυνσης της σκέψης των μαθητών και φυσικά από τις καλλιτεχνικές τους δεξιότητες. Οι μαθητές ανακαλύπτουν ότι για μια απλή ζωγραφιά απαιτείται χρήση Μαθηματικών. Ακόμη, με το δεύτερο υποερώτημα ελέγχεται η προσαρμοστικότητα των μαθητών στις πραγματικές συνθήκες. Υποδύομενοι οι μαθητές τους άντρες του ιππικού δίνουν σάρκα και οστά σε ένα μυθιστόρημα. Αυτό αναμένεται να δώσει μεγάλη χαρά στους μαθητές, οι οποίοι ανακαλύπτουν – μεταξύ άλλων – ότι για να γίνει «ακριβώς» η σκηνή όπως την περιγράφει ο Γκιούλιβερ πρέπει να γνωρίζουν καλά Μαθηματικά.

Η διδακτική τεχνική που εφαρμόζεται στο συγκεκριμένο πρόβλημα και ειδικά στο δεύτερο υποερώτημα είναι το παιχνίδι ρόλων, μια από τις τεχνικές για την ανάπτυξη της κριτικής και δημιουργικής σκέψης (Μαυρίκης, 2007). Το παιχνίδι ρόλων δίνει την ευκαιρία στους μαθητές να ενεργήσουν στη θέση κάποιου άλλου, τους προσφέρει ουσιαστική γνώση και τους καλεί να αυτοσχεδιάσουν και να υιοθετήσουν συγκεκριμένες στάσεις, στοχεύοντας μέσα από βιωματικές καταστάσεις στη βαθύτερη κατανόηση της κατάστασης (Μαυρίκης, 2007), αλλά και των Μαθηματικών που εμπεριέχονται στο συγκεκριμένο απόσπασμα.

Πρόβλημα 2, Παραλλαγή 4	Π	Θ	Ε.Κ	Δ
Ο Γκιούλιβερ βρίσκεται στη Χώρα των Λιλιπούτειων και μας εξιστορεί:	2	1	1.6	4
«Μια μέρα, είχα τη μεγάλη ευκαιρία να διασκεδάσω τον αυτοκράτορα με ένα πολύ πρωτότυπο τρόπο. Του ζήτησα να δώσει διαταγή να μου φέρουν κάμποσους πασσάλους ύψους 150 εκατοστών και πάχους 3 εκατοστών.»	4		1.7	
Πόσους πασσάλους ύψους 60 εκατοστών μπορεί να φτιάξει από αυτούς τους πασσάλους;	7			

Ενδεικτική λύση 1

$2 \times 60 = 120$ και $150 = (2 \times 60) + 30$

Άρα από κάθε πάσσαλο ύψους 150 εκ. μπορεί να πάρει 2 πασσάλους 60 εκ. και θα του περισσέψει και ένα κομμάτι πασσάλου 30εκ. Αν είχε 9 μεγάλους πασσάλους, τότε θα έφτιαξε $9 \times 2 = 18$ μικρούς πασσάλους.

Απάντηση: Έφτιαξε 18 πασσάλους ύψους 60 εκ.

Ενδεικτική λύση 2

Έστω ότι του έφεραν 10 πασσάλους ύψους 150 εκ., τότε: $10 \times 150 = 1.500$ και $1500 : 60 = 25$
Απάντηση: Έφτιαξε 25 πασσάλους ύψους 60 εκ.

Η συγκεκριμένη παραλλαγή βασίζεται σε ένα πρόβλημα των Reusser & Stebler (1997), οι οποίοι είχαν ζητήσει από 180 μαθητές Δ', Ε' Δημοτικού και Β' Γυμνασίου στην Ελβετία να λύσουν τρία προβλήματα και παρατήρησαν ότι μόνο το 18% των μαθητών του Δημοτικού και το 42% των μαθητών του Γυμνασίου έδωσαν λύση που περιείχε μια πραγματική διάσταση. Αντίστοιχα και σε αυτό το πρόβλημα η πρώτη λύση είναι αυτή που συνάδει με την πραγματικότητα. Όμως οι μαθητές θα μπορούσαν να δώσουν και μια μη ρεαλιστική απάντηση, όπως είναι η δεύτερη λύση. Σε κάθε περίπτωση οι μαθητές πρέπει να κάνουν τους κατάλληλους συσχετισμούς και να συνδέσουν με τον κατάλληλο τρόπο τα δεδομένα, ώστε να οδηγηθούν στην επίλυση του προβλήματος.

Πρόβλημα 4

Το συγκεκριμένο πρόβλημα και κάποιες από τις παραλλαγές του βασίζονται στο βιβλίο «*Μαθηματικά επίκαιρα*» του Τεύκρου Μιχαηλίδη (2004).

Πρόβλημα 4	Π	Θ	Ε.Κ	Δ
Η Μυρτώ πήγε να βγάλει χρήματα από το ATM κι αναρωτιέται πόσοι διαφορετικοί κωδικοί (PIN) να υπάρχουν. Άραγε πόσοι είναι; Σκεφτείτε πρώτα πόσοι τρόποι υπάρχουν για να συμπληρωθεί το κάθε ψηφίο. *Κωδικός PIN είναι ένας τετραψήφιος προσωπικός αριθμός.	-	2	1.18	3
			5.54	

Πρόβλημα 4, Παραλλαγή 1	Π	Θ	Ε.Κ	Δ
Η Μυρτώ πήγε να βγάλει χρήματα από το ATM και συλλογίζεται ότι αν οι κωδικοί PIN ήταν πενταψήφιοι αντί για τετραψήφιοι ίσως ήταν ασφαλέστεροι, αν και πιο δύσκολα θα τους θυμόμασταν. Άραγε πόσοι διαφορετικοί κωδικοί θα υπήρχαν σε αυτή την περίπτωση;	2	2	1.18	4
			5.54	

Πρόβλημα 4, Παραλλαγή 2	Π	Θ	Ε.Κ	Δ
Η Μυρτώ έχασε το κινητό της. Τι πιθανότητα υπάρχει να βρει κάποιος τον τετραψήφιο κωδικό PIN, ώστε να το ξεκλειδώσει, δοκιμάζοντας στην τύχη κι έχοντας μόνο 3 προσπάθειες;	1	2	3.30	5
			3.41	

Πρόβλημα 4, Παραλλαγή 3	Π	Θ	Ε.Κ	Δ
Η Μυρτώ θυμάται τα γράμματα και κάποιον από τους αριθμούς – όχι φυσικά και τη θέση του – που υπάρχουν στην πινακίδα από το αυτοκίνητο της φίλης της Ναταλίας. Πόσες πινακίδες αποκλείονται; Κι ανάμεσα σε πόσες ανήκει αυτή του αυτοκινήτου της Ναταλίας; Συμπλήρωσε την πινακίδα της Ναταλίας: HNE _ _ _ _ .	1	2	1.17	3
	3			

Πρόβλημα 4, Παραλλαγή 4	Π	Θ	Ε.Κ	Δ
Η Μυρτώ και η Ναταλία επισκέπτονται ένα ξενοδοχείο με πολλούς ορόφους και κάθε δωμάτιο έχει μοναδική αρίθμηση. Ο 1 ^{ος} όροφος περιέχει τόσα δωμάτια, άρα και ταμπέλες έξω από αυτά, όσο και το πλήθος των μονοψήφιων αριθμών, καθώς αριθμούνται μόνο με αυτούς. Ο 2 ^{ος} όροφος περιέχει τόσα δωμάτια όσο και το πλήθος των ταμπελών με δύο ψηφία και ούτω καθεξής. Αν ο αριθμός των ορόφων είναι n , πόσα δωμάτια διαθέτει ο τελευταίος όροφος;	1	2	1.18	4
	2		2.25	

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός του συγκεκριμένου άρθρου ήταν να παρουσιάσει τρόπους κατασκευής παραλλαγών προβλημάτων, έχοντας ως αφετηρία ένα αρχικό. Οι παραλλαγές των προβλημάτων που προέκυψαν κατηγοριοποιήθηκαν ως προς το μαθηματικό περιεχόμενο, το πλαίσιο που εκτυλίσσεται το πρόβλημα και το επίπεδο δυσκολίας σύμφωνα με την ταξινομία SOLO. Η κατηγοριοποίηση αυτή θεωρούμε ότι βοηθά τον εκπαιδευτικό, καθώς υπάρχει συμφωνία με τα κεφάλαια του σχολικού εγχειριδίου και επιπλέον, μέσω της αυτόματης παρουσίασης αλλά και του εικονικού περιβάλλοντος προκαλεί το ενδιαφέρον του μαθητή. Συγκεκριμένα, μέσω της αυτόματης παρουσίασης και των συνδέσεων που αυτή περιέχει, ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να επιλέξει κάποιο πρόβλημα ανάλογα π.χ. με τη θεματική ενότητα ή το βαθμό δυσκολίας που επιθυμεί, καθώς επίσης να δει και την ενδεικτική λύση. Αντίστοιχα, το ψηφιακό παιχνίδι παρέχει στο μαθητή τη δυνατότητα ουσιαστικής εμπλοκής με το μαθηματικό πρόβλημα.

Μια πρόταση είναι να χρησιμοποιηθούν κάποια από τα προβλήματα στη διδασκαλία και μικρότερων τάξεων, παράλληλα με το σχολικό βιβλίο, καθότι τα προβλήματα είναι διαβαθμισμένης δυσκολίας και μερικά βασίζονται σε μαθηματικές γνώσεις που κατακτούν οι μαθητές τόσο στη Δ΄ τάξη όσο και στην Ε΄. Πιθανή προέκταση της αυτόματης παρουσίας θα μπορούσε να υλοποιηθεί με την προσθήκη επιπλέον προβλημάτων, ώστε να υπάρξει μια ολοκληρωμένη συλλογή μαθηματικών προβλημάτων μαζί με ενδεικτικές λύσεις για καθένα από αυτά και η οποία θα είναι διαθέσιμη σε κάθε μαθητή. Δηλαδή να υπάρχουν προβλήματα για όλα ανεξαιρέτως τα κεφάλαια του σχολικού βιβλίου. Τέλος, προέκταση θα αποτελούσε και η κατασκευή μαθηματικών προβλημάτων μέσω αντίστοιχων παραλλαγών και για τις υπόλοιπες τάξεις του Δημοτικού σχολείου και η ενσωμάτωση αυτών σε αντίστοιχο εκπαιδευτικό, τεχνολογικό υλικό και σε αντίστοιχα ψηφιακά παιχνίδια κατάλληλα προσαρμοσμένα στην εκάστοτε ηλικία.

Πιθανή προέκταση του ψηφιακού παιχνιδιού θα μπορούσε να αφορά την ενσωμάτωση περαιτέρω δραστηριοτήτων στις οποίες μάλιστα οι μαθητές θα μπορούσαν να εργαστούν σε ομάδες. Το Unity σαν λογισμικό ανάπτυξης παιχνιδιών προσφέρει τη δυνατότητα να υπάρξουν και άλλοι παίκτες στον ίδιο χώρο χρησιμοποιώντας άλλους υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι σε τοπικό δίκτυο είτε μέσω διαδικτύου. Η προοπτική αυτή επιτρέπει την ένταξη των μαθητών σε ομάδες και δίνει τη δυνατότητα να αναδειχθεί ο ομαδικός τρόπος εργασίας αναπτύσσοντας παράλληλα κοινωνικές δεξιότητες. Τέλος η προσθήκη περισσότερων δραστηριοτήτων μπορεί να επιτρέψει τη δημιουργία μιας ιστορίας στην οποία ο χρήστης θα συμμετέχει και θα αλληλεπιδρά με τις δραστηριότητες προκειμένου να υπάρχει πρόοδος στο σενάριο.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Biggs, J., & Collis, K.F. (1982). *Evaluating the Quality of Learning: The SOLO Taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome)*. New York: Academic Press.
- Κολέζα, Ε. (2009). *Θεωρία και πράξη στη διδασκαλία των Μαθηματικών* (2^η έκδ.). Αθήνα: Τόπος.
- Lewis, C. (2007). *Η Αλίκη στη Χώρα των Θαυμάτων* (μφ.: Μ. Καρακώστα). Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Μαυρίκης, Γ. (2007). Τεχνικές για την ανάπτυξη της κριτικής και δημιουργικής σκέψης Π. Στο: Β. Κουλαϊδής (Επιμ.), *Σύγχρονες Διδακτικές Προσεγγίσεις για την Ανάπτυξη Κριτικής-Δημιουργικής Σκέψης*. Αθήνα: ΟΕΠΕΚ.
- Μιχαηλίδης, Τ. (2004). *Μαθηματικά Επίκαιρα. Συνειρμοί διαβάζοντας την εφημερίδα*. Αθήνα: Πόλις.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Premsky, M. (2009). *Μάθηση βασισμένη στο ψηφιακό παιχνίδι*. Αθήνα: Μεταίχμιο.

- Reusser, K., & Stebler, R. (1997). Every word problem has a solution – the social rationality of mathematical modeling in schools. *Learning and Instruction*, 7(4), 309-327.
- Swift, J. (1976). *Τα ταξίδια του Γκιούλιβερ* (μτφ.: Ν. Ορφανίδη & Λ. Πολενάκη). Αθήνα: Άγκυρα.

Η συμβολή ενός εκπαιδευτικού υλικού για τον κύκλο του νερού στις γνώσεις και το ενδιαφέρον των μαθητών της Δ' τάξης του δημοτικού σχολείου

Χριστίνα-Ρουσώ Κυριαζίδου¹ και Μιχαήλ Σκουμιάς²

¹ Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, Christina_kyriazidou@hotmail.com,

² Π.Τ.Δ.Ε Πανεπιστήμιο Αιγαίου, skoumios@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή μελετά τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασής, στις αντιλήψεις των μαθητών για τον κύκλο του νερού και στο ενδιαφέρον τους για το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος. Συγκροτήθηκε εκπαιδευτικό υλικό για τον κύκλο του νερού βασισμένο στις αντιλήψεις των μαθητών, την εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών και τη θεωρία των πολλαπλών τύπων νοημοσύνης του Gardner, με χρήση νέων τεχνολογιών, το οποίο εφαρμόστηκε σε 18 μαθητές της Δ' τάξης του δημοτικού σχολείου. Τα δεδομένα της έρευνας αποτέλεσαν τα ιχνογραφήματα των μαθητών για τον κύκλο του νερού και οι απαντήσεις τους σε ερωτηματολόγιο που μελετά το ενδιαφέρον τους στο μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού συνέβαλε στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών για τον κύκλο του νερού και στην αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών για το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: κύκλος του νερού, εκπαιδευτικό υλικό, αντιλήψεις, ενδιαφέρον, εποικοδομητική προσέγγιση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο πλαίσιο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ένα μεγάλο φάσμα πρωτοβουλιών σχετίζεται με το σχεδιασμό και την υλοποίηση διδακτικού έργου σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες (Ραβάνης, 2002). Ειδικότερα, έχει συνειδητοποιηθεί η ανάγκη διαμόρφωσης νέων περιβαλλόντων μάθησης και έχουν αρχίσει να ερευνώνται με συστηματικό τρόπο τόσο η μαθησιακή διαδικασία όσο και το αποτέλεσμά της (Pearlman, 2010). Στην εργασία αυτή επιδιώκεται η παραγωγή, εφαρμογή και αξιολόγηση - στο επίπεδο των γνώσεων και του ενδιαφέροντος - ενός εκπαιδευτικού υλικού για τον κύκλο του νερού βασισμένο στις

αντιλήψεις των μαθητών, την εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών, τη θεωρία των πολλαπλών τύπων νοημοσύνης του Gardner (1993) και τις νέες τεχνολογίες.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Σύμφωνα με την εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση, ο μαθητής οικοδομεί ενεργητικά τη γνώση μέσα από γνωστικές, κοινωνικές και πολιτισμικές διαδικασίες (NGSS Lead States, 2013). Μια βασική θέση των εποικοδομητικών απόψεων για τη μάθηση υποστηρίζει ότι οι μαθητές κατέχουν αντιλήψεις για το φυσικό κόσμο οι οποίες έχουν διαμορφωθεί από τις εμπειρίες τους κυρίως εκτός του σχολικού χώρου. Επομένως, προκειμένου να σχεδιαστεί αποτελεσματικά το μαθησιακό περιβάλλον αυτές οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών αποτελούν το υπόβαθρο για τη συγκρότηση του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας. Κρίνεται αναγκαίο οι μαθητές, μέσω του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας, να συνειδητοποιήσουν τις αρχικές αντιλήψεις τους, να τις επεξεργαστούν και να τις αναθεωρήσουν (NRC, 2007). Η διανοητική και πρακτική εργασία που σχετίζεται με την επεξεργασία και την αναθεώρηση των αντιλήψεων εδράζεται στην εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές. Ο όρος επιστημονικές πρακτικές αναφέρεται στις κύριες πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον κόσμο (NRC, 2012). Υποστηρίζεται ότι η εμπλοκή των μαθητών με τις επιστημονικές πρακτικές μπορεί να τους βοηθήσει να κατανοήσουν τη διαδικασία ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης, να οικοδομήσουν βασικές ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών, να προκαλέσει την περιέργεια και το ενδιαφέρον τους και να τους παρακινήσει σε περαιτέρω έρευνα (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007).

Επιπλέον, υποστηρίζεται ότι το ενδιαφέρον των μαθητών διατηρείται και αυξάνεται όταν πραγματοποιούνται μαθησιακές δραστηριότητες στις οποίες οι ίδιοι οι μαθητές εμπλέκονται ενεργά και συνεργάζονται μεταξύ τους (Piburn & Baker, 1993; Logan & Skamp, 2008; Murphy & Beggs, 2003; Myers & Fouts, 1992; Simon, 2000). Η εναλλαγή των διδακτικών στρατηγικών και η θετική και υποστηρικτική στάση του εκπαιδευτικού, φαίνεται να συμβάλουν στη δημιουργία θετικής στάσης απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες. Αντίθετα, παθητικές δραστηριότητες όπως οι γραπτές ασκήσεις και η συμπλήρωση φύλλων εργασίας, οι διαλέξεις, η γραφή σημειώσεων από τον πίνακα και η αποστήθιση είναι δραστηριότητες που δεν προκαλούν ενδιαφέρον στους μαθητές (Piburn & Baker, 1993; Logan & Skamp, 2008; Murphy & Beggs, 2003; Osborne & Collins, 2000).

Επιπρόσθετα, από τη μελέτη της ερευνητικής βιβλιογραφίας που αφορά στην έννοια της νοημοσύνης, προκύπτει ότι κυριαρχούν οι απόψεις εκείνες σύμφωνα με τις οποίες η έννοια αυτή είναι πολυδιάστατη (Armstrong, 1994; Gardner, 1993, 1999; Morgan, 1996; Sternberg, 1994, 2003, 2005). Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον Howard Gardner (1999), η νοημοσύνη είναι πολυδιάστατη και συνίσταται από ακόλουθους οκτώ τύπους νοημοσύνης: γλωσσική, λογικομαθηματική, χωρική, κιναισθητική, ενδοπροσωπική, διαπροσωπική, νατουραλιστική και μουσική. Η χρήση της θεωρίας των

πολλαπλών τύπων νοημοσύνης του Gardner στην εκπαιδευτική διαδικασία μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο, το οποίο θα δώσει τη δυνατότητα στους ερευνητές και τους εκπαιδευτικούς να διαμορφώσουν εκπαιδευτικό υλικό που μπορεί να τονώσει το ενδιαφέρον των μαθητών και να τους ωθήσει να κατακτήσουν αποτελεσματικότερα τη γνώση (Richard & Rodgers, 2001; Snider, 2001; Stefanakis, 2002).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ

Στον διεθνή κυρίως χώρο, έχουν διεξαχθεί πολλές έρευνες που μελετούν τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τον κύκλο του νερού (Piaget, 1930; Z'arour, 1976; Osborne & Cosgrove, 1983; Bar, 1989; Bar & Travis, 1991; Taiwo, Ray, Motswiri & Masene, 1999; Tytler, 2000; Ramadas, 2001; Christidou & Hatzinikita, 2006; Cardak, 2009; Shepardson, Wee, Priddy, Schellenberger & Harbor, 2009; Sackes, Flevares & Trundle, 2010; Nuutinen, Kärkkäinen & Keinonen, 2011; Ben, Assaraf, Eshach, Orion & Alamour, 2012; Domingo & Ros, 2013). Προέκυψε ότι οι μαθητές εκδηλώνουν αντιλήψεις οι οποίες διαφέρουν από την επιστημονική γνώση και τη σχολική της εκδοχή.

Ωστόσο, παρά το μεγάλο αριθμό των ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τον κύκλο του νερού, οι έρευνες που αφορούν σε διδακτικές παρεμβάσεις με στόχο την αλλαγή αυτών των αντιλήψεων είναι περιορισμένες και εστιάζονται κυρίως στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Varelas, Pappas & Rife, 2006; Tarng, Chang & Lai, 2007; Costu, Ayas, Niaz, Unal & Calik, 2007; Çalik, 2008; Papageorgiou, Johnson & Fotiadis, 2008; Borton, Satre & Wilcox, 2011). Οι εργασίες αυτές επικεντρώνονται αποκλειστικά στη μελέτη των γνώσεων των μαθητών για τον κύκλο του νερού. Απουσιάζουν έρευνες που να διερευνούν το ενδιαφέρον των μαθητών για ζητήματα που αφορούν στον κύκλο του νερού. Επιπλέον, δεν εντοπίζονται διδακτικές παρεμβάσεις για τον κύκλο του νερού με βάση την εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση και τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, όπου η συγκρότηση των δραστηριοτήτων του εκπαιδευτικού υλικού να γίνεται με βάση τη θεωρία των ΠΤΝ του Gardner (1993) και στις οποίες να χρησιμοποιούνται νέες τεχνολογίες.

Οι παραπάνω διαπιστώσεις εγείρουν το ζήτημα της ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού για τον κύκλο του νερού για μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, με βάση την εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση και διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και τη θεωρία των πολλαπλών τύπων νοημοσύνης του Gardner, χρησιμοποιώντας νέες τεχνολογίες.

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ

Στην εργασία αυτή επιδιώκεται η παραγωγή, εφαρμογή και αξιολόγηση ενός εκπαιδευτικού υλικού για τον κύκλο του νερού. Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη των μαθησιακών αποτελεσμάτων, στο επίπεδο των γνώσεων και του ενδιαφέροντος, μιας διδακτικής παρέμβασης με εκπαιδευτικό υλικό για τον κύκλο του νερού που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών, στη θεωρία των πολλαπλών τύπων νοημοσύνης του Gardner και στις νέες τεχνολογίες, σε μαθητές της Δ' τάξης του δημοτικού σχολείου.

Ειδικότερα, ως ερευνητικοί στόχοι της παρούσας εργασίας τίθενται: (α) η διερεύνηση της συμβολής αυτής της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για τον κύκλο του νερού και (β) η διερεύνηση της συμβολής αυτής της διδακτικής παρέμβασης στο ενδιαφέρον των μαθητών για το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ερευνητική διαδικασία και συμμετέχοντες

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο διαμορφώθηκαν ένα ιχνογράφημα προς συμπλήρωση από τους μαθητές για τη διερεύνηση των αντιλήψεων των αντιλήψεων τους σχετικά με διαδικασίες που περιλαμβάνονται στον κύκλο του νερού, το εκπαιδευτικό υλικό για τον κύκλο του νερού και ένα ερωτηματολόγιο για τη μελέτη του ενδιαφέροντος των μαθητών για το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος.

Στο δεύτερο στάδιο, αρχικά συμπληρώθηκαν το ερωτηματολόγιο και το ιχνογράφημα από τους μαθητές πριν τη διδακτική παρέμβαση. Έπειτα, εφαρμόστηκε στους μαθητές το εκπαιδευτικό υλικό για τον κύκλο του νερού που συγκροτήθηκε. Επίσης, οι μαθητές μετά τη διδακτική παρέμβαση συμπλήρωσαν εκ νέου το ιχνογράφημα και το ερωτηματολόγιο.

Στο τρίτο στάδιο, έγινε συλλογή και ανάλυση των δεδομένων της έρευνας. Διερευνήθηκαν οι διαφοροποιήσεις στις αντιλήψεις και το ενδιαφέρον των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Στην έρευνα συμμετείχαν 18 μαθητές και μαθήτριες της Δ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου (11 αγόρια και 7 κορίτσια) ηλικίας 9-10 χρόνων. Οι διδασκαλίες διήρκισαν περίπου τρεις εβδομάδες.

Το εκπαιδευτικό υλικό

Για της ανάγκες της παρούσας έρευνας αναπτύχθηκε εκπαιδευτικό υλικό για τον κύκλο του νερού. Συγκεκριμένα, το εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε αποτελείται από δυο ενότητες: (α) εξαέρωση του νερού και (β) σύννεφα και βροχή. Η συγκρότηση του εκπαιδευτικού υλικού κάθε ενότητας βασίστηκε στις αντιλήψεις των μαθητών για τον κύκλο του νερού, στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών, στη θεωρία των πολλαπλών τύπων νοημοσύνης του Gardner και σε εκπαιδευτικό λογισμικό για τον κύκλο του νερού. Σημαντικός αριθμός από τις δραστηριότητες που συγκροτήθηκαν σχετιζόταν όχι μόνο με τους τύπους νοημοσύνης που συνήθως ενυπάρχουν στο εκπαιδευτικό υλικό, δηλαδή τη γλωσσική και τη λογικομαθηματική νοημοσύνη (Christopoulou & Skoumios, 2013) αλλά και με τους άλλους τύπους νοημοσύνης. Το διδακτικό μοντέλο που ακολουθήθηκε για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού αποτελεί προσαρμογή του μαθησιακού μοντέλου 5E του Bybee (1997) και του διδακτικού πλαισίου EIMA των Schwarz και Gwekwerere (2007) που εμπλέκει τους μαθητές σε μια καθοδηγούμενη έρευνα εστιασμένη στην ανάδειξη, επεξεργασία και αναθεώρηση των αρχικών τους αντιλήψεων χρησιμοποιώντας επιστημονικές πρακτικές. Αυτό το διδακτικό μοντέλο περιλαμβάνει έντε φάσεις.

Κατά τη φάση I (ενεργοποίηση μαθητών, ανάδειξη των αρχικών τους αντιλήψεων), οι μαθητές επεξεργάστηκαν προβλήματα τα οποία τους ζητούσαν να προβούν σε προβλέψεις και εξηγήσεις. Αρχικά, οι μαθητές εργάστηκαν ατομικά και κατέγραψαν τις προβλέψεις και τις εξηγήσεις. Στη συνέχεια, συζήτησαν με τους συμμαθητές της ομάδας τους και εντόπισαν ομοιότητες και διαφορές στις απαντήσεις τους. Κάθε μαθητής προσπάθησε να υποστηρίξει την άποψή του και να πείσει τους συμμαθητές του (βλ. Παράρτημα 1, στο οποίο παρουσιάζεται το φύλλο εργασίας μιας δραστηριότητας από αυτή τη φάση της διδασκαλίας για την ενότητα που αφορά στην εξαέρωση του νερού). Οι αντιπρόσωποι των ομάδων ανακοίνωσαν τα αποτελέσματα των συζητήσεων των ομάδων των μαθητών στην ολομέλεια των μαθητών της τάξης. Τέλος, πραγματοποιήθηκε συζήτηση σε επίπεδο τάξης και οι μαθητές διατύπωσαν ερωτήματα για έρευνα.

Η επόμενη φάση αφορά στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας (φάση II). Οι μαθητές σχεδίασαν και πραγματοποίησαν έρευνες, ακολουθώντας τις ερωτήσεις στα φύλλα εργασίας τους, με σκοπό να απαντήσουν στα ερευνητικά ερωτήματα που διατύπωσαν στην προηγούμενη φάση. Κατέγραψαν ατομικές προβλέψεις, τις οποίες αιτιολόγησαν και συζήτησαν στην ομάδα, αναγνώρισαν τις μεταβλητές που υπεισέρχονταν στις έρευνες, πραγματοποίησαν έλεγχο των μεταβλητών, περιέγραψαν την πειραματική διαδικασία και υλοποίησαν τα πειράματα μέσω προσομοιώσεων ή με όργανα και υλικά στην τάξη (βλ. Παράρτημα 2, στο οποίο παρουσιάζεται το εικονικό περιβάλλον μιας δραστηριότητας). Στη συνέχεια, κατέγραψαν και αιτιολόγησαν ατομικά τις παρατηρήσεις τους και έπειτα τις συζήτησαν στην ομάδα τους.

Κατά τη φάση III (συγκρότηση εξήγησης), οι μαθητές επεξεργάστηκαν τις παρατηρήσεις τους, εξήγαγαν από αυτές τα συμπεράσματα και τα συνέκριναν με τις αρχικές τους προβλέψεις. Στη φάση αυτή επιδιώχθηκε οι μαθητές να συγκροτήσουν τεκμηριωμένες εξηγήσεις (εξηγήσεις βασισμένες στα αποδεικτικά στοιχεία που συνέλεξαν).

Κατά τη φάση IV (εφαρμογή σε νέα προβλήματα και ανατροφοδότηση), οι μαθητές επεξεργάστηκαν προβλήματα διαφορετικά από αυτά που είχαν διαπραγματευτεί αρχικά με στόχο να εφαρμόσουν την κερτημένη γνώση σε νέες καταστάσεις. Κατά την υλοποίηση αυτών των δραστηριοτήτων οι μαθητές συζήτησαν τις απαντήσεις τους με τους συμμαθητές τους, συγκρίνοντας και αντιπαραθέτοντας τις ιδέες τους.

Στη φάση V (αξιολόγηση και αναστοχασμός), ζητήθηκε από τους μαθητές να καταγράψουν τις απαντήσεις τους, σε ερωτήσεις που είχαν επεξεργαστεί στο παρελθόν στο πλαίσιο προβλημάτων που τους είχαν τεθεί αρχικά. Οι μαθητές συνέκριναν τις αρχικές με τις τρέχουσες απαντήσεις τους, συζήτησαν ομοιότητες ή διαφορές μεταξύ των απαντήσεων τους ώστε να συνειδητοποιήσουν την πορεία της γνωστικής αλλαγής. Επίσης, παρουσιάστηκαν στους μαθητές δύο εικόνες και τους ζητήθηκε να επιλέξουν και να δικαιολογήσουν με ποια από τις δύο εικόνες προσιδίαζε ο τρόπος σκέψης τους, πριν τις διδασκαλίες, σχετικά με το πρόβλημα που τους είχε τεθεί (βλ. Παράρτημα 3, στο οποίο παρουσιάζεται το φύλλο εργασίας μιας δραστηριότητας από αυτή τη φάση της διδασκαλίας για την ενότητα που αφορά στην εξαέρωση του νερού). Έπειτα, ζητήθηκε

από τους μαθητές να συμπληρώσουν κατάλληλα δύο προτάσεις ώστε η πρώτη να σχετίζεται με τις αντιλήψεις που είχαν πριν τη διδασκαλία και η δεύτερη να σχετίζεται με την τρέχουσα γνώση τους.

Συλλογή δεδομένων

Ως μέσο συλλογής δεδομένων για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τον κύκλο του νερού χρησιμοποιήθηκε το ιχνογράφημα. Ειδικότερα, ζητήθηκε από τους μαθητές να ζωγραφίσουν πάνω σε μια εικόνα -που αποτύπωνε τη γη, τη θάλασσα και τον ουρανό- από πού προέρχεται και πού πηγαίνει η βροχή όταν πέφτει στη γη (βλ. Παράρτημα 4).

Ως μέσο συλλογής των δεδομένων για το προσωπικό ενδιαφέρον των μαθητών σχετικά με το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο. Ειδικότερα, συγκροτήθηκε ερωτηματολόγιο με δώδεκα δηλώσεις κλίμακας Likert. Η απάντηση σε κάθε δήλωση εκφράζονταν με μια από τις ακόλουθες πέντε επιλογές: «διαφωνώ απόλυτα», «διαφωνώ», «δεν είμαι σίγουρος», «συμφωνώ» και «συμφωνώ απόλυτα». Οι προτάσεις, στις οποίες οι μαθητές καλούνται να δηλώσουν τη συμφωνία/διαφωνία τους, αποτελούν μέρος του ερωτηματολογίου του Groen (2009) και αυτό των Barmby, Kind & Jones (2008), τα οποία συντάχθηκαν για τη μέτρηση του προσωπικού ενδιαφέροντος μαθητών για το μάθημα της Φυσικής. Οι ερωτήσεις στο σύνολό τους αφορούν στο προσωπικό ενδιαφέρον και την ευχαρίστηση που νιώθει ο μαθητής για το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος είτε εντός του σχολικού χώρου είτε εκτός αυτού.

Ανάλυση δεδομένων

Η ανάλυση των ιχνογραφήματων των μαθητών βασίστηκε στο πλαίσιο ανάλυσης των Kose (2008) και Reiss & Tunnicliffe (2001). Πιο συγκεκριμένα, προσδιορίστηκαν τα ακόλουθα πέντε επίπεδα εννοιολογικής κατανόησης για τον κύκλο του νερού.

(α) Απουσία ιχνογραφήματος (επίπεδο 1): σε αυτό το επίπεδο ανήκουν τα ιχνογραφήματα στα οποία οι μαθητές δεν έχουν προσθέσει στοιχεία.

(β) Μη ρεαλιστικά ιχνογραφήματα (επίπεδο 2): στο επίπεδο αυτό ανήκουν τα ιχνογραφήματα των μαθητών που περιλαμβάνουν ορισμένα μόνο στοιχεία του κύκλου του νερού όπως σύννεφα και βροχή.

(γ) Ιχνογραφήματα με εναλλακτικές αντιλήψεις (επίπεδο 3): το επίπεδο αυτό περιλαμβάνει τα ιχνογραφήματα των μαθητών στα οποία εμφανίζονται λανθασμένες αντιλήψεις για τον κύκλο του νερού και περιέχουν περισσότερα από δύο στοιχεία του (π.χ σύννεφα, βροχή, ατμός).

(δ) Μερικώς αντιπροσωπευτικά ιχνογραφήματα (επίπεδο 4): σε αυτό το επίπεδο ανήκουν τα ιχνογραφήματα των μαθητών που είναι εν μέρει αντιπροσωπευτικά και περιλαμβάνουν τρία τουλάχιστον στοιχεία από τον κύκλο του νερού.

(ε) Αντιπροσωπευτικά ιχνογραφήματα (επίπεδο 5): στο επίπεδο αυτό ανήκουν τα ιχνογραφήματα των μαθητών που περιλαμβάνουν τέσσερα ή περισσότερα στοιχεία του κύκλου του νερού.

Για τη μελέτη της εξέλιξης των αντιλήψεων των μαθητών για τον κύκλο του νερού τα ιχνογραφήματα των μαθητών χωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν ιχνογραφήματα με υψηλά επίπεδα κατανόησης του κύκλου του νερού (επίπεδα 4 και 5). Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν ιχνογραφήματα με χαμηλά επίπεδα κατανόησης του κύκλου του νερού (επίπεδα 1, 2 και 3). Η ύπαρξη διαφοροποιήσεων ανάμεσα στα επίπεδα των ιχνογραφημάτων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση μελετήθηκε με το τεστ χ^2 .

Όσο αφορά το ερωτηματολόγιο για τη μελέτη του προσωπικού ενδιαφέροντος των μαθητών για το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος, οι απαντήσεις στις δηλώσεις του ερωτηματολογίου βαθμολογήθηκαν με μια κλίμακα από 1 έως 5 (διαφωνώ απόλυτα=1, διαφωνώ=2, δεν είμαι σίγουρος=3, συμφωνώ=4, συμφωνώ απόλυτα=5). Έγινε αντιστροφή της κλίμακας των απαντήσεων στις δηλώσεις οι οποίες είχαν αρνητικό νόημα. Υπολογίστηκαν και στη συνέχεια συγκρίθηκαν οι μέσοι όροι των απαντήσεων των μαθητών στις δηλώσεις του ερωτηματολογίου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η συμβολή του εκπαιδευτικού υλικού στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για τον κύκλο του νερού

Στο Πίνακα 1, παρουσιάζονται οι εκατοστιαίες συχνότητες των επιπέδων των ιχνογραφημάτων των μαθητών για τον κύκλο του νερού, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 1: Οι εκατοστιαίες συχνότητες των επιπέδων των ιχνογραφημάτων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Επίπεδα	Πριν τη διδακτική παρέμβαση	Μετά τη διδακτική παρέμβαση
1	0,0	0,0
2	53,0	23,5
3	11,8	5,9
4	17,6	35,3
5	17,6	35,3

Από τον Πίνακα 1 προκύπτει ότι πριν τη διδακτική παρέμβαση, οι μισοί σχεδόν μαθητές (53%) σχεδίασαν μη ρεαλιστικά ιχνογραφήματα για τον κύκλο του νερού (επίπεδο 2). Είναι συγκριτικά μικρότερα τα ποσοστά των μαθητών που σχεδίασαν μερικώς αντιπροσωπευτικά ιχνογραφήματα (επίπεδο 4) ή αντιπροσωπευτικά ιχνογραφήματα (επίπεδο 5). Επίσης, είναι περιορισμένο το ποσοστό των μαθητών που σχεδίασε ιχνογραφήματα με εναλλακτικές αντιλήψεις (επίπεδο 3).

Πίνακας 2: Μέσοι όροι των απαντήσεων των μαθητών στις δηλώσεις του ερωτηματολογίου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση

Δηλώσεις για το ενδιαφέρον των μαθητών σχετικά με το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος	Μέσος όρος ανά δήλωση	
	Πριν τη διδακτική παρέμβαση	Μετά τη διδακτική παρέμβαση
Ανυπομονώ να κάνω το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος	3,47	4,35
Μου αρέσει το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος	4,17	4,52
Μου αρέσει να βλέπω στην τηλεόραση εκπομπές με θέματα σχετικά με το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος	3,88	3,88
Το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος δεν είναι βαρετό	4,11	4,58
Είναι πολύ σημαντικό να μάθουμε θέματα σχετικά με το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος	4,17	4,29
Μου αρέσει να διαβάζω βιβλία σχετικά με το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος	3,23	3,58
Το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος δεν είναι πολύ δύσκολο	3,88	4,11
Το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος είναι διασκεδαστικό	3,64	4,29
Μαθαίνουμε ενδιαφέροντα πράγματα στο μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος	4,70	4,70
Θα ήθελα να κάνουμε περισσότερες ώρες το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος	2,94	4,11
Το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος είναι ένα από τα αγαπημένα μου μαθήματα	3,23	3,64
Θα ήθελα να κάνουμε περισσότερες δραστηριότητες εκτός σχολείου για το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος	3,58	4,41
ΓΕΝΙΚΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	3,75	4,21

Από την ανάλυση των ιχνογραφημάτων των μαθητών για τον κύκλο του νερού μετά τη διδακτική παρέμβαση, διαπιστώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών σχεδίασε μερικώς αντιπροσωπευτικά ιχνογραφήματα (επίπεδο 4) ή αντιπροσωπευτικά ιχνογραφήματα (επίπεδο 5). Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών που σχεδίασε μη ρεαλιστικά ιχνογραφήματα (επίπεδο 2). Επίσης, είναι περιορισμένο το ποσοστό των μαθητών (5,9%) που σχεδίασε ιχνογραφήματα με εναλλακτικές αντιλήψεις (επίπεδο 3).

Από τη συγκριτική μελέτη των ιχνογραφημάτων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση προκύπτει ότι, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση οι μισοί σχεδόν μαθητές (53%) σχεδίασαν μη ρεαλιστικά ιχνογραφήματα, μετά τη διδακτική παρέμβαση το ποσοστό αυτό μειώθηκε σχεδόν στο μισό (23,5%). Όσο αφορά τα μερικάς αντιπροσωπευτικά ιχνογραφήματα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση το ποσοστό των μαθητών που ανήκε σε αυτό το επίπεδο κατανόησης ήταν μικρό (17,6%), μετά τη διδακτική παρέμβαση το ποσοστό αυτό σχεδόν διπλασιάστηκε (35,3%). Επίσης, τα αντιπροσωπευτικά ιχνογραφήματα των μαθητών, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση ήταν λίγα σε αριθμό (17,6%), μετά τη διδακτική παρέμβαση σχεδόν διπλασιάστηκαν (35,3%).

Μάλιστα, διαπιστώνεται ότι υπάρχει μια στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα κατανόησης των μαθητών για τον κύκλο του νερού (επίπεδα 4, 5 και επίπεδα 1, 2, 3) και στα ιχνογραφήματα (πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση) ($\chi^2=4,25$, $df=1$, $p=0,0392$). Συνεπώς, διαπιστώνεται μια τάση βελτίωσης των ιχνογραφημάτων των μαθητών (από τα χαμηλότερα επίπεδα προς τα ανώτερα), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Η συμβολή του εκπαιδευτικού υλικού στην εξέλιξη του ενδιαφέροντος των μαθητών για το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές ανά δήλωση, στο ερωτηματολόγιο για τη μελέτη του ενδιαφέροντος τους για το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Από τον Πίνακα 2 προκύπτει ότι σε όλες τις ερωτήσεις φαίνεται να σημειώνεται αύξηση του μέσου όρου μετά τη διδακτική παρέμβαση, εκτός από δύο ερωτήσεις στις οποίες η μέση τιμή παραμένει σταθερή. Επίσης, ο γενικός μέσος όρος που αφορά στο ενδιαφέρον των μαθητών για το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος μετά τη διδακτική παρέμβαση αυξήθηκε από 3,75 σε 4,21.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης, με εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε με βάση την εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση και τη θεωρία των πολλαπλών τύπων νοημοσύνης, στις αντιλήψεις των μαθητών της Δ' τάξης του δημοτικού σχολείου για τον κύκλο του νερού και στο ενδιαφέρον τους για το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος.

Σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για τον κύκλο του νερού προέκυψε ότι ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση η πλειονότητα των μαθητών σχεδίασε μη ρεαλιστικά ιχνογραφήματα ή ιχνογραφήματα με εναλλακτικές αντιλήψεις που ανήκουν στο χαμηλό επίπεδο κατανόησης του κύκλου του νερού, μετά τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές σχεδίασαν μερικώς αντιπροσωπευτικά ή αντιπροσωπευτικά ιχνογραφήματα που ανήκουν στο υψηλό επίπεδο κατανόησης του κύκλου του νερού. Μάλιστα, διαπιστώθηκε ότι υπάρχει μια στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα κατανόησης των μαθητών για τον κύκλο του νερού πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Συνεπώς, η διδακτική επεξεργασία των αντιλήψεων των μαθητών για τον

κύκλο του νερού μέσω του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε και εφαρμόστηκε αναδείχθηκε εφικτή.

Όσο αφορά το ενδιαφέρον των μαθητών για το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος διαπιστώθηκε - με βάση τη συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων του σχετικού ερωτηματολογίου - ότι αυξήθηκε. Συνεπώς, η βελτίωση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τον κύκλο του νερού μέσω του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε και εφαρμόστηκε αναδείχθηκε εφικτή.

Ωστόσο, τα παραπάνω συμπεράσματα υπόκεινται σε περιορισμούς. Αρχικά, ως περιορισμός της έρευνας θα μπορούσε να θεωρηθεί το δείγμα της (στην παρούσα έρευνα συμμετείχαν 18 μαθητές ενός δημοτικού σχολείου της Ρόδου). Η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού σε μεγαλύτερο αριθμό μαθητών, από διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας θα μπορούσε να μας δώσει πληρέστερη εικόνα για τη συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για τον κύκλο του νερού και του ενδιαφέροντος τους για το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος. Ακόμη, περιορισμός της έρευνας αποτελεί η αποκλειστική χρήση των ιχνογραφημάτων για τη μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών για τον κύκλο του νερού και του ερωτηματολογίου για τη μελέτη του ενδιαφέροντος των μαθητών. Η χρήση συνεντεύξεων ή ο συνδυασμός των εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν με συνεντεύξεις θα επέτρεπε να αποτυπωθούν πληρέστερα οι αντιλήψεις των μαθητών για τον κύκλο του νερού και οι επιμέρους διαστάσεις του ενδιαφέροντος των μαθητών απέναντι σε ζητήματα που σχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες και το Περιβάλλον.

Παρά τους παραπάνω περιορισμούς η εργασία αυτή συνεισφέρει στην έρευνα για την ανάπτυξη αποτελεσματικού εκπαιδευτικού υλικού στις Φυσικές Επιστήμες αφού μελετά τη συμβολή του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε όχι μόνο στις γνώσεις αλλά και στις στάσεις των μαθητών. Τα μαθησιακά αποτελέσματα που προέκυψαν μπορούν να αποδοθούν στη διδακτική στρατηγική που ακολουθήθηκε, η οποία ήταν βασισμένη αφενός στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση επιστημονικών πρακτικών και αφετέρου στη χρήση της θεωρίας των πολλαπλών τύπων νοημοσύνης του Gardner για τη συγκρότηση δραστηριοτήτων του εκπαιδευτικού υλικού. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω έρευνα για να μελετηθεί συστηματικά η συμβολή των παραπάνω στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για τον κύκλο του νερού και του ενδιαφέροντός τους για θέματα που σχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες και το Περιβάλλον.

Επίσης, στη παρούσα εργασία η αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με ερωτηματολόγια πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Θα είχε ερευνητικό ενδιαφέρον η αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων να πραγματοποιηθεί με ανάλυση του γραπτού και προφορικού λόγου των μαθητών σε όλη τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης ώστε να εντοπιστούν οι «νοητικές διαδρομές» των μαθητών και να προσδιοριστούν οι δραστηριότητες που συνεισφέρουν σημαντικά στην αλλαγή των αντιλήψεων και των στάσεων των μαθητών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Armstrong, T. (1994). *Multiple intelligences in the classroom*, Alexandria: VI, Association for Supervision and Curriculum Development.
- Bar, V. & Travis, A. S. (1991). Children's views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 363-382.
- Bar, V. (1989). Children's views about the water cycle. *Science Education*, 73(4), 481-500.
- Barmby, P., Kind, P. M., & Jones, K. (2008). Examining Changing Attitudes in Secondary School Science. *International Journal of Science Education*, 30(8), 1075-1093.
- Ben-Z. A., O., Eshach, H., Alamour, Y., & Orion, N. (2012). Cultural differences and students' spontaneous models of the water cycle: A case study of Jewish and Bedouin children in Israel. *Journal of Cultural Studies of Science Education*, 7, 451-477.
- Borton K, Satre H., Wilcox J. (2011). Helping students deeply understand cloud formation. Iowa Academy of Science, *Iowa Science Teachers Journal*, 38(1), 4-7.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Calik M. (2008). Facilitating student's conceptual understanding of boiling using a fourstep constructivist teaching method. *Research in Science and Technology Education*, 26(1), 59-74.
- Cardak, O. (2009). Science student's misconceptions of the water cycle according to their drawings. *Journal of Applied Sciences*, 9(5), 865-873.
- Christidou, V., & Hatzinikita, V. (2006). Preschool Children's Explanations of Plant Growth and Rain Formation: A Comparative Analysis. *Research in Science Education*, 36, 187-210.
- Christopoulou, M. & Skoumios, M. (2013). Analysis of a physics school textbook according to Gardner's Multiple Intelligences Theory. *The International Journal of Science Mathematics and Technology Learning*, 19(2), 98-109.
- Costu, B., Ayas, A., Niaz, M., Ünal, S., & Çalik, M. (2007). Facilitating conceptual change in students' understanding of boiling concept. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 524-536.
- Domingo, J., & Ros, I. (2013). Young children's conceptions of rainfall: A study of their oral and pictorial explanations, *International Education Studies*, 6(8), 1-15.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.
- Gardner, H. (1993). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. New York: Basic Books.
- Gardner, H. (1999). *The disciplined mind: What all students should understand*. New York: Simon & Schuster.
- Groen J. F. (2009). *The impact of pedagogical practice on student interest in elementary science classrooms*, Canada: Queen's University

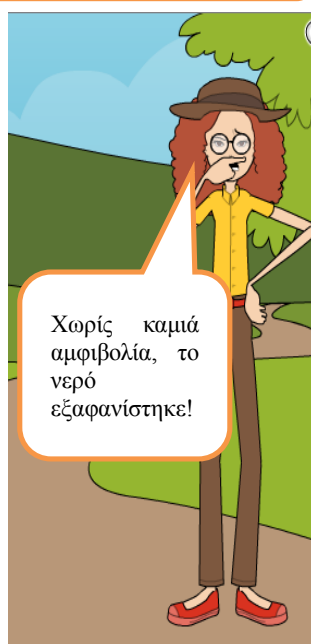
- Kose, S. (2008). Diagnosing student misconceptions: Using drawings as a research method. *World Applied Science Journal*, 3, 283-293
- Logan, M., & Skamp, K. (2008). Engaging students in science across the primary secondary interface: Listening to the students' voice. *Research in Science Education*, 38, 501–527.
- Morgan, H. (1996). An analysis of Gardner's Theory of Multiple Intelligence. *Roeper Review*, 18, 263-269.
- Murphy, C., & Beggs, J. (2003). Children's perceptions of school science. *School Science Review*, 84, 109–116.
- Myers, R. E., & Fouts, J. T. (1992). A cluster analysis of classroom environments and attitude toward science. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 929-937.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Committee on Conceptual Framework for the New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. (2007). *Scientific review of the proposed risked assessment bulletin from the Office of Management and Budget*, Washington, DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nuutiner S. H., Kärkkäinen S., & Keinonen T. (2011). Primary school pupil's perceptions of water in the context of STS study approach, *International Journal of Environmental & Science Education*, 6(4), 321-339.
- Osborne, J., & Collins, S. (2000). *Pupils' and parents' views of the school science curriculum*. London: King's College.
- Osborne, R. J., & Cosgrove, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825-838.
- Papageorgiou G., Johnson P., & Fotiades F. (2008). Explaining melting and evaporation below boiling point. Can software help with particle ideas?. *Research in Science and Technological Education*, 26(2), 165-183.
- Pearlman, B. (2010). *Designing New Learning Environment to Support 21st Century skills. 21st century skills: Rethinking how students learn*. Bloomington, IN: Solution Tree Press, 117-147.
- Piaget, J. (1930). *The Child's Conception of Physical Causality*, London: Routledge & Keegan Paul.
- Piburn, M. D., & Baker, D. R. (1993). If I were the teacher . . . qualitative study of attitude towards science. *Science Education*, 77, 393-406.
- Ramadas, J. (2001). *Small science class IV* (Textbook, Workbook and Teacher's book). Mumbai: HBCSE, TIFR. New Delhi: Oxford University Press.
- Ραβάνης, Κ. (2002). *Οι Φυσικές Επιστήμες στην προσχολική εκπαίδευση*. Τυπωθήτω – Γιώργος Δαρδανός, Αθήνα.

- Reiss, M. J. & S.D. Tunnicliffe. (2001). Students understandings about human organs and organ systems. *Research in Science Education*, 31, 383-399.
- Richards, J., & Theodore R. (2001). *Approaches and methods in language teaching*. Second Edition. Cambridge: CUP.
- Saçkes, M., Flevares, L. M., & Trundle, K. C. (2010). Four- to six-year-old children's conceptions of the mechanism of rainfall. *Early Childhood Research Quarterly*, 25(4), 536-546.
- Schwarz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, 91(1), 158-186.
- Shepardson, D. P., Wee, B., Priddy, M., Schellenberger, L., & Harbor, J. (2009). Water Transformation and Storage in the Mountains and at the Coast: Midwest students' disconnected conceptions of the hydrologic cycle. *International Journal of Science Education*, 31(11), 1447-1471.
- Saçkes, M., Flevares, L. M., & Trundle, K. C. (2010). Four- to six-year-old children's conceptions of the mechanism of rainfall. *Early Childhood Research Quarterly*, 25(4), 536-546.
- Simon, S. (2000). Students' attitudes towards science. In M. Monk & J. Osborne (Eds.), *Good practice in science teaching: What research has to say* (pp. 104-119). Buckingham, England: Open University Press.
- Snider, D.P. (2001). *Multiple intelligences Theory and Foreign Language Teaching*. Ann Arbor, Mich.: UMI.
- Stefanakis, E. H. (2002). *Multiple intelligences and portfolios: A window into the learner's mind*. Portsmouth: Heinemann.
- Sternberg, R.J. (1994). *Intelligence. Thinking and Problem solving*. Boston: Academic Press.
- Sternberg, R.J. (2003). A Broad View of Intelligence: The Theory of Successful intelligence. *Consulting Psychology Journal: Practice and Research*, 55(3), 139-154.
- Sternberg, R.J. (2005). The Triarchic Theory of Successful Intelligence. In D. P. Flanagan & P. L. Harrison (Eds.). *Contemporary intellectual assessment*, 2nd ed, (pp. 103-109). New York: Guilford Publications, Inc.
- Taiwo, A. A., Ray, H., Motswiri, M. J., & Masene, R. (1999). Perceptions of the water cycle among primary school children in Botswana. *International Journal of Science Education*, 21(4), 413-429.
- Targ W., Chang M., Lai L., Tseng S., & Weng J. (2007). An adaptive web-based learning system for the scientific concepts of water cycle in primary schools, Proceedings of the sixth IASTED International Conference WEB-BASED EDUCATION.
- Tytler, R. (2000). A Comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal of Science Education*, 22(5), 447-467.

- Varelas M., Pappas C., & Rife A. (2006). Exploring the role of intertextuality in concept construction: Urban Second Graders Make Sense of Evaporation, Boiling and Condensation, *Journal of Research in Science teaching*, 43(7), 637-666.
- Z'arour, G. I. (1976). Interpretation of Natural Phenomena by Lebanese School Children. *Science Education*, 60(2), 277-287.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: Ενδεικτικό πρόβλημα από τη φάση Ι.

Οι μικροί ντετέκτιβ κατέφθασαν στο δάσος για να λύσουν την υπόθεση του χαμένου νερού.



Συμφωνείς με κάποιο από τα παιδιά;



Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;



Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

Υπάρχουν ομοιότητες ανάμεσα στην άποψή σου και στις απόψεις των συμμαθητών σου; Αν ναι ποιες είναι αυτές;

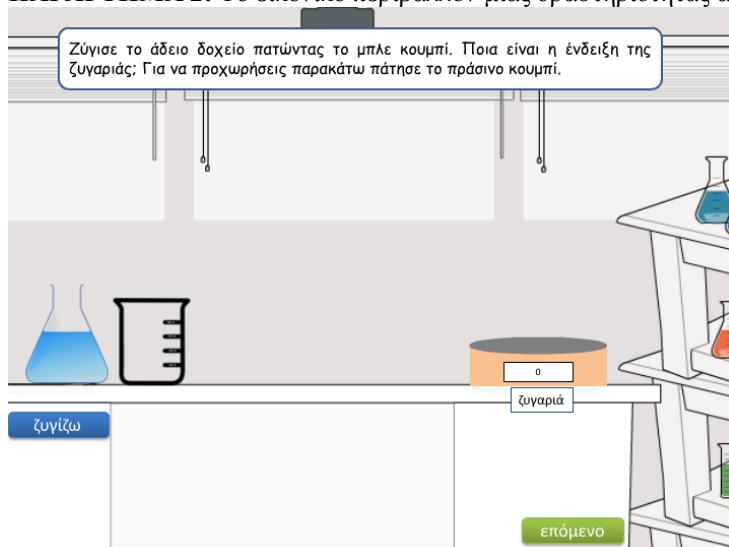


Υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στην άποψή σου και στις απόψεις των συμμαθητών σου; Αν ναι ποιες είναι αυτές;



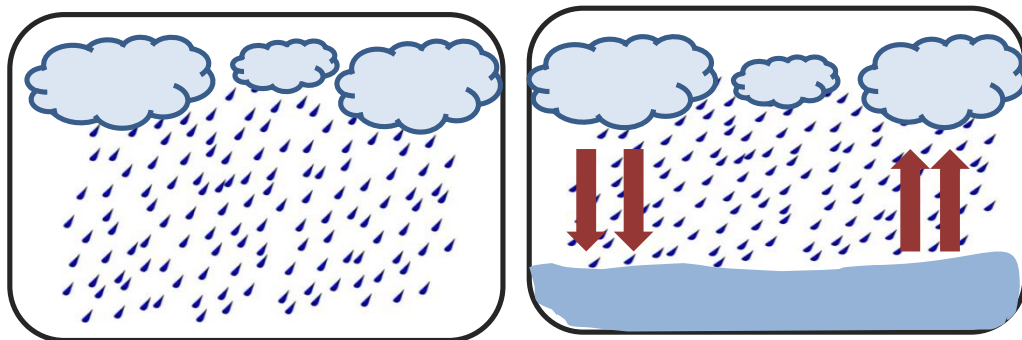
Προσπάθησε να πείσεις τους συμμαθητές σου για την άποψη που έχεις προτείνει. Παρουσίασε τους λόγους για τους οποίους υποστηρίζεις τη δική σου άποψη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: Το εικονικό περιβάλλον μιας δραστηριότητας από τη φάση II.



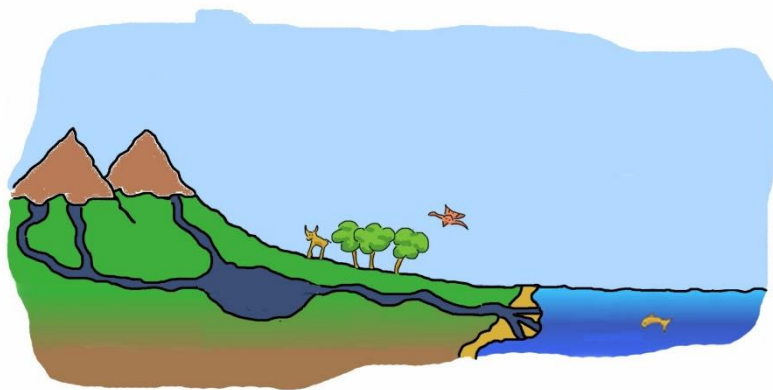
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: Ενδεικτικό πρόβλημα από τη φάση V.

Με ποια από τις δύο παρακάτω εικόνες μοιάζει ο τρόπος που σκεφτόσουν πριν τη διδασκαλία για να απαντήσεις στην ερώτηση: «Από πού προέρχεται η βροχή;».



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4: Δραστηριότητα αξιολόγησης των αντιλήψεων των μαθητών για τον κύκλο του νερού.

Συμπλήρωσε την παρακάτω εικόνα ώστε να φαίνεται από πού προέρχεται και που πηγαίνει η βροχή όταν πέφτει.



Η συμβολή ενός εκπαιδευτικού υλικού για τις αλλαγές κατάστασης και τη θερμοκρασία στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών σε μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου

Γεωργία Μουτζούρη¹ και Μιχαήλ Σκουμιός²

¹ Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, g.moutzouri@gmail.com,

² Π.Τ.Δ.Ε Πανεπιστήμιο Αιγαίου, skoumios@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης, βασισμένης σε εκπαιδευτικό υλικό για τις αλλαγές κατάστασης και τη θερμοκρασία, στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών σε μαθητές του δημοτικού σχολείου. Ειδικότερα, μελετήθηκε η συμβολή αυτής της διδακτικής παρέμβασης στις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών που αφορούν στην: αναγνώριση ενός ερωτήματος προς έρευνα, αναγνώριση των μεταβλητών (της ανεξάρτητης, της εξαρτημένης και των μεταβλητών ελέγχου), σχεδίαση της πειραματικής διαδικασίας και εξαγωγή ενός συμπεράσματος από πίνακα δεδομένων. Για τις ανάγκες της έρευνας, συγκροτήθηκε εκπαιδευτικό υλικό, βασισμένο στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, το οποίο εφαρμόστηκε σε 25 μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Επίσης, συγκροτήθηκε ερωτηματολόγιο για την αξιολόγηση των παραπάνω επιστημονικών πρακτικών, το οποίο συμπληρώθηκε από τους μαθητές τόσο πριν όσο και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι είναι εφικτή η ανάπτυξη των συγκεκριμένων επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου, μέσω της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: επιστημονικές πρακτικές, εποικοδομητική προσέγγιση, αλλαγή κατάσταση και θερμοκρασία, εκπαιδευτικό υλικό

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια, έχει αναγνωριστεί η σπουδαιότητα της ανάπτυξης επιστημονικών πρακτικών από τους μαθητές και έχει θεθεί ως βασικός στόχος της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013; OECD, 2006, 2013). Ο όρος επιστημονικές πρακτικές αναφέρεται στις κύριες πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι

επιστήμονες καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον κόσμο (NRC, 2012). Επιδιώκεται οι μαθητές μέσω της εμπλοκής τους με επιστημονικές πρακτικές να αναπτύξουν και να χρησιμοποιούν βασικές ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών προκειμένου να ερμηνεύουν φαινόμενα, να επιλύουν προβλήματα και να λαμβάνουν αποφάσεις.

Όμως, οι μαθητές εμφανίζουν σημαντικές δυσκολίες στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών (Chen & Klahr, 1999; Duggan & Gott, 2000; Khishfe & Lederman, 2006; Lederman, 2007). Επιπλέον, παρά τη σημασία που αποδίδεται στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών από τους μαθητές, είναι περιορισμένη η έρευνα που μελετά τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στις επιστημονικές πρακτικές που αναπτύσσουν οι μαθητές (Adey & Shayer, 1994; Chen & Klahr 1999; Goossens, 1992; Klahr & Nigam 2004; Kyriazi, & Constantinou, 2005; Roth & Roychoudhury 1993; Schneider et al. 2002; Zion et al. 2004).

Η εργασία αυτή εντάσσεται στο ευρύτερο σώμα των μελετών που διερευνούν την ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών από τους μαθητές και την αλλαγή των αντιλήψεών τους για βασικές ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών, μέσω κατάλληλα σχεδιασμένων διδακτικών παρεμβάσεων. Ειδικότερα, η παρούσα εργασία μελετά τη συμβολή ενός εκπαιδευτικού υλικού για τις αλλαγές κατάστασης και τη θερμοκρασία στην ανάπτυξη ορισμένων επιστημονικών πρακτικών σε μαθητές του δημοτικού σχολείου.

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε η εννοιολογική περιοχή της αλλαγής κατάστασης και της θερμοκρασίας των σωμάτων για την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για τρεις λόγους. Ο πρώτος λόγος σχετίζεται με το ότι οι αλλαγές κατάστασης των σωμάτων συνδέονται με καταστάσεις της καθημερινής ζωής. Ο δεύτερος λόγος αφορά στο ότι στην πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και συγκεκριμένα στα αναλυτικά τους προγράμματα έχει ενταχθεί η εννοιολογική περιοχή της αλλαγής κατάστασης των σωμάτων. Ο τρίτος λόγος σχετίζεται με το ότι στη σχετική βιβλιογραφία για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την αλλαγή κατάστασης και τη θερμοκρασία των σωμάτων έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές εκδηλώνουν αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση (βλ. ενότητα: «Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών»).

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Οι επιστημονικές πρακτικές

Τα τελευταία χρόνια ο όρος επιστημονικές πρακτικές χρησιμοποιείται αντί του όρου δεξιότητες διερεύνησης για να δώσει έμφαση στο ότι η εμπλοκή με την επιστημονική έρευνα απαιτεί όχι μόνο δεξιότητες αλλά και γνώση γύρω από κάθε μια πρακτική που ακολουθείται (NRC, 2012).

Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οι ακόλουθες οκτώ επιστημονικές πρακτικές (NGSS Lead States, 2013): (α) υποβολή ερωτημάτων, (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας, (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής

σκέψης, (στ) συγκρότηση εξηγήσεων, (ζ) εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία και (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

Η παρούσα εργασία περιορίζεται στις επιστημονικές πρακτικές που αφορούν στην αναγνώριση ερωτημάτων για έρευνα, στην αναγνώριση των μεταβλητών και τη σχεδίαση της πειραματικής διαδικασίας (που αποτελούν διαστάσεις της σχεδίασης και πραγματοποίησης έρευνας) και στην εξαγωγή συμπεράσματος από πίνακα δεδομένων (που αποτελεί μια διάσταση της ανάλυσης και ερμηνείας των δεδομένων).

Μάθηση ιδεών και εννοιών των Φυσικών Επιστημών μέσω των επιστημονικών πρακτικών

Οι σύγχρονες απόψεις για τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες εδράζονται στην εποικοδομητικές απόψεις για τη μάθηση και θεωρούν ότι ο μαθητής οικοδομεί ενεργητικά τη γνώση μέσα από γνωστικές, κοινωνικές και πολιτισμικές διαδικασίες (NGSS Lead States, 2013). Μια βασική θέση των εποικοδομητικών απόψεων για τη μάθηση υποστηρίζει ότι οι μαθητές κατέχουν αντιλήψεις για το φυσικό κόσμο οι οποίες έχουν διαμορφωθεί από τις εμπειρίες τους κυρίως εκτός του σχολικού χώρου (Driver, Guesne & Tiberghien, 1985). Επομένως, προκειμένου να σχεδιαστεί αποτελεσματικά το μαθησιακό περιβάλλον αυτές οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών αποτελούν το υπόβαθρο για τη συγκρότηση του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας. Κρίνεται αναγκαίο οι μαθητές, μέσω του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας, να συνειδητοποιήσουν τις αρχικές αντιλήψεις τους, να τις επεξεργαστούν και να τις αναθεωρήσουν (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007).

Η διανοητική και πρακτική εργασία που σχετίζεται με την επεξεργασία και την αναθεώρηση των αντιλήψεων εδράζεται στην εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές (NRC, 2012). Υποστηρίζεται ότι η ενεργός εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές μπορεί να βελτιώσει τα μαθησιακά αποτελέσματα. Ειδικότερα, η εμπλοκή των μαθητών με τις επιστημονικές πρακτικές μπορεί να τους βοηθήσει να κατανοήσουν τη διαδικασία ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης, να οικοδομήσουν βασικές ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών, να προκαλέσει την περιέργεια και το ενδιαφέρον τους και να τους παρακινήσει σε περαιτέρω έρευνα (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007).

Έχουν προταθεί διάφορα παιδαγωγικά πλαίσια (διδακτικά μοντέλα) για τη σχεδίαση του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας που αποσκοπούν στη μάθηση βασικών ιδεών και εννοιών των Φυσικών Επιστημών μέσω επιστημονικών πρακτικών. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται το μοντέλο της εποικοδομητικής διδασκαλίας των *Driver* και *Oldham* (1986), ο μαθησιακός κύκλος των White et al. (1999), τα μαθησιακά μοντέλα 5E του Bybee (1997) και 7E του Eisenkraft (2003), το διδακτικό πλαίσιο EIMA των Schwarz και Gwekwerere (2007), το μοντέλο 4EX2 των Marshall et al. (2009) και το πλαίσιο των Minner et al. (2010).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ

Μελετώντας τις έρευνες για τις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές εμφανίζουν σημαντικές δυσκολίες στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών (Chen & Klahr, 1999; Duggan & Gott, 2000; Khishfe & Lederman, 2006; Lederman, 2007). Επιπλέον, είναι περιορισμένη η έρευνα που μελετά τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στις επιστημονικές πρακτικές που αναπτύσσουν οι μαθητές (Adey & Shayer, 1994; Chen & Klahr 1999; Goossens, 1992; Klahr & Nigam 2004; Kyriazi, & Constantinou, 2005; Roth & Roychoudhury 1993; Schneider et al. 2002; Zion et al. 2004), ενώ απουσιάζουν έρευνες που να μελετούν την επίδραση διδασκαλιών που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού στις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Σχετικά με την αλλαγή κατάστασης των σωμάτων και τη θερμοκρασία, έχουν διερευνηθεί συστηματικά οι αντιλήψεις των μαθητών (Anderson 1980; Arnold et al. 1996; Briggs & Brook 1984; Brook, Briggs, Driver 1984; Cosgrove & Osborne 1983; Ellse 1988; Grayson, Harrison, Treagust 1995; Johnson 1998b; Καρανίκας 1996; Καρύδας & Κουμαράς 2000; Kesidou & Duit 1993; Kirbulut & Beeth 2011; Paik, Kim, Cho, Park 2004; Ραβάνης 1988; Stavy 1990b; Tiberghien 1985; Warren 1983; Wisner 1986). Από τις έρευνες αυτές προέκυψε ότι οι μαθητές εκδηλώνουν αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση και πιο συγκεκριμένα θεωρούν ότι η θερμοκρασία ενός σώματος κατά τη διάρκεια της αλλαγής φάσης μεταβάλλεται και εξαρτάται από την ποσότητά του.

Όμως, μολονότι έχουν εντοπιστεί οι αντιλήψεις των μαθητών για την αλλαγή κατάστασης και τη θερμοκρασία είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που αφορά στη διδακτική αντιμετώπιση αυτών των αντιλήψεων των μαθητών (Βαΐτση, Παπαγεωργίου, Μπαγάκης, Ραβάνης, Παπαμιχαήλ, 1993; Çalik, 2008; Coştu, Ayas, Niaz, Ünal, Çalik, 2007; Μακαρατζή, 2000). Οι παραπάνω έρευνες εστιάζονται κυρίως σε ορισμένες μόνο περιπτώσεις αλλαγής κατάστασης των σωμάτων (π.χ. βρασμός) και σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Επιπλέον, απουσιάζουν έρευνες που να μελετούν την επίδραση διδασκαλιών που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού, τόσο στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τις αλλαγές κατάστασης των σωμάτων και τη θερμοκρασία, όσο και στις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών.

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης βασισμένης σε εκπαιδευτικό υλικό για τις αλλαγές κατάστασης και τη θερμοκρασία στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών σε μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Ειδικότερα, επιδιώκεται η μελέτη της συμβολής αυτής της διδακτικής παρέμβασης στις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου που αφορούν στην: (α) αναγνώριση του ερωτήματος για έρευνα, (β) αναγνώριση της ανεξάρτητης μεταβλητής, (γ) αναγνώριση της εξαρτημένης μεταβλητής, (δ)

αναγνώριση των μεταβλητών ελέγχου, (ε) σχεδίαση της πειραματικής διαδικασίας και (στ) εξαγωγή συμπεράσματος από πίνακα δεδομένων.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ερευνητική διαδικασία

Η έρευνα διεξήχθη σε τρεις φάσεις. Στη πρώτη φάση, συγκροτήθηκε το ερωτηματολόγιο που εξέταζε τις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών και το εκπαιδευτικό υλικό για την εννοιολογική περιοχή της αλλαγής κατάστασης και της θερμοκρασίας. Στη δεύτερη φάση, πραγματοποιήθηκε η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων από τους μαθητές των δημοτικών σχολείων (πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση) και η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού σε αυτούς τους μαθητές. Στη τρίτη φάση, αφού ολοκληρώθηκε η συλλογή των δεδομένων από τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων και την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των δεδομένων.

Δείγμα

Στην παρούσα έρευνα το δείγμα της αποτέλεσαν συνολικά 25 μαθητές (15 αγόρια, 10 κορίτσια) που φοιτούσαν στην Ε΄ τάξη του Δημοτικού. Ειδικότερα, στη συγκεκριμένη έρευνα συμμετείχαν 14 μαθητές (11 αγόρια, 3 κορίτσια) του 7/θ Δημοτικού Σχολείου Μούδρου Λήμνου και 11 μαθητές (4 αγόρια, 7 κορίτσια) του 6/θ Δημοτικού Σχολείου Ατσικής Λήμνου.

Το ερωτηματολόγιο για τις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών

Η κατασκευή του ερωτηματολογίου ολοκληρώθηκε σε δύο φάσεις. Το αρχικό ερωτηματολόγιο επιδόθηκε ατομικά σε πέντε μαθητές, ώστε να αξιολογηθεί η αναγνωσιμότητά του και αν υπήρχαν σημεία που οι μαθητές δεν μπορούσαν να καταλάβουν. Επίσης, δόθηκε σε εκπαιδευτικούς και σε δύο ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ώστε να ελεγχθεί για τυχόν ελλείψεις ή ασάφειες. Σύμφωνα με αυτές τις παρατηρήσεις, έγιναν διορθώσεις κι έτσι το ερωτηματολόγιο πήρε την τελική του μορφή.

Το τελικό ερωτηματολόγιο περιλάμβανε έξι ερωτήσεις (βλ. Παράρτημα 1). Τα ερωτήματα του συγκεκριμένου ερωτηματολογίου συγκροτήθηκαν με βάση τις εξής επιστημονικές πρακτικές: αναγνώριση του ερωτήματος για έρευνα (Ερώτηση 1), αναγνώριση της ανεξάρτητης μεταβλητής (Ερώτηση 2), αναγνώριση των μεταβλητών ελέγχου (Ερώτηση 3), αναγνώριση της εξαρτημένης μεταβλητής (Ερώτηση 4), σχεδίαση της πειραματικής διαδικασίας (Ερώτηση 5) και εξαγωγή συμπερασμάτων από πίνακα δεδομένων (Ερώτηση 6).

Πριν από τις πέντε πρώτες ερωτήσεις υπήρχε ένα εισαγωγικό κείμενο (πρόβλημα). Στο εισαγωγικό κείμενο δόθηκε η πληροφορία στους μαθητές ότι πρέπει να επιλεγεί ένα χρώμα σε ένα δοχείο που περιέχει παγωτό, προκειμένου να αυξηθεί όσο το δυνατόν ο χρόνος που χρειάζεται το παγωτό για να λιώσει.

Στην ερώτηση 1, ζητήθηκε από τους μαθητές να επιλέξουν, από διάφορα ερωτήματα, το ερώτημα το οποίο αντιστοιχεί στο πρόβλημα που τέθηκε.

Στην ερώτηση 2, ζητήθηκε από τους μαθητές να επιλέξουν, από διάφορες μεταβλητές, ποια μεταβλητή θα πρέπει να μεταβάλλεται στην έρευνα που σχεδιάζεται.

Στην ερώτηση 3, ζητήθηκε από τους μαθητές να επιλέξουν, από διάφορες μεταβλητές, ποιες μεταβλητές θα πρέπει να μένουν σταθερές στη συγκεκριμένη έρευνα.

Στην ερώτηση 4, ζητήθηκε από τους μαθητές να επιλέξουν, από διάφορες μεταβλητές, ποια μεταβλητή θα πρέπει να μετρηθεί σε αυτή την έρευνα.

Στην ερώτηση 5, ζητήθηκε από τους μαθητές να επιλέξουν, από διάφορες προτάσεις που περιγράφουν την πορεία της πειραματικής διαδικασίας, την πρόταση που περιγράφει κατάλληλα την πορεία της πειραματικής διαδικασίας που πρέπει να ακολουθηθεί στην έρευνα που σχεδιάζεται.

Στην ερώτηση 6, ζητήθηκε από τους μαθητές να επεξεργαστούν έναν πίνακα δεδομένων και να εξάγουν ένα συμπέρασμα με βάση αυτά τα δεδομένα.

Το εκπαιδευτικό υλικό και η διδακτική διαδικασία

Το εκπαιδευτικό υλικό για τις αλλαγές κατάστασης και τη θερμοκρασία σχεδιάστηκε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας με σκοπό να συμβάλει στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών σε μαθητές του δημοτικού σχολείου. Συγκεκριμένα, το εκπαιδευτικό υλικό περιλάμβανε εννέα ενότητες (βλ. Πίνακα 1).

Το διδακτικό μοντέλο που ακολουθήθηκε για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού των εννέα ενότητων αποτελούσε προσαρμογή του μαθησιακού μοντέλου 5E του Bybee (1997) και του διδακτικού πλαισίου EIMA των Schwarz και Gwekwerere (2007) που εμπλέκει τους μαθητές σε μια καθοδηγούμενη έρευνα εστιασμένη στην ανάδειξη, επεξεργασία και αναθεώρηση των αρχικών τους αντιλήψεων χρησιμοποιώντας επιστημονικές πρακτικές. Πιο συγκεκριμένα το διδακτικό μοντέλο που ακολουθήθηκε περιλάμβανε τις ακόλουθες πέντε φάσεις που παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Φάση I: Ενεργοποίηση μαθητών, ανάδειξη των αρχικών αντιλήψεων

Η φάση αυτή επεδίωκε την πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών, την ανάδειξη των αρχικών τους αντιλήψεων, τη συνειδητοποίηση των μεταξύ τους διαφορών και τη διατύπωση των ερωτημάτων για έρευνα. Ειδικότερα, οι μαθητές επεξεργάστηκαν ένα πρόβλημα το οποίο τους ζητούσε να προβούν σε προβλέψεις και αιτιολογήσεις. Αρχικά, οι μαθητές εργάστηκαν ατομικά και κατέγραψαν τις προβλέψεις και τις αιτιολογήσεις τους. Στη συνέχεια, συζήτησαν με τους συμμαθητές της ομάδας τους και συνέκριναν τις απαντήσεις τους. Ακολούθησε αντιπαράθεση των μαθητών στην προσπάθειά τους να αποστηρίξουν τις απόψεις τους. Οι αντιπρόσωποι των ομάδων ανακοίνωσαν τα αποτελέσματα των συζητήσεων των ομάδων των μαθητών στο σύνολο των μαθητών της τάξης. Η φάση αυτή ολοκληρώθηκε με συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης και τη διατύπωση από πλευράς μαθητών των ερωτημάτων για έρευνα.

Πίνακας 1: Οι ενότητες του εκπαιδευτικού υλικού, τα φύλλα εργασίας της κάθε ενότητας και οι αντίστοιχες αντιλήψεις των μαθητών προς επεξεργασία.

Ενότητες	Φύλλα εργασίας μαθητών	Αντιλήψεις προς επεξεργασία
Τήξη σωμάτων	Φ.Ε.1	Η θερμοκρασία τήξης ενός σώματος αυξάνεται κατά τη διάρκεια της τήξης.
	Φ.Ε.2	Η θερμοκρασία τήξης ενός σώματος εξαρτάται από την ποσότητα του σώματος.
	Φ.Ε.3	Η θερμοκρασία τήξης δεν είναι χαρακτηριστική ιδιότητα του σώματος.
Πήξη σωμάτων	Φ.Ε.4	Η θερμοκρασία πήξης ενός σώματος μειώνεται κατά τη διάρκεια της πήξης.
	Φ.Ε.5	Η θερμοκρασία πήξης ενός σώματος εξαρτάται από την ποσότητα του σώματος.
	Φ.Ε.6	Η θερμοκρασία πήξης δεν είναι χαρακτηριστική ιδιότητα του σώματος.
Βρασμός σωμάτων	Φ.Ε.7	Η θερμοκρασία βρασμού ενός σώματος αυξάνεται κατά τη διάρκεια του βρασμού.
	Φ.Ε.8	Η θερμοκρασία βρασμού ενός σώματος εξαρτάται από την ποσότητα του σώματος.
	Φ.Ε.9	Η θερμοκρασία βρασμού δεν είναι χαρακτηριστική ιδιότητα του σώματος.

Φάση II: Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας

Η φάση αυτή αποσκοπούσε στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας από τους μαθητές με απώτερο στόχο τη δημιουργία γνωστικής αποσταθεροποίησης των αρχικών τους αντιλήψεων. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές σχεδίασαν και πραγματοποίησαν έρευνες, με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων που υπήρχαν στο φύλλο εργασίας τους (βλ. Παράρτημα 2), με σκοπό να απαντήσουν στα ερευνητικά ερωτήματα που έθεσαν. Αφού διατύπωσαν υποθέσεις, αναγνώρισαν τις μεταβλητές που υπεισέρχονταν στις έρευνες, πραγματοποίησαν έλεγχο των μεταβλητών, περιέγραψαν την πειραματική διαδικασία που θα ακολουθήσουν, υλοποίησαν τα πειράματα μέσω εκπαιδευτικού λογισμικού και

συνέλεξαν και κατέγραψαν σε πίνακες τα δεδομένα. Το εκπαιδευτικό λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση των πειραμάτων από τους μαθητές ήταν το «Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον» (ΣΕΠ) (Ψύλλος, Αργυράκης, Βλαχάβας, Χατζηκρανιώτης, Μπισδικιάν, Ρεφανίδης, Λεύκος, Κορομπίλης, Βράκας, Γάλλος & Νικολαΐδης, 2000).

Φάση III: Συγκρότηση εξήγησης

Κατά τη φάση αυτή, οι μαθητές επεξεργάστηκαν τους πίνακες με τα δεδομένα, εξήγαγαν από αυτούς συμπεράσματα και τα συνέκριναν με τις αρχικές τους προβλέψεις. Στη φάση αυτή επιδιώχθηκε οι μαθητές να συγκροτήσουν τεκμηριωμένες εξηγήσεις (εξηγήσεις βασισμένες στα αποδεικτικά στοιχεία που συνέλεξαν).

Φάση IV: Εφαρμογή σε νέα προβλήματα και ανατροφοδότηση

Η φάση αυτή επεδίωκε την εφαρμογή της γνώσης που απέκτησαν οι μαθητές σε νέα προβλήματα και την ανατροφοδότηση των μαθητών. Ειδικότερα, οι μαθητές επεξεργάστηκαν προβλήματα διαφορετικά σε σχέση με αυτά που είχαν αρχικά διαπραγματευτεί. Κατά την υλοποίηση αυτών των δραστηριοτήτων οι μαθητές συζήτησαν τις απαντήσεις τους με τους συμμαθητές τους, συγκρίνοντας και αντιπαραθέτοντας τις ιδέες τους.

Φάση V: Αξιολόγηση και αναστοχασμός

Η φάση αυτή αποσκοπούσε στον αναστοχασμό των μαθητών πάνω στη μαθησιακή διαδικασία που ακολουθήθηκε, μέσω της εκ νέου επεξεργασίας των αρχικών ερωτημάτων, της εικονικής αναπαράστασης των αντιλήψεων, της επινόησης ερωτήσεων και της σχεδίαση δραστηριοτήτων από τους μαθητές.

Αρχικά, ζητήθηκε από τους μαθητές να μελετήσουν τις απαντήσεις τους, σε ερωτήσεις που είχαν επεξεργαστεί στο παρελθόν στο πλαίσιο προβλημάτων που τους είχαν τεθεί στην αρχική φάση της διδασκαλίας. Οι μαθητές κλήθηκαν να συγκρίνουν τις αρχικές τους απαντήσεις με τις τρέχουσες απαντήσεις τους. Συζήτησαν τις όποιες ομοιότητες ή διαφοροποιήσεις μεταξύ των απαντήσεων και των ιδεών τους με τους συμμαθητές της ομάδας τους.

Επίσης, παρουσιάστηκαν στους μαθητές δύο εικόνες και τους ζητήθηκε να επιλέξουν και να δικαιολογήσουν με ποια από τις δύο εικόνες προσidiaζε ο τρόπος σκέψης τους -πριν τις διδασκαλίες- σχετικά με το πρόβλημα που τους είχε τεθεί.

Ζητήθηκε στη συνέχεια από τους μαθητές να επινοήσουν ερωτήσεις οι οποίες σχετίζονται με τις αντιλήψεις με σκοπό να «παρασύρουν» τους συμμαθητές τους στην «παγίδα» των αντιλήψεων. Οι μαθητές επινόησαν ερωτήσεις και στη συνέχεια τους ζητήθηκε να τις υποβάλουν στους συμμαθητές της ομάδας τους. Ακολούθησε συζήτηση των απαντήσεων των μαθητών.

Τέλος, οι μαθητές κλήθηκαν να συμμετάσχουν στη σχεδίαση δραστηριοτήτων για τη θερμοκρασία κατά την αλλαγή κατάστασης των σωμάτων.

Ανάλυση των δεδομένων

Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Οι απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια χωρίστηκαν σε δυο κατηγορίες: (α) κατάλληλη απάντηση (απάντηση προς την κατεύθυνση της σχολικής εκδοχής της επιστημονικής γνώσης) και (β) μη κατάλληλη απάντηση (απάντηση διαφορετική από αυτή που είναι σύμφωνη με τη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης).

Προσδιορίστηκαν οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών ανά ερώτηση. Για τη μελέτη του ζητήματος της εξέλιξης των απαντήσεων των μαθητών χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό κριτήριο χ^2 για τη σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών στο ερωτηματολόγιο που δόθηκε πριν τη διδακτική παρέμβαση (αρχικό ερωτηματολόγιο) και στο ερωτηματολόγιο που δόθηκε μετά τη διδακτική παρέμβαση (τελικό ερωτηματολόγιο). Η τιμή του χ^2 (λαμβάνοντας υπόψη τους βαθμούς ελευθερίας του συγκεκριμένου πίνακα) αποτελεί ένδειξη της ύπαρξης συσχετίσεων.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αναγνώριση ερωτήματος για έρευνα

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση ενός ερωτήματος προς έρευνα, πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση. Από τον Πίνακα 2 προκύπτει ότι, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές (72%) δεν αναγνώρισαν το ερώτημα που αντιστοιχεί στην προτεινόμενη έρευνα, μετά τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές (60%) αναγνώρισαν το ερώτημα που συνάδει με την έρευνα που θα πραγματοποιηθεί. Μάλιστα, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατάλληλες και μη κατάλληλες απαντήσεις των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2 = 3,98$, $df = 1$, $p = 0,046$).

Πίνακας 2: Οι απαντήσεις των μαθητών σχετικά με την αναγνώριση του ερωτήματος προς έρευνα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες (f & f%)

Αναγνώριση ερωτήματος για έρευνα	Αρχικό ερωτηματολόγιο		Τελικό ερωτηματολόγιο	
	f	f%	f	f%
Κατάλληλη απάντηση	7	28	15	60
Μη κατάλληλη απάντηση	18	72	10	40

Αναγνώριση της ανεξάρτητης μεταβλητής

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση της ανεξάρτητης μεταβλητής της έρευνας, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Από τον Πίνακα 3 προκύπτει ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση, το μεγαλύτερο μέρος των μαθητών (76%) δεν αναγνώρισε

την ανεξάρτητη μεταβλητή της έρευνας. Αντίθετα, μετά τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές (56%) ήταν ικανοί να εντοπίζουν την ανεξάρτητη μεταβλητή της έρευνας. Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση, προκύπτει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατάλληλες και μη κατάλληλες απαντήσεις των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2 = 4,08$, $df = 1$, $p = 0,0434$)

Πίνακας 3: Οι απαντήσεις των μαθητών σχετικά με την αναγνώριση της ανεξάρτητης μεταβλητής της έρευνας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες (f & f%)

Αναγνώριση της ανεξάρτητης μεταβλητής	Αρχικό ερωτηματολόγιο		Τελικό ερωτηματολόγιο	
	f	f%	f	f%
Κατάλληλη απάντηση	6	24	14	56
Μη κατάλληλη απάντηση	19	76	11	44

Αναγνώριση των μεταβλητών ελέγχου

Στον Πίνακα 4 αποτυπώνονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών για τις μεταβλητές ελέγχου της έρευνας, πριν και μετά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης. Από τα δεδομένα του Πίνακα 4 προκύπτει ότι, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση, η πλειοψηφία των μαθητών (84%) δεν ήταν ικανή να αναγνωρίζει τις μεταβλητές ελέγχου της έρευνας, μετά την διδακτική παρέμβαση το ποσοστό των μαθητών που αναγνώρισε τις μεταβλητές ελέγχου της έρευνας αυξήθηκε σημαντικά (48%). Επιπλέον, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατάλληλες και μη κατάλληλες απαντήσεις των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2 = 4,5$, $df = 1$, $p = 0,0339$).

Πίνακας 4: Οι απαντήσεις των μαθητών σχετικά με την αναγνώριση των μεταβλητών ελέγχου της έρευνας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες (f & f%)

Αναγνώριση των μεταβλητών ελέγχου	Αρχικό ερωτηματολόγιο		Τελικό ερωτηματολόγιο	
	f	f%	f	f%
Κατάλληλη απάντηση	4	16	12	48
Μη κατάλληλη απάντηση	21	84	13	52

Αναγνώριση της εξαρτημένης μεταβλητής

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στον εντοπισμό της εξαρτημένης μεταβλητής της έρευνας, πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση. Από τον Πίνακα 5 φαίνεται ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση, οι περισσότεροι μαθητές (72%) δεν αναγνώρισαν την εξαρτημένη μεταβλητή που αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη έρευνα. Όμως, μετά την διδακτική παρέμβαση, το ποσοστό των μαθητών που μπόρεσαν να εντοπίσουν την εξαρτημένη μεταβλητή της έρευνας αυξήθηκε (48%). Ωστόσο, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει

στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατάλληλες και μη κατάλληλες απαντήσεις των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2 = 1,36$, $df = 1$, $p = 0,2435$)

Πίνακας 5: Οι απαντήσεις των μαθητών σχετικά με την αναγνώριση της εξαρτημένης μεταβλητής της έρευνας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες (f & f%)

Αναγνώριση της εξαρτημένης μεταβλητής	Αρχικό ερωτηματολόγιο		Τελικό ερωτηματολόγιο	
	f	f%	f	f%
Κατάλληλη απάντηση	7	28	12	48
Μη κατάλληλη απάντηση	18	72	13	52

Σχεδίαση της πειραματικής διαδικασίας

Στον Πίνακα 6 καταγράφονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην σχεδίαση της πορείας της αναγκαίας πειραματικής διαδικασίας, πριν και μετά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης. Από τον Πίνακα 6 διαπιστώνεται ότι, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση, η πλειοψηφία των μαθητών (80%) δεν ήταν ικανή να εντοπίζει την πρόταση που περιγράφει ορθά την πειραματική διαδικασία της έρευνας, μετά τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές (52%) ήταν ικανοί να εντοπίζουν την κατάλληλη πρόταση που περιέγραφε την πειραματική διαδικασία. Επιπρόσθετα, προκύπτει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατάλληλες και μη κατάλληλες απαντήσεις των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2 = 4,25$, $df = 1$, $p = 0,0393$)

Πίνακας 6: Οι απαντήσεις των μαθητών σχετικά με τη σχεδίαση της πειραματικής διαδικασίας της έρευνας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες (f & f%)

Σχεδίαση της πειραματικής διαδικασίας	Αρχικό ερωτηματολόγιο		Τελικό ερωτηματολόγιο	
	f	f%	f	f%
Κατάλληλη απάντηση	5	20	13	52
Μη κατάλληλη απάντηση	20	80	12	48

Εξαγωγή συμπεράσματος από πίνακα δεδομένων

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην εξαγωγή συμπεράσματος από ένα πίνακα δεδομένων, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Από τον Πίνακα 7 προκύπτει ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση, ένα μικρό ποσοστό των μαθητών (4%) ήταν σε θέση να εξάγει ένα συμπέρασμα από ένα πίνακα δεδομένων. Αντίθετα, μετά τη διδακτική παρέμβαση, πάνω από τους μισούς μαθητές (60%) ήταν ικανοί να εξάγουν το συμπέρασμα από τον πίνακα δεδομένων που τους δόθηκε. Μάλιστα, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά

σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατάλληλες και μη κατάλληλες απαντήσεις των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2 = 15,53$, $df = 1$, $p < 0,0001$)

Πίνακας 7: Οι απαντήσεις των μαθητών σχετικά με την εξαγωγή συμπεράσματος από πίνακα δεδομένων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες (f & f%)

Εξαγωγή συμπεράσματος από πίνακα δεδομένων	Αρχικό ερωτηματολόγιο		Τελικό ερωτηματολόγιο	
	f	f%	f	f%
Κατάλληλη απάντηση	1	4	15	60
Μη κατάλληλη απάντηση	24	96	10	40

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης βασισμένης σε εκπαιδευτικό υλικό για τις αλλαγές κατάστασης και τη θερμοκρασία στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών σε μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας καταδεικνύουν ότι η ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών (που αφορούν στην αναγνώριση ερωτημάτων για έρευνα, στην αναγνώριση των μεταβλητών, τη σχεδίαση της πειραματικής διαδικασίας και στην εξαγωγή συμπεράσματος από πίνακα δεδομένων) στους μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου, μέσω της εφαρμογής μιας διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε για τις αλλαγές κατάστασης και τη θερμοκρασία των σωμάτων, αναδείχθηκε εφικτή.

Τα παραπάνω ευρήματα συνάδουν με τα αποτελέσματα ερευνών που μελετούν την εξέλιξη των δεξιοτήτων διερεύνησης των μαθητών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Adey & Shayer, 1994; Chen & Klahr 1999; Goossens, 1992; Klahr & Nigam 2004; Kyriazi, & Constantinou, 2005; Roth & Roychoudhury 1993; Schneider et al. 2002; Zion et al. 2004). Επιπλέον, τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας συνάδουν με σύγχρονες απόψεις, σύμφωνα με τις οποίες: «η σκέψη των μικρών παιδιών είναι παραδόξως πολύπλοκη» και ότι «σε αντίθεση με τις αντιλήψεις για την ανάπτυξη που ίσχυαν 30 ή 40 χρόνια πριν, τα παιδιά μπορούν να σκέπτονται τόσο συγκεκριμένα όσο και αφηρημένα» (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007, p. 3)

Η δυσκολία των μαθητών να αναπτύξουν επιστημονικές πρακτικές που αφορούν στην σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας μπορεί να αποδοθεί στο ότι οι μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι με αυτές τις πρακτικές και σπάνια εμπλέκονται με αυτές κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο σχολικό πλαίσιο. Καταδεικνύεται επομένως η ανάγκη δημιουργίας ενός πλαισίου, που να υποστηρίζει εκπαιδευτικούς και μαθητές στη διαδικασία χρήσης και ανάπτυξης των επιστημονικών πρακτικών. Η παρούσα εργασία με τα ευρήματά της συνεισφέρει προς αυτή την κατεύθυνση.

Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν 25 μαθητές δύο δημοτικών σχολείων της Λήμνου και συνεπώς τα ευρήματά της υπόκεινται στους περιορισμούς του δείγματος. Επιπλέον, η έρευνα πραγματοποιήθηκε μόνο με τη χρήση ερωτηματολογίων. Η χρήση συνέντευξης ή

ο συνδυασμός ερωτηματολογίου και συνέντευξης αλλά και η μελέτη του λόγου των μαθητών σε όλη τη διάρκεια των διδασκαλιών θα επέτρεπαν τη διερεύνηση, σε μεγαλύτερο βάθος, της διαδικασίας ανάπτυξης αυτών των επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές. Επιπρόσθετα, η μελέτη του λόγου των μαθητών σε όλη τη διάρκεια των διδασκαλιών θα επέτρεπε να εντοπιστούν οι δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού που συμβάλουν σημαντικά στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές.

Απαιτείται, λοιπόν, περαιτέρω έρευνα προκειμένου να μελετηθεί συστηματικά η επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών (που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας) στους μαθητές.

Η παρούσα εργασία εστιάστηκε στη διερεύνηση της συμβολής του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε στην εξέλιξη ορισμένων μόνο διαστάσεων των επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές.

Απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να μελετηθεί η συμβολή του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε στην εξέλιξη άλλων επιστημονικών πρακτικών, όπως είναι αυτές που αφορούν στην ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, στη χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, στη συγκρότηση εξηγήσεων, στην εμπλοκή σε επιχειρηματολογία και στην απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adey, P., & Shayer, M. (1994). *Really raising standards: Cognitive intervention and academic achievement*. London: Routledge.
- Anderson, B. (1980). Some aspects of children's understanding of boiling point. In Archenhold, W. F., Driver, R., Orton, A. & Wood-Robinson, C. (Eds), *Cognitive Research in Science and Mathematics*, Proceeding of an International Seminar, 17-21 September 1979, University of Leeds.
- Arnold, M. & Millar, R. (1996). Learning the scientific "story": a case study in the teaching and learning of elementary thermodynamics. *Science Education*, 80 (3), 249-281.
- Βαϊτση, Μ. Παπαγεωργίου, Ε. Μπαγάκης, Γ. Ραβάνης, Κ. Παπαμιχαήλ, Γ. (1993). Η διδακτική αποσταθεροποίηση των αυθόρμητων παραστάσεων παιδιών προσχολικής ηλικίας για τα φαινόμενα της τήξης και της εξάερωσης. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 19, 308-338.
- Briggs, H. & Brook, A. (1984). Students' ideas of heat: A paper presented at the SSCR conference on learning, doing and understanding in science. *Children's learning in science project*. University of Leeds, Leeds, UK.
- Brook, A., Briggs, H., Driver, R. (1984). *Aspects of Secondary Students' understanding of the particulate nature of matter Children's Learning in Science Project Leeds*: University of Leeds.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.

- Çalik, M. (2008). Facilitating students' conceptual understanding of boiling using a four-step constructivist teaching method. *Research in Science & Technological Education*, 26(1), 59–74.
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999): All Other Things Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70, 5, 1098-1120.
- Coştu, B., Ayas, A., Niaz, M., Ünal, S., Çalik, M. (2007). Facilitating Conceptual Change in Students' Understanding of Boiling Concept. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 524–536.
- Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1985). *Some features of children's ideas and their implications for teaching*. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science*. (pp. 193-201). Milton Keynes, UK: Open University Press.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science, *Studies in Science Education*, 18, 105-122.
- Duggan, S., & Gott, R. (2000). Intermediate general national vocational qualification (GNVQ) science: A missed opportunity for a focus on procedural understanding? *Research in Science and Technological Education*, 18(2), 201–214.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.
- Ellse, M. (1988). Transferring not transforming energy. *School Science Review*, 69(248), 427-437.
- Goossens, L. (1992). Training scientific thinking in children and adolescents: A critical commentary and quantitative integration. In A. Demetriou, M. Shayer, & A. Efklides (Eds.), *Neo-Piagetian theories of cognitive development: Implications and applications for education*, 160-179. London: Routledge.
- Grayson, D.J., Harrison, A.G. & Treagust, D. F. (1995). A multidimensional study of changes that occurred during a short course on heat and temperature. In A. Hendricks (Ed), *SAARMSE 3rd Annual Meeting* (pp.273-283). Cape Town, South Africa.
- Johnson, P.M. (1998b). Children's understanding of state involving the gas state, Part 2. Evaporation and Condensation below boiling point. *International Journal of Science Education*, 20, 695-709.
- Καρανίκας, Ι. (1996). *Μελέτη των προβλημάτων της Διδασκαλία των θερμικών Φαινομένων. Πρόταση για Εποικοδομητική Προσέγγιση στη διδασκαλία και στη Μάθηση των θερμικών Φαινομένων στους 4ετείς φοιτητές του ΠΤΔΕ*. Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Καρύδας, Α., Κουμαράς, Π. (2000). Η Ιστορία της επιστήμης και προτάσεις για τη διδακτική της εκμετάλλευση: Η περίπτωση της θερμότητας και των θερμικών φαινομένων. Στο: Βαλανίδης Ν. (επιμ.) *Πρακτικά του 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου*

Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και εφαρμογών των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, τόμος II, σελ. 331 - 339. Λευκωσία.

- Kesidou, S. & Duit, R. (1993). Students conceptions of law of thermodynamics - An interpretative study. *Journal of Research in Science Teaching* 30 (1), 85-106.
- Khishfe, R., & Lederman, N. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418.
- Kirbulut, D.M. & Beeth, M. E. (2011). *Consistency of Students' Ideas across Evaporation, Condensation, and Boiling*. Springer Science+Business Media B.V.
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004): The Equivalence of Learning Paths in Early Science Instruction. Effects of Direct Instruction and Discovery Learning. *Psychological Science*, 15, 10, 661- 667.
- Kyriazi, E. & Constantinou, C. (2005). The Science Fair as a Means for Developing Graphing Skills in Elementary School, in Michaelide, P. & Margetousaki, A. (edits). Proceedings of the 2nd International Conference on Hands on Science: "Science in a Changing Education", 359-368, Rethymno: The Laboratory for Science Teaching, Department of Education, University of Crete, 13th – 16th July 2005.
- Lederman, N. G. (2007). *Nature of science: Past, present, and future*. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), Handbook of research on science education (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Μακαρατζής Γ. (2000). Η χρήση προσομοίωσης στη διδασκαλία φυσικών φαινομένων στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση: Η περίπτωση του βρασμού του νερού. Πρακτικά 2^{ου} Συνεδρίου ΕΤΠΕ: *Οι τεχνολογίες της πληροφορίας και της επικοινωνίας στην εκπαίδευση*. Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών. Πάτρα, 13, 14 και 15 Οκτωβρίου. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο:<http://www.clab.edc.uoc.gr/hy302/texts/patras/09sinp.htm>
- Marshall, J. C., Horton, B, Smart, J. (2009). 4E X 2 Instructional Model: Uniting Three Learning Constructs to Improve Praxis in Science and Mathematics Classrooms *Journal of Science Teacher Education*, 20, 501-516.
- Minner, D., Levy, A.J, Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction - What Is It and Does it Matter: Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. [Science Education]. *Journal of Research in Science Teaching* 47(4), 474-496.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Committee on Conceptual Framework for the New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- OECD (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A framework for PISA 2006*. Paris: OECD Publishing.

- OECD (2013). *PISA 2015 Draft Science Framework*. Retrieved from <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf>.
- Osborne, R.J. & Cosgrove, M.M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching* 20 (9), 825-838.
- Paik, S.H., Kim, H.N., Cho, B.K., Park, J.W. (2004). K-8th grade Korean students' conceptions of 'changes of state' and 'conditions for changes of state'. *International Journal of Science Education*, 26:2, 207-224.
- Ραβάνης, Κ. (1988). Μεταβολές καταστάσεων και θερμική ισορροπία. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 39, 83-89.
- Roth, W.-M., & Roychoudhury, A. (1993). The Development of Science Process Skills in Authentic Contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 2, 127-152.
- Schneider, R. M., Krajcik, J., Marx, R. W., & Soloway, E. (2002). Performance of Students in Project-Based Science Classrooms on a National Measure of Science Achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 5, 410 – 422.
- Schwarz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, 91(1), 158-186.
- Stavy, R. (1990b). Pupils' problems in understanding conservation of matter International. *Journal of Science Education*, 12 (5), 501-512.
- Tiberghien, A. (1985). Heat and Temperature, part B, In R. Driver, E. Guesnes & A. Tiberghien (Eds.), *Childrens' Ideas in Science*. (pp. 52-84). Milton Keynes: Open University Press.
- Warren, J. W. (1983). Energy and its carriers: a critical analysis, *Physics Education*, 18, 209-212.
- White, B., Shimoda, T, Frederiksen, J. (1999). Enabling Students to Construct Theories of Collaborative Inquiry and Reflective Learning: Computer Support for Metacognitive Development. *International Journal of Artificial Intelligence*, 10, 151-182.
- Wiser, M. (1986). The differentiation of heat and temperature: History of science and novice-expert shift. In S. Strauss (Ed.): *Ontogeny, Phylogeny & Historical Development*, Norwood, N.J., Ablex Publishing Company, 1-48.
- Ψύλλος Δ., Αργυράκης Π., Βλαχάβας Ι., Χατζηκρανιώτης Ε., Μπισδικιάν Γκ., Ρεφανίδης Ι., Λεύκος Ι., Κορομπίλης Κ., Βράκας Δ., Γάλλος Λ., Πετρίδου Ε., Νικολαΐδης Ι., (2000). Σύνθετο Εικονικό Περιβάλλον για τη διδασκαλία Θερμότητας – Θερμοδυναμικής, *Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου ΤΠΕ στην Εκπαίδευση*, Πάτρα.
- Zion, M., Slezak, M., Shapira, D.; Link, E.; Bashan, N.; Brumer, M.; Orian, T.; Nussinowitz, R.; Court, D.; Agrest, B.; Mendelovici, R., & Valanides, N. (2004). Dynamic, Open Inquiry in Biology Learning. *Science Education*, 88(5), 875-894.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Οι ερωτήσεις 1-5 αφορούν στο παρακάτω ζήτημα.

Ο Δημήτρης φτιάχνει παγωτά. Θέλει να επιλέξει ένα χρώμα για τα δοχεία που θα βάλει το παγωτό ώστε να αυξηθεί όσο το δυνατόν ο χρόνος που χρειάζεται το παγωτό για να λιώσει. Βρήκε δοχεία διαφορετικών χρωμάτων. Αποφάσισε να κάνει μια έρευνα.

1. Ποιο από τα παρακάτω ερωτήματα έχει να ερευνήσει;
 - Το είδος του δοχείου επηρεάζει το χρόνο που λιώνει το παγωτό;
 - Το χρώμα του δοχείου επηρεάζει το χρόνο που λιώνει το παγωτό;
 - Το μέγεθος του παγωτού επηρεάζει το χρόνο που λιώνει το παγωτό;
 - Το είδος του παγωτού επηρεάζει το χρόνο που λιώνει το παγωτό;

2. Ποιον παράγοντα θα αλλάζει στην έρευνα που θα κάνει;
 - Το είδος του παγωτού
 - Το μέγεθος του παγωτού
 - Το χρώμα του δοχείου
 - Την αρχική θερμοκρασία των παγωτών
 - Το είδος του δοχείου
 - Το χρόνο που χρειάζονται τα παγωτά για να λιώσουν
 - Τις συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο θα κάνει την έρευνα

3. Ποιους παράγοντες θα πρέπει να μην αλλάξει στην έρευνα που θα κάνει;
 - Το είδος του παγωτού
 - Το μέγεθος του παγωτού
 - Το χρώμα του δοχείου
 - Την αρχική θερμοκρασία των παγωτών
 - Το χρόνο που χρειάζονται τα παγωτά για να λιώσουν
 - Το είδος του δοχείου
 - Τις συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο θα κάνει την έρευνα

4. Ποιον παράγοντα θα πρέπει να ελέγχει στην έρευνα που θα κάνει;
 - Το είδος του παγωτού
 - Το μέγεθος του παγωτού
 - Το χρόνο που χρειάζονται τα παγωτά για να λιώσουν
 - Την αρχική θερμοκρασία των παγωτών
 - Το είδος του παγωτού
 - Τις συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο θα κάνει την έρευνα

5. Ποια πειραματική διαδικασία θα ακολουθήσει;

- Θα πάρει τέσσερα ίδια παγωτά σε δοχεία από το ίδιο υλικό αλλά διαφορετικού χρώματος. Θα τα αφήσει σε διαφορετικούς χώρους. Θα παρατηρεί τα παγωτά και θα σημειώνει το χρόνο που χρειάστηκε να λιώσει κάθε ένα.
- Θα πάρει τέσσερα ίδια παγωτά σε δοχεία από διαφορετικό υλικό. Θα τα αφήσει στον ίδιο χώρο. Θα παρατηρεί τα παγωτά και θα σημειώνει το χρόνο που χρειάστηκε να λιώσει κάθε ένα.
- Θα πάρει τέσσερα ίδια παγωτά σε δοχεία από το ίδιο υλικό αλλά διαφορετικού χρώματος. Θα τα αφήσει στον ίδιο χώρο. Θα παρατηρεί τα παγωτά και θα σημειώνει το χρόνο που χρειάστηκε να λιώσει κάθε ένα.
- Θα πάρει τέσσερα διαφορετικού μεγέθους παγωτά σε δοχεία από το ίδιο υλικό αλλά διαφορετικού χρώματος. Θα τα αφήσει στον ίδιο χώρο. Θα παρατηρεί τα παγωτά και θα σημειώνει το χρόνο που χρειάστηκε να λιώσει κάθε ένα.

6. Η Έλενα έχει κάνει μια έρευνα και κατασκεύασε τον παρακάτω πίνακα.

Ποσότητα ζάχαρης (σε κυβικά εκατοστόμετρα)	Χρόνος που χρειάζεται για να διαλυθεί στο νερό (σε δευτερόλεπτα)
5	13
10	26
15	39
20	52

Με βάση αυτά τα αποτελέσματα σε ποιο συμπέρασμα μπορεί να καταλήξει;

.....

.....

.....

.....

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΗΣ ΣΕ ΕΡΕΥΝΑ

Σχεδίαση της έρευνας

Τι πρόκειται να ερευνήσω;

.....

Ποια είναι η άποψή μου;

.....

Γιατί το πιστεύω αυτό;

.....

Ποιες μεταβλητές εμπλέκονται σε αυτό που θα ερευνήσω;

.....

Τι αλλάζω;	Τι κρατώ ίδιο;	Τι μετρώ;

Πραγματοποίηση της έρευνας

Τι χρειάζομαι;

.....

Τι θα κάνω;

.....

Παρουσιάζω τα αποτελέσματα σε ένα πίνακα.

Παρουσιάζω τα αποτελέσματα σε ένα διάγραμμα.

Συμπεράσματα

Τι διαπίστωσα από την έρευνα που έκανα;

.....

Αυτό που διαπίστωσα ήταν αυτό που περίμενα;

.....

Τι δυσκολίες συνάντησα σε αυτή την έρευνα;

.....

Πώς μπορώ να βελτιώσω την έρευνα αυτή;

.....

Τι άλλο θέλω να ερευνήσω;

.....

Το χειραπτικό υλικό ως μέσο κατανόησης του πολλαπλασιαστικού συλλογισμού σε παιδιά με σύνδρομο Asperger

Ιωάννης Νούλης¹ και Σόνια Καφούση²

¹ Πανεπιστήμιο Αιγαίου, ² Πανεπιστήμιο Αιγαίου
inoulis@rhodes.aegean.gr, kafoussi@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα έρευνα, που διενεργήθηκε στο πλαίσιο διδακτορικής διατριβής, διερευνήθηκαν οι τρόποι λύσης των παιδιών με σύνδρομο Asperger, για τον υπολογισμό γινομένων σε ασύμμετρες πολλαπλασιαστικές καταστάσεις ίσων ομάδων. Χρησιμοποιήθηκαν πολλαπλές μελέτες περίπτωσης, ενώ η συλλογή των δεδομένων έγινε με ημιδομημένες συνεντεύξεις. Στην έρευνα πήραν μέρος τέσσερα παιδιά με σύνδρομο Asperger και τέσσερα τυπικά αναπτυσσόμενα παιδιά ταιριασμένα σε ζεύγη. Στη συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζονται οι τρόποι λύσης που ανέπτυξαν τα παιδιά αυτά σε πολλαπλασιαστικά έργα με χρήση χειραπτικού υλικού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παιδιά με σύνδρομο Asperger ανέπτυξαν πολλαπλασιαστική σκέψη και εφάρμοσαν στρατηγικές γινομένων. Παρουσίασαν όμως διαφοροποιήσεις ως προς τις ενέργειες για την εκτέλεση πράξεων, ενώ φάνηκε να χρησιμοποιούν το χειραπτικό υλικό τόσο για την επιλογή πράξης και της εκτέλεσης αυτής όσο και για την εφαρμογή στρατηγικών, σε αντίθεση με τα τυπικά.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: σύνδρομο Asperger, πολλαπλασιαστικός συλλογισμός, χειραπτικό υλικό

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι δυσκολίες των παιδιών με Σύνδρομο Asperger (ΣΑ) στο γνωστικό τομέα και ειδικότερα στα μαθηματικά σε συνδυασμό με την αδυναμία τους για κοινωνική αλληλεπίδραση τα οδηγεί πολλές φορές σε εκπαιδευτικό και κοινωνικό αποκλεισμό στην τάξη (Νούλης, 2014).

Η μελέτη της μάθησης και διδασκαλίας των μαθηματικών σε παιδιά και μαθητές που έχουν διαγνωστεί με ειδικά μαθησιακά προβλήματα ή με συγκεκριμένες δυσκολίες ή αναπηρίες έχει αρχίσει να καταγράφεται στη διεθνή βιβλιογραφία και σε συνέδρια της

Διδακτικής των Μαθηματικών και της Ειδικής Αγωγής (βλ. ενδεικτικά Nunes, 2012; Αγαλιώτης, 2011).

Οι ερευνητικές δυσκολίες σε αυτή την κατεύθυνση ειδικών πληθυσμιακών κατηγοριών είναι πολλαπλές καθώς απαιτούν συγκεκριμένες διεπιστημονικές προσεγγίσεις, αλλά και διεπιστημονικές συμφωνίες (Νούλης, Καφούση & Καλαβάσης, υπό δημοσίευση).

Σε αυτό το πλαίσιο εντάσσεται η έρευνα που παρουσιάζουμε στην παρούσα εργασία για την κατανόηση του πολλαπλασιαστικού συλλογισμού μέσω έργων που γίνεται χρήση χειραφτικού υλικού σε περιπτώσεις μαθητών στους οποίους έχει διαγνωστεί το ΣΑ. Σκοπός μας είναι να συνδέσουμε τα ερευνητικά ευρήματα με τις δυνατότητες επιλογής κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού και δραστηριοτήτων διδακτικής υποστήριξης.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Το ΣΑ συμπεριλήφθηκε για πρώτη φορά το 1994, ως ξεχωριστό σύνδρομο, στο διαγνωστικό εγχειρίδιο της Αμερικανικής Ψυχιατρικής Εταιρείας (American Psychiatric Association / APA), στην 4^η έκδοσή του (DSM-IV). Σύμφωνα με το DSM-IV ανήκε στις Διάχυτες Αναπτυξιακές Διαταραχές (ΔΑΔ), οι οποίες περιλάμβαναν ακόμα τον κλασικό αυτισμό (αυτιστική διαταραχή), το σύνδρομο Rett, την παιδική αποδιοργανωτική διαταραχή και τη διάχυτη αναπτυξιακή διαταραχή μη προσδιοριζόμενη αλλιώς.

Στο νέο διαγνωστικό εγχειρίδιο DSM-5, που κυκλοφόρησε το Μάιο του 2013 και αντικατέστησε το DSM-IV, τα άτομα των διαφορετικών τύπων της Διάχυτης Αναπτυξιακής Διαταραχής έχουν μπει κάτω από την ίδια «ομπρέλα» της *Διαταραχής Αυτιστικού Φάσματος* (Autism Spectrum Disorder).

Το Σύνδρομο Asperger ως υποσύνολο της Αυτιστικής Διαταραχής

Οι χαρακτηριστικές δυσκολίες του ΣΑ, καθώς και γενικότερα του αυτισμού, οφείλονται στην «τριάδα διαταραχών» και αναλυτικότερα στην κοινωνική αλληλεπίδραση, την κοινωνική επικοινωνία και την κοινωνική φαντασία (φανταστικό παιχνίδι). Τα άτομα με ΣΑ παρουσιάζουν επίσης συναισθηματική ευαισθησία και κινητική αδεξιότητα (Wing, 1981; Frith, 1991; Attwood, 2009).

Το ΣΑ φαίνεται να είναι γενετικά μεταβιβάσιμο, ενώ νευροανατομικά χαρακτηρίζεται ως εγκεφαλική δυσλειτουργία. Οι κοινωνικο-γνωστικές δυσκολίες του ΣΑ, σύμφωνα με τις ψυχολογικές προσεγγίσεις (Baron-Cohen, Leslie & Frith, 1985; Cumine, Leach & Stevenson, 2000; Attwood, 2009), οφείλονται κυρίως:

- Στην έλλειψη της Θεωρίας του Νου (ΘτΝ) ή αλλιώς στην απουσία ενσυναίσθησης.
- Στην αδύναμη Κεντρική Συνοχή, που έχει ως αποτέλεσμα δυσκολία στην επεξεργασία πληροφοριών, στην οργάνωση της σκέψης καθώς και στην αντίληψη και κατανόηση της συνολικής εικόνας.

- Στη διαταραχή της Επιτελικής Λειτουργικότητας (δηλαδή της ικανότητας να εφαρμόζει κάποιος μια κατάλληλη στρατηγική επίλυσης προβλημάτων, για να πετύχει έναν σκοπό), που δημιουργεί δυσκολίες στην επίλυση προβλήματος καθώς και στη διαχείριση νέων καταστάσεων.

Οι βασικότερες διαφορές που παρουσιάζουν τα άτομα με ΣΑ από τα υπόλοιπα άτομα του αυτιστικού φάσματος είναι το υψηλότερο νοητικό τους επίπεδο, η καλύτερη γλωσσική τους ανάπτυξη και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για κοινωνική επαφή (Κάκουρος & Μανιαδάκη, 2006).

Έρευνα για τα γνωστικά χαρακτηριστικά των ατόμων με ΣΑ

Οι περισσότερες έρευνες για τα γνωστικά χαρακτηριστικά των ατόμων με ΣΑ εστιάζουν γύρω από το νευροψυχολογικό προφίλ και τη σχολική τους επίδοση. Σύμφωνα με τις έρευνες αυτές τα άτομα ΣΑ:

- Έχουν συνήθως μεγαλύτερο λεκτικό από πρακτικό δείκτη νοημοσύνης, υψηλά επίπεδα άγχους, βλάβες στην εργαζόμενη μνήμη, σημαντικές δυσκολίες στις οπτικοχωρικές και κινητικές δεξιότητες, ελλείμματα στη ΘπΝ και ελλειμματική προσοχή. Παρουσιάζουν επίσης δυσκολίες στην επιτελική λειτουργικότητα, στην επεξεργασία πληροφοριών και την κατανόηση αφηρημένων εννοιών (Ehlers κ.ά., 1997; Maniiviora & Prior, 1999; Griswold, Barnhill, Myles, Hagiwara & Simpson, 2002; Thede & Coolidge, 2007; Attwood, 2009).
- Φαίνεται να παρουσιάζουν καλές γλωσσικές ικανότητες και είναι ικανά να μάθουν βασικές σχολικές δεξιότητες (Reizel & Szatmari, 2003). Έχουν ίδια ανάπτυξη με τα τυπικά ως προς τη φωνολογία και τη σύνταξη, αλλά παρουσιάζουν δυσκολίες ως προς το σημασιολογικό και πραγματολογικό τομέα της γλώσσας. Δυσκολεύονται επίσης να ενσωματώσουν τη λεκτική πληροφορία στο περιεχόμενο και να κατανοήσουν έτσι πλήρως μια λεκτική διατύπωση ή να δώσουν την κατάλληλη εξήγηση λόγω δυσκολιών τους στην πραγματολογική κατανόηση (Loukusa et al., 2007; Saalasti et al., 2008; Attwood, 2009).
- Οι σημασιολογικές και πραγματολογικές δυσκολίες που παρουσιάζουν στη γλώσσα σε συνδυασμό με τη δυσκολία τους στην επεξεργασία πληροφοριών, την επιτελική λειτουργικότητα και την κατανόηση αφηρημένων εννοιών τους δυσχεραίνουν να επιτύχουν αναγνωστική κατανόηση, να επιλύσουν προβλήματα, να αποκτήσουν μεταγνωστικές ικανότητες και ανώτερες γλωσσικές δεξιότητες (Maniiviora & Prior, 1999; Griswold, Barnhill, Myles, Hagiwara & Simpson, 2002; Thede & Coolidge, 2007; Attwood, 2009).
- Ενώ επίσης φαίνεται να βρίσκονται στο μέσο όρο σχολικής επίδοσης των συμμαθητών τους, κυρίως σε ανάγνωση και μαθηματικά, παρουσιάζουν μια μηχανιστική περισσότερο ικανότητα παρά μια εννοιολογική γνώση. Η αδυναμία τους στον παράγοντα Ταχύτητα Επεξεργασίας, ακόμα και των πιο χαρισματικών, δικαιολογεί ίσως τις σχολικές τους επιδόσεις (Nicron, Assouline & Stinson, 2012).

- Όταν οι πληροφορίες δίνονται οπτικά ή έχουν σχέση με τα ενδιαφέροντά τους ή γίνεται χρήση της φωναχτής σκέψης, τα άτομα ΣΑ φαίνεται να διευκολύνονται (Griswold, Barnhill, Myles, Hagiwara & Simpson, 2002; Attwood, 2009).

Έρευνα για τη μαθηματική ικανότητα των ατόμων με ΣΑ

Η έρευνα για τη μαθηματική ικανότητα των ατόμων με ΣΑ, που στηρίζεται σχεδόν αποκλειστικά σε αποτελέσματα ψυχομετρικών δοκιμασιών σχολικών επιδόσεων (WISC, WIAT, TOPS-E, WRAT), έδειξε ότι τα άτομα ΣΑ:

- Έχουν παρόμοια μαθηματική επίδοση με το μέσο όρο των συμμαθητών τους εμφανίζοντας μια τυπική μαθηματική ικανότητα, αν και φαίνεται να υπάρχει μεγάλη διακύμανση στις επιδόσεις, με αρκετά άτομα να βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα και άλλα σε υψηλά (Griswold, Barnhill, Myles, Hagiwara & Simpson, 2002; Chiang & Lin, 2007; Attwood, 2009).
- Σχεδόν τα μισά παρουσιάζουν ειδικές μαθησιακές δυσκολίες στα Μαθηματικά (Reizel & Szatmari, 2003) και δε φαίνεται να κατανοούν στοιχειώδεις μαθηματικές έννοιες, παρουσιάζοντας ίσως δυσαριθμησία (Attwood, 2005, 2009; Jordan, 2003).
- Οι μεγαλύτερες δυσκολίες των ατόμων με ΣΑ στα μαθηματικά εντοπίστηκαν στην επίλυση προβλήματος (Chiang & Lin, 2007) καθώς και στον υπολογισμό αριθμητικών πράξεων (Griswold, Barnhill, Myles, Hagiwara & Simpson, 2002).
- Αντιμετωπίζουν δυσκολία με την εφαρμογή της μαθηματικής γνώσης σε καθημερινές καταστάσεις (Jordan, 2003).
- Έχουν «δικό τους» τρόπο σκέψης στην επίλυση προβλήματος, που μπορεί να είναι ευκολότερος από τους συμβατικούς τρόπους λύσης για τα άτομα αυτά, χωρίς γνωστική ευελιξία, δηλαδή ακολουθούν μια προσέγγιση για την επίλυση προβλήματος και δεν την αλλάζουν ακόμα και αν είναι λανθασμένη (Attwood, 2009).

Η παρούσα εργασία εντάσσεται στο πλαίσιο μιας ευρύτερης έρευνας που αποσκοπεί στη διερεύνηση των τρόπων λύσεων που αναπτύσσουν τα παιδιά με ΣΑ όταν διαχειρίζονται πολλαπλασιαστικά έργα, καθώς υπάρχει έλλειψη συστηματικών ερευνητικών εργασιών για την πολλαπλασιαστική αντίληψη των παιδιών με ΣΑ. Η αυτοτελής αξία και σημασία του πολλαπλασιασμού είναι άλλωστε ουσιαστική στην ανάπτυξη της μαθηματικής αντίληψης.

Ειδικότερα επιχειρούμε να μελετήσουμε ποιους τρόπους λύσεων αναπτύσσουν τα παιδιά με ΣΑ, ηλικίας 9 – 10 ετών, όταν διαχειρίζονται πολλαπλασιαστικά έργα με διαφορετικές αναπαραστάσεις του πολλαπλασιασμού. Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η διερεύνηση της πολλαπλασιαστικής σκέψης των παιδιών με ΣΑ μέσα από έργα με χρήση χειραπτικού υλικού.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μελέτη μας στηρίχθηκε στην ανάλυση των τρόπων λύσης των συμμετεχόντων στην κατηγορία πολλαπλασιαστικών έργων με χρήση χειραπτικού υλικού της κυρίως έρευνας

του διδακτορικού, που εκπονήθηκε στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου με τίτλο «*Η διερεύνηση της πολλαπλασιαστικής σκέψης παιδιών με διάγνωση συνδρόμου Asperger*».

Η προβληματική και τα ερωτήματα της έρευνας

Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες η επίδοση των παιδιών στον πολλαπλασιαστικό συλλογισμό είναι σημαντική πρόβλεψη της μαθηματικής τους επίδοσης (Bryant & Nunes, 2009).

Οι πολλαπλασιαστικές δομές παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της μαθηματικής σκέψης των μαθητών, αλλά αποτελούν ταυτόχρονα γι' αυτούς ένα μεγάλο πεδίο δυσκολιών (Kafoussi, Skoumpourdi & Kalabassis, 2003).

Ο πολλαπλασιαστικός συλλογισμός διαφέρει από τον προσθετικό γιατί δεν εμπλέκει μόνο τις πράξεις της ένωσης και του διαχωρισμού, αλλά ποικίλα είδη συλλογισμών (Ζαχάρος, 2007).

Έχει παρατηρηθεί ότι τα άτομα με ΣΑ δυσκολεύονται με τον υπολογισμό αριθμητικών πράξεων (Griswold, Barnhill, Myles, Hagiwara & Simpson, 2002; Reitzel & Szatmari, 2003)

Ένα σημαντικό στοιχείο στην ανάπτυξη πολλαπλασιαστικής συλλογιστικής είναι ο μαθητής, περνώντας σταδιακά από τις αριθμητικές στις αφηρημένες και τέλος στις επαναλαμβανόμενες μονάδες, να δημιουργεί «σύνθετες» μονάδες, τις οποίες να μπορεί να τις αξιοποιεί ως «υλικό» σε άλλες νοητικές ενέργειες (Steffe, 1988), όπως π.χ. την κατασκευή σχέσης μερών-όλου μεταξύ δύο διαφορετικών επαναλαμβανόμενων μονάδων (π. χ. αν γνωρίζει το γινόμενο 7×6 , να μπορεί να βρει το γινόμενο 7×7 ως το άθροισμα των επιμέρους γινομένων 7×6 και 7×1) (Μπούφη, 1996: 267).

Υπάρχει έλλειψη συστηματικών ερευνητικών εργασιών για την πολλαπλασιαστική σκέψη των παιδιών με ΣΑ, ενώ εστίασαμε στις ασύμμετρες πολλαπλασιαστικές καταστάσεις καθώς σε αυτές μπορούν να ανταποκριθούν τα παιδιά της ηλικίας της έρευνάς μας.

Με βάση τις παραπάνω επισημάνσεις, τα ερωτήματά μας, για την ευρύτερη έρευνα του διδακτορικού, στην οποία εντάσσεται και η παρούσα, διαμορφώθηκαν ως εξής:

- Ποιους τρόπους λύσης αναπτύσσουν τα παιδιά με ΣΑ για τον υπολογισμό γινομένων σε ασύμμετρες πολλαπλασιαστικές καταστάσεις ίσων ομάδων όταν αυτές αναπαριστώνται με: α) χειραπτικό υλικό; β) εικονικές αναπαραστάσεις; γ) λεκτικές αναφορές;
- Ποιους τρόπους λύσης αναπτύσσουν τα παιδιά με ΣΑ για τον υπολογισμό γινομένων που παρουσιάζονται αριθμητικά;
- Ποιες από τις παραπάνω αναπαραστάσεις ασύμμετρων πολλαπλασιαστικών καταστάσεων είναι πιο πρόσφορες για παιδιά με ΣΑ προκειμένου: α) να αναπτύξουν αυθόρμητα στρατηγικές γινομένων; β) να κατανοούν τη σχέση μερών-όλου μεταξύ δύο διαφορετικών επαναλαμβανόμενων μονάδων;

Στην παρούσα έρευνα διερευνήθηκε και η χρήση ή μη του χειραπτικού υλικού για την επιλογή πράξης και την ανάπτυξη στρατηγικών γινομένου.

Ο σχεδιασμός και η πραγματοποίηση της έρευνας

Για το σχεδιασμό και την πραγματοποίηση της έρευνας στηριχθήκαμε σε μεθόδους της ποιοτικής προσέγγισης στην έρευνα της Διδακτικής των Μαθηματικών και συγκεκριμένα σε πολλαπλές μελέτες περίπτωσης (multiple-case studies) (Yin, 2003), λόγω της μεγάλης ετερογένειας των ατόμων με ΣΑ. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ημιδομημένης συνέντευξης. Οι συμμετέχοντες διαχειρίστηκαν τα πολλαπλασιαστικά έργα ατομικά και οι τρόποι λύσεων και οι στρατηγικές γινομένων που ανέπτυξαν κατά τον υπολογισμό γινομένων αναλύθηκαν με το μοντέλο της εννοιολογικής και διαδικαστικής ανάλυσης.

Η έρευνα διενεργήθηκε το πρώτο τετράμηνο του 2012 σε τέσσερα παιδιά με ΣΑ, διαγνωσμένα από ιατροπαιδαγωγικά κέντρα, που αποτέλεσαν την πειραματική ομάδα και σε τέσσερα τυπικά αναπτυσσόμενα παιδιά, που αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου. Σχηματίσαμε τέσσερα ζεύγη συμμετεχόντων (παιδί Asperger (A) – παιδί Τυπικό (T)) ταιριασμένα ως προς:

- Δείκτη αντιστοίχισης της τιμής της μέτρησης της μαθηματικής ικανότητας (μεσαίας και προς τα κάτω A1-T1, υψηλής A2-T2, μεσαίας και προς τα πάνω A3-T3 και χαμηλής A4-T4, που καθορίστηκε από την εκτίμηση του/της δασκάλου/δασκάλας τους και την άποψη των γονέων τους καθώς και από το αριθμητικό υποτέστ του WISC, κλίμακας 1 – 19, για τα παιδιά με ΣΑ, που τους είχε χορηγηθεί σε ειδικά κέντρα από ψυχολόγους).
- Δείκτη της τάξης φοίτησης (οι συμμετέχοντες φοιτούσαν στην Δ' Δημοτικού).
- Δείκτη του φύλου (συμμετείχαν τρία ζεύγη αγοριών – τα A1-T1, A2-T2, A4-T4 και ένα κοριτσιών – το A3-T3).

Προκειμένου να μελετήσουμε τους τρόπους λύσης που αναπτύσσουν οι μαθητές με ΣΑ κατά τον υπολογισμό γινομένων σε ασύμμετρες πολλαπλασιαστικές καταστάσεις και να διερευνήσουμε την πολλαπλασιαστική τους σκέψη σχεδιάσαμε πολλαπλασιαστικά έργα με διαφορετικές αναπαραστάσεις του πολλαπλασιασμού, σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία της Διδακτικής των Μαθηματικών (NCTM, 2000; Steffe 1988; Angileri, 1989; Mulligan, 1992; Bryant & Nunes, 2009; Kafoussi, Skoumpourdi & Kalabassis, 2003; Μπούφη, 1996; Τάτσης & Σκουμπορδή, 2009).

Χρησιμοποιήσαμε τις παρακάτω κατηγορίες πολλαπλασιαστικών έργων: *Χειραπτικό Υλικό (ΧΥ)*, *Εικονικές Αναπαραστάσεις (ΕΑ)*, *Λεκτικά Προβλήματα (ΛΠ)*, *Αριθμητικούς Υπολογισμούς (ΑΥ)*.

Κάθε έργο δόθηκε σε τρεις φάσεις, για να ερευνηθεί αν οι συμμετέχοντες κατέχουν τις επαναλαμβανόμενες μονάδες (2^η φάση) και αν τις αξιοποιούν για την κατανόηση της σχέσης μερών-όλου μεταξύ δύο διαφορετικών επαναλαμβανόμενων μονάδων (3^η φάση).

- Στην πρώτη φάση (π.χ. έργο 1) δόθηκε ως γινόμενο της μορφής $\alpha \times \beta$, όπου α και β πολλαπλασιαστές και πολλαπλασιαστέος αντίστοιχα.
- Στη δεύτερη φάση (π.χ. έργο 1 α) δόθηκε ως γινόμενο της μορφής $(\alpha+1) \times \beta$, ώστε το αποτέλεσμα να μπορεί να προκύπτει βάση της γνώσης του $\alpha \times \beta$ (στρατηγική του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστή).

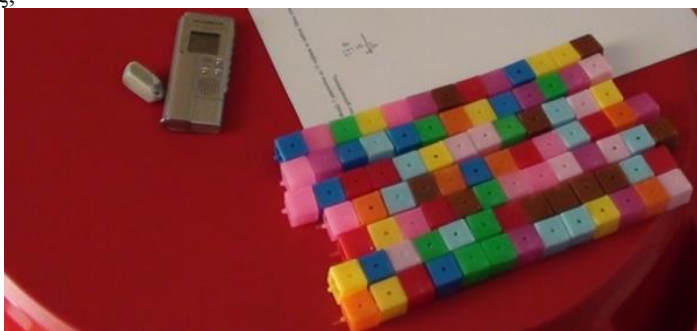
- Στην τρίτη φάση (π.χ. έργο 1 β) δόθηκε ως γινόμενο της μορφής $(\alpha+1) \times (\beta+1)$, ώστε το αποτέλεσμα να μπορεί να προκύπτει βάση της γνώσης του $(\alpha+1) \times \beta$, και να διερευνήσουμε τη δυνατότητα της αξιοποίησής του για την κατανόηση της σχέσης μερών-όλου (*στρατηγική του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστέο*).

Όλες οι συναντήσεις (εφτά στο σύνολο) με τους συμμετέχοντες της κυρίως έρευνας πραγματοποιήθηκαν στον ιδιαίτερο χώρο του σπιτιού τους και βιντεοσκοπήθηκαν, έπειτα από τη σύμφωνη γνώμη των γονέων τους. Η διάρκεια της κάθε συνάντησης καθορίστηκε από το πότε ο συμμετέχων ολοκλήρωνε τα έργα της. Προηγήθηκε μία συνάντηση με τα υποκείμενα ΣΑ κατά την οποία πήραμε ημιδομημένες συνεντεύξεις από τους γονείς τους, για να μελετήσουμε καλύτερα τα υποκείμενα.

Καθώς η παρούσα εργασία παρουσιάζει μόνο την κατηγορία των έργων με χρήση χειραπτικού υλικού παραθέτουμε τα έργα που χορηγήθηκαν σε δύο συναντήσεις στην έρευνα:

Στην πρώτη συνάντηση δόθηκε ένα έργο XY (έργο 1) στο οποίο αναπαρίσταται κάθε παράγοντας του γινομένου με το ίδιο υλικό (κυβάρια).

1) Φτιάξε 6 μπαστούνια με 12 κυβάρια το καθένα. Πόσα είναι όλα τα κυβάρια που χρησιμοποιήσες;



1 α) Φτιάξε τώρα 7 μπαστούνια με 12 κυβάρια το καθένα. Πόσα είναι όλα τα κυβάρια που χρησιμοποιήσες;

1 β) Φτιάξε 7 μπαστούνια με 13 κυβάρια το καθένα. Πόσα είναι όλα τα κυβάρια που χρησιμοποιήσες;

Στη δεύτερη συνάντηση δόθηκε ένα έργο XY (έργο 2) με σχηματισμό ομάδων στο οποίο κάθε παράγοντας του γινομένου αναπαρίσταται με διαφορετικό υλικό (κυβάρια και χαρτόνια).

2) Θέλουμε να φτιάξουμε 4 φωλιές λαγών που στην καθεμιά να μπούνε 14 λαγοί. Χρησιμοποίησε τα χαρτόνια για φωλιές και τα κυβάρια για λαγούς. Πόσοι λαγοί υπάρχουν συνολικά στις φωλιές;

2 α) Αν τώρα φτιάξουμε με τον ίδιο τρόπο 5 φωλιές λαγών, που στην καθεμιά να μπούνε 14 λαγοί, πόσοι λαγοί υπάρχουν συνολικά στις φωλιές;

2 β) Θέλουμε τώρα να φτιάξουμε 5 φωλιές λαγών, που στην καθεμιά να μπούνε 15 λαγοί. Χρησιμοποίησε πάλι τα χαρτόνια για φωλιές και τα κυβάρια για λαγούς. Πόσοι λαγοί υπάρχουν συνολικά στις φωλιές;



Κατά την εννοιολογική ανάλυση διακρίναμε τις ενέργειες των συμμετεχόντων ως προς τη δήλωση της πράξης. Χρησιμοποιήσαμε εκθετική μορφή στο σύμβολό μας (x), για να φανερώσουμε αν η επιλογή ήταν σωστή (x^1) ή λανθασμένη (x^0). Διακρίναμε επίσης αν υπήρχε σύγχυση των πράξεων του πολλαπλασιασμού και της πρόσθεσης εννοιολογικά, με την τοποθέτηση απλά του συμβόλου, ή ως προς το πρόσημο ή αλγεβρικά, χρησιμοποιώντας τονική μορφή στο σύμβολό μας (x' ή x'').

Κατά τη διαδικαστική ανάλυση διακρίναμε τις ενέργειες των συμμετεχόντων ως προς την εκτέλεση της πράξης χρησιμοποιώντας το σύμβολο x . Για τον πολλαπλασιαστικό και τον προσθετικό υπολογισμό χρησιμοποιήσαμε εκθετική μορφή στο σύμβολό μας (x), για να φανερώσουμε αν η εκτέλεση της πράξης ήταν σωστή (x^1), λανθασμένη (x^0) ή έγινε νοερά (x^2). Για τις στρατηγικές του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστική και πολλαπλασιαστέο χρησιμοποιήσαμε το σύμβολο, αν ο συμμετέχων εκτέλεσε την αντίστοιχη πράξη της πρόσθεσης ή τονική μορφή στο σύμβολο, για να φανερώσουμε άλλη εκτέλεση πράξης, παρόλο που είχε δηλώσει την αντίστοιχη της πρόσθεσης, ή τη μη εκτέλεση πράξης και τη χρήση άλλης διαδικασίας (όπως αρίθμηση ανά ένα) για την εφαρμογή της στρατηγικής.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων θα παρουσιάσουμε ενδεικτικά τα αποτελέσματα του πρώτου ζεύγους συμμετεχόντων A1 – T1 (μεσαίας προς τα κάτω μαθηματικής επίδοσης)

Οι πίνακες 1 και 2 παρουσιάζουν την εννοιολογική και διαδικαστική ανάλυση του συμμετέχοντα A1 (δηλαδή του παιδιού με ΣΑ).

Πίνακας 1, Εννοιολογική ανάλυση (A1)

ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΕΡΓΑ					
	1	1 α	1 β	2	2 α	2 β
Επιλογή πράξης	x^1					
Επαναλαμβανόμενη πρόσθεση	x^1	x^1	x^1	x^1	x^1	x^1
Πολλαπλασιασμός	x^1	x^1	x^1	x^1	x^1	x^1
Πρόσθεση						
Σύγχυση πολλαπλασιασμού - πρόσθεσης						

Πίνακας 2, Διαδικαστική ανάλυση (A1)

	ΕΝΕΡΓΕΙΑ			ΕΡΓΑ		
Άμεση μοντελοποίηση (χρήση δαχτύλων, μετρητών)	1	1	1	2	2	2
Αρίθμηση ανά ένα (counting all)		α	β	2	α	β
Αρίθμηση ανά ένα από 2 ^η ή 3 ^η ομάδα αντικειμένων	x	x	x	x	x	x
Σχεδίαση εικόνων - σχεδίων						
Γινόμενα του 10	x					
Πολλαπλασιαστικός υπολογισμός (αλγόριθμος)	x ²					
Προσθετικός υπολογισμός			x ²			
Στρατηγική του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστική (α x β) + β			x'		x'	
Στρατηγική του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστικό (α + 1) x β + (α + 1)						
Επιμονή σε λάθος				-		x'

Οι πίνακες 3 και 4 παρουσιάζουν την εννοιολογική και διαδικαστική ανάλυση του συμμετέχοντα T1 (δηλαδή του τυπικού παιδιού).

Πίνακας 3, Εννοιολογική ανάλυση (T1)

	ΕΝΕΡΓΕΙΑ			ΕΡΓΑ		
Επιλογή πράξης	1	1 α	1 β	2	2 α	2 β
Επαναλαμβανόμενη πρόσθεση	x ¹	x ¹	x ¹			
Πολλαπλασιασμός	x ¹	x ¹	x ¹	x ¹	x ¹	x ¹
Πρόσθεση						
Σύγκριση πολλαπλασιασμού - πρόσθεσης						

Πίνακας 4, Διαδικαστική ανάλυση (T1)

	ΕΝΕΡΓΕΙΑ			ΕΡΓΑ		
Άμεση μοντελοποίηση (χρήση δαχτύλων, μετρητών)	1	1	1	2	2	2
Αρίθμηση ανά ένα (counting all)		α	β	2	α	β
Αρίθμηση ανά ένα από 2 ^η ή 3 ^η ομάδα αντικειμένων						
Σχεδίαση εικόνων - σχεδίων						
Γινόμενα του 10						
Πολλαπλασιαστικός υπολογισμός (αλγόριθμος)				x ¹	x ¹	x ¹
Προσθετικός υπολογισμός	x ¹	x ¹	x ¹			
Στρατηγική του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστική			x'		-	

$(\alpha \times \beta) + \beta$
Στρατηγική του ένα παραπάνω σε
πολλαπλασιαστέο
 $(\alpha + 1) \times \beta + (\alpha + 1)$
Επιμονή σε λάθος

Η χρήση χειραπτικού υλικού φάνηκε να βοήθησε τον συμμετέχοντα Α1 να εκφράσει πολλαπλασιαστική συλλογιστική και να αναπτύξει στρατηγικές. Παρόλο που φάνηκε να έχει εννοιολογική γνώση του πολλαπλασιασμού δεν εκτέλεσε την πράξη του πολλαπλασιασμού ούτε της επαναλαμβανόμενης πρόσθεσης, για να δώσει τη λύση, αλλά αρίθμησε ανά ένα. Οι διαδικαστικές του ενέργειες (π.χ. αρίθμηση ανά ένα) φανέρωσαν ότι βρίσκεται σε χαμηλό πολλαπλασιαστικό στάδιο (αριθμητικές μονάδες). Λόγω όμως του ότι η αρίθμηση αυτή γινόταν συνήθως από τη δεύτερη ομάδα αντικειμένων και κάποιες φορές έκανε διπλή μέτρηση φάνηκε να πηγαίνει προς τις αφηρημένες μονάδες, αλλά όχι σε επαναλαμβανόμενες. Δεν είχε καλή διαδικαστική γνώση του αλγόριθμου του πολλαπλασιασμού ίσως και λόγω της δυσκολίας του να ανακαλέσει πολλαπλασιαστικά δεδομένα.

Φάνηκε επίσης να τον διευκόλυνε το χειραπτικό υλικό στην ανάπτυξη στρατηγικών γινομένου (του ένα περισσότερο, γινόμενα του 10) και στην κατανόηση της σχέσης μερών-όλου μεταξύ δύο διαφορετικών επαναλαμβανόμενων μονάδων. Παρόλο όμως που εξέφραζε τις στρατηγικές του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστή και πολλαπλασιαστέο, δεν τις απέδιδε με την αντίστοιχη πράξη (πρόσθεση), αλλά με πολλαπλασιασμό, που δηλώνει το νέο γινόμενο και όχι τις στρατηγικές. Ίσως τις εφάρμοζε διαισθητικά (λόγω της αρίθμησης ανά ένα) και δεν τις κατανοούσε σε βάθος. Κάποιες φορές χρησιμοποίησε κάποιους ιδιαίτερους (δικούς του) τρόπους σκέψης για την επίλυση, όπως την αλλαγή πλαισίου στο έργο 1, όπου αναπαριστά τους παράγοντες με αντιλόπες και κιά χόρτα που τρώει η καθεμιά. Χρησιμοποίησε επίσης τη «φωναχτή σκέψη», για να βρει τι θα κάνει.

Ο συμμετέχων Α1 επίσης είχε ανάγκη να ακούει την εκφώνηση, αφού έχει αναγνωστικές δυσκολίες και η κατανόηση για αυτόν γινόταν καλύτερα μέσω της ακουστικής οδού (σύμφωνα και με τους φορείς που τον αξιολόγησαν). Παρουσίασε επίσης έντονο πρόβλημα με τη συμπλήρωση της δεκάδας κάτι που φανερώνει ότι δεν έχει κατακτήσει την προαπαιτούμενη γνώση για την απόκτηση πολλαπλασιαστικής σκέψης και αυτό του είναι εμπόδιο. Πολλές φορές όταν ο ερευνητής (Ε.) του ζητούσε να εξηγήσει κάτι που είχε κάνει λάθος, συνήθως άλλαζε αμέσως στο σωστό, που ίσως φανερώνει κάποια απόσπαση προσοχής που τον οδήγησε σε λάθος, ενώ όταν του επισημαινόταν το λάθος, το έβλεπε αμέσως.

Ο συμμετέχων Τ1 από την άλλη χρησιμοποίησε ανώτερες διαδικαστικές ενέργειες (αλγόριθμους) και φάνηκε να κατέχει τις σύνθετες μονάδες και να βρίσκεται σε υψηλότερο πολλαπλασιαστικό στάδιο από τον Α1 (επαναλαμβανόμενες μονάδες). Ωστόσο δεν εφάρμοσε στρατηγικές του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστέο, ενώ στο

έργο 1 προτίμησε να κάνει επαναλαμβανόμενη πρόσθεση (αν και δήλωσε και πολλαπλασιασμό), στο δεύτερο έργο προτίμησε αμέσως τον πολλαπλασιασμό.

Οι πίνακες 5 και 6 παρουσιάζουν αντίστοιχα την εννοιολογική και διαδικαστική σύγκριση των συμμετεχόντων με ΣΑ με τους τυπικούς συμμετέχοντες. Στους πίνακες αυτούς οι λόγοι δείχνουν το πλήθος των έργων στα οποία γίνονται οι συγκεκριμένες ενέργειες προς το σύνολο των έργων. Λόγω του ότι είχαμε δύο έργα με τρεις φάσεις το καθένα, θεωρούμε ότι έχουμε έξι (6) έργα εκτός από τις στρατηγικές του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστική και πολλαπλασιαστέο που γίνονται σε μία μόνο φάση και έτσι εδώ το σύνολο είναι δύο έργα.

Πίνακας 5, Εννοιολογική σύγκριση A 1, 2, 3, 4 – T 1, 2, 3, 4

ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΤΩΝ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ							
	A1	A2	A3	A4	T1	T2	T3	T4
Επιλογή πράξης								
Επαναλαμβανόμενη πρόσθεση	1/6	0/6	0/6	3/6	3/6	2/6	0/6	0/6
Πολλαπλασιασμός	6/6	2/6	6/6	5/6	6/6	5/6	6/6	6/6
Πρόσθεση	0/6	4/6	1/6	0/6	0/6	1/6	0/6	0/6
Σύγχυση πολλαπλασιασμού - πρόσθεσης	0/6	0/6	0/6	1/6*	0/6	0/6	0/6	0/6

*= ως προς το σύμβολο μόνο

- Κάποιοι συμμετέχοντες ΣΑ, αλλά και κάποιοι τυπικοί συμμετέχοντες επέλεξαν το διαισθητικό μοντέλο της επαναλαμβανόμενης πρόσθεσης στην κατηγορία αυτή. Από τους συμμετέχοντες ΣΑ μόνο ο Α4 επέλεξε την πράξη αυτή, για να δώσει τη λύση και μόνο σε ένα από τα δύο έργα και σε όλες τις φάσεις τους (στο δεύτερο με σχηματισμό ομάδων) και ο Α1, για να επιλύσει πολλαπλασιασμό στην πρώτη φάση του πρώτου έργου. Από τους τυπικούς ο Τ2 πρότεινε την επαναλαμβανόμενη πρόσθεση ως δεύτερη λύση και μόνο ο Τ1 επέλεξε την πράξη αυτή για να δώσει τη λύση και μόνο σε ένα από τα δύο έργα και σε όλες τις φάσεις τους (το πρώτο).
- Η χρήση χειραπτικού υλικού φάνηκε να βοήθησε όλους τους συμμετέχοντες (ΣΑ και τυπικούς) να εκφράσουν πολλαπλασιαστική σκέψη, αφού όλοι σχεδόν οι συμμετέχοντες επέλεξαν την πράξη του πολλαπλασιασμού και στα δύο έργα (σε όλες τους σχεδόν τις φάσεις). Παρόλα αυτά οι συμμετέχοντες ΣΑ δυσκολεύτηκαν περισσότερο από τους τυπικούς να εξηγήσουν την επιλογή τους και φάνηκε ότι η φύση των έργων τους βοήθησε να αναπτύξουν το συλλογισμό αυτό.
- Πρόσθεση δήλωσαν από τους συμμετέχοντες ΣΑ ο Α2 για την εφαρμογή των στρατηγικών του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστική και πολλαπλασιαστέο και στα δύο έργα και σε όλες τις αντίστοιχες φάσεις και η Α3 σε μόνο μια φάση για την εφαρμογή της στρατηγικής του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστέο και σε ένα από τα δύο έργα (έργο 2β). Από τους τυπικούς την πράξη αυτή δήλωσε μόνο

ο T2 σε μόνο μια φάση για την εφαρμογή της στρατηγικής του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστέο και σε ένα από τα δύο έργα (έργο 2β-στο ίδιο με την A3).

- Οι συμμετέχοντες ΣΑ χρησιμοποίησαν το ΧΥ στην επιλογή της πράξης, ενώ οι τυπικοί δε φάνηκε να κάνουν κάτι τέτοιο.
- Μόνο ένας συμμετέχων ΣΑ (A4) παρουσίασε σύγχυση των πράξεων πολλαπλασιασμού και πρόσθεσης και αυτή ήταν ως προς το σύμβολο των πράξεων και όχι καθαρά εννοιολογική, ενώ κανένας από τους τυπικούς συμμετέχοντες δεν παρουσίασε τέτοια σύγχυση.

Πίνακας 6, Διαδικαστική σύγκριση A 1, 2, 3, 4 – T 1, 2, 3, 4

ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΤΩΝ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ							
	A1	A2	A3	A4	T1	T2	T3	T4
Άμεση μοντελοποίηση (χρήση δαχτύλων, μετρητών) Αρίθμηση ανά ένα (counting all)	3/6	0/6	4/6	1/6	0/6	0/6	0/6	1/6*
Αρίθμηση ανά ένα από 2 ^η ή 3 ^η ομάδα αντικειμένων	3/6	0/6	0/6	2/6	0/6	0/6	0/6	0/6
Σχεδίαση εικόνων - σχεδίων	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6
Γινόμενα του 10 (επιμεριστική)	1/6	1/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	6/6
Πολλαπλασιαστικός υπολογισμός (αλγόριθμος)	1/6	2/6	5/6	3/6	3/6	5/6	6/6	6/6
Προσθετικός υπολογισμός	1/6	4/6	1/6	3/6	3/6	1/6	0/6	0/6
Στρατηγική του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστή (α x β) + β	2/2	2/2	0/2	1/2	1/2	0/2	0/2	0/2
Στρατηγική του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστέο (α + 1) x β + (α + 1)	1/2	2/2	1/2	1/2	0/2	1/2	0/2	0/2
Επιμονή σε λάθος	0/6	0/6	1/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6

*= που δηλώνεται μόνο ως άλλος τρόπος λύσης

Στην κατηγορία αυτή οι διαδικαστικές ενέργειες των συμμετεχόντων ΣΑ παρουσίασαν διαφοροποιήσεις σε αντίθεση με τους τυπικούς.

- Αρίθμηση ανά ένα χρησιμοποίησαν από τους συμμετέχοντες ΣΑ ο A1 σε όλα τα έργα και όλες τις φάσεις (παρόλο που το ΧΥ τον βοήθησε να επιλέξει την πράξη του πολλαπλασιασμού), για να βρει τη λύση, και ο A3 και η A4 για επιβεβαίωση της πράξης που έκαναν ή για εύρεση πολλαπλασιαστικού δεδομένου ή για την εφαρμογή στρατηγικών. Ο A2 (υψηλής επίδοσης) δε χρησιμοποίησε την ενέργεια αυτή. Αρίθμηση ανά ένα δεν έκανε κανένας από τους τυπικούς (ακόμα και

ο T4 μόνο μια φορά σε μια φάση ενός έργου δήλωσε την αρίθμηση ανά ένα ως δεύτερη λύση, αλλά δεν την εκτέλεσε).

- Σχεδίαση εικόνων δεν χρησιμοποιήσαν ούτε οι συμμετέχοντες ΣΑ ούτε και οι τυπικοί και αυτό ίσως οφείλεται (κυρίως για τους συμμετέχοντες ΣΑ) στο ότι χειρίζονταν χειραπτικό υλικό.
- Γινόμενα του 10 χρησιμοποιήσαν μόνο δύο συμμετέχοντες ΣΑ (A1 και A2) και κανέναν από τους τυπικούς.
- Από τους συμμετέχοντες ΣΑ η A3 βασίστηκε σχεδόν αποκλειστικά σε πολλαπλασιαστικό υπολογισμό, ο A2 χρησιμοποίησε στις πρώτες φάσεις πολλαπλασιαστικό υπολογισμό για την εύρεση του αρχικού γινομένου, ο A4 σε ένα έργο και όλες τις φάσεις (στο πρώτο) και ο A1 μόνο στην πρώτη φάση του πρώτου έργου επιχείρησε νοερό πολλαπλασιαστικό υπολογισμό. Οι περισσότεροι τυπικοί συμμετέχοντες επέλεξαν πολλαπλασιαστικό υπολογισμό σε όλα τα έργα και σε όλες τις φάσεις.
- Προσθετικό υπολογισμό από τους συμμετέχοντες ΣΑ χρησιμοποίησε ο A2 στις δεύτερες και τρίτες φάσεις των έργων για εφαρμογή των στρατηγικών του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστική και πολλαπλασιαστέο και ο A4 στο δεύτερο έργο (σχηματισμού ομάδων) και όλες τις φάσεις για την επαναλαμβανόμενη πρόσθεση που επέλεξε χρησιμοποιώντας όμως και αλγόριθμο πολλαπλασιασμού. Οι A1 και A3 μόνο σε μια φάση και ένα έργο χρησιμοποίησαν προσθετικό υπολογισμό για την εφαρμογή στρατηγικών του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστική (ο A1 και μάλιστα νοερά) και πολλαπλασιαστέο (η A3). Από τους τυπικούς μόνο ο T1 χρησιμοποίησε προσθετικό υπολογισμό για επαναλαμβανόμενη πρόσθεση σε ένα έργο και όλες τις φάσεις και ο T2 σε ένα έργο και μια φάση για εφαρμογή στρατηγικής του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστέο.
- Τρεις από τους τέσσερις συμμετέχοντες ΣΑ (A1, A2, A4) εφάρμοσαν τη στρατηγική του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστική στην κατηγορία αυτή, κάτι που δείχνει ότι η χρήση XY τους βοηθά να την εκφράσουν αυθόρμητα. Οι τυπικοί συμμετέχοντες δεν εφάρμοσαν τη στρατηγική αυτή (εκτός από τον T1 σε ένα έργο και η οποία δεν ήταν ξεκάθαρη) και ίσως το χειραπτικό υλικό δεν τους βοήθησε, αφού φάνηκε να το αγνοούν.
- Στρατηγική του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστέο εφάρμοσαν όλοι οι συμμετέχοντες με ΣΑ (έστω και διαισθητικά) και μόνο ο A2 και στα δύο έργα και ίσως τους βοήθησε η φύση των έργων. Οι τυπικοί συμμετέχοντες δεν εφάρμοσαν τη στρατηγική αυτή (εκτός από τον T2 σε ένα έργο) και ίσως το χειραπτικό υλικό δεν τους βοήθησε, αφού φάνηκε πάλι να το αγνοούν.
- Ένας μόνο συμμετέχων ΣΑ (A3) παρουσίασε επιμονή σε λάθος (και σε μία μόνο φάση ενός έργου). Κάποιοι συμμετέχοντες ΣΑ παρουσίασαν ελλείψεις σε προαπαιτούμενες γνώσεις για τον πολλαπλασιασμό (όπως δυσκολία σε υπέρβαση δεκάδας), ενώ φάνηκε οι περισσότεροι να μην έχουν καλή διαδικαστική γνώση του πολλαπλασιασμού. Από την άλλη επιμονή σε λάθος ή ελλείψεις σε προαπαιτούμενες γνώσεις δεν παρουσίασε κανέναν από τους τυπικούς συμμετέχοντες και

όλοι σχεδόν είχαν πολύ καλή διαδικαστική γνώση του πολλαπλασιασμού (που υπερτερούσε της εννοιολογικής).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση την ανάλυση των αποτελεσμάτων των έργων με χρήση χειραπτικού υλικού οδηγηθήκαμε στο συμπέρασμα ότι όλοι οι συμμετέχοντες ΣΑ ανέπτυξαν τρόπους λύσης που αναδεικνύουν πολλαπλασιαστική σκέψη. Ωστόσο υπήρχε διαφοροποίηση ως προς τις διαδικασίες επίλυσης.

Ως προς την εννοιολογική ανάλυση των αποτελεσμάτων παρατηρήσαμε ότι:

- Όλοι οι συμμετέχοντες ΣΑ δήλωσαν την πράξη του πολλαπλασιασμού σε όλα τα έργα που μας δείχνει ότι το χειραπτικό υλικό τους βοήθησε να έχουν εννοιολογική γνώση της πράξης.
- Οι δύο συμμετέχοντες ΣΑ χαμηλότερης μαθηματικής επίδοσης (Α1 και Α4) δήλωσαν εκτός από πολλαπλασιασμό και την πράξη της επαναλαμβανόμενης πρόσθεσης. Αυτό ίσως δηλώνει ότι ακόμα έχουν ανάγκη του διαισθητικού μοντέλου του πολλαπλασιασμού και ίσως αυτό βγαίνει αυθόρμητα σε έργα σχηματισμού ομάδων (σύνολα αντικειμένων).
- Κανένας από τους συμμετέχοντες ΣΑ στην κατηγορία αυτή δεν συνέχεε εννοιολογικά τις πράξεις του πολλαπλασιασμού και τις πρόσθεσης και ίσως τους βοήθησε το χειραπτικό υλικό.
- Οι τυπικοί συμμετέχοντες φάνηκε να έχουν πολύ καλή εννοιολογική γνώση του πολλαπλασιασμού και δε συνέχεαν τις πράξεις του πολλαπλασιασμού και της πρόσθεσης.

Ως προς την διαδικαστική ανάλυση των αποτελεσμάτων παρατηρήσαμε διαφοροποίηση των διαδικασιών των συμμετεχόντων ΣΑ:

- Οι συμμετέχοντες ΣΑ χαμηλότερης μαθηματικής επίδοσης (Α1 και Α4) χρησιμοποίησαν αρίθμηση ανά ένα και προσθετικό υπολογισμό με τον Α4 να χρησιμοποιεί σε ένα έργο και πολλαπλασιαστικό υπολογισμό. Ο συμμετέχων Α1 (μεσαίας προς τα κάτω επίδοσης) δεν προτίμησε πολλαπλασιαστικό υπολογισμό ούτε και προσθετικό, για την επίλυση της πράξης του πολλαπλασιασμού που δήλωσε, αλλά αρίθμηση ανά ένα φανερώνοντας ότι βρίσκεται στο χαμηλότερο στάδιο της πολλαπλασιαστικής σκέψης (αριθμητικές μονάδες). Παρατηρήσαμε όμως ότι η αρίθμηση ανά ένα γινόταν συνήθως από τη δεύτερη ομάδα αντικειμένων και κάποιες φορές έκανε διπλή μέτρηση. Ίσως το χειραπτικό υλικό να τον βοηθά να μεταβεί προς τις αφηρημένες μονάδες. Ακόμα η αρίθμηση ανά ένα, που είχε τη δυνατότητα να κάνει στην κατηγορία αυτή, τον βοήθησε να εκφράσει στρατηγικές γινομένων.
- Οι δύο συμμετέχοντες ΣΑ υψηλότερης μαθηματικής επίδοσης (Α2, Α3) χρησιμοποίησαν πολλαπλασιαστικό υπολογισμό με τον αλγόριθμο σε όλα τα έργα, για να επιλύσουν την πράξη πολλαπλασιασμού που δήλωσαν. Προσθετικό υπολογισμό χρησιμοποίησαν οι συμμετέχοντες αυτοί για την εφαρμογή στρατηγικών

δείχνοντας να κατανοούν τις στρατηγικές αυτές, αφού εκτέλεσαν την αντίστοιχη πράξη.

- Παρατηρήσαμε ότι τρεις από τους τέσσερις συμμετέχοντες ΣΑ εφάρμοσαν τη στρατηγική του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστή και όλοι οι συμμετέχοντες ΣΑ εφάρμοσαν τη στρατηγική του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστέο κάτι που δείχνει ότι η χρήση χειραπτικού υλικού τους βοήθησε να εκφράσουν αυθόρμητα τις στρατηγικές αυτές.
- Κανένας από τους συμμετέχοντες (εκτός από την Α3 σε μια μόνο φάση ενός έργου) δεν επέμεινε σε λάθος και ίσως να τους βοήθησε το χειραπτικό υλικό.
- Σχεδίαση εικόνων – σχεδίων δεν έκανε κανένας από τους συμμετέχοντες, αφού η συγκεκριμένη κατηγορία παρουσιάζει πραξιακά την αναπαράσταση.
- Οι τυπικοί συμμετέχοντες δεν παρουσίασαν διαφοροποιήσεις, δεν επέμειναν σε λάθος και φάνηκε να έχουν πολύ καλή διαδικαστική γνώση. Επίσης δεν εφάρμοσαν τις στρατηγικές του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστή ή πολλαπλασιαστέο παρά μικρών εξαιρέσεων και ίσως βοήθησε σε αυτό το χειραπτικό υλικό.

Γενικά ως προς τη χρήση του χειραπτικού υλικού παρατηρήσαμε ότι:

Οι συμμετέχοντες με ΣΑ φάνηκε να χρειάζονται το χειραπτικό υλικό για την επιλογή της πράξης και την ανάπτυξη πολλαπλασιαστικού συλλογισμού και το υλικό αυτό να τους βοήθησε στην ανάπτυξη στρατηγικών κάτι που δεν ισχύει για τους τυπικούς συμμετέχοντες, που αγνόησαν το υλικό και παρουσίασαν ισχυρή διαδικαστική γνώση.

Παρατηρήσαμε ακόμα ότι ο χρόνος εκτέλεσης των έργων αυτών ήταν περίπου όσο και των τυπικών συμμετεχόντων, αν και σε κάποιες περιπτώσεις οι συμμετέχοντες ΣΑ χρειάστηκαν περισσότερο χρόνο. Πιθανόν η χρήση χειραπτικού υλικού να τους βοηθά στην επεξεργασία πληροφοριών.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι είναι απαραίτητο να παρέχονται σε μαθητές με ΣΑ, έστω εξατομικευμένα, έργα με χρήση χειραπτικού υλικού από τον εκπαιδευτικό της τάξης, ο οποίος πρέπει να φροντίζει να συνδέει με τέτοιο τρόπο την πραξιακή με την εικονική και τη συμβολική αναπαράσταση του πολλαπλασιασμού, ώστε να αποτελούν μια συνεκτική γνώση και μια συμπαγή δομή, για να οδηγήσει τους μαθητές σε μάθηση με κατανόηση και να κατορθώσει την αρμονική ένταξη των παιδιών με ΣΑ στην τυπική εκπαίδευση.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε ιδιαίτερα τα παιδιά που έλαβαν μέρος στην έρευνά μας (ΣΑ και τυπικά) καθώς και τους γονείς τους που επέτρεψαν την πραγματοποίηση αυτής και μας βοήθησαν στο έργο μας. Ακόμα τους δασκάλους των παιδιών αυτών για τις πολύτιμες πληροφορίες που μας έδωσαν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αγαλιώτης, Ι. (2011). *Διδασκαλία Μαθηματικών στην Ειδική Αγωγή και Εκπαίδευση: Φύση και εκπαιδευτική διαχείριση των μαθηματικών δυσκολιών*. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.

- American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (4th ed.). Washington, D.C.: American Psychiatric Association.
- Anghileri, J. (1989). An investigation of young children`s understanding of multiplication. *Educational Studies in Mathematics*, 20, 367-385.
- Attwood, T., (2005). *Παιδιά με ιδιαιτερότητες στη γλωσσική ανάπτυξη και την κοινωνική αλληλεπίδραση, Σύνδρομο Asperger: Οδηγός ανίχνευσης και αντιμετώπισης*. Α.Β. Παπαϊωάννου (Επιμ.) (Α. Κορογιαννάκη & Ε. Μιχαλέτου, Μετάφ.). Αθήνα: Σαββάλας. (Το πρωτότυπο έργο δημοσιεύτηκε το 1998).
- Attwood, T., (2009). *Σύνδρομο Asperger. Ένας πλήρης οδηγός*. Β. Παπαγεωργίου (Επιμ.) (Χ. Λυμπεροπούλου, Μετάφ.). Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα. (Το πρωτότυπο έργο δημοσιεύτηκε το 2007).
- Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have "theory of mind"? *Cognition*, 21, 37-46.
- Bryant, P., & Nunes, T. (2009). Multiplicative reasoning and mathematics achievement. In M. Tzekaki, M. Kaldrimidou & H. Sakonidis (Eds.), *Proceedings of 33rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Vol. 2 (pp. 217-224). Thessaloniki, Greece: PME.
- Chiang, H., & Lin, Y. (2007). Mathematical ability of students with Asperger syndrome and high-function autism: A review of literature. *Autism*, 11(6), 547-556.
- Cumine, V., Leach, J., & Stevenson, G. (2000). *Σύνδρομο Asperger. Ένας πρακτικός οδηγός για δασκάλους*. Β. Παπαγεωργίου & Β. Νταφούλης (Μετάφ.). Αθήνα: Ελληνική Εταιρεία Προστασίας Αυτιστικών Ατόμων. (Το πρωτότυπο έργο δημοσιεύτηκε το 1998).
- Ehlers, S., Nyden, A., Gillberg, C., Sandberg, A.D., Hjelmquist, E., & Oden, A. (1997). Asperger Syndrome, Autism and Attention Disorders: A Comparative Study of the Cognitive Profiles of 120 Children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 38(2), 207-217.
- Ζαχάρος, Κ. (2007). Οι μαθηματικές έννοιες στην Προσχολική εκπαίδευση και η διδασκαλία τους. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Frith, U. (1991). Asperger and his syndrome. In U. Frith (ed), *Autism and Asperger Syndrome* (pp. 1 -35). Cambridge: Cambridge University Press.
- Griswold, D. E., Barnhill, G. P., Myles, B. S., Hagiwara, T., & Simpson, R. L. (2002). Asperger Syndrome and Academic Achievement. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 17(2), 94- 102.
- Jordan, R. (2003). School-Based Intervention for Children with Specific Learning Difficulties. In M. Prior (Ed.), *Learning and Behavior Problems in Asperger Syndrome* (pp. 212-243). NY: The Guilford Press.
- Kafoussi, S., Skoumpourdi, C., & Kalabassis, F. (2003). An analysis of Greek school textbooks' pictorial representations about multiplication. *Proceedings of CIEAEM 55, The use of didactic materials for developing pupils mathematical activities*. Poland.

- Κάκουρος, Ε., & Μανιαδάκη, Κ. (2006). *Ψυχοπαθολογία παιδιών και εφήβων: Αναπτυξιακή προσέγγιση*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Loukusa, S., Leinonen, E., Kuusikko, S., Jussila, K., Mattila, M. L., Ryder, N., Ebeling, H., & Moilanen, I. (2007). Use of Context in Pragmatic Language Comprehension by Children with Asperger Syndrome or High-Functioning Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37, 1049–1059.
- Manjiviona, J., & Prior, M. (1999). Neuropsychological Profiles of children with Asperger syndrome and autism. *Autism: The International journal of Research and Practice*, 3(4), 327 – 356.
- Μπούφη, Α. (1996). Η πολλαπλασιαστική σκέψη του παιδιού ως βάση της διδασκαλίας. *Πρακτικά 1^ο Πανελλήνιου Συνεδρίου Μαθηματικής Παιδείας*. Αθήνα, 261–276.
- Mulligan, J. (1992). Children's solutions to multiplication and division word problems: a longitudinal study. *Mathematics Education Research Journal*, 4(1), 24 - 41.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- Nicron, M.F., Assouline, S., & Stinson, R.D. (2012). Cognitive and Academic Distinctions Between Gifted Students With Autism and Asperger Syndrome. *Gifted Child Quarterly*, 56(2), 77-89.
- Νούλης, Ι. (2014). Η διερεύνηση της πολλαπλασιαστικής σκέψης παιδιών με διάγνωση συνδρόμου Asperger. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Νούλης, Ι., Καφούση, Σ., Καλαβάσης, Φ. (υπό δημοσίευση). Η διαχείριση πολλαπλασιαστικών έργων στο πλαίσιο του συνδρόμου Asperger: μια μελέτη περίπτωσης. *Ερευνα στη Διδακτική των Μαθηματικών* (υπό δημοσίευση).
- Nunes, T. (2012). *Η διδασκαλία των Μαθηματικών σε κωφά παιδιά*. Μ. Νικολαράτζη & Δ. Δεσλή (Επιμ.), (Σ. Λειβαδοπούλου, Μετάφ.). Αθήνα: Επίκεντρο. (Το πρωτότυπο έργο δημοσιεύτηκε το 2004).
- Reitzel, J., & Szatmari, P. (2003). Cognitive and Academic Problems. In M. Prior (Ed.), *Learning and Behavior Problems in Asperger Syndrome* (pp. 35 – 54). NY: The Guilford Press.
- Saalasti, S., Lepisto, T., Toppila, E., Kujala, T., Laakso, M., Nieminen- von Wendt, T., Wendt, L., Jansson – Verkasalo, E. (2008). Language Abilities of Children with Asperger Syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38, 1574–1580.
- Steffe, L. (1988). Children`s Construction of Number Sequences and Multiplying Schemes. In J. Hiebert & M. Behr (Eds.), *Number Concepts and Operations in the Middle Grades*, Vol. 2 (pp. 119 – 140). USA: LEA, NCTM.
- Τάτσης, Κ., & Σκουμπουρδή, Χ. (2009). Μελέτη του Πλαισίου των Δραστηριοτήτων του Σχολικού Εγχειριδίου των Μαθηματικών της Α΄ Δημοτικού. *Πρακτικά 3^ο συνεδρίου Εν.Ε.Δι.Μ.*, Ρόδος, 383–392.
- Thede, L., & Coolidge, F. (2007). Psychological and Neurobehavioral Comparisons of Children with Asperger`s Disorder Versus High – Functioning Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37, 847–854.

- Wing, L. (1981). Asperger's syndrome: A clinical account. *Psychological Medicine*, 11(1), 115-12.
- Yin, R. (2003). *Case study research, Design and methods* (3rd ed.). California: Sage Publication.

Ένα «Λεωφορείο» σε μια σχολική τάξη με μαθητές Ρομά: Από το «γεκ, ντούι, τριν» στον πίνακα διπλής εισόδου.

Ιωάννης Παπαδόπουλος¹ και Στυλιανός Μακρής²

¹ΠΤΔΕ ΑΠΘ, ypapadop@eled.auth.gr

²Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, stylianosmakris@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το «Λεωφορείο» -ένα εκπαιδευτικό υλικό/περιβάλλον, με τη μορφή παιχνιδιού, υιοθετείται από έναν εκπαιδευτικό που διδάσκει σε μια Α τάξη Δημοτικού Σχολείου στη Θεσσαλονίκη που όλοι οι μαθητές είναι Ρομά, στα πλαίσια ενός προγράμματος διαπολιτισμικής εκπαίδευσης¹. Το υλικό και η διαδικασία χρήσης του ακολούθησε εξελικτικά μια σειρά από προσαρμογές προκειμένου να ανταποκρίνεται στις εμπειρίες και το γνωστικό επίπεδο των μαθητών που χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα αδύναμο λόγω κυρίως της ελλιπούς φροντίσης των μαθητών αυτών. Η εργασία αυτή αναδεικνύει το ρόλο που μπορεί να παίζει το εκπαιδευτικό υλικό όταν αντιμετωπίζεται ως μια δυναμική οντότητα και τη θετική του συμβολή στη διδακτική-μαθησιακή διαδικασία.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Διαπολιτισμική εκπαίδευση, νοερόι υπολογισμοί.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Θεωρείται μάλλον δύσκολο να αναλογιστεί κανείς διδασκαλία μαθηματικών (ιδιαίτερα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση) χωρίς ταυτόχρονα να τη συνδέει με τη χρήση κάποιου εκπαιδευτικού υλικού. Το εκπαιδευτικό υλικό αποτελεί μέρος γενικότερα του διδακτικού

¹ «Εκπαίδευση των παιδιών Ρομά στις περιφέρειες Κεντρικής Μακεδονίας, Δυτικής Μακεδονίας, Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης» της κατηγορίας πράξης «Διαπολιτισμική Εκπαίδευση» που υλοποιείται από το Σεπτέμβριο του 2010 στο πλαίσιο του ΕΣΠΑ και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και από Εθνικούς Πόρους



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

Μέτρο 1.1 Διπλ. εκπαίδ. 1.2 Επχ. Προγ.: Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

υλικού (Σκουμπουρδή, 2004) και παίζει σημαντικό ρόλο ειδικά στο να εμπλέξει τους μαθητές σε μαθηματικές δραστηριότητες. Για το δάσκαλο αποτελεί το μέσο για να θέσει σε εφαρμογή τις ιδέες του ή τις διδακτικές του προθέσεις. Όπως επισημαίνει ο Gellert (2004) αποτελεί πειρασμό να υιοθετήσουμε την τεχνοκρατική προσέγγιση που θέλει το υλικό να σχεδιάζεται από ειδικούς στη διδακτική, να εφαρμόζεται από τους δασκάλους στην τάξη και εκεί με κάπως αξιοθαύμαστο τρόπο να αναπτύσσεται η μαθηματική γνώση. Όπως επισημαίνει ο ίδιος, αν πραγματικά μας ενδιαφέρει το τι όντως συμβαίνει με το διδακτικό υλικό στην τάξη, αξίζει να αφήσουμε αυτήν την απλουστευτική προσέγγιση και να σκύψουμε με περισσότερη προσοχή στα όσα λαμβάνουν χώρα με το διδακτικό υλικό από όλους όσοι σχετίζονται με αυτό (δάσκαλοι και μαθητές). Και αυτό αν θέλουμε να μην μείνουν αναπάντητα ερωτήματα όπως το πώς και για ποιο σκοπό οι μαθητές κάνουν χρήση του υλικού, ή με ποιον τρόπο το ίδιο το υλικό διαμορφώνει τις δραστηριότητες που σχεδιάζει ο εκπαιδευτικός, ή τέλος τι σημαίνει το ότι το εκπαιδευτικό υλικό ποτέ δεν υιοθετείται αλλά πάντα προσαρμόζεται;

Στην εργασία αυτή προσπαθούμε να αναδείξουμε αυτήν την πτυχή της προσαρμογής του υλικού τονίζοντας ότι το εκπαιδευτικό υλικό αποτελεί μια δυναμική οντότητα που εξελίσσεται, τροποποιείται, μετασχηματίζεται προκειμένου πάντα να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του εκπαιδευτικού συνδυασμένες με τις ανάγκες της τάξης. Για το λόγο αυτό καταγράφεται η προσπάθεια ενός εκπαιδευτικού να κάνει χρήση του διδακτικού/εκπαιδευτικού υλικού/περιβάλλοντος «Λεωφορείο» σε μια τάξη με μαθητές Ρομά. Ο εστιασμός στην εκπαίδευση μαθητών Ρομά αποτελεί βασικό εκπαιδευτικό άξονα ειδικά για περιοχές στις οποίες υπάρχουν ανάλογοι μαθητικοί πληθυσμοί (Chironaki & Mountzouri, 2012). Η αλληλεπίδραση των τριών παραγόντων που εμπλέκονται στη μαθηματική διαδικασία, μαθητές – υλικό – εκπαιδευτικός, οδηγούν σε μια διαδοχική σειρά αλλαγών στο ίδιο το υλικό με ενδείξεις ταυτόχρονα για το πώς τελικά αυτό επιδρά στο γνωστικό επίπεδο των μαθητών.

ΣΥΝΤΟΜΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΛΙΚΟΥ

Γενικά το εκπαιδευτικό υλικό αποτελεί μέρος ενός εκπαιδευτικού περιβάλλοντος. Όταν οι μαθητές αισθάνονται άνετα με αυτό, με την έννοια ότι είναι εξοικειωμένοι με τον τρόπο και τις αρχές λειτουργίας του, είναι σε θέση να εστιάσουν κάθε φορά στη συγκεκριμένη δραστηριότητα που αξιοποιεί το εν λόγω υλικό. Η λογική αξιοποίησης του υλικού λαμβάνει εννοείται υπόψη της την ποικιλία των διάφορων τρόπων μάθησης που σχετίζονται με τους μικρούς μαθητές όπως επίσης και τον τρόπο που λειτουργεί η σκέψη των μαθητών. Αυτό αποτελεί ουσιαστικά κίνητρο για το μαθητή να πειραματιστεί ακόμη περισσότερο. Ένα περιβάλλον που αξιοποιεί ένα συγκεκριμένο εκπαιδευτικό υλικό στην ουσία περιλαμβάνει μια σειρά από προβλήματα που συνδέονται μεταξύ τους και που όλα τους περιστρέφονται γύρω από το ίδιο θέμα. Μέσα στα προβλήματα θα συναντήσει κανείς μια ποικιλία ίσως μαθηματικών φαινομένων. Τα προβλήματα αυτά θεωρούμε ότι ενθαρρύνουν τον πειραματισμό και την ανακάλυψη.

Το συγκεκριμένο διδακτικό περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα αυτή βασίζεται στην έννοια της *scheme oriented* εκπαίδευσης (εκπαίδευση βασισμένη στην

έννοια του σχήματος) (Hejny, 2012) που τις βασικές της αρχές μετέφερε ο Hejny και η ομάδα του στη διδακτική πράξη μέσα από τη σειρά μαθηματικών εγχειριδίων για τις πρώτες πέντε τάξεις της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στην Τσεχία. Πρωταρχικό ρόλο στην προσέγγισή τους παίζει η έννοια του σχήματος (schema). Η έννοια αυτή έχει χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς από διάφορους ερευνητές, όχι πάντα με την ίδια σημασία. Η αρχική χρήση του όρου γίνεται από τον Piaget (1952; 1954), για να ακολουθήσουν ο Skemp (1987), ο Fischbein (1999), ο Dubinsky στη δική του θεωρία (APOS theory) (2001) και άλλοι.

Η χρήση του όρου από τον Hejny έχει την απαρχή της στη δουλειά του ψυχολόγου Gerrig ο οποίος παρέχει έναν κάπως ευρύ ορισμό για την έννοια σχήμα: «...Οι θεωρητικοί έχουν επινοήσει τον όρο σχήμα να αναφέρεται στη δομή της μνήμης που ενσωματώνει ομάδες πληροφοριών που σχετίζονται γενικά με την κατανόηση... Μια πολύ πρώιμη αντίληψη σχετικά με τις θεωρίες περί σχήματος είναι ότι δεν έχουμε απλώς μεμονωμένα γεγονότα στη μνήμη μας. Η πληροφορία συγκεντρώνεται σε επιμέρους λειτουργικές μονάδες που υπηρετούν κάποιο συγκεκριμένο νόημα...» (Gerrig, R.J., 1991, pp 244-245). Με απλά λόγια θα μπορούσαμε να πούμε ότι το σχήμα είναι μια συλλογή από διασυνδεδεμένα κομμάτια γνώσης που έχουμε σε σχέση με ένα οικείο περιβάλλον. Αν ρωτήσουμε κάποιον πόσες πόρτες έχει στο σπίτι του πολύ πιθανόν δεν θα έχει μια άμεση απάντηση να μας δώσει. Μετά όμως από λίγη σκέψη θα μπορεί να απαντήσει με σιγουριά. Θα έχει κάνει μια νοερή περιήγηση σε όλους τους χώρους και θα έχει μετρήσει τα σχετικά αντικείμενα. Αυτό μαζί και με άλλα κομμάτια πληροφορίας βρίσκονται αποθηκευμένα στο μυαλό μας ως ένα σύνολο πληροφορίας που το αποκαλούμε σχήμα (του σπιτιού στην περίπτωση αυτή). Υπάρχει μια μεγάλη γκάμα από σχήματα στο μυαλό μας: του σπιτιού μας, της πόλης που ζούμε, του κτιρίου που εργαζόμαστε, του εμπορικού κέντρου που κάνουμε τις αγορές μας, κλπ. Καθένα από τα περιβάλλοντα περιλαμβάνει έναν μεγάλο αριθμό αντικειμένων, σχέσεων και υπο-σχημάτων, έχει κάποια μοναδικά χαρακτηριστικά. Τέτοια σχήματα που εδράζουν σε εμπειρίες της καθημερινής ζωής του μαθητή αποκαλούνται *σημασιολογικά σχήματα* (*semantic schemes*) και μας απασχολούν στην παρούσα εργασία. Υπάρχουν όμως και τα *δομικά σχήματα* (*structural schemes*) που είναι καθαρά μαθηματικά σχήματα, δεν έχουν άμεσο δεσμό με τις εμπειρίες της ζωής του μαθητή και έχουν μια ισχυρή σύνδεση μεταξύ τους. Για παράδειγμα, το σχήμα της έννοιας του ρητού αριθμού προκύπτει από τη σύνδεση των σχημάτων του φυσικού αριθμού, του κλάσματος, του δεκαδικού αριθμού, και του αρνητικού αριθμού. Το μαθηματικό σχήμα λοιπόν έχει την απαρχή του σε συγκεκριμένες προηγούμενες μαθηματικές εμπειρίες και συνήθως συνοδεύεται από αυτό που η βιβλιογραφία περιγράφει ως «aha-effect» ή «aha-moment» (Liljedahl, 2013). Τέτοιες στιγμές ανακάλυψης και εσωτερικής έντασης είναι αποφασιστικής σημασίας στη διαδικασία ραφινάρισματός ενός σχήματος. Μπορεί να αναφερθεί ως παράδειγμα η στιγμή που ένας μαθητής της πρώτης ανακαλύπτει ότι το «μισό» είναι αριθμός, ή η στιγμή που ένας μαθητής των μεγάλων τάξεων ανακαλύπτει ότι ένα τετράπλευρο δεν είναι αναγκαία κυρτό, ή ότι μπορεί να υπάρξει ένα τρίγωνο που να έχει πάρα πολύ μεγάλη περίμετρο αλλά πολύ μικρό εμβαδόν.

Το διδακτικό περιβάλλον «Λεωφορείο» αποτελεί ένα σχήμα που δημιουργείται ήδη από την νεαρή μας ηλικία. Με τη χρήση σχημάτων σαν αυτό οι μαθητές καθίστανται ικανοί να ανακαλύπτουν τον κόσμο με μια αίσθηση ανεξαρτησίας και να αποκτούν γνώση που διαρκεί. Το συγκεκριμένο διδακτικό μαθηματικό περιβάλλον βασίζεται στην εμπειρία που έχουν οι μαθητές με τα μέσα μαζικής μεταφοράς. Μπορεί να εφαρμοστεί ήδη από την πρώτη τάξη του δημοτικού σχολείου. Η διαδικασία ανθρώπων που ανεβαίνουν και κατεβαίνουν και η αποτύπωση του πλήθους τους σε έναν πίνακα παρέχει ένα πλούσιο σύνολο δεδομένων και αριθμητικών σχέσεων που με τη σειρά τους μπορεί να αποτελέσουν την πηγή για τη δημιουργία μιας σειράς από προβλήματα (Jigotkova & Slezakova, 2013). Έτσι ουσιαστικά το παιχνίδι προσομοιώνει την μετακίνηση ενός λεωφορείου σε κάποια γραμμή που συνδέει μια σειρά από στάσεις. Έχουμε στη διάθεσή μας ένα λεωφορείο (χαρτοκούτι), επιβάτες (επιλέγουμε εμείς την αναπαράστασή τους) και στάσεις (καθορισμένα σημεία στην τάξη). Το λεωφορείο ξεκινά από την αφετηρία με προορισμό το τέρμα. Στις στάσεις ενδιάμεσα αφήνει και παίρνει επιβάτες. Οι μαθητές μπορούν να δουν έναν-έναν τους επιβάτες να ανεβαίνουν ή να κατεβαίνουν, δεν έχουν όμως οπτική πρόσβαση στο περιεχόμενο του λεωφορείου. Πρωταρχικό τους μέλημα είναι να παρακολουθούν και να συγκρατούν ή να αποτυπώνουν κάπως την όλη διαδικασία ώστε να είναι σε θέση να απαντήσουν σε σχετικά ερωτήματα του δασκάλου τους μετά τον τερματισμό της διαδρομής. Γενικά το παιχνίδι απαρτίζεται από έξι στάδια. Στις ηλικίες και στην ομάδα που μας ενδιαφέρουν στην εργασία αυτή (μαθητές Ρομά Α Δημοτικού) θα περιοριστούμε στα δυο πρώτα στάδια: (α) Εξοικείωση με το παιχνίδι και (β) αποτύπωση της εξέλιξης με τη μορφή πίνακα.

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η συγκεκριμένη έρευνα υλοποιήθηκε από το Μάρτιο μέχρι τον Ιούνιο του 2014 στο 5^ο Δημοτικό Σχολείο της Μενεμένης, στη Θεσσαλονίκη, στα πλαίσια ενός επιμορφωτικού προγράμματος από απόσταση για δασκάλους που έχουν στην τάξη τους μαθητές Ρομά. Συμμετείχε ένα τμήμα της Α Δημοτικού με 11 μαθητές (8 αγόρια και 3 κορίτσια), όλοι τους Ρομά. Ο δάσκαλος της τάξης στα πλαίσια του προγράμματος δούλεψε και ως ερευνητής σε συνεργασία με τους επιστημονικούς υπεύθυνους του έργου ακολουθώντας τις αρχές της έρευνας δράσης. Στα πλαίσια μιας τέτοιας έρευνας ο εκπαιδευτικός συμμετέχει σε όλες τις φάσεις της ερευνητικής διαδικασίας, από τον αρχικό σχεδιασμό ως την αξιολόγηση και τον επανασχεδιασμό σε μια πορεία συνεχών επάλληλων ερευνητικών κύκλων. Στόχος είναι να κατανοήσει την εκπαιδευτική πραγματικότητα στην οποία συμμετέχει, να ερμηνεύσει τις δυσλειτουργίες της, να διαγνώσει προβλήματα και να διερευνήσει τις προοπτικές επίλυσής τους. Τα ερευνητικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η παρατήρηση και το ημερολόγιο που κρατούσε ο εκπαιδευτικός. Το υλικό που συγκεντρωνόταν κάθε φορά μαζί και με τις απαντήσεις των μαθητών είτε στον πίνακα, είτε μετά από νοερούς υπολογισμούς είτε με τη χρήση συγκεκριμένης καρτέλας που ήταν διαθέσιμη, μελετούνταν προκειμένου να προσδιοριστούν ένα σύνολο από προσεγγίσεις σχετικών με την πρόωμη αίσθηση και τη διαχείριση των αριθμών από μέρους των μαθητών.

Εικόνα 1: Το εκπαιδευτικό υλικό

Η μελέτη αυτή οδηγούσε στην απόφαση του πώς θα χρησιμοποιηθεί το υλικό στην επόμενη φάση. Τέλος το εκπαιδευτικό υλικό αποτελούνταν από τα εξής (Εικ. 1): (α) Το «Λεωφορείο», κατασκευή που υλοποιήθηκε στην τάξη με τη συμμετοχή των μαθητών, (β) οι επιβάτες, η αναπαράσταση των οποίων επιλέγεται με βάση τη διαθεσιμότητα, πχ στην περίπτωση μας επιλέχθηκε η χρήση playmobil που έφεραν οι ίδιοι οι μαθητές, (γ) οι στάσεις, σημεία επιλεγμένα στην τάξη με ονομασία που παραπέμπει είτε σε αντικείμενα της τάξης είτε σε οτιδήποτε άλλο που θα μπορούσε εύκολα να γίνει σημείο αναφοράς (στην περίπτωση μας οι στάσεις πήραν το όνομα χρώματος και έτσι είχαμε την αφετηρία, τη μαύρη, την πορτοκαλί, την κίτρινη στάση και το τέρμα), (δ) τις καρτέλες για την οργάνωση των δεδομένων, και (ε) τον οδηγό που στην αρχή μπορεί να τον παριστάνει ο δάσκαλος, σύντομα όμως τον αντικαθιστούν οι μαθητές.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στο πρώτο στάδιο χρήσης του υλικού (εξοικείωση με το παιχνίδι) το ζητούμενο είναι πάντα το ίδιο, ο αριθμός επιβατών που αποβιβάζονται στο τέρμα. Ουσιαστικά αυτό θα είναι το ζητούμενο σε όλη τη φάση της παρέμβασης μιας που δεν στάθηκε δυνατόν να διαπραγματευτούμε καθόλου το δεύτερο στάδιο στο οποίο τίθενται ερωτήσεις που προϋποθέτουν μια συνεχή καταγραφή της εξέλιξης των αριθμών των επιβατών κατά μήκος όλης της διαδρομής, όπως: «Πόσοι επιβάτες ταξίδεψαν από την μαύρη ως την πορτοκαλί στάση;», «Σε ποιο κομμάτι της διαδρομής το λεωφορείο είχε τους περισσότερους επιβάτες;», «Σε ποια στάση κατέβηκαν οι λιγότεροι επιβάτες;» κλπ.

Α Φάση

Πρόκειται για τις πρώτες προσπάθειες να παιχτεί το παιχνίδι στην τάξη. Στη φάση αυτή οι αριθμοί που καλούνταν να χειριστούν οι μαθητές κινούνταν μέσα στην πεντάδα, με επιβάτες αρχικά μόνο να επιβιβάζονται. Πρωταρχικό τους μέλημα είναι να παρακολουθούν και να συγκρατούν ή να αποτυπώνουν κάπως την όλη διαδικασία ώστε να είναι σε θέση να απαντήσουν σε σχετικά ερωτήματα του δασκάλου τους μετά τον τερματισμό της διαδρομής, αφού **δεν είχαν οπτική πρόσβαση** στο εσωτερικό του λεωφορείου.

Στη διάθεση της τάξης υπήρχε και η αριθμογραμμική προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για τους ενδιάμεσους υπολογισμούς. Η προσήλωση στους κανόνες του παιχνιδιού αποτέλεσε τον πρώτο παράγοντα δυσκολίας στο να προχωρήσει η όλη διαδικασία. Η αδυναμία επιτέλεσης νοερών υπολογισμών (νοερής καταγραφής των μεταβολών στο εσωτερικό του λεωφορείου) οδήγησε σε μια πρώτη τροποποίηση με τους επιβάτες να τοποθετούνται στο πάνω μέρος του λεωφορείου ώστε να είναι δυνατή η πρόσβαση στις αλλαγές που λαμβάνουν χώρα μετά από κάθε στάση (Εικ. 2). Όμως και πάλι δεν φάνηκε αυτό να αντιμετωπίζει τη δυσκολία των μαθητών. Ο δεύτερος παράγοντας δυσκολίας ουσιαστικά ακύρωνε τη βασική σχεδιαστική αρχή του υλικού: τη σύνδεση με την εμπειρία της καθημερινής ζωής. Φάνηκε ότι αυτό αποτελούσε το πρώτο πράγμα που έπρεπε να διευθετηθεί μιας που η σχετική εμπειρία δεν ήταν κτήμα όλων των μαθητών.

Εικόνα 2: Πρώτη εφαρμογή



Β Φάση

Η προηγούμενη παρατήρηση – ανατροφοδότηση υπήρξε και η αφορμή για ένα πρώτο επίπεδο παρέμβασης και μετασχηματισμού του υλικού/περιβάλλοντος. Η λογική ήταν ότι πρέπει να αποκατασταθεί η βασική λειτουργία η οποία διέπει το υλικό και που είναι η αξιοποίηση μιας εμπειρίας που ήδη έχουν οι μαθητές στην καθημερινότητά τους. Έτσι η 2^η φάση είχε ακριβώς το στόχο αυτό. Αποφασίστηκε λοιπόν η φυσική παρουσία της τάξης στο παρακείμενο τέρμα της συγκεκριμένης διαδρομής αστικών συγκοινωνιών (αρ.9, ΛΑΧΑΝΑΓΟΡΑ-ΝΕΟΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ) και προσομοίωση της διαδικασίας επιβίβασης-αποβίβασης (Εικ. 3).

Εικόνα 3: Δεύτερη εφαρμογή



Τα παιδιά, μετά από εντολές που έδινε ένας μαθητής (αυτός που θα έπαιζε στην τάξη το ρόλο του οδηγού), ακολούθησαν την όλη διαδικασία με βάση τους κανόνες. Αρχικά, ο «οδηγός» ανακοίνωσε πόσοι έπρεπε να μπουν στο λεωφορείο καθώς βρίσκονταν στην -δήθεν- αφετηρία και στη συνέχεια με τη χρήση ενός ζαριού έδινε εντολή για το πόσοι **μόνο** θα ανέβουν ή πόσοι **μόνο** θα κατέβουν καθώς το λεωφορείο υποθετικά κινούνταν και έφτανε στις διάφορες στάσεις. Συγκεκριμένοι μαθητές έπαιζαν κάθε φορά το ρόλο των επιβατών και η διαδικασία προσομοιώνονταν σε πραγματικό χρόνο. Στο τέλος, μετρούσαν το πλήθος των παιδιών που έμενε μέσα στο λεωφορείο και που θα αποβιβαζόταν στο τέρμα της διαδρομής. Ενδιάμεσα γινόταν μια προσπάθεια να διαχειριστούν τον αριθμό των επιβατών που ανέβαινε ή κατέβαινε και να διαπιστώσουν κατά πόσο το αποτέλεσμα τους συμφωνεί με τον αριθμό όσων επιβατών ήδη βρίσκονται στο εσωτερικό του λεωφορείου και κινούνται προς την επόμενη στάση.

Γ Φάση

Όπως σημειώθηκε πριν, η δυσκολία που οδηγεί στο μετασχηματισμό του υλικού είναι διπλή: η μια έχει σχέση με το μαθηματικό μέρος και η άλλη με την εμπειρία. Έχοντας διαπραγματευτεί τη μια (εμπειρία) σχεδιάστηκε η επόμενη φάση όπου η τροποποίηση θα στόχευε στο μαθηματικό μέρος. Μιας λοιπόν που δυσκόλεψαν οι νοεροί υπολογισμοί η απόφαση ήταν η προσωρινή αποφυγή τους.

Μετά λοιπόν την προσομοίωση της διαδικασίας επιβίβασης-αποβίβασης με φυσική παρουσία στη στάση, οι μαθητές "μετέφεραν" το "λεωφορείο" στην τάξη. Ανακοίνωσαν στο δάσκαλο πως θα ήθελαν να παίξουν το παιχνίδι με "πραγματικό" οδηγό. Η απουσία νοερών υπολογισμών αντικαταστάθηκε με άμεση οπτική πρόσβαση στην μεταβολή του αριθμού των επιβατών σε κάθε τμήμα της διαδρομής και αυτό αποτέλεσε ουσιαστικά μια τροποποίηση της συνθήκης αρχικού σχεδιασμού του υλικού. Έμφαση δόθηκε στη φάση αυτή στο εξεικονιστικό (visual) στοιχείο. Δεν απαιτούνταν από τους μαθητές να μην έχουν οπτική πρόσβαση στο εσωτερικό του λεωφορείου.

Εικόνα 4: Διαδρομή Γ Φάσης

	Αφετηρία	Στάση 1 ^η ●	Στάση 2 ^η ●	Στάση 3 ^η ●	Τέρμα
Κατεβαίνουν					////
Ανεβαίνουν		/	//	//	

Η Εικόνα 4 παρουσιάζει μια από τις διαδρομές που αποφασίστηκαν για τη φάση αυτή. Τώρα το "λεωφορείο" κινούνται μέσα στην τάξη με οδηγό ένα από τα παιδιά που το κρατούσε πάνω από το κεφάλι του και τα υπόλοιπα που κάθονταν στα θρανία τους ήταν οι υποψήφιοι επιβάτες. Κάθε φορά που το "λεωφορείο" έφτανε σε κάποια από τις χρωματιστές στάσεις, ο οδηγός ανακοίνωνε πόσοι θα ανέβαιναν ή πόσοι θα κατέβαιναν. Έτσι, κάποιοι κολλούσαν ή αφαιρούσαν χαρτάκια που έγραφαν το πλήθος των επιβατών που επιβιβάζονταν ή αποβιβάζονταν, δηλαδή πόσοι θα πιανόταν από πίσω του ή πόσοι θα έφευγαν και θα καθόταν ξανά στα θρανία τους. Η ίδια η τάξη προσομοιώνει τους επιβάτες. Ο αριθμός των επιβατών που «ανέβαινε» στο λεωφορείο ουσιαστικά ακολουθούσε το λεωφορείο στη διαδρομή του. Έτσι στη διάρκεια του ταξιδιού άλλοι προσθέτονταν στην ουρά (ανέβαιναν) ή αφαιρούνταν από αυτήν (κατέβαιναν) έτσι ώστε κάθε στιγμή να είναι δυνατός ο υπολογισμός όσων εκείνη τη στιγμή βρίσκονταν στο «εσωτερικό» του λεωφορείου (Εικ. 5).

Το παιχνίδι άρχισε να γίνεται ακόμα πιο ενδιαφέρον και δυσκολότερο για τα παιδιά. Ήδη σταδιακά κάποιοι από τους μαθητές που αισθάνθηκαν εξοικειωμένοι με τη διαδικασία επιχειρούσαν να υπολογίσουν το ζητούμενο αριθμό νοερά. Όμως δεν ήταν ακόμη κάτι που μπορούσε να επιτευχθεί από τους περισσότερους. Η πρόταση που έκαναν οι ίδιοι οι μαθητές στη φάση αυτή αποτέλεσε την αφορμή για την επόμενη φάση στη διαδικασία μετασχηματισμού του υλικού: να χρησιμοποιηθεί και ο πίνακας της τάξης.

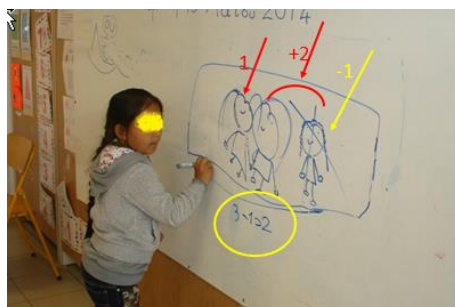
Εικόνα 5: Τρίτη φάση

Δ Φάση

Στη φάση αυτή οι μαθητές είδαν το λεωφορείο όχι πια ως μια προσομοίωση που τους παρείχε μια έμμεση οπτική πρόσβαση στο εσωτερικό του, αλλά ως μια διαδικασία που το περιεχόμενό της μπορούσε να αποτυπωθεί με τρόπο που να εξασφαλίζει την απαραίτητη για τους υπολογισμούς πληροφορία. Η εικόνα 6 (αριστερά) είναι ένα παράδειγμα μιας διαδρομής στη φάση αυτή όπου γίνεται ξεκάθαρο αυτό που περιγράφεται παραπάνω. Η συγκεκριμένη διαδρομή παρουσιάζει ενδιαφέρον λόγω του ότι περιλαμβάνει επιβίβαση και αποβίβαση επιβατών στην ίδια διαδρομή.

Το ταξίδι του "λεωφορείου" καταγράφονταν στον πίνακα από τα παιδιά που δυσκολεύονταν στους νοερούς υπολογισμούς. Κάθε φορά που ανέβαινε ένας αριθμός επιβατών, ζωγράφιζαν ανάλογα ανθρωπάκια και κάθε φορά που κατέβαιναν, διέγραφαν το αντίστοιχο πλήθος με X. Έτσι είχαν καλύτερη εποπτεία για τους εναπομείναντες επιβάτες. Τα αποτελέσματα άρχισαν να γίνονται ορατά. Παρατηρήθηκε ότι μαθητές που αρχικά δυσκολεύονταν, τώρα ήταν πια σε θέση να αντιλαμβάνονται την διαδικασία της αφαίρεσης με μικρό αφαιρετέο. Για τη συγκεκριμένη διαδρομή, φαίνεται στον τρόπο που δουλεύει η μαθήτρια (Εικ. 6 δεξιά) ο πρώτος επιβάτης που ανεβαίνει, οι επόμενοι δύο που επιβιβάζονται και ο ένας που αποβιβάζεται (αυτόν που διαγράφει με X η μαθήτρια).

Εικόνα 6: Τέταρτη Φάση



	Αφετηρία	Στάση 1 ^η ●	Στάση 2 ^η ●	Στάση 3 ^η ●	Τέρμα
Κατεβαίνουν				/	//
Ανεβαίνουν		/	//		

Πρόσθετο ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης και η αριθμητική παράσταση που συνοδεύει στο τέλος την προσπάθεια της μαθήτριας. Η προσέγγιση αυτή θα μπορούσε να θεωρηθεί ενδεικτική μιας πιο προχωρημένης μαθηματικής σκέψης αφού κάθε ζευγάρι (εικονίδιο με X πάνω της) ουσιαστικά αποτελεί ένα ζεύγος αντίθετων αριθμών (+1, -1) που αλληλοεξουδετερώνονται (έχουν άθροισμα μηδέν). Αυτό πρακτικά σημαίνει για τον μαθητή ότι το ζευγάρι αυτό δεν συμβάλλει στον τελικό αριθμό επιβατών και κάνει πιο εύκολο τον συνολικό υπολογισμό αφού αυτό που έχει να κάνει είναι να μετρήσει τις

εναπομείναντες μονάδες. Στη φάση αυτή οι μαθητές μετακινήθηκαν προς τη χρήση αναπαράστασεων που αποτυπώνουν την υπό μελέτη προβληματική κατάσταση και παρατηρείται ένα πέρασμα (α) από τους συγκεκριμένους επιβάτες στη συμβολική τους αναπαράσταση και (β) από τη συμβολική τους αναπαράσταση στη χρήση ψηφίων. Αυτό θα μπορούσε να θεωρηθεί ως μια ένδειξη ότι λαμβάνει χώρα μια αφαιρετική διαδικασία στη μαθηματική σκέψη των παιδιών.

Ε Φάση

Αν και το προηγούμενο επίπεδο θα μπορούσε να θεωρηθεί ικανοποιητικό αν λάβουμε υπόψη ότι μιλάμε για τόσο μικρούς Ρομά μαθητές με τις όποιες δυσκολίες στη καθημερινότητά τους, εν τούτοις οι μαθητές αυτοί έδειξαν ότι μπορεί να τα καταφέρουν σε ακόμα πιο απαιτητικές διεργασίες. Έτσι ουσιαστικά το εκπαιδευτικό υλικό δέχτηκε μια ακόμη φάση μετασχηματισμού στην οποία περνούν οι μαθητές από την αναπαράσταση με απλές εικόνες στη χρήση απλών αριθμητικών παραστάσεων. Στη φάση αυτή οι μαθητές έκαναν χρήση απλών αριθμητικών παραστάσεων μετά από κάθε τμήμα της διαδρομής. Δεν είχαν οπτική πρόσβαση στο εσωτερικό του λεωφορείου, και αυτήν την αδυναμία δεν την αναπλήρωσαν με τη χρήση εικόνων. Διαχειρίστηκαν νοερά την νέα πληροφορία και κάθε φορά τη μετέφεραν στον πίνακα με τη μορφή απλών αριθμητικών προτάσεων (Εικ. 7).

Εικόνα 7: Ε Φάση



	Αφετηρία	Στάση 1 ^η ●	Στάση 2 ^η ●	Στάση 3 ^η ●	Τέρμα
Κατεβαίνουν				///	////
Ανεβαίνουν		///	///	///	

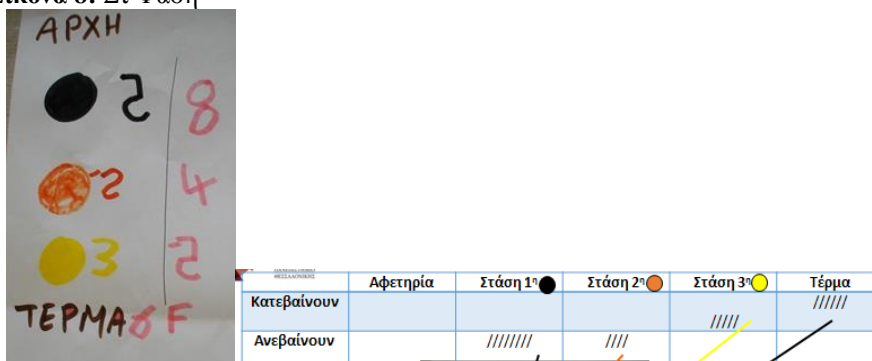
Η αντίδραση αυτή των μαθητών μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια αφαιρετική διαδικασία περισσότερο προχωρημένη από την προηγούμενη. Ουσιαστικά αυτό που παρατηρήθηκε να κάνουν οι μαθητές, είναι η πλήρης μαθηματοποίηση μιας κατάστασης της καθημερινής ζωής.

Στ Φάση

Τέλος, η επόμενη φάση έχει να κάνει πια καθαρά με τις προθέσεις του εκπαιδευτικού ή του ερευνητή καθώς έγινε προσπάθεια να πάει η σκέψη των παιδιών ένα βήμα παραπέρα. Στόχος λοιπόν ήταν να δοκιμαστεί η χρήση από τους μαθητές ενός εργαλείου που θα προσφέρει έναν συστηματικό τρόπο καταγραφής και παρακολούθησης της μεταβολής στον αριθμό των επιβατών σε μια διαδρομή. Η χρήση ενός τέτοιου εργαλείου είναι απαιτητική για τόσο μικρούς μαθητές και σχετίζεται κυρίως με την οργάνωση δεδομένων. Στους μαθητές δόθηκε η καρτέλα με τις στάσεις προκειμένου να τη χρησιμοποιήσουν όπως νομίζουν καλύτερα προκειμένου να τους βοηθά κάθε φορά στο να υπολογίζουν τον τελικό αριθμό επιβατών. Εννοείται ότι η αναγκαιότητα χρήσης ενός τέτοιου εργαλείου καθίσταται προφανής όταν η πολυπλοκότητα της διαδρομής δεν επιτρέπει έναν απλό νοερό υπολογισμό. Ο μαθητής αισθάνεται την ανάγκη να μπορεί να καταγράφει διαρκώς την εξέλιξη της διαδρομής με έναν τρόπο που θα έχει νόημα γι αυτόν καθώς θα του επιτρέπει να πλοηγείται μέσα στο δεδομένα του, τα οποία αυτός ο ίδιος έχει οργανώσει, και να εξάγει συγκεκριμένες πληροφορίες. Έχει σημασία ότι αυτός ο τρόπος είναι εντελώς προσωπικός και έχει νόημα μόνο για το συγκεκριμένο μαθητή. Δεν είναι καθόλου σίγουρο ότι αν πάρει συμπληρωμένη την καρτέλα ένας άλλος μαθητής θα είναι σε θέση να κάνει αποτελεσματική χρήση της. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα φαίνεται στην Εικόνα 8.

Γίνεται εύκολα αντιληπτό λοιπόν ότι η κάρτα χρησιμοποιήθηκε κατά τρόπο που από μαθηματικής άποψης προσιδιάζει τον πίνακα διπλής εισόδου όπου η μία είσοδος αναφέρεται στις στάσεις και η άλλη στον αριθμό των επιβατών που ανεβαίνουν ή κατεβαίνουν. Προφανώς ο τρόπος που αποτυπώνεται η καταγραφή θα πρέπει να επιτρέπει στο χρήστη να διακρίνει άμεσα αν πρόκειται περί επιβίβασης ή αποβίβασης. Στην έρευνα αυτή αποφύγαμε την ταυτόχρονη επιβίβαση και αποβίβαση στην ίδια στάση, οπότε θα αποκτούσε ενδιαφέρον να δούμε το πώς οι μαθητές θα αποτύπωναν την πληροφορία αυτή. Η επιλογή έγινε όμως με βάση το γνωστικό επίπεδο των μαθητών και έτσι σε κάθε στάση υπήρχε μόνο επιβίβαση ή μόνο αποβίβαση. Άλλοι χρησιμοποίησαν εικόνες ως δεδομένα για τη συμπλήρωση του πίνακα. Άλλοι (Εικ. 8) έκαναν χρήση αριθμών.

Εικόνα 8: Στ Φάση



Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν δυο στήλες με αριθμούς. Κάθε στήλη αντιστοιχεί σε διαφορετική διαδρομή. Η δεύτερη αναφέρεται στη διαδρομή που απεικονίζεται αριστερά στην εικόνα 8. Έτσι γίνεται φανερό ότι στην αφετηρία δεν έχει ανέβει κανείς και ότι στην «μαύρη» στάση έχουν ανέβει 8 επιβάτες. Ήδη οι εμπλεκόμενοι αριθμοί κινούνται πάνω από τη δεκάδα και αυτό επίσης αξίζει να σημειωθεί. Τέσσερις ακόμη επιβιβάζονται στην «πορτοκαλί» στάση. Το ενδιαφέρον είναι το πώς αποφασίζει ο μαθητής να αποτυπώσει το γεγονός ότι πέντε επιβάτες αποβιβάζονται στην κίτρινη στάση. Κάνει χρήση πια των αριθμών για όλη τη διάρκεια της διαδρομής και στη συγκεκριμένη περίπτωση προσθέτει το σύμβολο της πράξης της αφαίρεσης (-5) για να δείξει την σύνδεση του γεγονότος με τη συγκεκριμένη πράξη. Μπορεί να υπάρχει αδυναμία στη σωστή γραφή (πχ ο τρόπος που γράφει το 7 ως αποτέλεσμα) αλλά αυτό δεν σχετίζεται με την ικανότητα να διατηρεί νοερά τον έλεγχο της διαδρομής και να υπολογίζει τον τελικό αριθμό επιβατών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή περιγράψαμε τα ευρήματα από μια πειραματική εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού/περιβάλλοντος «Λεωφορείο» σε μαθητές Ρομά της Α Δημοτικού, δηλαδή σε μια ομάδα παιδιών που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Βασική πρόκληση που αντιμετωπίζει ένας εκπαιδευτικός σε μια τέτοια τάξη είναι η ελλιπής φοίτηση των παιδιών αυτών που επακόλουθα συνοδεύεται από αδυναμία στο γνωστικό αντικείμενο που αρκετές φορές συνδυάζεται και με κάποια αδυναμία στο θέμα της γλώσσας (ειδικά για κάποια από τα μικρά αυτά παιδιά της Α δημοτικού).

Η βασική ιδέα ήταν να χρησιμοποιηθεί το εκπαιδευτικό υλικό ως μια δυναμική οντότητα που μπορεί να επιδέχεται μια σειρά από αλλαγές προκειμένου να μπορεί να συμβάλει στη διδακτική-μαθησιακή διαδικασία.

Τα ευρήματα φαίνεται να υποστηρίζουν την άποψη ότι το περιβάλλον είναι ιδιαίτερα ελκυστικό για τους μαθητές. Ταυτόχρονα φάνηκε ότι μπορούσε να υπηρετήσει τους πολλαπλούς στόχους της παρέμβασης. Από τη μια, εύκολα τους εμπλέκει σε μια

διαδικασία πρώιμης ενασχόλησης με την αίσθηση των αριθμών σε ένα επίπεδο που ξεφεύγει από όσα προβλέπει το Αναλυτικό Πρόγραμμα για αυτές ακριβώς τις ηλικίες. Όντως, η νοερή διαχείριση αριθμών και η νοερή επιτέλεση υπολογισμών όπως επίσης και η δεξιότητα οργάνωσης των δεδομένων κατά τρόπο συνεκτικό που να μαθηματοποιεί μια κατάσταση της καθημερινής ζωής ξεφεύγει από τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος όπως αυτοί αποτυπώνονται στις πρώτες ενότητες των Μαθηματικών της Α δημοτικού (αριθμοί μέχρι το 20). Ήταν πολύ ενδιαφέρον να διαπιστώνει κανείς την προοδευτική μετάβαση (όπως και ο τίτλος δηλώνει) από το «γεκ, ντούι, τριν» των πρώτων προσπαθειών, στην αναπαράσταση με απλές εικόνες/σχέδια στον πίνακα μιας προβληματικής κατάστασης και στη συνέχεια στη χρήση αριθμών και στη διατύπωση αριθμητικών προτάσεων. Μέσα σε αυτήν την εξελικτική διαδικασία της ανάπτυξης της αίσθησης των αριθμών κάποιοι μαθητές σταδιακά άρχισαν να επιτελούν τους απαιτούμενους υπολογισμούς νοερά, μια δεξιότητα πολύ σημαντική όχι μόνο για τη σχολική αλλά και για την ενήλικη ζωή τους. Μέσα σε αυτούς τους νοερούς υπολογισμούς περιλαμβάνει και την πράξη της αφαίρεσης, μια πράξη που εξ' ορισμού δυσκολεύει τους μικρούς μαθητές.

Από την άλλη, η ικανότητα να χρησιμοποιούν ένα εργαλείο όπως ο πίνακας διπλής εισόδου για να καταγράφουν και να οργανώνουν τα δεδομένα τους και μάλιστα αναπτύσσοντας ένα προσωπικό τρόπο καταγραφής της πληροφορίας αποτελεί μια σημαντική κατάκτηση για την ηλικία αυτή και ταυτόχρονα μια δεξιότητα πολύ σημαντική για τη μαθηματική σχολική τους ζωή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Chronaki, A., & Mountzouri, G. (2012). Playing with Numbers in Cultures: Beginning in Trouble Essentialist Views of Mathematical Knowledge re-production. *Journal Quaderni di Ricerca in Didattica (Mathematics)*, 22, 90-95.
- Dubinsky, E., & McDonald, M. A. (2001). APOS: A constructivist theory of learning in undergraduate mathematics education research. In D. Holton (Ed.), *The Teaching and Learning of Mathematics at University Level: An ICMI Study*. Series: New ICMI Study Series, Vol.7 (pp. 273–280). Dordrecht: Kluwer
- Fischbein, E. (1999). Intuitions and schemata in mathematical reasoning. *Educational Studies in Mathematics*, 38, 11-50.
- Gellert, U. (2004). Didactic material confronted with the concept of mathematical literacy. *Educational Studies in Mathematics*, 55(1-3), 163-179.
- Gerrig, R. J. (1991). "Text comprehension". In: *The Psychology of Human Thought* (eds.) R. J. Sternberg, E. E. Smith, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 244-245
- Hejny, M. (2012). Exploring the cognitive dimension of teaching mathematics through scheme-oriented approach to education. *Orbis Scholae*, 2(6), 41-55.
- Jirotkova, D., & Slezakova, J. (2013). Didactic Environment Bus as a tool for development of early mathematical thinking. In J. Novotna & H. Moraova (Eds.), *SEMT-13-International Symposium, Elementary Maths Teaching* (pp. 147-154). Prague

- Liljedahl, P. (2013). Illumination: an affective experience?. *ZDM*, 45(2), 253-265.
- Piaget, J., (1952). *The Origin of Intelligence in Children*. Norton, New York.
- Piaget, J., (1954). *Construction of Reality in the Child*. Bellantine Books, New York.
- Skemp, R. R. (1987). *The psychology of learning mathematics*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Σκουμπουρδή, Χ. (2004). Ταξινόμηση του διδακτικού υλικού για τη διδασκαλία των μαθηματικών. *Πανελλήνιο Συνέδριο Μαθηματικής Παιδείας*, 21, 383-393.

Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού για τη Διδασκαλία της Νανοτεχνολογίας στο Δημοτικό Σχολείο: Πιλοτική Εφαρμογή

Γεώργιος Πέικος¹ και Λεωνίδα Μάνου² και Άννα Σπύρτου³

¹ Μεταπτυχιακός Φοιτητής Π.Δ.Μ., ² Υποψήφιος Διδάκτορας Π.Δ.Μ., ³ Επίκουρος Καθηγήτρια Π.Δ.Μ.

giorgospeikos@gmail.com lmanou1@gmail.com aspirtou@uowm.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία περιγράφεται το εκπαιδευτικό υλικό το οποίο αναπτύχθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2012-2013 για τη διδασκαλία της νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο. Το εκπαιδευτικό υλικό εφαρμόστηκε πιλοτικά σε δείγμα 10 μαθητών της Στ τάξης, στην περιοχή της Φλώρινας. Περιλαμβάνει μεταξύ άλλων, μοντέλα αναπαράστασης αντικειμένων του μακρόκοσμου, του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου καθώς και βίντεο και εικόνες με τα οποία παρουσιάζονται αντικείμενα και φαινόμενα του νανόκοσμου. Οι μαθητές εμπλέκονται σε δραστηριότητες που αφορούν (α) τη διάκριση μακρόκοσμου-μικρόκοσμου-νανόκοσμου (β) τη χρήση μοντέλων για την περιγραφή ιδιοτήτων του νανόκοσμου (γ) τη διεξαγωγή πειραμάτων για να ανακαλύψουν τη σχέση μεγέθους αντικειμένου-ιδιότητας (δ) τη συμβολή της νανοτεχνολογίας στη βελτίωση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου. Στην εργασία περιγράφεται ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του υλικού και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της πιλοτικής εφαρμογής σε σχέση με την εφαρμοσιμότητά του.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: νανοτεχνολογία στο δημοτικό σχολείο, μοντέλα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η νανοτεχνολογία έχει χαρακτηριστεί ως η επόμενη «βιομηχανική επανάσταση». Τα προϊόντα που προσφέρει, αυξάνονται με ταχύτατους ρυθμούς και οι νέες εφαρμογές της μέχρι πρόσφατα, υπήρχαν μόνο στο πεδίο της επιστημονικής φαντασίας (Jones et al., 2013). Συνεπώς η εκπαιδευτική έρευνα καθίσταται απαραίτητη στο πεδίο της νανοτεχνολογίας για την ανάπτυξη σχετικών αναλυτικών προγραμμάτων, μαθημάτων αλλά και για την προετοιμασία του εργατικού δυναμικού.

Στην παρούσα εργασία, αρχικά παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση για τον ορισμό της νανοτεχνολογίας και την αναγκαιότητα εισαγωγής της στην εκπαίδευση.

Ακολουθεί η περιγραφή του σχεδιασμού του υλικού. Στη συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά το εκπαιδευτικό υλικό για καθένα από τα 5 δίωρα διδασκαλίας και τέλος συζητώνται τα αποτελέσματα για την εφαρμοσιμότητά του καθώς και προτάσεις για την επόμενη εφαρμογή.

ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Η παρούσα εργασία καταρχήν αποδέχεται την πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2004) σύμφωνα με την οποία ο όρος νανοτεχνολογία χρησιμοποιείται περιληπτικά, καλύπτοντας κλάδους νανοεπιστημών και νανοτεχνολογιών. Δεν υπάρχει συναίνεση στην επιστημονική κοινότητα για έναν επίσημο ορισμό της νανοτεχνολογίας. Ο Mansoori (2005, κεφάλαιο 1) υποστηρίζει ότι ο πιο σύντομος και ολοκληρωμένος ορισμός είναι αυτός ο οποίος δέχεται ότι η νανοτεχνολογία επικεντρώνεται στη δυνατότητα τα άτομα, τα μόρια και τα μακρομόρια να δημιουργήσουν νέες δομές με καινοτόμες ιδιότητες. Αυτό σημαίνει ότι οι ιδιότητες των υλικών διαφέρουν σημαντικά από τις ιδιότητες τις οποίες έχουν όταν βρίσκονται σε μεγαλύτερες διαστάσεις. Για παράδειγμα ιδιότητες όπως το χρώμα, η αγωγιμότητα, ο μαγνητισμός και η σκληρότητα αλλάζουν όσο ένα αντικείμενο γίνεται μικρότερο και προσεγγίζει την νανοκλίμακα (Jones et al., 2013).

ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Αποδελτιώνοντας την βιβλιογραφία γίνεται φανερό ότι πολλοί είναι οι ερευνητές οι οποίοι υποστηρίζουν την αναγκαιότητα εισαγωγής της νανοτεχνολογίας στην υποχρεωτική εκπαίδευση (Hingant & Albe, 2010; Jones et al., 2013). Καταρχήν υποστηρίζεται ότι είναι ανάγκη να εκπαιδευτούν οι μαθητές στην νανοτεχνολογία ώστε να είναι ικανοί να ενεργούν ως πληροφορημένοι πολίτες (Stevens et al., 2009) και να αποκτήσουν έναν «νανο-γραμματισμό» (nano-literacy) (Laherto, 2010) με σκοπό να χειρίζονται θέματα βασισμένα στην επιστήμη, σχετικά με καθημερινή τους ζωή και την κοινωνία. Επίσης, μέχρι το 2020, θα υπάρχει ανάγκη για επιστήμονες, μηχανικούς και εργατικό δυναμικό σε τομείς της νανοεπιστήμης και της νανοτεχνολογίας καθώς εκτιμάται ότι τα προϊόντα νανοτεχνολογίας θα συνεισφέρουν 1τρις δολάρια κάθε χρόνο στην παγκόσμια οικονομία (Roco & Bainbridge, 2001, αναφέρεται στο Ghattas 2012). Επομένως μόνο εάν οι νέοι γνωρίζουν τους αναπτυσσόμενους τομείς της νανοτεχνολογίας θα έχουν την δυνατότητα να τους επιλέξουν για σπουδές και εργασία (Stevens et al., 2009).

Επιπλέον, σύμφωνα με τον Chang (2006) οι μαθητές είναι μεν περιέργοι από την φύση τους, η περιέργεια όμως αυτή δεν ικανοποιείται μέσα στις σχολικές τάξεις. Η νανοτεχνολογία προσφέρεται για την ικανοποίηση αυτής της περιέργειας και την αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών μέσα από τα εντυπωσιακά και «μυστήρια» φαινόμενα που μπορούν να διερευνήσουν στην τάξη, πυροδοτώντας μάλιστα την φαντασία των μαθητών (Filipponi & Sutherland, 2010). Τέλος, η διεπιστημονικότητα η οποία διέπει την νανοτεχνολογία συμβάλλει στο να αναγνωρίσουν οι μαθητές τη σχέση της επιστήμης με την καθημερινή ζωή κάτι που σύμφωνα με τον Chang (2006) δίνει μια θετική στάση για τις φυσικές επιστήμες.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Για τον σχεδιασμό του εκπαιδευτικού υλικού πραγματοποιήθηκε επισκόπηση της βιβλιογραφίας ως προς:

- Το περιεχόμενο της νανοτεχνολογίας στην υποχρεωτική εκπαίδευση
- Τις εκπαιδευτικές προτάσεις για τη διδασκαλία της νανοτεχνολογίας στην τυπική και στη μη τυπική εκπαίδευση
- Τις ιδέες των μαθητών για την νανοτεχνολογία

Το περιεχόμενο της νανοτεχνολογίας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Το περιεχόμενο της νανοτεχνολογίας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση προσεγγίζεται εννοιολογικά από 9 μεγάλες ιδέες (Stevens et al., 2009; Μάνου & Σπύρτου 2013). Ακολουθεί ο τίτλος της κάθε μεγάλης ιδέας και μια σύντομη αναφορά στο περιεχόμενό της.

Μέγεθος και κλίμακα: Παράγοντες σχετικοί με το μέγεθος και την γεωμετρία (όπως το σχήμα και η κλίμακα) βοηθούν στην περιγραφή της ύλης και στην πρόβλεψη της συμπεριφοράς της.

Δομή της ύλης: Η ύλη αποτελείται από δομικά κομμάτια τα οποία συχνά σχηματίζουν μια ιεραρχία από δομές. Οι δομές αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σχηματίζοντας οργανώσεις νανοκλίμακας (nanoscale assemblies).

Δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις: Όλες οι αλληλεπιδράσεις μπορούν να περιγραφούν από πολλαπλούς τύπους δυνάμεων, η σχετική όμως επίδραση του κάθε τύπου δύναμης, αλλάζει με την κλίμακα. Συγκεκριμένα, στη νανοκλίμακα ηλεκτρικές δυνάμεις καθορίζουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των νανοδομών.

Κβαντικά φαινόμενα: Διαφορετικά μοντέλα εξηγούν και προβλέπουν τη συμπεριφορά της ύλης βασισμένα στην κλίμακα. Για παράδειγμα, όταν το μέγεθος ενός αντικειμένου γίνεται μικρότερο και προσεγγίζει τις διαστάσεις της νανοκλίμακας τα κβαντικά φαινόμενα γίνονται σημαντικότερα.

Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος: Οι ιδιότητες της ύλης μπορούν να αλλάξουν με την κλίμακα. Για παράδειγμα κατά τη μετάβαση ενός υλικού από τη μακροκλίμακα στη νανοκλίμακα, οι ιδιότητές του αλλάζουν απροσδόκητα και το υλικό αποκτά νέα λειτουργικότητα.

Αυτοοργάνωση: Κάτω από ειδικές συνθήκες κάποια υλικά μπορούν αυθόρμητα να συναθροιστούν δημιουργώντας οργανωμένες δομές. Η διαδικασία αυτή είναι πολύ σημαντική στην νανοκλίμακα για τον χειρισμό των υλικών.

Εργαλεία και όργανα: Η ανάπτυξη νέων εργαλείων και οργάνων συμβάλλει στην επιστημονική πρόοδο. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη εξειδικευμένων εργαλείων όπως τα μικροσκοπία SPM (scanning probe microscope) και SEM (scanning electron microscope) οδηγούν σε νέα επίπεδα κατανόησης της ύλης, βοηθώντας τους επιστήμονες στον εντοπισμό, στο χειρισμό, στη μέτρηση και στη διερεύνηση γενικότερα της ύλης στη νανοκλίμακα με ακρίβεια.

Μοντέλα και προσομοιώσεις: Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν μοντέλα και προσομοιώσεις για την οπτικοποίηση, την ερμηνεία, την πρόβλεψη και την δημιουργία υποθέσεων για τις δομές, τις ιδιότητες και τις συμπεριφορές των φαινομένων. Το εξαιρετικά μικρό μέγεθος και η πολυπλοκότητα της νανοκλίμακας καθιστούν τα μοντέλα και τις προσομοιώσεις χρήσιμα για την μελέτη και τον σχεδιασμό φαινομένων στη νανοκλίμακα.

Επιστήμη-Τεχνολογία-Κοινωνία: Καθώς η νανοτεχνολογία είναι μια ανερχόμενη επιστήμη, μπορεί να διαδραματίσει έναν σημαντικό ρόλο στην διαδικασία λήψης αποφάσεων για το πώς πρέπει να χρησιμοποιούνται οι νέες τεχνολογίες. Για παράδειγμα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη κατά την λήψη αποφάσεων ποιοι ωφελούνται από τα νέα προϊόντα που δημιουργούνται, με ποιόν τρόπο και ποιοι ζημιώνονται.

Εκπαιδευτικές προτάσεις για τη διδασκαλία της νανοτεχνολογίας στην τυπική και στη μη τυπική εκπαίδευση

Έπειτα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση για το περιεχόμενο της νανοτεχνολογίας μελετήθηκαν εκπαιδευτικές προτάσεις για την διδασκαλία της. Πρώτα μελετήθηκαν οι περιπτώσεις των Η.Π.Α. και της Αυστραλίας που ενσωμάτωσαν τη νανοτεχνολογία μέσα στα ήδη υπάρχοντα αναλυτικά προγράμματα στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Στη συνέχεια καθώς δεν βρέθηκε υλικό που να αφορά την πρωτοβάθμια υποχρεωτική εκπαίδευση αναζητήθηκαν προτάσεις στη μη τυπική εκπαίδευση όπως τα προγράμματα NanoYou, NanoAventura και Nanodays, τα οποία απευθύνονται σε παιδιά από 11 ετών και άνω.

Το Nanoyou (Nano for Youth) είναι ένα πρότζεκτ, το οποίο στοχεύει στην πληροφόρηση των νέων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη νανοτεχνολογία και στην ενθάρρυνση της συμμετοχής τους σε συζητήσεις για τις κοινωνικές, ηθικές και νομικές πλευρές της νανοτεχνολογίας. Απευθύνεται σε ηλικιακές ομάδες από 11-18 ετών μέσα στα σχολικά προγράμματα και σε νέους από 18-25 ετών σε κέντρα Φυσικών Επιστημών. Το Nanoyou επικεντρώνεται σε περιεχόμενο που αφορά την ιατρική, την ενέργεια, το περιβάλλον και τις τεχνολογίες επικοινωνίας (Filipponi & Sutherland 2009).

Το NanoAventura αναπτύχθηκε στο μουσείο φυσικών επιστημών "Exploratory Science Museum" της Βραζιλίας. Σκοπός του ήταν να δημιουργηθεί μια διαδραστική έκθεση που θα προκαλούσε το ενδιαφέρον παιδιών 9-12 ετών για τη νανοτεχνολογία. Χρησιμοποιήθηκαν εκπαιδευτικά υλικά όπως βίντεο, ηλεκτρονικά παιχνίδια, μουσική και προσομοιώσεις με τα οποία τα παιδιά καλούνταν να εξερευνησουν τον «νανοσκοπικό κόσμο» ώστε να αποκομίσουν μαθησιακά οφέλη αλλά και να ψυχαγωγηθούν. Το περιεχόμενο το οποίο διαπραγματεύτηκαν ήταν: η νανοϊατρική, τα νανοκυκλώματα, οι αυτοκαθαριζόμενες επιφάνειες και το μέγεθος (Murriello, Contier & Knobel, 2006).

Τα Nanodays είναι διεθνή φεστιβάλ με εκπαιδευτικά προγράμματα για την νανοτεχνολογία. Ξεκίνησαν το 2008 και έχουν πραγματοποιηθεί σε περισσότερα από 250 μουσεία φυσικών επιστημών μέχρι σήμερα. Τα φεστιβάλ στόχο έχουν να εμπλέξουν τον κόσμο σε θέματα που αφορούν το μέγεθος, τις ιδιότητες και τις νέες τεχνολογίες που σχετίζονται με την νανοκλίμακα. Διεξάγουν χειραπτικές δραστηριότητες και συζητήσεις

μέσω των οποίων όλες οι ηλικιακές ομάδες διερευνούν θέματα του νανόκοσμου, όπως την υδροφοβικότητα, το χρώμα των υλικών που αλλάζει ανάλογα με το μέγεθός τους, αλλά και τα οφέλη και τους κινδύνους που μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα οι εφαρμογές της νανοτεχνολογίας (www.nisenet.org).

Ιδέες των μαθητών για την νανοτεχνολογία

Σε ερωτήσεις σχετικές με το μέγεθος αντικειμένων στην νανοκλίμακα, μαθητές των τάξεων από 2^η μέχρι 4^η ανέφεραν ως μικρότερα αντικείμενα που μπορούν να σκεφτούν, αντικείμενα του μακρόκοσμου και του μικρόκοσμου όπως μυρμήγκια και βακτήρια αντίστοιχα (Castelini et al., 2007). Μαθητές από την 6^η τάξη και έπειτα ανέφεραν στην πλειοψηφία τους τα άτομα. Σε ερωτήσεις όμως στις οποίες καλούνταν να ταξινομήσουν τα αντικείμενα: κύτταρο, βακτήριο, άτομο, μόριο νερού, από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο στο σύνολό τους αποτύγχαναν. Φαίνεται λοιπόν πως οι μικρότεροι μαθητές νομίζουν ότι τα μικρότερα αντικείμενα που υπάρχουν είναι αυτά του μακρόκοσμου ή του μικρόκοσμου, ενώ οι μεγαλύτεροι παρόλο που αναφέρουν ως μικρότερα τα άτομα, δεν είναι ικανοί να ταξινομήσουν αντικείμενα του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου με βάση το μέγεθος τους. Επίσης οι περισσότεροι μαθητές δεν είχαν ακούσει την λέξη νανοτεχνολογία αλλά ακόμα και από αυτούς που την είχαν ακούσει πολύ λίγοι μπορούσαν να δώσουν έναν ορισμό. Βασικότερη πηγή από την οποία είχαν ακούσει την λέξη ήταν τα μέσα μαζικής ενημέρωσης.

Σε έρευνα, η οποία απευθυνόταν σε μαθητές 9-11 ετών διαπιστώθηκε ότι μόνο το 20% του δείγματος είχε ακούσει τις λέξεις *νανοεπιστήμη* ή/και *νανοτεχνολογία* ενώ κανένας δε μπορούσε να δώσει έναν ορισμό (Murriello, Contier, & Knobel, 2006). Επίσης οι μαθητές είχαν δυσκολία να δώσουν σωστούς ορισμούς για τα κύτταρα, τα μόρια και τα άτομα, τα οποία αποτελούν σημαντικές έννοιες στο πεδίο της νανοτεχνολογίας. Επιπλέον, οι μαθητές, σε ερωτήσεις που αφορούσαν το μικρότερο αντικείμενο που μπορούν να σκεφτούν, αναφέρονταν μόνο σε αντικείμενα του βιολογικού μικρόκοσμου. Οι ερευνητές βασισμένοι στην τελευταία διαπίστωση υποθέτουν πως ο βιολογικός μικρόκοσμος μπορεί να αποτελέσει το «κλειδί» για να κατανοήσουν οι μαθητές τον νανόκοσμο.

ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Λαμβάνοντας υπ όψη το πλαίσιο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης επιλέξαμε από τις μεγάλες ιδέες τις ακόλουθες έξι: α) μέγεθος και κλίμακα β) ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος γ) εργαλεία και όργανα δ) μοντέλα και προσομοιώσεις ε) επιστήμη-τεχνολογία-κοινωνία στ) δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις. Η επιλογή της εκάστοτε ιδέας αιτιολογείται ακολούθως.

Μέγεθος και κλίμακα: Θεμελιακή έννοια για την νανοτεχνολογία αποτελεί το μέγεθος και η κλίμακα. Οι επιστήμονες συνηθίζουν να χωρίζουν τον κόσμο σε επιμέρους κόσμους (μακρο- μικρο- νάνο) στον καθένα από τους οποίους υπάρχουν ταξινομημένα τα αντικείμενα με βάση το μέγεθος και την συμπεριφορά τους (Stevens et al., 2009). Οι μαθητές σύμφωνα με τις ιδέες που αναφέρθηκαν στην παραπάνω ενότητα, γνωρίζουν

αντικείμενα του μακρόκοσμου και του μικρόκοσμου στο δημοτικό σχολείο. Αυτό που επιδιώκουμε εμείς είναι να δημιουργήσουμε στους μαθητές μια νέα οντολογική κατηγορία, αυτή του νανόκοσμου, μέσα στην οποία θα ταξινομηθούν αντικείμενα με τα δικά τους μεγέθη και τις δικές τους συμπεριφορές. Επιδιώκεται να προσεγγίσουμε τον νανόκοσμο ως έναν κόσμο ο οποίος μπορεί μεν να είναι τόσο μικρός, επηρεάζει δε τον μικρόκοσμο αλλά και τον μακρόκοσμο. Με άλλα λόγια, μπορεί να μην βλέπουμε τα αντικείμενά του με γυμνό μάτι ή με οπτικό μικροσκόπιο λόγω του μεγέθους τους, βλέπουμε όμως τα αποτελέσματά τους στον μακρόκοσμο. Για παράδειγμα στην περίπτωση της ίωσης, ο ιός του οποίου το μέγεθος ανήκει στην νανοκλίμακα, προσβάλλει τα κύτταρα τα οποία ανήκουν στην μικροκλίμακα και αρρωσταίνει τον άνθρωπο ο οποίος ανήκει στην μακροκλίμακα. Επίσης η έννοια της κλίμακας είναι αναγκαία για την περιγραφή φαινομένων που προτείνουμε να διδαχθούν, όπως για παράδειγμα το φαινόμενο του λωτού.

Ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος: Από τον ορισμό της νανοτεχνολογίας φαίνεται πως θεμελιακή έννοια για τη νανοτεχνολογία δεν αποτελεί μόνο το μέγεθος αλλά και οι ιδιότητες των υλικών οι οποίες εξαρτώνται από αυτό. Υλικά όταν φτάνουν σε μέγεθος νανοκλίμακας αλλάζουν ιδιότητες. Τις ιδιότητες αυτές τις εκμεταλλεύεται η νανοτεχνολογία ενσωματώνοντας τις σε πληθώρα τεχνολογικών προϊόντων, δημιουργώντας για παράδειγμα άχρωμα αντηλιακά με υψηλή προστασία (Stevens et al., 2009). Στο δημοτικό σχολείο επιδιώκουμε οι μαθητές να έχουν επίγνωση αυτής της ιδέας, καθώς τέτοιου είδους προϊόντα ενδέχεται να χρησιμοποιήσουν στην καθημερινή τους ζωή.

Εργαλεία και όργανα: Η ανάπτυξη νέων οργάνων συμβάλλει στην επιστημονική πρόοδο όπως έχει αναφερθεί παραπάνω. Η ανάπτυξη για παράδειγμα των μικροσκοπίων SPM και SEM συμβάλλει στο να μελετούν και να χειρίζονται οι επιστήμονες αντικείμενα στην νανοκλίμακα (Stevens et al., 2009). Η αναγκαιότητα ανάπτυξης όμως των μικροσκοπίων αυτών προέκυψε από το γεγονός ότι το οπτικό μικροσκόπιο έχει όρια, είναι δηλαδή ικανό να οπτικοποιεί αντικείμενα μέχρι 0,2μm (Stevens et al., 2009). Στο δημοτικό σχολείο λοιπόν εκμεταλλευόμαστε την ύπαρξη αυτών των ορίων για να οριοθετήσουμε τον εκάστοτε κόσμο. Πιο συγκεκριμένα επιδιώκουμε να οριοθετήσουμε τον μακρόκοσμο, τον μικρόκοσμο και τον νανόκοσμο ποιοτικά, με βάση τα όργανα παρατήρησης των αντικειμένων τους. Έτσι ξεκινάμε από τον μακρόκοσμο διαπιστώνοντας ότι το γυμνό μάτι έχει όρια, δε μπορεί να δει μέσα στον μικρόκοσμο και ότι είναι αναγκαίο ένα νέο όργανο, το οπτικό μικροσκόπιο. Το οπτικό μικροσκόπιο αντιστοιχίζεται με τον μικρόκοσμο αλλά διαπιστώνεται πως και αυτό έχει όρια. Δε μπορούμε για παράδειγμα να δούμε το DNA μέσα στον πυρήνα του κυττάρου το οποίο (DNA) ανήκει στον νανόκοσμο. Επομένως διαπιστώνεται η αναγκαιότητα ενός νέου οργάνου, του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου το οποίο με τη σειρά του αντιστοιχίζεται με τον νανόκοσμο.

Μοντέλα και προσομοιώσεις: Τα μοντέλα βοηθούν τους επιστήμονες να οπτικοποιούν κάποια χαρακτηριστικά των αντικειμένων και φαινομένων που μελετούν, να προβλέπουν τη συμπεριφορά τους, να την ελέγχουν μέσα από πειράματα, να

οργανώνουν τις παρατηρήσεις και τις αναπαραστάσεις των δεδομένων τους και να διεξάγουν υποθέσεις για τον στόχο που μελετούν (Stevens et al., 2009). Καθώς δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ηλεκτρονικό μικροσκόπιο στο δημοτικό σχολείο επιλέξαμε οι μαθητές να διερευνήσουν τον νανόκοσμο μέσα από μοντέλα. Οι μαθητές επιδιώκεται να μελετήσουν μοντέλα, όπως εικόνες αντικειμένων του νανόκοσμου και βίντεο φαινομένων του νανόκοσμου, τα οποία θα χρησιμοποιήσουν ως πηγές συλλογής δεδομένων, τόσο για την κατανόηση εννοιών και φαινομένων του νανόκοσμου όσο και για την κατασκευή δικών τους αντίστοιχων μοντέλων με υλικά καθημερινής χρήσης.

Επιστήμη- Τεχνολογία- Κοινωνία: Σύμφωνα με τους Stevens et al. (2009) η νανοτεχνολογία αναμένεται να επηρεάσει όλους τους τομείς της ζωής μας. Υπάρχουν ήδη πολλές εφαρμογές, στην ηλεκτρονική, στα καλλυντικά, στην υγεία, στην ενέργεια, στο περιβάλλον και στη γεωργία. Για τον λόγο αυτό οι μαθητές που ασχολούνται με τη νανοτεχνολογία πρέπει να είναι ικανοί να ασκούν κριτική πάνω σε θέματα που αφορούν την νανοτεχνολογία. Υπάρχει γενικά ένας προβληματισμός για τις επιπτώσεις που μπορεί να έχουν οι εφαρμογές στην υγεία των ζωντανών οργανισμών. Στο δημοτικό σχολείο προτείνουμε να συζητούνται τέτοια θέματα ώστε οι μαθητές να είναι ικανοί να λαμβάνουν μέρος στην καθημερινή τους ζωή σε συζητήσεις για κοινωνικά θέματα που σχετίζονται με τη νανοτεχνολογία.

Δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις: Θέματα σχετικά με τις δυνάμεις και τις αλληλεπιδράσεις είναι σημαντικά για τα περισσότερα επιστημονικά περιεχόμενα. Στην περίπτωση της νανοτεχνολογίας προτείνονται 5 μαθησιακοί στόχοι που αφορούν τις δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις για καθέναν από τους οποίους επισημαίνονται από τους Stevens et al. (2009) και οι πιθανές παρανοήσεις και δυσκολίες που μπορεί να αντιμετωπίσουν οι μαθητές. Από το γεγονός αυτό διαφαίνεται η δυσκολία του επιπέδου επίτευξης των στόχων αυτών ακόμα και από μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Στο δημοτικό σχολείο προτείνουμε να γίνει διαπραγμάτευση από τις δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις, μόνο των ηλεκτροστατικών δυνάμεων, τις οποίες νοσηματοδοτούμε ως δυνάμεις οι οποίες υπερνικούν την βαρύτητα. Προτείνεται επίσης να μη γίνεται αναφορά στον όρο ηλεκτρικές δυνάμεις παρά μόνο στον όρο δυνάμεις οι οποίες υπερνικούν την βαρύτητα. Ο λόγος για τον οποίο εισάγουμε τις δυνάμεις είναι για εξηγηθούν οι ιδιότητες των ποδιών της σαύρας Gecko και αντίστοιχων τεχνολογικών προϊόντων.

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 1) παρουσιάζεται ο τίτλος του κάθε δίωρου διδασκαλίας και η μεγάλες ιδέες που περιλαμβάνει.

Πίνακας 1: Το εκπαιδευτικό υλικό και οι μεγάλες ιδέες

Δίωρο	Τίτλος	Μεγάλες Ιδέες
1 ^ο	Εισαγωγή στο νάνο	Μέγεθος και κλίμακα
2 ^ο & 3 ^ο	Από τον μακρόκοσμο στο νανόκοσμο	Μέγεθος και κλίμακα Μοντέλα και προσομοιώσεις Εργαλεία και όργανα
4 ^ο	Από τον νανόκοσμο της φύσης στον νανόκοσμο της τεχνολογίας	Μέγεθος και κλίμακα Μοντέλα και προσομοιώσεις Επιστήμη - Τεχνολογία - Κοινωνία Δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις
5 ^ο	Αλλαγή ιδιοτήτων και φιλτράρισμα νερού	Μέγεθος και κλίμακα Μοντέλα και προσομοιώσεις Επιστήμη - Τεχνολογία - Κοινωνία Αλλαγή ιδιοτήτων

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΚΑΘΕ ΔΙΩΡΟ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Το εκπαιδευτικό υλικό το οποίο παρήχθη, χωρίζεται σε δύο κατηγορίες:

1. Εκπαιδευτικό υλικό το οποίο δόθηκε έτοιμο από τον εκπαιδευτικό στους μαθητές και χρησιμοποιήθηκε ως μέσο μάθησης (π.χ. βίντεο και εικόνες)
2. Εκπαιδευτικό υλικό το οποίο οι μαθητές κατασκεύασαν ως προϊόν μάθησης (π.χ. μοντέλα και αφίσες κατασκευασμένα από τους μαθητές)

Στους παρακάτω πίνακες (Πίνακας 2, 3, 4, 5) παρουσιάζεται το εκπαιδευτικό υλικό για κάθε δίωρο διδασκαλίας. Στην πρώτη στήλη υποδεικνύεται ο τίτλος του εκάστοτε υλικού, στην δεύτερη πραγματοποιείται η περιγραφή του και στην τρίτη αναφέρεται σε ποια από τις δυο παραπάνω κατηγορίες ανήκει το εκπαιδευτικό υλικό. Έχουμε κωδικοποιήσει με «Ε» το υλικό το οποίο δόθηκε έτοιμο από τον εκπαιδευτικό και με «Μ» το υλικό που κατασκευάστηκε από τους μαθητές. Δίπλα από τον κάθε κωδικό υπάρχει ο αύξοντας αριθμός του εκάστοτε υλικού (π.χ. Ε1 για το 1^ο υλικό, Ε2 για το δεύτερο κτλ.)

1ο δίωρο διδασκαλίας: «Εισαγωγή στο νάνο»

Το εκπαιδευτικό υλικό του 1^{ου} δίωρου διδασκαλίας αποτελείται από όργανα φυσικών επιστημών (μεγεθυντικοί φακοί), animation και πίνακα ταξινόμησης. Ακολουθεί ο Πίνακας 2 στον οποίο παρουσιάζονται αναλυτικότερα τα υλικά.

Πίνακας 2: Το εκπαιδευτικό υλικό στο 1^ο δίωρο διδασκαλίας

Τίτλος υλικού	Περιγραφή	E/ M								
Όργανα: μεγεθυντικοί φακοί και λαβίδες	Οι μαθητές καλούνται να αναζητήσουν και να συλλέξουν με λαβίδες από την αυλή του σχολείου το μικρότερο αντικείμενο που μπορούν να δουν με γυμνό μάτι ή μεγεθυντικό φακό. Επιστρέφοντας στην αίθουσα πραγματοποιείται συζήτηση για το ποιο από τα αντικείμενα που συνέλεξαν είναι το μικρότερο και για το αν υπάρχει κάτι ακόμα μικρότερο.	E1								
Animation: “Horton hears a who”	Το animation έχει ως κεντρικό ήρωα έναν ελέφαντα ο οποίος ανακαλύπτει πως μέσα σε έναν κόκκο υπάρχει μια ολόκληρη πόλη. Πραγματοποιείται συνεχώς μια εναλλαγή του κόσμου μέσα και έξω από τον κόκκο καθώς και της αλληλεπίδρασής τους. Προβάλλεται από το animation ένα απόσπασμα ώστε να πραγματοποιηθεί η παραδοχή πως «ό,τι δε βλέπω δε σημαίνει πως δεν υπάρχει».	E2								
Πίνακας Ταξινόμησης	Με βάση το animation ζητείται από τους μαθητές να πραγματοποιήσουν έναν πίνακα ταξινόμησης των αντικειμένων που υπάρχουν μέσα στον κόκκο σε «μεγάλα, μεσαία, μικρά και πολύ μικρά». Σκοπός είναι να πραγματοποιηθεί η παραδοχή ότι «ακόμα και τα αντικείμενα που δεν τα βλέπω με γυμνό μάτι, έχουν και αυτά μεταξύ τους διαφορετικά μεγέθη». Για παράδειγμα οι μαθητές ταξινόμησαν τα αντικείμενα όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.	M1								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Μεγάλα</th> <th>Μεσαία</th> <th>Μικρά</th> <th>Πολύ μικρά</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Σπίτια Σπίτι δημάρχου Δρόμοι</td> <td>Τηλέφωνο Φλιτζάνι Γραφείο Βιβλία Ποδήλατο</td> <td>Ψάρι Συρραπτικό Καλαμπόκι</td> <td>Σκόνη κιμωλίας</td> </tr> </tbody> </table>	Μεγάλα	Μεσαία	Μικρά	Πολύ μικρά	Σπίτια Σπίτι δημάρχου Δρόμοι	Τηλέφωνο Φλιτζάνι Γραφείο Βιβλία Ποδήλατο	Ψάρι Συρραπτικό Καλαμπόκι	Σκόνη κιμωλίας	
Μεγάλα	Μεσαία	Μικρά	Πολύ μικρά							
Σπίτια Σπίτι δημάρχου Δρόμοι	Τηλέφωνο Φλιτζάνι Γραφείο Βιβλία Ποδήλατο	Ψάρι Συρραπτικό Καλαμπόκι	Σκόνη κιμωλίας							
	Από τον εκπαιδευτικό αναφέρεται για πρώτη φορά η λέξη νάνο, ως μέγεθος, ονομάζοντας έτσι την στήλη «μικρά αντικείμενα» του πίνακα ώστε να γίνει η παραδοχή, ότι το νάνο είναι κάτι πολύ μικρό, που δε φαίνεται με γυμνό μάτι.									

2^ο και 3^ο δίωρο: «Από τον μακρόκοσμο στον νανόκοσμο »

Το εκπαιδευτικό υλικό αποτελείται από μικροσκόπια, αφίσες, εικόνες, μοντέλα, και animation. Ακολουθεί ο πίνακας 3 στον οποίο παρουσιάζονται αναλυτικότερα τα υλικά.

Πίνακας 3: Το εκπαιδευτικό υλικό στο 2^ο και 3^ο δίωρο διδασκαλίας

Τίτλος υλικού	Περιγραφή	Ε/Μ
<p>Διάκριση του μακρόκοσμου, μικρόκοσμου και του νανόκοσμου με βάση το όργανο παρατήρησης των αντικειμένων τους</p>	<p>Οι μαθητές έχοντας καταλήξει ποιο είναι το μικρότερο αντικείμενο που μπορούν να δουν με γυμνό μάτι στο 1^ο δίωρο, καλούνται να συζητήσουν με ποιόν τρόπο μπορούν να δουν κάτι ακόμα μικρότερο. Αφού διαπιστωθεί η αναγκαιότητα του οπτικού μικροσκοπίου καλούνται να μελετήσουν με οπτικό μικροσκόπιο δείγμα αίματος, φύλλων φυτών και υμένα κρεμμυδιού. Για κάθε ένα από τα αντικείμενα αναζητούν πρώτα πληροφορίες - για τα ερυθρά αιμοσφαίρια, για τα στόματα φύλλων και για τα κύτταρα και τους πυρήνες τους αντίστοιχα - και έπειτα τα παρατηρούν στο μικροσκόπιο. Τελευταίο από τα δείγματα παρατηρείται ο υμένας κρεμμυδιού με τα κύτταρα και τους πυρήνες. Στο σημείο αυτό οι μαθητές καλούνται να αναζητήσουν πληροφορίες για το τι περιέχεται στο εσωτερικό του πυρήνα. Στη συνέχεια ζητείται από τους μαθητές χρησιμοποιώντας την μεγαλύτερη μεγέθυνση του μικροσκοπίου να παρατηρήσουν το DNA στο εσωτερικό του πυρήνα. Καθώς δεν τα καταφέρουν τίθενται τα ερωτήματα: «Γιατί δε μπορούμε να δούμε το DNA στο εσωτερικό του πυρήνα;», «Τι χρειαζόμαστε για να το δούμε;» και πραγματοποιείται συζήτηση για την αναγκαιότητα ενός οργάνου το οποίο να προσφέρει μεγαλύτερη μεγέθυνση. Εκμεταλλεύομενοι λοιπόν τα όρια του κάθε οργάνου παρατήρησης του κόσμου περνάμε από το μακρόκοσμο στον μικρόκοσμο με την αναγκαιότητα του οπτικού μικροσκοπίου και από</p>	E3



το μικρόκοσμο στο νανόκοσμο με την αναγκαιότητα του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου.

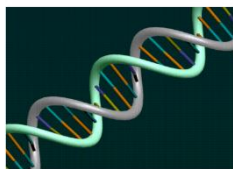
Πολυτροπική ηλεκτρονικού μικροσκοπίου αφίσα



Οι μαθητές μελετούν μια πολυτροπική αφίσα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου που αποτελείται από εικόνα και κείμενο με τις εξής πληροφορίες:
«Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο προσφέρει πολύ μεγαλύτερη μεγέθυνση από το οπτικό»
«Είναι συνδεδεμένο με ηλεκτρονικό υπολογιστή και μπορείς να δεις ό,τι μελετάς στην οθόνη του»
Μέσα από την αφίσα συλλέγουν πληροφορίες για την λειτουργία και την χρησιμότητα του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου.

E4

Εικόνες αντικειμένων του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου



Οι μαθητές χρησιμοποιούν εικόνες αντικειμένων του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου για να συλλέξουν δεδομένα που τους είναι απαραίτητα για διάφορες δραστηριότητες. Για παράδειγμα, πριν μελετήσουν δείγμα αίματος στο μικροσκόπιο παρατηρούν εικόνες και διεξάγεται συζήτηση για το πώς μοιάζουν τα ερυθρά αιμοσφαίρια ώστε να γνωρίζουν τι είναι και πώς μοιάζει αυτό που θα παρατηρήσουν. Άλλο παράδειγμα αποτελούν οι εικόνες (μοντέλα) αντικειμένων του νανόκοσμου, όπως του ιού και του DNA, από τις οποίες οι μαθητές λαμβάνουν πληροφορίες για την κατασκευή αντίστοιχων δικών τους μοντέλων.

E5

Μοντέλα αντικειμένων του μακρόκοσμου, του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου



Οι μαθητές καλούνται για κάθε μέρος του κόσμου που μελετούν (μάκρο- μικρο- νάνο) να μοντελοποιήσουν κάποια από τα αντικείμενά του. Για παράδειγμα, αφού μελετήσουν ερυθρά αιμοσφαίρια στο μικροσκόπιο καλούνται να τα μοντελοποιήσουν. Η μοντελοποίηση πραγματοποιείται είτε με πλαστελίνες είτε με ζωγραφιές. Όταν οι μαθητές ολοκληρώσουν την κατασκευή του πρώτου τους μοντέλου διεξάγεται συζήτηση σχετικά με τον ορισμό του μοντέλου.

M2

Αφίσα ταξινόμησης



Κάθε φορά που οι μαθητές κατασκευάζουν μοντέλα του εκάστοτε κόσμου, τα τοποθετούν σε μια αφίσα, η οποία είναι χωρισμένη σε τρεις περιοχές. Με την ολοκλήρωση της κατασκευής των μοντέλων και για τους τρεις κόσμους, πραγματοποιείται συζήτηση πάνω στην αφίσα σχετικά με το όργανο με το οποίο αισθητοποιείται ο εκάστοτε κόσμος. Διακρίνονται έτσι ο μακρόκοσμος από τον μικρόκοσμο και τον νανόκοσμο, με βάση το όργανο το χρησιμοποιείται για να γίνονται ορατά τα αντικείμενα του καθενός.

M3

Animation: “What nano means”



Οι μαθητές παρακολουθούν το animation “What nano means” και καλούνται να αναγνωρίσουν αντικείμενα του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου που έχουν μελετήσει ήδη με προηγούμενα εκπαιδευτικά υλικά.

E6

4^ο δώρο διδασκαλίας: «Από τον νανόκοσμο της φύσης στον νανόκοσμο της τεχνολογίας»

Το εκπαιδευτικό υλικό του 4^{ου} δώρου διδασκαλίας αποτελείται από πειραματικές δραστηριότητες, αφίσες, βίντεο, μοντέλα, και εικόνες. Ακολουθεί ο πίνακας 4 στον οποίο παρουσιάζονται αναλυτικότερα τα υλικά.

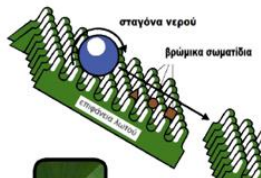
Πίνακας 4: Το εκπαιδευτικό υλικό στο 4^ο δώρο διδασκαλίας

Τίτλος υλικού	Περιγραφή	E/M
Πειραματισμός με υδρόφοβα και υδρόφιλα υλικά	Οι μαθητές καλούνται να ρίξουν με πιπέτες νερό πάνω σε διάφορα υδρόφοβα και υδρόφιλα υλικά, ώστε να παρατηρήσουν την διαφορετική συμπεριφορά των σταγόνων νερού πάνω τους αλλά και να πραγματοποιήσουν υποθέσεις για την εξήγηση του φαινομένου. Τα υλικά αυτά είναι λάχανο (το οποίο είναι υδρόφοβο), μαρούλι (το οποίο είναι υδρόφιλο), κομμάτια ξύλου, πέτρας και υφάσματος, τα οποία αποκτούν την ιδιότητα της υδροφοβικότητας αφού υποστούν	E7



ψεκασμό με σπρέι αδιαβροχοποίησης και αντίστοιχα κομμάτια υδρόφιλα.

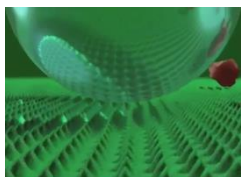
Πολυτροπική αφίσα για το φαινόμενο του λωτού



Οι μαθητές καλούνται να μελετήσουν μια αφίσα για το φαινόμενο του λωτού, η οποία αποτελείται από κείμενο και εικόνες. Μέσα από την αφίσα συλλέγουν πληροφορίες για την δομή της επιφάνειας του φύλλου στην οποία οφείλεται η ιδιότητα της υπερ-υδροφοβικότητας του λωτού.

E8

Βίντεο για το φαινόμενο του λωτού



Οι μαθητές παρακολουθούν ένα βίντεο το οποίο αποτελεί ένα τρισδιάστατο μοντέλο για το πώς εξηγείται το φαινόμενο του λωτού και καλούνται να το συγκρίνουν με όσα μελέτησαν στην αφίσα για το φαινόμενο του λωτού.

E9

Κατασκευή μοντέλου για το φαινόμενο του λωτού



Οι μαθητές με βάση τις πληροφορίες που έχουν συλλέξει για την υδροφοβικότητα και το φαινόμενο του λωτού, καλούνται να κατασκευάσουν ένα μοντέλο για να δείξουν την λειτουργία του. Τα υλικά τα οποία δίνονται είναι: κομμάτι φελιζόλ (περίπου 30cm x 30cm), καρφιά, μπαλόνια, χαρτοπετσέτες.

M4

Βίντεο για την Gecko



Οι μαθητές παρακολουθούν βίντεο για την σάυρα Gecko, η οποία υπερνικά τη βαρύτητα και περπατά σε τοίχους και στο ταβάνι ενός σπιτιού. Καλούνται έπειτα να κάνουν υποθέσεις για το που οφείλεται αυτή η ικανότητα της σάυρας.

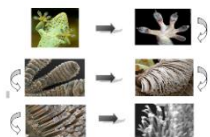
E9

Εικόνες με μεγέθυνση των ποδιών της Gecko

Οι μαθητές παρακολουθούν μια παρουσίαση εικόνων με διαβαθμισμένες μεγεθύνσεις των ποδιών της σάυρας από τον μακρόκοσμο μέχρι

E10

**από τον μακρόκοσμο
μέχρι τον νανόκοσμο**



τον νανόκοσμο. Για κάθε μια από τις εικόνες διεξάγεται συζήτηση για το τι νομίζουν ότι είναι αυτό που κολλάει στον τοίχο από τα πόδια της σαύρας και της επιτρέπει να περπατά σε οποιαδήποτε επιφάνεια.

**Μοντέλο για το πόσο
ισχυρά «σφηνώνουν οι
νανότριχες» των ποδιών
της σαύρας στον τοίχο**



Δίνονται στους μαθητές οι εξής οδηγίες: «Χρησιμοποιώντας 2 βιβλία τοποθετήστε τις σελίδες του ενός μέσα στο άλλο μία προς μία. Έπειτα προσπαθήστε να διαχωρίσετε τα βιβλία τραβώντας τα προς αντίθετες κατευθύνσεις». Με το μοντέλο αυτό θέλουμε οι μαθητές να διαπιστώσουν ότι όπως όταν οι σελίδες των βιβλίων «μπλέκονται» η μια μέσα στην άλλη έτσι και όταν οι «νανότριχες» των ποδιών της σαύρας μπλέκονται με τις προεξοχές της τραχιάς επιφάνειας του τοίχου, οι δυνάμεις που αναπτύσσονται είναι πολύ ισχυρές μη επιτρέποντας εύκολα τον διαχωρισμό τους.

M5

**Εικόνες μεγεθυμένες για
το δέρμα του καρχαρία**



Προβάλλονται εικόνες με μεγέθυνση του δέρματος του καρχαρία και πραγματοποιείται συζήτηση για το πώς οι νανοδομές του δέρματός του επηρεάζουν την ταχύτητα πλεύσης.

E11

**Κατασκευή
πολυτροπικής αφίσας με
νανοδομές της φύσης και
αντίστοιχα τεχνολογικά
προϊόντα**

Με αφορμή τις τρεις περιπτώσεις της ύπαρξης φυσικών νανοδομών που μελετούν οι μαθητές (λωτός, σαύρα Gecko, δέρμα καρχαρία) πραγματοποιείται συζήτηση για το πώς η φύση εμπνέει τους επιστήμονες να κατασκευάζουν προϊόντα χρήσιμα για την καθημερινή ζωή. Οι μαθητές δημιουργούν μια πολυτροπική αφίσα που αποτελείται α) με εκτυπωμένες εικόνες των τριών αυτών περιπτώσεων β) κείμενο το οποίο

M6



συντάσσουν οι ίδιοι σχετικά με τις ιδιότητες της εκάστοτε περίπτωσης και γ) κείμενο (το οποίο επίσης συντάσσουν οι ίδιοι) με σχετικά τεχνολογικά προϊόντα.

5^ο δίωρο διδασκαλίας: «Αλλαγή ιδιοτήτων ανάλογα με το μέγεθος» & «Καθαρισμός νερού μέσω νανοτεχνολογίας»

Το εκπαιδευτικό υλικό του 5^{ου} δίωρου διδασκαλίας αποτελείται από πειραματικές δραστηριότητες, εικόνες, βίντεο και μοντέλα. Ακολουθεί ο πίνακας 5, στον οποίο παρουσιάζονται αναλυτικότερα τα υλικά.

Πίνακας 5: Το εκπαιδευτικό υλικό στο 5^ο δίωρο διδασκαλίας

Τίτλος υλικού	Περιγραφή	E/M
Αλλαγή ιδιοτήτων ανάλογα με το μέγεθος		
Πείραμα: Διάλυση ενός συμπαγούς αναβράζοντος δισκίου και ενός θρυμματισμένου νερό	<p>Οι μαθητές ρίχνουν σε έναν δοκιμαστικό σωλήνα με νερό ένα συμπαγές αναβράζον δισκίο και σε έναν άλλο δοκιμαστικό σωλήνα με νερό ένα θρυμματισμένο. Στόχος είναι να ανακαλύψουν πως «όσο μικρότερο γίνεται ένα υλικό τόσο περισσότερο αλλάζουν οι ιδιότητές του». Στη συγκεκριμένη περίπτωση παρατηρούν ότι το συμπαγές δισκίο «δεν αφρίζει πολύ» ενώ το θρυμματισμένο (το οποίο οι ίδιοι θρυμματίζουν με σφυρί) «αφρίζει πάρα πολύ».</p>	E13
	<p>Οι μαθητές ρίχνουν σε έναν άδειο δοκιμαστικό σωλήνα μεγάλα κομμάτια φελιζόλ και σε έναν άλλο άδειο δοκιμαστικό σωλήνα μικρά κομμάτια φελιζόλ. Έπειτα πρέπει να ηλεκτρίσουν τα φελιζόλ τρίβοντας με μάλλινο ύφασμα τον δοκιμαστικό σωλήνα. Στόχος είναι όπως και στο προηγούμενο πείραμα να ανακαλύψουν πως «όσο μικρότερο γίνεται ένα υλικό τόσο περισσότερο αλλάζουν οι ιδιότητές του». Στη συγκεκριμένη περίπτωση παρατηρούν ότι τα μικρά κομμάτια φελιζόλ κολλούν κατά μήκος του σωλήνα ενώ τα μεγάλα όχι. Έπειτα πραγματοποιείται συζήτηση με βάση τα δυο αυτά πειράματα για το τι συμβαίνει κατ' αναλογία με</p>	E14
Πείραμα: Ηλεκτρισμός μεγάλων και μικρών κομματιών φελιζόλ		

τις ιδιότητες των υλικών όταν φτάνουν στον νανόκοσμο.

Καθαρισμός νερού μέσω νανοτεχνολογίας

Εικόνες ανθρώπων οι οποίοι πίνουν μη πόσιμο νερό



Πραγματοποιείται συζήτηση με βάση εικόνες ανθρώπων οι οποίοι πίνουν μη πόσιμο νερό, τόσο για τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει κάτι τέτοιο στην υγεία τους όσο και για το αν πρέπει οι επιστήμονες να βρουν κάποια λύση, ώστε όλοι οι άνθρωποι να πίνουν πόσιμο νερό.

E15

Πειραματισμός με υλικά για τον καθαρισμό του νερού



Δίνεται στους μαθητές ένα σουρωτήρι με μεγάλες τρύπες, ένα τούλι με μικρές τρύπες, ένα τούλι με ακόμα μικρότερες τρύπες, ένα φίλτρο του καφέ και ένα μπουκάλι με λασπόνερο. Οι μαθητές καλούνται να φιλτράρουν το νερό από όλα τα διαθέσιμα φίλτρα και να διερευνήσουν τι είναι αυτό που κάνει το νερό να καθαρίζει καλύτερα. Στόχος είναι να διαπιστώσουν ότι όσο μικρότερες είναι οι τρύπες απ' όπου διέρχεται το νερό τόσο πιο καθαρό γίνεται τελικά. Έπειτα πραγματοποιείται συζήτηση για το πόσο μικρές πρέπει να είναι οι τρύπες ενός φίλτρου ώστε να μη χωρούν να διέλθουν ούτε οι ιοί (για τους οποίους ήδη γνωρίζουν ότι έχουν μέγεθος νανοκλίμακας από το 3^ο δίωρο διδασκαλίας).

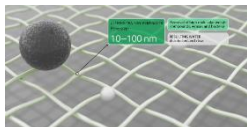
E16

Βίντεο για το νανόφιλτρο



Προβάλλεται βίντεο για ένα μπουκάλι νανόφιλτρου. Το βίντεο δείχνει έναν άνθρωπο να πίνει νερό μέσα από ένα ποτάμι χρησιμοποιώντας το μπουκάλι αυτό καθώς και το εσωτερικό του μπουκαλιού με το νανόφιλτρο. Έπειτα διεξάγεται συζήτηση για το αν οι ίδιοι θα έπιναν νερό από ένα ποτάμι χρησιμοποιώντας ένα μπουκάλι με νανόφιλτρο.

E17

Βίντεο νανόφιλτρου

Οι μαθητές παρακολουθούν ένα βίντεο το οποίο αποτελεί ένα τρισδιάστατο μοντέλο για το πώς λειτουργεί το νανόφιλτρο, ώστε να συλλέξουν δεδομένα τα οποία θα χρειαστούν για να κατασκευάσουν ένα δικό τους μοντέλο νανόφιλτρου. E18

Μοντέλο νανόφιλτρου

Οι μαθητές χρησιμοποιώντας συρματόπλεγμα, φελιζόλ και κολλητικές ταινίες διπλής όψευς καλούνται να κατασκευάσουν ένα μοντέλο νανόφιλτρου. M7

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Το εκπαιδευτικό υλικό εφαρμόστηκε σε 10 μαθητές ΣΤ τάξης σε δημοτικό σχολείο της Φλώρινας. Η διδακτική παρέμβαση είχε διάρκεια 5 ώρες κατά τις ώρες της ευέλικτης ζώνης. Το εργαλείο συλλογής δεδομένων είναι το ημερολόγιο του ερευνητή. Στο ημερολόγιο του ερευνητή μετά από κάθε διδασκαλία καταγράφονταν για όλα τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν, τα στοιχεία εκείνα που αφορούσαν την εφαρμοσιμότητα τους.

Με τον όρο εφαρμοσιμότητα εννοούμε: α) αν ήταν επαρκής ο χρόνος για την εφαρμογή τους β) αν οι μαθητές είχαν δυσκολία στο να χειριστούν τα υλικά και στο εκτελέσουν τις δραστηριότητες.

Το ερευνητικό ερώτημα στην εργασία αυτή είναι: «Ποια από τα εκπαιδευτικά υλικά που σχεδιάστηκαν έχουν θετική και ποια αρνητική εφαρμοσιμότητα;».

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στους παρακάτω πίνακες (Πίνακας 6, 7) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της 1^{ης} πιλοτικής εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού. Στην αριστερή στήλη του πίνακα παρουσιάζεται ο τίτλος του εκπαιδευτικού υλικού και στην δεξιά ένα θετικό (+) ή αρνητικό (-) πρόσημο. Το θετικό πρόσημο δίνεται στα υλικά για τα οποία και ο χρόνος ήταν επαρκής για την εφαρμογή τους και οι μαθητές δεν είχαν πρόβλημα με τον χειρισμό των υλικών και την εκτέλεση των δραστηριοτήτων. Αρνητικό πρόσημο δίνεται στα υλικά για τα οποία έστω και μια από τις δυο αυτές προϋποθέσεις δεν ικανοποιείται.

Πίνακας 6: Εφαρμοσιμότητα των εκπαιδευτικών υλικών ως μέσα μάθησης

Εκπαιδευτικό υλικό ως μέσο μάθησης (E)	Πρόσημο
E1: Εργαλεία (μεγεθυντικοί φακοί – λαβίδες)	+
E2: Animation “Horton hears a who”	-
E3: Διάκριση μάκρο- μικρο- νάνο με βάση το όργανο παρατήρησης (μικροσκόπια)	+

E4: Πολυτροπική αφίσα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου	+
E5: Εικόνες αντικειμένων του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου	+
E6: Animation “what nano means”	+
E7: Πειραματισμός με υδρόφιλα και υδρόφοβα υλικά	+
E8: Πολυτροπική αφίσα για το φαινόμενο του λωτού	+
E9: Βίντεο για το φαινόμενο του λωτού	+
E10: Βίντεο για την σαύρα Gecko	+
E11: Εικόνες με διαβαθμισμένη μεγέθυνση των ποδιών της Gecko	-
E12: Εικόνες για το δέρμα του καρχαρία	-
E13: Πείραμα για τις ιδιότητες με αναβράζοντα δισκία	+
E14: Πείραμα για τις ιδιότητες με φελιζόλ	+
E15: Εικόνες ανθρώπων που πίνουν μη πόσιμο νερό	+
E16: Πειραματισμός με υλικά για τον καθαρισμό του νερού	+
E17: Βίντεο για το νανόφιλτρο	+

Πίνακας 7: Εφαρμοσιμότητα των εκπαιδευτικών υλικών ως προϊόντα μάθησης

Εκπαιδευτικό υλικό ως προϊόν μάθησης (M)	Πρόσημο
M1: Πίνακας ταξινόμησης	+
M2: Μοντέλα αντικειμένων μακρόκοσμου, μικρόκοσμου, νανόκοσμου	+
M3: Αφίσα ταξινόμησης	+
M4: Μοντέλο για το φαινόμενο του λωτού	+
M5: Μοντέλο για την σαύρα Gecko	-
M6: Αφίσα με νανοδομές της φύσης και αντίστοιχα τεχνολογικά προϊόντα	+
M7: Μοντέλο νανόφιλτρου	+

Από το σύνολο των 24^{ων} εκπαιδευτικών υλικών τα οποία χρησιμοποιήθηκαν φαίνεται πως τα 21 έχουν θετική εφαρμοσιμότητα. Αυτό σημαίνει ότι για τα 21 αυτά υλικά ο χρόνος για την εφαρμογή τους ήταν επαρκής και οι μαθητές δεν είχαν δυσκολίες να τα χειριστούν ή να εκτελέσουν τις αντίστοιχες δραστηριότητες.

Αντίθετα, υλικά όπως animation “Horton hears a who” (E2), είχαν αρνητική εφαρμοσιμότητα. Για παράδειγμα στο E2, διαπιστώθηκε ότι απαιτούσε πολύ χρόνο για την παρακολούθησή του και τη σχετική συζήτηση καθώς και ότι το ίδιο μαθησιακό αποτέλεσμα, δηλαδή η παραδοχή ότι «ό,τι δε βλέπω δε σημαίνει πως δεν υπάρχει» φαίνεται ότι μπορεί να επιτευχθεί και με τις δραστηριότητες και υλικά του 2^{ου} δώρου διδασκαλίας.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο άρθρο περιγράφεται ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία της νανοτεχνολογίας στις μεγάλες τάξεις του δημοτικού σχολείου. Λαμβάνοντας υπόψη μας τη σχετική βιβλιογραφία, προσδιορίσαμε το περιεχόμενο που θα διδασχτεί και τα αντίστοιχα εκπαιδευτικά υλικά. Ακόμη παρουσιάζεται μέρος των αποτελεσμάτων της πιλοτικής εφαρμογής.

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του εκπαιδευτικού υλικού από την πιλοτική εφαρμογή φανερώνουν ότι η πλειονηφία των υλικών είχε θετική εφαρμοσιμότητα. Έτσι, στην επόμενη εφαρμογή πρόκειται να αφαιρεθούν τα υλικά τα οποία είχαν αρνητική εφαρμοσιμότητα, δηλαδή, τα (E2), (E11), (E12) και (E14).

Πέρα από τα αποτελέσματα της πιλοτικής εφαρμογής διαπιστώσαμε ότι στην ελληνική αγορά και ιδιαίτερα στην περιοχή της Φλώρινας δεν κυκλοφορούν πολλά προϊόντα τα οποία σχετίζονται με τις ιδιότητες της σαύρας Gecko (υλικά E10, E11, M5) σε αντίθεση με την περίπτωση του φαινομένου του Λωτού και τα υδροφοβικά προϊόντα που είναι περισσότερα. Τέλος διαπιστώθηκε πως τα μοντέλα και ως μέσα και ως προϊόντα μάθησης συνέβαλαν σημαντικά στον βαθμό εμπλοκής των μαθητών. Προκειμένου να ενισχυθεί η μάθηση περιεχομένου, η βιβλιογραφία υποστηρίζει πως η διδασκαλία περί της φύσης των μοντέλων επικουρεί την εννοιολογική κατανόηση (Schwartz, 2005). Έτσι σκοπεύουμε στην 2^η εφαρμογή να εμπλουτίσουμε την μοντελοποίηση με την διδασκαλία της φύσης και του ρόλου των μοντέλων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Blonder, R., & Sakhnini, S. (2012). Teaching two basic nanotechnology concepts in secondary school by using a variety of teaching methods. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(4), 500-516.
- Castellini, O. M., Walejko, G. K., Holladay, C. E., Theim, T. J., Zenner, G. M., & Crone, W. C. (2007). Nanotechnology and the public: Effectively communicating nanoscale science and engineering concepts. *Journal of Nanoparticle Research*, 9(2), 183-189.
- Chang, R. P. H. (2006). A call for nanoscience education. *Nano Today*, 1(2), 6-7.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2004). Προς μία ευρωπαϊκή στρατηγική για τη νανοτεχνολογία, EC Brussels, Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων διαθέσιμο στο: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2004:0338:FIN:EL:PDF>
- Filipponi, L. and Sutherland, D., Introduction to Nanoscience and Nanotechnologies. Chapter 1(2010), http://nanoyou.eu/attachments/188_Module-1-chapter-1.pdf
- Ghattas, N. I., & Carver, J. S. (2012). Integrating nanotechnology into school education: a review of the literature. *Research in Science & Technological Education*, 30(3), 271-284
- Hingant, B., Albe, V., (2010) Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: a review of literature. *Studies in Science Education*, Vol 46, Issue 2, p121-152
- Jones, M. G., Blonder, R., Gardner, G. E., Albe, V., Falvo, M., & Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and nanoscale science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*, 35(9), 1490-1512.

- Laherto, A. (2010). An Analysis of the Educational Significance of Nanoscience and Nanotechnology in Scientific and Technological Literacy. *Science Education International*, 21(3), 160-175.
- Μάνου, Λ., Σπύρτου, Α.,(2013) Η εισαγωγή της Νανοεπιστήμης - Νανοτεχνολογίας στην υποχρεωτική εκπαίδευση: βιβλιογραφική επισκόπηση του περιεχομένου και σύνδεση του με το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες. Πρακτικά 8ου Πανελλήνιου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, σσ664-671
- Mansoori A. G (2005) Principles of Nanotechnology Molecular Based Study of condensed matter in small systems. World Scientific Pub Co Inc
- Murriello, S., Contier, D., & Knobel, M. (2006). Challenges of an exhibit on nanoscience and nanotechnology. *Journal of Science Communication*, 5(4), 1-10.
- Roco, Mihail. C., and Bainbridge, W.S., eds. 2001. Societal implications of nanoscience and nanotechnology. Arlington, VA: National Science Foundation.
- Stevens, S. Y., Sutherland, L. M., & Krajcik, J. S. (2009). The big ideas of nanoscale science and engineering. NSTA press.
- Schwarz, C., & White, B. (2005) Metamodeling Knowledge: Developing Students' Understanding of Scientific Modeling. *Cognition and Instruction*, pp 165 – 205.

Παιδαγωγικές αναγνώσεις των σχολικών βιβλίων Φυσικών Επιστημών από τους εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης

Σπύρος Σαγιάννης¹, Κώστας Δημόπουλος²

¹ Υποψήφιος διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πελοποννήσου, Τμήμα Κοινωνικής και Εκπαιδευτικής Πολιτικής,

² Καθηγητής Πανεπιστημίου Πελοποννήσου, Τμήμα Κοινωνικής και Εκπαιδευτικής Πολιτικής

spirossagiannis@yahoo.gr, dimop@uop.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος του άρθρου είναι να αναλυθεί ο τρόπος με τον οποίο αποκωδικοποιούν οι εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης τα παιδαγωγικά μηνύματα των σχολικών βιβλίων των Φυσικών Επιστημών του Δημοτικού. Παράλληλα διερευνάται εάν παράγοντες όπως η διδακτική εμπειρία, η εξοικείωση με το σχολικό βιβλίο ή/και η εξοικείωση με εξωσχολικά κείμενα των Φυσικών Επιστημών επηρεάζει αυτή τη διαδικασία. Τα παιδαγωγικά μηνύματα του σχολικού βιβλίου ειδικότερα, αναλύονται με βάση τις διαστάσεις της ταξινόμησης, της περιχάραξης και της τυπικότητας όπως αυτές διαμορφώνονται από το γλωσσικό και το απεικονιστικό μέρος των βιβλίων αλλά και από τη σύνθεση των σελίδων του. Για την διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι εκπαιδευτικοί αποκωδικοποιούν τα παιδαγωγικά μηνύματα των σχολικών βιβλίων και άρα τα αναγνωρίζουν υλοποιήθηκαν ημιδομημένες συνεντεύξεις. Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις η σχετική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών ήταν σε θέση σωστά να αποκωδικοποιεί τα παιδαγωγικά μηνύματα του βιβλίου. Ωστόσο η μεγάλη πλειοψηφία των εκπαιδευτικών δεν ήταν σε θέση να τεκμηριώσει τις συγκεκριμένες επιλογές επικαλούμενη συγκεκριμένα και ορθά κριτήρια.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ταξινόμηση, Περιχάραξη, Τυπικότητα, Παιδαγωγικά μηνύματα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της εργασίας είναι να αναδειχθεί ο τρόπος με τον οποίο αποκωδικοποιούν οι εκπαιδευτικοί της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης τα παιδαγωγικά μηνύματα των σχολικών βιβλίων των Φυσικών Επιστημών του Δημοτικού σχολείου.

Πιο συγκεκριμένα η παρούσα εργασία έχει ως στόχο να:

- προσδιορίσει και να αναλύσει κατά πόσο αντιλαμβάνονται οι εκπαιδευτικοί τα παιδαγωγικά μηνύματα των σχολικών βιβλίων των Φυσικών Επιστημών του Δημοτικού
- διερευνήσει τα κριτήρια που χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί κατά την αποκωδικοποίηση των παιδαγωγικών μηνυμάτων των σχολικών βιβλίων
- ελέγξει τον τρόπο με τον οποίο η διδακτική εμπειρία και η εξοικείωση με το σχολικό βιβλίο αλλά και με άλλα εξωσχολικά (κείμενα) των Φυσικών Επιστημών, καθώς και η στάση των εκπαιδευτικών απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες επηρεάζουν τη σχετική διαδικασία αποκωδικοποίησης.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Βασικές έννοιες για να αντιληφθούμε τον τρόπο με τον οποίο αποκωδικοποιούν οι εκπαιδευτικοί τα παιδαγωγικά μηνύματα που απορρέουν από τα σχολικά βιβλία είναι οι έννοιες της *ταξινόμησης*, της *τυπικότητας* και της *περιχάραξης*, η λειτουργική εφαρμογή των οποίων ορίζει την παιδαγωγική διάσταση του επιστημονικού Λόγου στο σχολικό κείμενο.

Η έννοια της Ταξινόμησης

Η έννοια της *ταξινόμησης* αναφέρεται στο βαθμό της διαφύλαξης συνόρων μεταξύ διακριτών περιεχομένων (Bernstein, 1991). Ορίζει δηλαδή την ισχύ του συνόρου μεταξύ κατηγοριών περιεχομένου. Όπου η ταξινόμηση είναι ισχυρή, τα περιεχόμενα είναι καλά μονωμένα μεταξύ τους με ισχυρά σύνορα. Όπου η ταξινόμηση είναι ασθενής, υπάρχει μειωμένη μόνωση μεταξύ περιεχομένων των κατηγοριών.

Η αρχή της ταξινόμησης μπορεί να εφαρμοσθεί σε διάφορα γνωστικά αντικείμενα του αναλυτικού προγράμματος και κατ' επέκταση στο περιεχόμενο των σχολικών βιβλίων. Όταν στα σχολικά βιβλία υπάρχει σαφής διάκριση ανάμεσα στα γνωστικά αντικείμενα (για παράδειγμα ανάμεσα στα Μαθηματικά και στις Φυσικές Επιστήμες) τότε υπάρχει ισχυρή ταξινόμηση αναφορικά με αυτά τα γνωστικά αντικείμενα. Η αρχή της ταξινόμησης επίσης μπορεί να εφαρμοσθεί προκειμένου να διακρίνουμε το βαθμό μόνωσης των συνόρων μεταξύ διαφορετικών μορφών γνώσης όπως για παράδειγμα μεταξύ της φυσικο-επιστημονικής και της πρακτικο-βιομαθητικής γνώσης. Σε αυτή τη δεύτερη διάκριση εστιάζεται και η παρούσα εργασία.

Συγκεκριμένα, όταν στο σχολικό πλαίσιο οι δύο παραπάνω κατηγορίες γνώσης είναι διακριτές, τότε προκύπτει ισχυρή ταξινόμηση. Όταν αντίθετα στο σχολικό πλαίσιο

η επιστημονική γνώση αναμειγνύεται με την πρακτικο-βιωματική, τότε η ταξινόμηση θεωρείται χαλαρή.

Η ταξινόμηση λοιπόν αντιστοιχεί στην ισχύ του συνόρου μεταξύ διαφόρων κατηγοριών και αναφέρεται στην εξουσία που ορίζει τι μπορεί να τεθεί μαζί με τι, συγκροτώντας μια κατηγορία, και πόσο ισχυρή είναι η διάκριση μιας κατηγορίας από μια άλλη όπως για παράδειγμα η συγκρότηση των γνωστικών αντικειμένων και οι σχέσεις μεταξύ τους μέσα σε ένα πλαίσιο.

Τα κριτήρια με βάση τα οποία προσδιορίζεται ο βαθμός ταξινόμησης ανάμεσα στη φυσικο-επιστημονική και στην πρακτικο-βιωματική γνώση στα σχολικά βιβλία είναι: α) ο αριθμός των παρατηρήσεων που οδηγεί σε ένα επιστημονικό συμπέρασμα, η ύπαρξη ή μη πλήρους σειράς λογικών συλλογισμών καθώς και η χρήση ή μη προηγούμενων γνώσεων από την Επιστήμη για το γλωσσικό σημειωτικό σύστημα (Σκλαβενίτη, 2003), καθώς και β) η οντολογία των αναπαριστώμενων παραγόντων (καθημερινοί ή εξειδικευμένοι), το είδος της εικόνας ανάλογα με το βαθμό συμφωνίας της με την ανθρώπινη οπτική αντίληψη (ρεαλιστική, υβρίδιο, συμβατική) και το είδος της ανάλογα με το σκοπό λειτουργίας της για το απεικονιστικό σημειωτικό σύστημα (Δημόπουλος & Κουλαϊδής, 2010).

Έτσι όσο πιο μεγάλος αριθμός παρατηρήσεων αναφέρεται για να τεκμηριώσει ένα επιστημονικό συμπέρασμα, όσο πιο πολύ σε ένα τέτοιο συμπέρασμα οδηγεί μια πλήρης σειρά λογικών συλλογισμών και όσο μεγαλύτερη αναφορά και σύνδεση γίνεται με προγενέστερες επιστημονικές γνώσεις τόσο περισσότερο το γλωσσικό μέρος του σχολικού βιβλίου τείνει να παρουσιάζει την Επιστήμη ως διακριτό σώμα γνώσης από την καθημερινή πρακτικο-βιωματική γνώση και τόσο περισσότερο ισχυρή είναι η ταξινόμηση την οποία υποβάλλει.

Το ίδιο συμβαίνει όσο περισσότερο εξειδικευμένοι και έξω από την καθημερινή εμπειρία είναι οι αναπαριστώμενοι παράγοντες του απεικονιστικού μέρους, όσο πιο απομακρυσμένες από τον ανθρώπινη οπτική αντίληψη είναι οι σχετικές απεικονίσεις (συμβατικές) και όσο πιο εννοιολογική λειτουργία επιτελούν (κατά φθίνουσα σειρά ταξινομητική, αφηγηματική, αναλυτική) (Κουλαϊδής κ.ά., 2002).

Αναφορικά με την εκπαιδευτική διαδικασία θα λέγαμε ότι η ισχύς του συνόρου που εκφράζεται από την ταξινόμηση ως συστατικό του εκπαιδευτικού κώδικα, έχει άμεση επαφή με τους κανόνες *αναγνώρισης*, που καθορίζουν το πού ανήκει το ίδιο το υποκείμενο, ποια είναι η θέση του, η ταυτότητά του και η τοποθέτησή του στο πλέγμα των σχέσεων εξουσίας. Με την ταξινόμηση δηλαδή γίνονται διακριτές οι διαφορές και οι ομοιότητες μεταξύ των κατηγοριών, οδηγώντας τα μέλη της κάθε κατηγορίας της εκπαιδευτικής διαδικασίας (εκπαιδευτικούς και μαθητές) στην αναγνώρισή τους.

Η έννοια της Τυπικότητας

Η έννοια της *τυπικότητας* (Κουλαϊδής κ.ά., 2002) αναφέρεται στο βαθμό επεξεργασίας, συγκρότησης και συνολικής οργάνωσης των εκφραστικών κωδίκων, γλωσσικών και απεικονιστικών, που χρησιμοποιούνται για την παρουσίαση της πραγματικότητας. Ένα εκφραστικό μέσο υψηλής τυπικότητας επιτρέπει την αμφιμονοσήμαντη σχέση

σημαινόντος-σημαινόμενου και συνεπώς την ακριβέστερη απόδοση των επιστημονικών εννοιών (Halliday, 1993; Martin, 1993). Όσο υψηλότερη είναι η τυπικότητα τόσο πλησιέστερα είμαστε στους εξειδικευμένους επιστημονικούς κώδικες. Αντίθετα όσο χαμηλότερη είναι η τυπικότητα τόσο πλησιέστερα είμαστε στους καθημερινούς κώδικες εκφοράς.

Τα κριτήρια με βάση τα οποία προσδιορίζουμε το βαθμό τυπικότητας στα σχολικά βιβλία είναι: α) ο βαθμός χρήσης της επιστημονικής ορολογίας και του αντίστοιχου συμβολισμού, της ονοματοποίησης, της πολύπλοκης συντακτικής δομής και της χρήσης της παθητικής φωνής για το γλωσσικό μέρος, καθώς και β) η έκταση της ύπαρξης μαθηματικών συμβόλων, γεωμετρικών στοιχείων, γραμμάτων και συμβόλων, ποικιλίας χρωμάτων, χρωματικών διαβαθμίσεων και απεικονιζόμενου υπόβαθρου για το σημειωτικό σύστημα της εικονογράφησης (Κουλαϊδής κ.ά., 2002).

Έτσι, όταν το γλωσσικό μέρος του βιβλίου χαρακτηρίζεται από υψηλά επίπεδα χρήσης επιστημονικής ορολογίας και αντίστοιχου συμβολισμού, ονοματοποιήσεων, πολύπλοκης συντακτικής δομής και παθητικής φωνής τότε χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό επιστημονικής επεξεργασίας και εξειδίκευσης και άρα από υψηλή τυπικότητα. Το ίδιο συμβαίνει όταν στο απεικονιστικό μέρος του βιβλίου γίνεται εκτενής χρήση μαθηματικών συμβόλων, γεωμετρικών στοιχείων, γραμμάτων και συμβόλων, υπάρχει έλλειψη ποικιλίας χρωμάτων, χρωματικών διαβαθμίσεων και απεικονιζόμενου υπόβαθρου.

Η έννοια της Περιχάραξης

Τέλος, η έννοια της *περιχάραξης* με τη σειρά της, αναφέρεται στο βαθμό ελέγχου των κανόνων που προσδιορίζουν την εσωτερική λογική της παιδαγωγικής πρακτικής και ρυθμίζουν τις παιδαγωγικές σχέσεις. Ειδικότερα, η περιχάραξη αναφέρεται στο βαθμό ελέγχου που κατέχουν ο εκπαιδευτικός και ο μαθητής πάνω στους *κανόνες πραγμάτωσης* που ρυθμίζουν τις επικοινωνιακές σχέσεις κατά την εκπαιδευτική διαδικασία. Τους κανόνες αυτούς τους διακρίνουμε: α) σε *ρυθμιστικούς* και β) σε *διδακτικούς*. Αναφορικά με τους ρυθμιστικούς κανόνες στους οποίους επικεντρώνεται η παρούσα εργασία θα λέγαμε ότι αναφέρονται στη συμπεριφορά, στη διαγωγή και στην κοινωνική τάξη των πραγμάτων κατά τη διδακτική επικοινωνία. Πρόκειται δηλαδή για *κανόνες ιεραρχίας*.

Τα κριτήρια με βάση τα οποία προσδιορίζουμε το βαθμό της περιχάραξης ως προς τους ρυθμιστικούς κανόνες στα σχολικά βιβλία είναι: α) το είδος της πρότασης για το σημειωτικό σύστημα της γλώσσας και β) η κατακόρυφη γωνία, η οριζόντια γωνία και η απόσταση της λήψης για το απεικονιστικό σημειωτικό σύστημα. Πιο συγκεκριμένα, όταν ένα σχολικό κείμενο περιλαμβάνει πολλές προτάσεις σε προστακτική και πολλές απεικονίσεις στις οποίες οι αναπαριστώμενοι παράγοντες έχουν φωτογραφηθεί από χαμηλά ή η λήψη έχει γίνει από μεσαία ή μακρινή απόσταση και από το πλάι, και άρα αποπνέουν μια αίσθηση ότι οι αναγνώστες βρίσκονται σε υποδεέστερη κοινωνικά θέση και ότι αυτό που αναπαρίσταται βρίσκεται μακριά από αυτόν και έξω από τον κόσμο του, τότε το κείμενο συνολικά τείνει να αντιμετωπίζει τον αναγνώστη ως ένα κοινωνικά

υποδεέστερο ον και άρα η περιχάραξη είναι ισχυρή ως προς τους ρυθμιστικούς κανόνες (Κουλαϊδής κ.ά., 2002).

Αντίστοιχα για τον προσδιορισμό του επιπέδου της περιχάραξης ως προς τους ρυθμιστικούς κανόνες που υπαγορεύονται από το απεικονιστικό μέρος χρησιμοποιούνται ως κριτήρια η απόσταση λήψης σε συνδυασμό με την οριζόντια γωνία λήψης των απεικονιζόμενων παραγόντων. Τέλος στο επίπεδο της σύνθεσης της σελίδας ως κριτήριο χρησιμοποιείται η γραμμικότητα της σελίδας (Κουλαϊδής κ.ά., 2002).

Συμπερασματικά θα λέγαμε ότι, η ταξινόμηση οδηγεί στη διαμόρφωση διαφορών μεταξύ κατηγοριών, ενώ η περιχάραξη οδηγεί στην κατασκευή νόμιμων σχέσεων στο εσωτερικό των διαφόρων κατηγοριών. Η ταξινόμηση δηλαδή, αναφέρεται στη φύση της διαφοροποίησης μεταξύ περιεχομένων, ενώ η περιχάραξη αναφέρεται στο φάσμα των διαθέσιμων, σε διδάσκονται και διδασκόμενο, επιλογών όσον αφορά τον έλεγχο αυτού που μεταδίδεται και προσλαμβάνεται στο πλαίσιο της παιδαγωγικής σχέσης όπως αυτή διαμορφώνεται από το σχολικό βιβλίο (Bernstein, 1991).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δειγματοληψία-Δείγμα

Το δείγμα συγκροτήθηκε με τη μέθοδο της βολικής δειγματοληψίας και περιορίστηκε για πρακτικούς λόγους μόνο στην περιοχή της Αττικής. Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν εν τέλει τριάντα εκπαιδευτικοί. Για την επιλογή των εκπαιδευτικών του δείγματος λήφθηκαν υπόψη χαρακτηριστικά όπως το φύλο, η ηλικία, η αστικότητα της περιοχής υπηρεσίας, η συμμετοχή των εκπαιδευτικών σε μετεκπαίδευση και μεταπτυχιακά προγράμματα σπουδών, καθώς και η υπηρεσία τους στη δημόσια ή την ιδιωτική εκπαίδευση. Στόχος ήταν το δείγμα να παρουσιάζει τη μέγιστη δυνατή διαφοροποίηση ως προς τα εν λόγω χαρακτηριστικά.

Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας επιλέχθηκε η ημιδομημένη συνέντευξη. Πριν από τη φάση των κυρίως συνεντεύξεων προηγήθηκε σύντομη πιλοτική φάση με τη διεξαγωγή δοκιμαστικών συνεντεύξεων σε δείγμα πέντε εκπαιδευτικών. Το σχέδιο της ημιδομημένης συνέντευξης βασίστηκε στην ανάγνωση από τους εκπαιδευτικούς αποσπασμάτων διαφόρων τυπικών διδακτικών ενοτήτων των σχολικών βιβλίων Φυσικών Επιστημών του Δημοτικού και στην πρόσκληση αυτοί να αναγνωρίσουν τα επίπεδα της ταξινόμησης, της τυπικότητας και της περιχάραξης στα οποία παραπέμπουν αυτά τα αποσπάσματα καθώς και να τεκμηριώσουν τις σχετικές επιλογές τους με αναφορά σε συγκεκριμένα κριτήρια. Σε πολλά από τα αποσπάσματα υπήρξε παρέμβαση εκ μέρους του ερευνητή ώστε να διατηρηθεί η φυσικότητα του κειμένου, περιλαμβάνοντας διάφορα στοιχεία γραπτού κειμένου και απεικονιστικού υλικού τα οποία παραπέμπουν σε ποικίλα επίπεδα ταξινόμησης, περιχάραξης και τυπικότητας. Στην επόμενη ενότητα ακολουθεί ένα παράδειγμα το οποίο αφορά τη διερεύνηση της ικανότητας των εκπαιδευτικών να αναγνωρίζουν το βαθμό τυπικότητας τόσο του γλωσσικού όσο και του απεικονιστικού μέρους των κειμένων των βιβλίων, και το οποίο παράλληλα απηχεί τη συνολική λογική της συνέντευξης.

Περιγραφή ενός αποσπάσματος του σχεδίου της συνέντευξης

Αναφορικά με την περιγραφή του εργαλείου θα αναφερθούμε ενδεικτικά με την διερεύνηση του βαθμού εξειδίκευσης του γλωσσικού και του απεικονιστικού κώδικα του κειμένου, δηλαδή με την τυπικότητα του κειμένου.

Προκειμένου να ελεγχθεί το κατά πόσο οι εκπαιδευτικοί της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης είναι σε θέση να διακρίνουν τον υψηλό ή χαμηλό αντίστοιχα βαθμό συγκρότησης, επεξεργασίας και οργάνωσης του γλωσσικού κώδικα, που ορίζουν την υψηλή ή χαμηλή αντίστοιχα τυπικότητα του γλωσσικού κώδικα, τους δίνονται προς ανάγνωση και επεξεργασία δύο γραπτά κείμενα με ίδια θεματολογία («Ιδιότητες των υλικών σωμάτων: Όγκος και Μάζα»), αλλά με διαφορετική τυπικότητα του γλωσσικού κώδικα (με χαμηλή τυπικότητα το πρώτο γραπτό κείμενο και υψηλή τυπικότητα το δεύτερο γραπτό κείμενο) (βλέπε Παραδείγματα 1 και 2 αντίστοιχα).

Τα δύο αυτά κείμενα που δίνονται στους εκπαιδευτικούς κατασκευάστηκαν με αφορμή τις γραπτές αναφορές της ενότητας «Ιδιότητες των υλικών σωμάτων» σελ 16. από το «Βιβλίο Μαθητή, Φυσικά, Ερευνώ και Ανακαλύπτω Ε΄ Δημοτικού, Ο.Ε.Δ.Β.». Η επιλογή της συγκεκριμένης ενότητας έγινε διότι οι έννοιες του όγκου και της μάζας είναι οικείες στους εκπαιδευτικούς και επιπλέον οι αναφορές της ενότητας «Ιδιότητες των υλικών σωμάτων» χαρακτηρίζονται από υψηλή τυπικότητα που δε συναντάται συχνά σε άλλες αναφορές των βιβλίων των Φυσικών Επιστημών Δημοτικού.

Για την κατασκευή του γραπτού κειμένου χαμηλής τυπικότητας (α' κείμενο) χρησιμοποιήθηκαν (όπου δεν συνέβαινε ήδη στις δύο γραπτές αναφορές του βιβλίου) ρηματικά σύνολα, ρήματα ενεργητικής φωνής, παρατακτική σύνδεση των προτάσεων και έλλειψη επιστημονικών όρων και συμβόλων, χαρακτηριστικά που συνθέτουν τη χαμηλή τυπικότητα στο γλωσσικό κώδικα των κειμένων.

Για την κατασκευή του γραπτού κειμένου υψηλής τυπικότητας (β' κείμενο) χρησιμοποιήθηκαν (όπου δε συνέβαινε ήδη στις δύο γραπτές αναφορές του βιβλίου) ονοματικά σύνολα, ρήματα παθητικής φωνής, υποτακτική σύνδεση και επιστημονικοί όροι και σύμβολα, χαρακτηριστικά που έχουν λειτουργικό ρόλο στην εκφορά των εξειδικευμένων επιστημονικών νοημάτων και καθορίζουν την υψηλή τυπικότητα του γλωσσικού κώδικα.

Παράδειγμα 1: Α' κείμενο (Χαμηλή Τυπικότητα)

16

Ιδιότητες των υλικών σωμάτων


Όγκος

Όγκο ενός σώματος ονομάζουμε το χώρο που αυτό καταλαμβάνει. Η μονάδα που χρησιμοποιούμε για να μετρήσουμε τον όγκο είναι το κυβικό μέτρο, δηλαδή ο όγκος ενός κύβου με πλευρά ένα μέτρο. Σαν υποδιαίρεση του κυβικού μέτρου χρησιμοποιούμε το κυβικό εκατοστό, δηλαδή τον όγκο ενός κύβου με πλευρά ένα εκατοστό. Μια συνηθισμένη μονάδα για να μετράμε τον όγκο είναι το λίτρο. Ένα λίτρο είναι ίσο με χίλια κυβικά εκατοστά. Για να υπολογίσουμε τον όγκο ενός σώματος, πρέπει να μετρήσουμε τις διαστάσεις του, καθώς επίσης να το βυθίσουμε σε έναν ογκομετρικό σωλήνα και να μετρήσουμε τον όγκο του νερού που εκτοπίζει. Ο όγκος των στερεών και των υγρών είναι σταθερός ενώ ο όγκος των αερίων αλλάζει ανάλογα με το χώρο στον οποίο αυτά βρίσκονται. Το σχήμα των στερεών είναι επίσης σταθερό, ενώ το σχήμα των υγρών και των αερίων αλλάζει ανάλογα με το σχήμα του δοχείου που τα περιέχει.



Μάζα

Η μάζα ενός σώματος εκφράζει το ποσό της ύλης από οποίο αυτό αποτελείται. Η μονάδα που χρησιμοποιούμε για να μετρήσουμε τη μάζα είναι το κιλό. Επίσης χρησιμοποιούμε συχνά μία μικρότερη μονάδα για να μετράμε τη μάζα, το γραμμάριο. Ένα κιλό είναι ίσο με χίλια γραμμάρια. Μεγαλύτερη μονάδα για να μετράμε τη μάζα, σε σχέση με το κιλό, είναι ο τόνος. Ένας τόνος είναι ίσος με χίλια κιλά. Μετράμε τη μάζα σε ένα σώμα συγκρίνοντάς τη με σώματα γνωστής μάζας, που τα ονομάζουμε σταθμά. Το όργανο που χρησιμοποιούμε για να μετράμε το ονομάζουμε ζυγό σύγκρισης. Η μάζα είναι μία χαρακτηριστική ιδιότητα που έχουν τα σώματα, δεν αλλάζει, όπου και να είναι το σώμα.



Τη μάζα από ένα υλικό σώμα τη βρίσκουμε με το να προσθέσουμε τη μάζα που έχουν όλα τα μέρη του. Όσο πιο μεγάλη είναι η μάζα που έχουν τα μέρη, τόσο πιο μεγάλη είναι και η μάζα που έχει το σώμα.

Παράδειγμα 2: Β' κείμενο (Υψηλή Τυπικότητα)

16



Ιδιότητες των υλικών σωμάτων

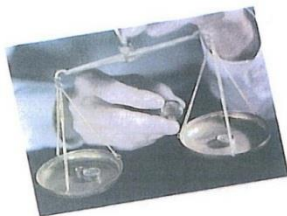
Όγκος



Όγκος ενός σώματος ονομάζεται ο χώρος κατάληψης του συγκεκριμένου σώματος. Ως μονάδα μέτρησης του όγκου ορίζεται το κυβικό μέτρο (1m^3), το οποίο εκλαμβάνεται ως ο όγκος ενός κύβου με ακμή 1m . Ως υποδιαίρεση του κυβικού μέτρου (1m^3) ορίζεται το κυβικό εκατοστό (1cm^3 ή 1ml), το οποίο εκλαμβάνεται ως ο όγκος ενός κύβου με ακμή 1cm . Μια ακόμη συνηθισμένη μονάδα μέτρησης του όγκου θεωρείται το λίτρο (1L), το οποίο ισούται με 1000cm^3 . Για τον υπολογισμό του όγκου ενός σώματος απαιτείται η μέτρηση των διαστάσεών του, καθώς επίσης και η βύθιση του σώματος σε έναν ογκομετρικό σωλήνα και η μέτρηση του όγκου του νερού το οποίο εκτοπίζεται. Γενικά παρατηρείται μία σταθερότητα του όγκου των στερεών και των υγρών, ενώ αντίστοιχα σημειώνεται μεταβολή του όγκου των αερίων, ανάλογα με το χώρο που βρίσκονται. Επιπροσθέτως παρατηρείται μία σταθερότητα του σχήματος των στερεών, καθώς επίσης και μία μεταβολή του σχήματος των υγρών και των αερίων, αναλόγως του σχήματος των δοχείων που περιέχονται.



Μάζα



Η μάζα ενός σώματος εκφράζεται μέσω της ποσότητας της ύλης από το οποίο αυτό αποτελείται. Ως μονάδα μέτρησης της μάζας ορίζεται το χιλιόγραμμα ή κιλό (kg). Συχνή θεωρείται και η χρησιμοποίηση του υποπολλαπλάσιου του κιλού, το γραμμάριο (1g). Ένα κιλό αποτελείται από 1000g , ενώ ως πολλαπλάσιο του κιλού ορίζεται τόνος (1t), που αποτελείται από 1000kg . Η μέτρηση της μάζας ενός σώματος γίνεται μέσω της σύγκρισης του με σώματα γνωστής μάζας, τα οποία ονομάζονται σταθμά. Το όργανο μέτρησης της μάζας ονομάζεται ζυγός σύγκρισης. Η μάζα θεωρείται ως μία χαρακτηριστική ιδιότητα των σωμάτων, η οποία δε μεταβάλλεται, όπου και αν βρίσκεται το σώμα.



Η μάζα ενός υλικού σώματος ισούται με το άθροισμα της μάζας των μορίων του. Όσο μεγαλύτερη θεωρείται η μάζα των μορίων και του πλήθους τους, τόσο μεγαλύτερη θεωρείται και η μάζα του σώματος.

Με βάση τα παραπάνω λοιπόν δυο κείμενα ερεθίσματα τα οποία επιδεικνύονται στους εκπαιδευτικούς κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων, στη συνέχεια τίθενται σε αυτούς τα ακόλουθα δύο ερωτήματα:

- Σε ποιο από τα δύο κείμενα θεωρούν ότι η γλώσσα είναι πιο επιστημονική για τους μαθητές στους οποίους άλλωστε και απευθύνονται τα δυο κείμενα (η ερώτηση τίθεται προκειμένου να ελεγχθεί εάν οι εκπαιδευτικοί είναι σε θέση να διακρίνουν σωστά τον υψηλό βαθμό τυπικότητας του γραπτού λόγου του δεύτερου γραπτού κειμένου και τον αντίστοιχα χαμηλό βαθμό τυπικότητας του πρώτου κειμένου) και
- Εάν είναι σε θέση να τεκμηριώσουν την κρίση τους ως προς το ποιο από τα δυο κείμενα χαρακτηρίζεται από υψηλότερη ή χαμηλότερη τυπικότητα μέσω αναφορών σε συγκεκριμένα στοιχεία του γλωσσικού κώδικα καθενός από αυτά (η ερώτηση αυτή τίθεται προκειμένου να ελεγχθούν τα κριτήρια τα οποία χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί για να αξιολογήσουν το βαθμό επιστημονικής εξειδίκευσης του γλωσσικού κώδικα ενός σχολικού βιβλίου Φυσικών Επιστημών).

Σε περίπτωση μη αναγνώρισης εκ μέρους των εκπαιδευτικών κάποιων εκ των κριτηρίων (ή ακόμα και όλων των κριτηρίων) υψηλής τυπικότητας του γλωσσικού μέρους του κειμένου τους υποδεικνύονται ρητά τα κριτήρια αυτά και καλούνται να απαντήσουν αν είναι σε θέση να διακρίνουν διαφορές ανάμεσα στα δύο γραπτά κείμενα ως προς τη χρήση: α) παθητικής ή ενεργητικής φωνής, β) ονοματικών ή ρηματικών συνόλων, γ) υποτακτικής ή παρατακτικής σύνδεσης, δ) επιστημονικών όρων και συμβόλων ή καθημερινής ορολογίας.

Στη συνέχεια τους ζητείται να αιτιολογήσουν τι εξυπηρετεί τους επιστήμονες να χρησιμοποιούν περισσότερο: α) την παθητική έναντι της ενεργητικής φωνής, β) τα ονοματικά αντί των ρηματικών συνόλων, γ) την υποτακτική αντί της παρατακτικής σύνδεσης, δ) τους επιστημονικούς όρους και τα σύμβολα αντί των καθημερινών όρων, προκειμένου να διαπιστώσουμε εάν αναγνωρίζουν το λειτουργικό χαρακτήρα που έχουν τα αντίστοιχα γλωσσικά στοιχεία στη συγκρότηση του επιστημονικού λόγου.

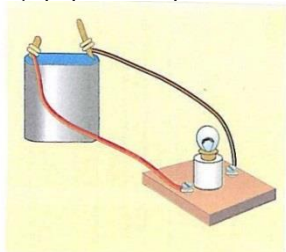
Προκειμένου στη συνέχεια να ελεγχθεί το κατά πόσο οι εκπαιδευτικοί της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης είναι σε θέση να διακρίνουν τον υψηλό ή χαμηλό αντίστοιχα βαθμό συγκρότησης, επεξεργασίας και οργάνωσης του απεικονιστικού κώδικα, που ορίζουν την υψηλή ή χαμηλή αντίστοιχα τυπικότητα, δόθηκαν στους συμμετέχοντες στην έρευνα δύο απεικόνισεις. Η πρώτη απεικόνιση βρίσκεται στη σελ. 107 από το «Φυσικά Δημοτικού, Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Τετράδιο Εργασιών, Ε΄ Δημοτικού Ο.Ε.Δ.Β.» στο κεφάλαιο με τίτλο «Ένα απλό κύκλωμα» σελ. 104-107 και απεικονίζει ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα (πρόκειται για μία ρεαλιστική απεικόνιση-υβρίδιο-βλέπε Παράδειγμα 3). Η δεύτερη απεικόνιση βρίσκεται επίσης στη σελ. 107 από το «Φυσικά Δημοτικού, Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Τετράδιο Εργασιών, Ε΄ Δημοτικού Ο.Ε.Δ.Β.» στο κεφάλαιο με τίτλο «Ένα απλό κύκλωμα» σελ. 104-107 και απεικονίζει ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα (συμβατική απεικόνιση-βλέπε Παράδειγμα 4).

Υπήρξε αρχικά ένας προβληματισμός για την επιλογή της πρώτης απεικόνισης, εάν έπρεπε να είναι ρεαλιστική απεικόνιση-υβρίδιο ή ρεαλιστική απεικόνιση. Προκρίθηκε τελικά η επιλογή της ρεαλιστικής απεικόνισης-υβριδίου έναντι μιας ρεαλιστικής απεικόνισης (φωτογραφία) για να συγκριθεί με τη συμβατική απεικόνιση. Αυτό έγινε προκειμένου να μην είναι ρητό και ευδιάκριτο στους συμμετέχοντες στην έρευνα ποια

από τις δύο απεικονίσεις εμφανίζει αντίστοιχα χαμηλή και υψηλή τυπικότητα ως προς τον απεικονιστικό κώδικα.

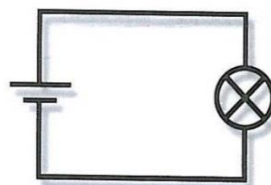
Παράδειγμα 3: Α΄ εικόνα

Χαμηλή τυπικότητα



Παράδειγμα 4: Β΄ εικόνα

Υψηλή τυπικότητα



Η πρώτη απεικόνιση χαρακτηρίζεται από χαμηλή τυπικότητα καθώς εμφανίζει μεγάλη ποικιλία χρωμάτων και χρωματικών διαβαθμίσεων, απεικονιζόμενο υπόβαθρο (φόντο) και απουσία επιστημονικών συμβάσεων. Η δεύτερη αντίστοιχα απεικόνιση, χαρακτηρίζεται από υψηλή τυπικότητα του απεικονιστικού κώδικα, καθώς υπάρχει απουσία χρωμάτων, χρωματικών διαβαθμίσεων, απεικονιζόμενου υπόβαθρου (φόντου) και έχει ενσωματωμένες επιστημονικές συμβάσεις (τα διάφορα μέρη του κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος - μπαταρία, καλώδια, λαμπτήρες - δεν απεικονίζονται ρεαλιστικά όπως στην πρώτη απεικόνιση, αλλά με σύμβολα).

Στη συνέχεια οι εκπαιδευτικοί καλούνται να απαντήσουν ποια από τις δύο απεικονίσεις θεωρούν ότι θα ήταν πιθανότερο να βρει κάποιος σε ένα εξειδικευμένο επιστημονικό βιβλίο. Καθώς το περιεχόμενο των δυο απεικονίσεων είναι το ίδιο (ηλεκτρικό κύκλωμα) αναμένεται οι εκπαιδευτικοί να επικεντρωθούν στις διαφορές ως προς τον τρόπο αναπαράστασης δηλαδή ως προς τον απεικονιστικό κώδικα. Ακολουθώντας οι εκπαιδευτικοί που συμμετέχουν στην έρευνα καλούνται να αιτιολογήσουν την απάντησή τους εντοπίζοντας συγκεκριμένες διαφορές στις δύο απεικονίσεις, προκειμένου να ελέγξουμε τα κριτήρια που χρησιμοποίησαν για να ορίσουν την τυπικότητα των δύο απεικονίσεων.

Σε περίπτωση μη αναγνώρισης εκ μέρους των εκπαιδευτικών κάποιων (ή ακόμα και όλων των) κριτηρίων που ορίζουν την υψηλή τυπικότητα της δεύτερης απεικόνισης (και την αντίστοιχα χαμηλή τυπικότητα της πρώτης απεικόνισης) τους απευθύνονται κάθε φορά μία σειρά ερωτήσεων στις οποίες καλούνται να απαντήσουν αν είναι σε θέση να διακρίνουν (καθ' υπόδειξή μας) διαφορές ανάμεσα στις δύο απεικονίσεις ως προς τη χρήση χρωμάτων, των χρωματικών διαβαθμίσεων, του απεικονιζόμενου υπόβαθρου (φόντου) και των επιστημονικών συμβάσεων. Παράλληλα ερωτώνται σχετικά με τη λειτουργικότητα που πιστεύουν ότι έχουν τα εν λόγω απεικονιστικά στοιχεία στη συγκρότηση του επιστημονικού λόγου.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αναγνώριση των παιδαγωγικών μηνυμάτων του γλωσσικού μέρους των σχολικών βιβλίων

Αναφορικά με τη διερεύνηση της δυνατότητας εκ μέρους των εκπαιδευτικών της διάκρισης της επιστημονικής από την καθημερινή γνώση (που υποστηρίζεται θεωρητικά από την έννοια της ταξινόμησης), της αναγνώρισης δηλαδή του βαθμού επιστημονικής εξειδίκευσης του περιεχομένου των σχολικών βιβλίων Φυσικών Επιστημών του Δημοτικού, βρέθηκε ότι έξι στους δέκα περίπου εκπαιδευτικούς είναι σε θέση να αναγνωρίσουν πότε ένα κείμενο εμφανίζει υψηλό βαθμό επιστημονικής εξειδίκευσης και πότε όχι.

Σχετικά με τα κριτήρια που χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί για την αιτιολόγηση του βαθμού της επιστημονικής εξειδίκευσης του περιεχομένου του γλωσσικού μέρους των κειμένων του σχολικού βιβλίου θα παρατηρούσαμε αρχικά ότι οι εκπαιδευτικοί δεν είναι σε θέση να αναγνωρίσουν σε ικανοποιητικό βαθμό λόγους ή κριτήρια που να τεκμηριώνουν ακριβώς αυτή την εξειδίκευση. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι τρεις στους δέκα εκπαιδευτικούς δεν αναγνωρίζουν κανένα ορθό κριτήριο και μόλις ένας στους δέκα αναγνωρίζει όλα τα ορθά κριτήρια.

Το φύλο των συμμετεχόντων στην έρευνα φαίνεται να παίζει ένα σημαντικό ρόλο ως προς το πλήθος των κριτηρίων αναγνώρισης της επιστημονικής εξειδίκευσης του γραπτού γλωσσικού κώδικα. Συγκεκριμένα βρέθηκε ότι οι άντρες που συμμετείχαν στην έρευνα φαίνεται να αναγνωρίζουν περισσότερους δείκτες σχετικούς με την επιστημονική εξειδίκευση συγκριτικά με τις γυναίκες συναδέλφους τους ($\chi^2 = 2.33$, $df=1$, $p<0.05$). Το εύρημα αυτό συνάδει με τη γενικότερη κοινωνική συνθήκη σύμφωνα με την οποία οι άνδρες έχουν καλύτερη αντίληψη των εννοιών και των φαινομένων των Φυσικών Επιστημών σε σύγκριση με τις γυναίκες.

Αναφορικά με την ικανότητα αναγνώρισης από τους εκπαιδευτικούς της τυπικότητας βρέθηκε ότι οι εκπαιδευτικοί σε ένα πολύ μεγάλο ποσοστό – και πιο συγκεκριμένα επτά στους δέκα–είναι σε θέση να αναγνωρίσουν τον υψηλό και χαμηλό αντίστοιχα βαθμό τυπικότητας του γραπτού κώδικα. Δεν είναι σε θέση ωστόσο να αναγνωρίζουν τα επιμέρους ορθά κριτήρια που προσδιορίζουν το βαθμό τυπικότητας του γλωσσικού κώδικα. Για παράδειγμα μόλις το ένα πέμπτο των ερωτηθέντων αναγνωρίζει ως ορθό κριτήριο της τυπικότητας τη χρήση ονοματικών συνόλων-ουσιαστικών. Επιπλέον δύο μόνο στους δέκα εκπαιδευτικούς περίπου αναγνωρίζουν τη χρήση επιστημονικών όρων και συμβόλων, καθώς και τη χρήση της παθητικής φωνής ως ορθά κριτήρια της τυπικότητας και μόλις το ένα δέκατο των ερωτηθέντων τη χρήση υποτακτικής σύνδεσης ή σύνθετων προτάσεων. Οι εκπαιδευτικοί που δεν αναγνώρισαν τα ορθά κριτήρια κλήθηκαν να αναγνωρίσουν τους λόγους χρήσης των δεικτών που αυξάνουν την τυπικότητα, αφού πρώτα όμως τους υποδείχθηκαν με ρητό τρόπο. Κατά τη διαδικασία αυτή, οι εκπαιδευτικοί αναγνώρισαν ότι η επιστημονική ορολογία και ο αντίστοιχος συμβολισμός αποτελούν βασικά χαρακτηριστικά του επεξεργασμένου κώδικα των Φυσικών Επιστημών, χωρίς όμως να μπορούν να τεκμηριώσουν την ακριβή

λειτουργικότητά τους, και ότι η ονοματοποίηση συμβάλλει στη συμπυκνωμένη διατύπωση πολύπλοκης πληροφορίας.

Η τριβή και η εξοικείωση των εκπαιδευτικών με τα σχολικά κείμενα των Φυσικών Επιστημών ($\chi^2 = 9.17$, $df=1$, $p<0.001$), καθώς και η ανάγνωση περιοδικών επιστημονικού ενδιαφέροντος, αυξάνει την ικανότητά τους για αναγνώριση της τυπικότητας του γραπτού κώδικα ($\chi^2 = 14.70$, $df=1$, $p<0.001$).

Το φύλο των συμμετεχόντων στην έρευνα φαίνεται και αυτό να παίζει ένα σημαντικό ρόλο στον τομέα αναγνώρισης της τυπικότητας του γραπτού γλωσσικού κώδικα. Ειδικότερα, οι άντρες που συμμετείχαν στην έρευνα φαίνεται να αναγνωρίζουν περισσότερους δείκτες σχετικούς με την τυπικότητα των κειμένων συγκριτικά με τις γυναίκες ($\chi^2 = 9.65$, $df=1$, $p<0.005$).

Τέλος σχετικά με την αναγνώριση από τους εκπαιδευτικούς της περιχάραξης θα λέγαμε αρχικά ότι έξι στους δέκα εκπαιδευτικούς είναι σε θέση να αναγνωρίσουν τη διαφοροποίηση κειμένων του σχολικού βιβλίου που διαφοροποιούνται γενικά ως προς την εν λόγω διάσταση. Οι μισοί περίπου από τους εκπαιδευτικούς βρέθηκε ότι είναι σε θέση να αναγνωρίσουν το βασικό κριτήριο διάκρισης των ρυθμιστικών κανόνων (είδος της πρότασης-προστακτική πρόταση. Ωστόσο μόλις το ένα τρίτο των εκπαιδευτικών αναγνωρίζουν το βασικό κριτήριο διάκρισης των διδακτικών κανόνων (χρήση β' ενικού προσώπου), που καθορίζει με σαφήνεια τους όρους συμμετοχής του μαθητή και οδηγεί σε ισχυρή περιχάραξη.

Φαίνεται ότι η ικανότητα των εκπαιδευτικών που είναι σε θέση να διακρίνουν καλύτερα τους ρυθμιστικούς που ορίζουν την περιχάραξη έχει άμεση σχέση με το ενδιαφέρον που δείχνουν για ανάγνωση περιοδικών επιστημονικού ενδιαφέροντος και περιοδικών που άπτονται θεμάτων Φυσικών Επιστημών ($\chi^2 = 4.80$, $df=1$, $p<0.05$).

Αναγνώριση των παιδαγωγικών μηνυμάτων του απεικονιστικού μέρους των σχολικών βιβλίων

Οι μισοί από τους εκπαιδευτικούς της έρευνας ενώ αναγνωρίζουν τις εικόνες που εμφανίζουν υψηλό βαθμό επιστημονικής εξειδίκευσης, εντούτοις δεν αναγνωρίζουν ωστόσο ορθά τα κριτήρια που προσδιορίζουν την επιστημονική τους εξειδίκευση. Συγκεκριμένα περίπου οι μισοί από τους ερωτηθέντες δεν αναγνωρίζουν κανένα ορθό σχετικό κριτήριο. Οι εκπαιδευτικοί που αναγνωρίζουν περισσότερο τα ορθά κριτήρια της επιστημονικής εξειδίκευσης μιας εικόνας είναι εκείνοι που διαβάζουν συχνά σχετικές στήλες ή ένθετα εφημερίδων που άπτονται των Φυσικών Επιστημών. Φαίνεται ότι η εξοικείωσή τους με εξωσχολικά κείμενα των Φυσικών Επιστημών τους βοηθάει να αναγνωρίζουν καλύτερα το βαθμό εξειδίκευσης του αναπαραστατικού μέρους των βιβλίων ($\chi^2 = 8.73$, $df=1$, $p<0.05$).

Παράλληλα και τα έτη προϋπηρεσίας στην Ε' και ΣΤ' Δημοτικού φαίνεται ότι παίζουν σημαντικό ρόλο στην αναγνώριση κριτηρίων σχετικών με την επιστημονική εξειδίκευση της εικονογράφησης ($\chi^2 = 8.57$, $df=1$, $p<0.01$).

Οι εκπαιδευτικοί είναι επίσης σε θέση να αναγνωρίζουν στη μεγάλη τους πλειοψηφία (σε ποσοστό 70%) πότε μια εικόνα εμφανίζει υψηλή ή χαμηλή αντίστοιχα

τυπικότητα. Η ικανότητα αυτή φαίνεται ότι και στην περίπτωση αυτή έχει άμεση σχέση με την ενασχόληση του αντίστοιχου ποσοστού εκπαιδευτικών, που αναγνωρίζουν εικόνες υψηλής τυπικότητας, με περιοδικά επιστημονικού ($\chi^2 = 9.43$, $df=1$ $p<0.05$). Οι εκπαιδευτικοί που αναγνωρίζουν περισσότερα ορθά κριτήρια του βαθμού αφαιρετικότητας μιας εικόνας (οι μισοί από αυτούς αναγνωρίζουν τη χρήση συμβόλων, ενώ το ένα τρίτο εξ αυτών αναγνωρίζει και την έλλειψη φόντου, που είναι επίσης στοιχείο της τυπικότητας της εικονογράφησης) είναι αυτοί οι οποίοι έχουν περισσότερα έτη προϋπηρεσίας στην εκπαίδευση ($\chi^2 = 10.29$, $df=1$ $p<0.05$), ασχολούνται αρκετά έτη με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών ($\chi^2 = 8.86$, $df=1$ $p<0.05$) και δηλώνουν πιο εξοικειωμένοι με τη διδασκαλία τους ($\chi^2 = 7.98$, $df=1$ $p<0.05$). Οι εκπαιδευτικοί που δεν εντόπισαν ορθά κριτήρια κλήθηκαν να διακρίνουν διαφορές στις απεικονίσεις διαφορετικής τυπικότητας που τους δόθηκαν. Το συμπέρασμα που εξάγεται είναι ότι οι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν αυτή τη φορά τα ορθά κριτήρια, όταν όμως φέρει κανείς τα κριτήρια σε γνώση τους.

Σχετικά με τη διερεύνηση της επικοινωνιακής λειτουργίας και των παιδαγωγικών σχέσεων που εγκαθίστανται μέσω της εικονογράφησης (έννοια της περιχάραξης) παρατηρείται ότι οι συμμετέχοντες ταξινόμησαν τις απεικονίσεις με βάση τα χαρακτηριστικά όχι μόνο της λήψης αλλά και με βάση τα χαρακτηριστικά του θεατή αλλά και αυτού καθαυτού του περιεχομένου της αναπαράστασης. Υψηλό είναι το ποσοστό των εκπαιδευτικών (τέσσερις στους δέκα περίπου) που δεν είναι σε θέση να αναγνωρίσουν κανένα ορθό κριτήριο αναφορικά με το βαθμό περιχάραξής τους. Φαίνεται λοιπόν ότι η αναγνώριση του ρόλου των διαφόρων στοιχείων της περιχάραξης είναι μερική και χρειάζεται ρητή καθοδήγηση για να οδηγηθούν σε μια τέτοιου τύπου αναγνώριση.

Αναγνώριση των παιδαγωγικών μηνυμάτων από τη σύνθεση των σελίδων των σχολικών βιβλίων

Έξι στους δέκα εκπαιδευτικούς είναι σε θέση ορθά να διακρίνουν τη γραμμικότητα των σελίδων που τους δόθηκαν. Παράλληλα περισσότεροι από τους μισούς εκπαιδευτικούς είναι σε θέση να αναγνωρίζουν ορθά κριτήρια (ένα έως δύο αντίστοιχα), επειδή η εξοικειώσή τους με τα κείμενα των Φυσικών Επιστημών του Δημοτικού σχολείου τους έχει δημιουργήσει ερμηνευτικούς κανόνες «ανάγνωσης» των κειμένων που αντικατοπτρίζουν τον επικοινωνιακό έλεγχο κατά την παιδαγωγική διαδικασία. Σημαντικό ρόλο στη συγκεκριμένη διαφοροποίηση φαίνεται να διαδραματίζουν τα έτη προϋπηρεσίας των εκπαιδευτικών ($\chi^2 = 8.33$, $df=1$, $p>0.05$), ο βαθμός εξοικειώσής τους με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών ($\chi^2 = 8.21$, $df=1$ $p<0.05$), καθώς επίσης και η ανάγνωση περιοδικών επιστημονικού ενδιαφέροντος και ιδίως περιοδικών που άπτονται θεμάτων Φυσικών Επιστημών ($\chi^2 = 9.13$, $df=1$ $p<0.05$).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Λόγω του γεγονότος ότι υπάρχουν περιορισμοί στην έρευνα και ως προς την επιλογή του δείγματος και ως προς τον αριθμό συμμετεχόντων, τα συμπεράσματα που ακολουθούν σχολιάζονται ως ενδεικτικά.

Γενικά προκύπτει πως στην πλειοψηφία τους οι εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης είναι σε θέση να αναγνωρίζουν τα παιδαγωγικά χαρακτηριστικά τόσο του γραπτού όσο και του απεικονιστικού μέρους των βιβλίων αν και όχι πάντοτε στον ίδιο βαθμό όσον αφορά τις επιμέρους διαστάσεις της ταξινόμησης, της τυπικότητας και της περιχάραξης. Ωστόσο δεν διαθέτουν ρητά κριτήρια με βάση τα οποία να είναι σε θέση να τεκμηριώνουν αυτή τους την αναγνώριση. Κατά συνέπεια θα λέγαμε πως οι εκπαιδευτικοί έχουν μεν μια βασική ικανότητα ανάγνωσης των κεντρικών παιδαγωγικών μηνυμάτων των σχολικών βιβλίων πλην όμως η ικανότητα αυτή δεν είναι ιδιαίτερα επεξεργασμένη.

Παράλληλα ως προς τα επιμέρους χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών που επηρεάζουν την ικανότητα παιδαγωγικής τους ανάγνωσης των σχολικών βιβλίων το βασικό συμπέρασμα το οποίο προκύπτει είναι ότι η έκθεση των εκπαιδευτικών σε κείμενα των Φυσικών Επιστημών φαίνεται να οξύνει τους κανόνες αναγνώρισης ως προς τα διάφορα κειμενικά χαρακτηριστικά των σχολικών βιβλίων και τον ρόλο τους (Yorge, 2006). Οι εκπαιδευτικοί εκτός από την εξοικείωση που τους προσφέρει η τριβή τους με την ανάγνωση εξωσχολικών κειμένων των Φυσικών Επιστημών φαίνεται με τον καιρό να αναπτύσσουν και ορισμένα μεταγνωστικά στοιχεία σκέψης που τους επιτρέπουν να αποκωδικοποιούν από μόνοι τους το παιδαγωγικό νόημα των σχεδιαστικών χαρακτηριστικών των σχολικών βιβλίων. (Cervetti et al, 2009). Η επίδραση αυτή είναι φανερή εάν κανείς λάβει υπόψη του ότι χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών όπως τα έτη προϋπηρεσίας φαίνεται να επηρεάζουν την ικανότητά τους να αναγνωρίζουν τα παιδαγωγικά μηνύματα που υποβάλλει ο σχεδιασμός των βιβλίων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bernstein, B. (1991). *Παιδαγωγικοί κώδικες και κοινωνικός έλεγχος*. (Μετάφραση Ιωσήφ Σολομών). Αθήνα: Αλεξάνδρεια.
- Cervetti, G.N., Bravo, M.A., Hiebert, E.H. Pearson, D.&Jaynes, C.A. (2009). Text genre and science content: Ease of reading, comprehension and reader preference. *Reading Psychology*, 30 (2), 487-511.
- Κουλαϊδής, Β. & Δημόπουλος, Κ. (2010). Παιδαγωγικές πρακτικές στο ελληνικό σχολείο: αναγνώσεις διδακτικών βιβλίων. Στο: Β. Κουλαϊδής & Α. Τσατσαράνη (επιμ.), Παιδαγωγικές Πρακτικές: Έρευνα και Εκπαιδευτική Πολιτική (σ.51-122). Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Halliday, M.A.K. (1993). On the language of Physical Science: In: M.A.K. Halliday and J.R. Martin (eds), *Writing Science: Literary and Discursive Power* (pp.54-68). London: The Falmer Press.
- Martin, J.R. (1993a). Literacy in Science: Learning to Handle Text as Technology. In: MAK, Halliday & J.R.Martin (eds.), *Writing Science: Literacy and Discursive Power* (pp.166-172). London: The Falmer Press.
- Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος, Κ., Σκλαβενίτη, Σ. & Χρηστίδου, Β. (2002). *Τα κείμενα της Τεχνο-επιστήμης στο Δημόσιο Χώρο*. Αθήνα: Μεταίχμιο

- Σκλαβενίτη, Σ. (2003). *Ένα πλαίσιο ανάλυσης σχολικών εγχειριδίων των Φυσικών Επιστημών, (Διδακτορική Διατριβή)*. Πανεπιστήμιο Πατρών: Σχολή Κοινωνικών και Ανθρωπιστικών Σπουδών, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης.
- Yore, L.D. (2006). Secondary science teachers' attitudes toward and beliefs about science reading and science textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 55-72.

Το υλικό της Montessori για τα μαθηματικά στο νηπιαγωγείο

Χρυσάνθη Σκουμπουρδή¹ και Ουρανία Γκουτζίνα²

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

[1kara@aegean.gr](mailto:kara@aegean.gr), [2ouraniagoutzina@gmail.com](mailto:ouraniagoutzina@gmail.com)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή διερευνάται ο ρόλος και ο τρόπος χρήσης του υλικού της Montessori για τα μαθηματικά στο νηπιαγωγείο, παλιά και σήμερα. Επίσης, συσχετίζεται η μέθοδος της Montessori για τη μάθηση των μαθηματικών με χρήση υλικού, με τις σύγχρονες απόψεις της διδακτικής των μαθηματικών.

Προκειμένου να διερευνηθεί η θέση και ο ρόλος που κατείχε το υλικό της Montessori στα μαθηματικά του νηπιαγωγείου καταγράφονται οι βασικές αρχές της μεθόδου της, τα εκπαιδευτικά υλικά που ανέπτυξε, καθώς και ο τρόπος που πρότεινε για τη χρήση τους. Επίσης, για να καταγραφεί το πώς διαμορφώνεται η χρήση των υλικών της Montessori σήμερα και να γίνει συγκριτική παράθεση στοιχείων του παρελθόντος και του παρόντος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα έρευνας πεδίου που πραγματοποιήθηκε σε ένα μοντεσοριανό σχολείο της Αθήνας. Επιπλέον, παρουσιάζονται σύγχρονες απόψεις για τον ρόλο του υλικού και τη σχεδιασμένη ένταξή του στη μαθηματική εκπαίδευση και συσχετίζονται με τη μέθοδο της Montessori.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Μοντεσοριανό υλικό, μαθηματικά νηπιαγωγείου, δομισμός, εκπαιδευτικό υλικό, σχεδιασμένη ένταξη υλικού.*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μελετώντας την εξέλιξη της χρήσης υλικών στη μαθηματική εκπαίδευση, παρατηρούμε ότι διαμορφώθηκαν, στις διαφορετικές εποχές, μέσω υιοθέτησης διαφορετικών προσεγγίσεων, δύο ακραίες τάσεις (Szendrei, 1996). Η πρώτη υποστήριζε ότι εφόσον τα μαθηματικά αφορούν σε αφηρημένες έννοιες και ως τέτοιες πρέπει να δημιουργηθούν στο μυαλό των παιδιών, η διδασκαλία τους δεν πρέπει να στηρίζεται στη χρήση υλικών. Η δεύτερη τάση, υιοθετούσε την άποψη ότι η χρήση υλικού μπορούσε να αντιμετωπίσει όλες τις δυσκολίες που είχαν τα παιδιά στην κατανόηση των μαθηματικών. Το υλικό, σε αυτήν την τάση, θεωρήθηκε πανάκεια και σε πολλές περιπτώσεις, λόγω του ότι η χρήση του δεν οδήγούσε στο επιδιωκόμενο μαθησιακό αποτέλεσμα, αμφισβητήθηκε η αξία του και έτσι απομακρύνθηκε σταδιακά από την εκπαιδευτική διαδικασία. Η επανα-εισαγωγή του

υλικού στη διδασκαλία και μάθηση των μαθηματικών πραγματοποιήθηκε από τους Comenius, Pestalozzi, Piaget, Bruner, Skemp, κ.α. οι οποίοι ανέδειξαν την αναγκαιότητα και την ιδιαίτερη αξία της εποπτείας κατά την εκπαιδευτική πράξη. Θεωρούσαν ότι μόνο μέσα από ποικίλες εμπειρίες με συγκεκριμένα υλικά μπορούν τα παιδιά να κατανοήσουν τον εαυτό τους και τον κόσμο γύρω τους. Στηριζόμενοι στην παραπάνω άποψη, σημαντικοί ερευνητές, παιδαγωγοί κυρίως, όπως ο Fröbel, η Montessori, ο Cuisenaire, ο Gattegno, ο Dienes κ.ά., επιτόνησαν, κατασκεύασαν και χρησιμοποίησαν εκπαιδευτικά υλικά για τη δραστηριοποίηση και την αυτενέργεια των παιδιών.

Σήμερα, ο ρόλος των υλικών, στη μαθηματική εκπαίδευση, επαναξιολογείται μέσω της διερεύνησης της επίδρασης της χρήσης τους στη διαδικασία της διδασκαλίας και μάθησης των μαθηματικών. Δύο είναι οι κύριες απόψεις που διαμορφώνονται για την αξιοποίηση του υλικού στην εκπαιδευτική πράξη. Η πρώτη, εκφράζει την αμφιβολία της για την αποτελεσματικότητα των υλικών, αναφέροντας αφενός ότι συχνά διαφέρουν οι ερμηνείες, των παιδιών κατά τη δράση τους με τα υλικά από εκείνες των εκπαιδευτικών και αφετέρου ότι η χρήση υλικών καθιστά, συνήθως, δύσκολη τη μετάβαση στα αφηρημένα σύμβολα και στη νοητική δραστηριότητα. Η δεύτερη άποψη, αναδεικνύει τον σημαντικό τους ρόλο και προτείνει τη σχεδιασμένη χρήση τους σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, για να είναι αποτελεσματική η συνεισφορά τους.

Υιοθετώντας την άποψη της σχεδιασμένης ένταξης υλικών και μέσων στη μαθηματική εκπαίδευση των μικρών παιδιών (Σκουμπουρδή, 2012) δημιουργείται ο προβληματισμός για το ποια είναι η θέση του υλικού της Montessori, που έχει σχεδιαστεί μια άλλη εποχή, με συγκεκριμένο τρόπο και για συγκεκριμένο σκοπό, στην άποψη αυτή. Για να δώσουμε απάντηση στον προβληματισμό αυτό αρχικά προσπαθήσαμε να προσδιορίσουμε τον ρόλο του υλικού της Montessori σήμερα, διερευνώντας, μέσω βιβλιογραφικής έρευνας, τις βασικές αρχές της μεθόδου της, τα εκπαιδευτικά υλικά που ανέπτυξε, καθώς και τον τρόπο χρήσης που πρότεινε. Στη συνέχεια, μέσω έρευνας πεδίου, που πραγματοποιήθηκε σε ένα μοντεσοριανό σχολείο της Αθήνας καταγράψαμε την υπάρχουσα κατάσταση. Τέλος, συσχέτισαμε τον τρόπο ένταξης του υλικού της Montessori στη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία, με τον τρόπο ένταξης υλικών και μέσων στη μαθηματική εκπαίδευση που προτείνεται από τα σύγχρονα ερευνητικά δεδομένα.

Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ MONTESSORI ΚΑΙ ΤΟ ΥΛΙΚΟ ΤΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Η Montessori (1870-1952), υποστήριζε ότι τα παιδιά μπορούν να μάθουν με τον δικό τους ρυθμό σε ένα καλά οργανωμένο και ελκυστικό περιβάλλον με ποικίλα υλικά και μέσα. Έδινε έμφαση στη μάθηση ως διαδικασία και πίστευε ότι η γνώση βασίζεται στην αντίληψη του παιδιού για τον κόσμο, γι' αυτό θεωρούσε ότι ήταν απαραίτητο να εκπαιδευτούν οι αισθήσεις του. Προσέφερε στο παιδί ελευθερία επιλογών στην τάξη μέσα από την πειθαρχία. Επιδίδωκε μέσα από την παρατήρηση και τον πειραματισμό να επιτευχθεί η πολυδιάστατη ανάπτυξη του παιδιού.

Η μοντεσοριανή μέθοδος που εφαρμόστηκε αρχικά σε παιδιά που είχαν ειδικές

ανάγκες και στη συνέχεια σε όλα τα παιδιά, μέσα στα κέντρα προσχολικής αγωγής που ίδρυσε η ίδια είχε ως βασική αρχή την αυτοαγωγή, δηλαδή τη μάθηση από τα ίδια τα παιδιά με τη βοήθεια του ειδικά σχεδιασμένου παιδαγωγικού υλικού της. Μεγάλη σημασία στη μέθοδό της, έπαιξε το ειδικά διαμορφωμένο περιβάλλον το οποίο λάμβανε υπόψη τις ανάγκες του παιδιού. Ο χώρος του νηπιαγωγείου παρείχε ερεθίσματα στο παιδί για δράση, για πειραματισμό και για εργασία εφόσον οι εγκαταστάσεις, τα αντικείμενα, τα έπιπλα και τα εκπαιδευτικά υλικά ήταν σχεδιασμένα για αυτόν τον σκοπό. Μέσω της αυτοδιδασκαλίας δινόταν έμφαση στην εκτέλεση συγκεκριμένων δραστηριοτήτων, στην ώθηση της εσωτερικής επιθυμίας για μάθηση, στη διαδικασία και όχι στο αποτέλεσμα, στη συνεργασία και όχι στον ανταγωνισμό, στην καλλιέργεια της αυτονομίας του παιδιού, στην καλλιέργεια δεξιοτήτων, στην ενθάρρυνση της αυθόρμητης δραστηριότητας, στην αλληλοδιδασκαλία μεταξύ των παιδιών, στην αισθητήριο-κινητική προετοιμασία για την αφηρημένη νοητική ανάπτυξη, στη φυσιολογική κοινωνική ανάπτυξη, στην ανταπόκριση στις αναπτυξιακές ανάγκες του παιδιού και στην έμφαση στην υπεύθυνη ελευθερία και όχι στην ασυδοσία (Κουτσουβάνου, 1992).

Η παιδαγωγική της μέθοδος, η οποία ήταν αποτέλεσμα της εργασίας της σε τάξεις νηπιαγωγείου και θεωρήθηκε καινοτόμα για αυτό και αποτέλεσε την αφορμή για περαιτέρω μεταρρυθμιστικές προσπάθειες, βασιζόταν σε τέσσερις αρχές οι οποίες κατά τη γνώμη της εξασφάλιζαν την επιτυχία του σημαντικότερου στόχου της, την ατομική ανάπτυξη του παιδιού. Η πρώτη αρχή σχετιζόταν με την παραδοχή ότι η προσωπικότητα των παιδιών είναι διαφορετικά διαμορφωμένη σε σχέση με εκείνη των ενηλίκων. Η δεύτερη αρχή αφορούσε στις ιδιαίτερα αναπτυγμένες αισθητηριακές και διανοητικές ικανότητες των παιδιών, για την απορρόφηση και την αφομοίωση στοιχείων από το περιβάλλον της τάξης, σε σχέση με αυτές των ενηλίκων. Η τρίτη ανέφερε τη σημαντικότητα των έξι πρώτων χρόνων της ζωής ενός παιδιού κατά τα οποία η μάθηση από ασυνείδητη, σταδιακά, γίνεται συνειδητή. Η τέταρτη αρχή τόνιζε την ανάγκη του παιδιού να ασχολείται με εργασίες που εξυπηρετούν ένα συγκεκριμένο σκοπό.

Με βάση τις παραπάνω αρχές και με έμφαση σε δύο επιπλέον σημεία, θεωρούσε ότι μπορεί να αναπτυχθεί η μαθηματική σκέψη του παιδιού. Το πρώτο σημείο εστίαζε στα στάδια που ακολουθεί η ανάπτυξη του ατόμου. Θεωρούσε ότι η ανάπτυξη του ατόμου περνάει από διάφορες περιόδους έντονης επιθυμίας για απόκτηση μιας συγκεκριμένης ικανότητας ή για μάθηση μιας συγκεκριμένης έννοιας. Υποστήριζε ότι το παιδί έχει ευαίσθητες περιόδους ανάπτυξης κατά τις οποίες η κατάκτηση των μαθηματικών εννοιών γίνεται ευχάριστα σε συνδυασμό με την επανάληψη των ασκήσεων και τη χρήση του εξειδικευμένου υλικού της. Η μαθησιακή διαδικασία αρχικά αφορούσε στην ανακάλυψη του νοήματος και στη συνέχεια γινόταν αυτόματα αφού είχε απομνημονευτεί.

Το δεύτερο σημείο αφορούσε στη χρήση των υλικών της. Σημαντικό ρόλο στη μέθοδο της Montessori, για την ανάπτυξη του μαθηματικού συλλογισμού των παιδιών, εκτός από τις αισθήσεις τους, έπαιξε το υλικό της το οποίο ήταν σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να υποστηρίζει τη μάθηση των παιδιών και όχι τη διδασκαλία των εκπαιδευτικών. Στόχευε στην ανάπτυξη των ικανοτήτων των παιδιών μέσα από την παρατήρηση,

την αναγνώριση, την ταξινόμηση και την αξιοποίηση ποικίλων ερεθισμάτων. Παρακινούσε το παιδί για ανεξάρτητη μάθηση, ωθώντας το να αυτενεργεί μέσω δραστηριοτήτων οι οποίες σχεδιάζονταν με τέτοιο τρόπο, ώστε να βρίσκονται σε αρμονία με τη φυσική, τη νοητική και την κοινωνική φάση της ανάπτυξής του. Τα υλικά της εισάγονταν νωρίς και χρησιμοποιούνταν επανειλημμένα και σε συνέπεια με το σπειροειδές πρόγραμμα σπουδών. Το ίδιο υλικό παρουσιασμένο σε διαφορετικές στιγμές προκαλούσε διαφορετικές αντιδράσεις στο ίδιο άτομο. Διαφορετικά υλικά χρησιμοποιούνταν για να διδάξουν την ίδια έννοια μέσω διαφορετικών χειρισμών. Υποστηρίζοντας τη βαθμιαία μάθηση ξεκινούσαν από το συγκεκριμένο, προχωρούσαν στο συμβολικό και έφταναν στο αφηρημένο. Κάθε υλικό απέβλεπε στην ανάπτυξη μιας συγκεκριμένης έννοιας και μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με ένα μόνο τρόπο και με συγκεκριμένη σειρά (Lillard, 1973). Η σειρά ήταν ανάλογη της ανάπτυξης του κάθε παιδιού και το βοηθούσε να αποκτήσει μαθηματικές εμπειρίες. Έτσι, το πρόγραμμά της για τα μαθηματικά περιλάμβανε προκαθορισμένες δράσεις με συγκεκριμένα υλικά, που η κάθε μία αποτελείτο από συγκεκριμένους χειρισμούς ανάλογα με το αναπτυξιακό επίπεδο των παιδιών. Τα αποτελέσματα των μεμονωμένων δράσεων συνδυάζονταν έτσι ώστε να σχηματιστεί η βάση για την ανάπτυξη της μαθηματικής σκέψης του παιδιού.

Ο προκαθορισμένος τρόπος χρήσης και οι συγκεκριμένες δράσεις που απαιτούσε το υλικό της Montessori καταστούσε κυρίαρχο τον ρόλο του/ης εκπαιδευτικού στην όλη διαδικασία. Ο/η εκπαιδευτικός έπρεπε να γνωρίζει πολύ καλά τη μέθοδο της Montessori, το υλικό, τη λειτουργία του καθώς και τον τρόπο παρουσίασης και χρήσης του. Οφείλε να επιλέγει το κατάλληλο υλικό για το κάθε παιδί, να του το παρουσιάζει και να του εξηγεί πώς χρησιμοποιείται με λίγα και απλά λόγια, ώστε να του γίνει κατανοητό. Επίσης, το καθοδηγούσε κατά την ενασχόλησή του με την προκαθορισμένη δραστηριότητα και ήταν υπεύθυνος/η για την προετοιμασία του ειδικά διαμορφωμένου περιβάλλοντος που απαιτεί η μέθοδος της Montessori. Δίδασκε ελάχιστα, παρατηρούσε πολύ και κατευθύνει τις δράσεις των παιδιών. Προσπαθούσε να διεγείρει το ενδιαφέρον του παιδιού να ασχοληθεί με δραστηριότητες και να πραγματοποιεί μόνο του τις δράσεις που κέντριζαν το ενδιαφέρον του, καθορίζοντας το δικό του ρυθμό εργασίας. Επενέβαινε μόνο όταν το παιδί έκανε λάθος στη χρήση ενός υλικού. Στην περίπτωση αυτή ξανάδειχνε τον τρόπο χειρισμού του υλικού και αν πάλι το παιδί δεν τα κατάφερνε, έδειχνε κάποιο άλλο υλικό. Για αυτόν τον λόγο έπρεπε ο/η εκπαιδευτικός να γνωρίζει τις δυνατότητες του παιδιού και να είναι πολύ παρατηρητικός/η για να αντιλαμβάνεται πότε και αν πρέπει να εισάγει κάποιο καινούριο και πιο δύσκολο υλικό. Η ενασχόληση με το υλικό, σε επόμενο στάδιο γινόταν σε συνάρτηση με τα ενδιαφέροντα και τις δυνατότητες, καθώς και με το ρυθμό μάθησης και αφομοίωσης γνώσεων του κάθε παιδιού, εφόσον η άποψη που επικρατούσε ήταν ότι το υλικό συγκεκριμενοποιεί και απλουστεύει ακόμα και τις πιο δύσκολες έννοιες με τέτοιο τρόπο που κάνει τα παιδιά να επιθυμούν να μάθουν. Η μάθηση προέκυπτε από την αλληλεπίδραση εκπαιδευτικού, παιδιού και υλικού.

Η πραγματοποίηση της δραστηριότητας ήταν αρμοδιότητα του παιδιού και όχι του/ης εκπαιδευτικού. Το ίδιο το παιδί, αφού είχε διδαχθεί τη χρήση του υλικού από τον/ην εκπαιδευτικό, διάλεγε το υλικό και μέσα από τη δράση του με αυτό θεωρείτο ότι

μάθαινε. Μιμούταν τον/ην εκπαιδευτικό ως προς τη χρήση του υλικού και ύστερα από την επανάληψη της δράσης μάθαινε το πιθανό λάθος του, μόνο του, μέσω του υλικού. Όταν εργαζόταν, κυρίως ατομικά, έπρεπε να επικρατεί ηρεμία για να συγκεντρώνεται πιο εύκολα. Το παιδί έπαιρνε όσο χρόνο χρειαζόταν για να πραγματοποιήσει τη δραστηριότητα. Σε κάθε μαθηματική δραστηριότητα παρουσιαζόταν μία έννοια. Η μάθηση ήταν ουσιαστικά ευθύνη του παιδιού, το οποίο διδασκόταν μέσα από την παρατήρηση, τη δράση και την ανακάλυψη.






Το υλικό της Montessori ήταν πολύ συγκεκριμένο και πάντα τακτοποιημένο σε ντουλάπια στο ύψος των παιδιών, χωρίς πορτάκια, ώστε να μπορούν οποιαδήποτε στιγμή να διαλέξουν το υλικό που ήθελαν να χρησιμοποιήσουν, αφού βέβαια είχαν διδαχθεί τη χρήση του από τον/ην εκπαιδευτικό. Ήταν περιορισμένο σε ποσότητα και θεωρείτο ιδιαίτερα ελκυστικό, λόγω κυρίως των έντονων χρωμάτων του.


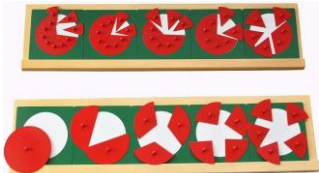



Η ανακάλυψη των διαφορετικών όψεων των μαθηματικών γινόταν αρχικά με δραστηριότητες στην πρώτη δεκάδα. Για παράδειγμα, με τα ανάγλυφα ψηφία των αριθμών, τα παιδιά άγγιζαν το περίγραμμα των ψηφίων με το δάκτυλο προσπαθώντας να μάθουν να τα γράφουν. Επίσης, τα αντιστοιχίζαν με την ανάλογη ποσότητα χαντρών, ράβδων κλπ. Στους δίσκους αξόνων, τα παιδιά συγκέντρωναν κατά ομάδες τις αντίστοιχες με τον αριθμό ποσότητες των αξόνων ή μετρούσαν τον σωστό αριθμό αξόνων σε κάθε διαμέρισμα. Επιπλέον, αποτύπωναν τη διαδοχή των συμβόλων (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) και έκαναν προσθέσεις. Έβαζαν στη σειρά τις αριθμοκάρτες και τις αντιστοιχούσαν με ποσότητες αντικειμένων. Μέσα από αυτές τις δραστηριότητες, θεωρείτο ότι το παιδί μπορούσε να αντιληφθεί τις ποσότητες από το 1 έως το 10, μάθαινε τα σύμβολα των αριθμών, τα ονόματά τους και τη σειρά τους και έτσι σταδιακά εισαγόταν στην αφηρημένη έννοια του αριθμού. Στη συνέχεια, μπορούσε να ασχοληθεί με την πρόσθεση, την αφαίρεση, τον πολλαπλασιασμό και τη διαίρεση καθώς και με το δεκαδικό σύστημα αρίθμησης.




Ενδεικτικά υλικά¹ της Montessori για τα μαθηματικά των πρώτων εκπαιδευτικών βαθμίδων σε σχέση με τη μαθηματική έννοια για την οποία αναπτύχθηκαν, την ηλικιακή ομάδα στην οποία απευθύνονταν, καθώς και τις προκαθορισμένες δράσεις με αυτά, περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

¹ Η ονομασία κάθε υλικού είναι η συνήθης γιατί ανάλογα με τον/ην ερευνητή/ρια, το υλικό μπορεί να ονομάζεται με διαφορετικό τρόπο (Gettman, 1987; Hainstock, 1997). Επίσης, τα υλικά που παρουσιάζονται είναι ενδεικτικά γιατί υφίστανται σε πολλές διαφορετικές μορφές που διαφέρουν ως προς την κατασκευή, το χρώμα, την ποιότητα κλπ. Οι φωτογραφίες παρουσιάζουν μία από τις σημερινές μορφές του υλικού χωρίς να διαφέρουν ουσιαστικά από την πρώτη του μορφή.

Εκπαιδευτικό υλικό	Μαθηματική έννοια	Ηλικία/Χρήση
<p data-bbox="258 247 490 305">ΧΑΝΤΡΕΣ</p>  	<p data-bbox="619 280 844 311">Αριθμοί και πράξεις</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="602 342 767 396">-Καταμέτρηση ποσοτήτων <li data-bbox="602 402 754 433">-Σειροθέτηση <li data-bbox="602 438 857 553">-Προσθέσεις, αφαιρέσεις, πολλαπλασιασμοί και διαιρέσεις 	<p data-bbox="941 280 1057 311">2,5-4 ετών</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="883 342 1115 433">*Τοποθέτηση από τις λιγότερες στις περισσότερες. <li data-bbox="883 438 1089 493">*Πραγματοποίηση πράξεων.
<p data-bbox="188 766 561 824">ΔΙΣΚΟΣ ΑΞΟΝΩΝ (ή γλυφίδες ή κουτιά με αδράχτια)</p> 	<p data-bbox="683 766 780 797">Αριθμοί</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="602 826 857 880">-Αντιστοίχιση αριθμού ποσότητας <li data-bbox="602 886 857 940">-Εισαγωγή του αριθμού 0 <li data-bbox="602 946 857 1001">-Ακολουθία αριθμών 0 – 9 	<p data-bbox="941 766 1044 797">3-5 ετών</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="883 826 1115 1008">*Τοποθέτηση στον χώρο κάθε αριθμού, αντίστοιχης ποσότητας αξόνων και αναφορά στον αριθμό.
<p data-bbox="200 1117 548 1208">ΡΑΒΔΟΙ (ή αριθμητικοί ράβδοι, ή μακριά σκάλα ή κόκκινη σκάλα)</p> 	<p data-bbox="619 1117 844 1148">Αριθμοί και πράξεις</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="602 1177 754 1208">-Σειροθέτηση <li data-bbox="602 1213 857 1390">-Εισαγωγή στη γεωμετρία (μακρύτερο, μακρύτερο-κοντό, το πιο μακρύ-το πιο κοντό κλπ.) <li data-bbox="602 1395 741 1486">-Ονομασία αριθμητικών συμβόλων <li data-bbox="602 1492 857 1517">-Προφορική αρίθμηση 	<p data-bbox="941 1117 1044 1148">3-5 ετών</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="883 1177 1115 1359">*Δημιουργία σκάλας μετά από συναρμολόγηση των ράβδων στις σωστές ποσότητες και χρωματισμούς.

 <p>© North American Montessori Center</p>	<p>-Καταμέτρηση ποσοτήτων</p>	
<p>ΑΝΑΓΛΥΦΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ (ή κάρτες με ανάγλυφα ψηφία αριθμών)</p> 	<p>Αριθμοί</p> <p>-Αναγνώριση, ονομασία και κατασκευή αριθμητικών συμβόλων (0-9)</p>	<p>3-5 ετών</p> <p>*Ψηλάφηση των συμβόλων των αριθμών (0-9). *Τοποθέτηση στις ράβδους.</p>
<p>ΜΟΝΟΙ ΚΑΙ ΖΥΓΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ</p> 	<p>Αριθμοί</p> <p>-Αναγνώριση των συμβόλων των αριθμών -Αντιστοίχιση αριθμού ποσότητας -Διαχωρισμός μονών και ζυγών αριθμών</p>	<p>3-6 ετών</p> <p>*Τοποθέτηση κόκκινων μαρκών στους αντίστοιχους αριθμούς και χωρισμός μονών και ζυγών αριθμών.</p>
<p>ΠΙΝΑΚΕΣ SEGUIN</p> 	<p>Αριθμοί</p> <p>-Αναγνώριση και ονομασία και κατασκευή της σειράς των αριθμών από το 11 έως το 99</p>	<p>4-6 ετών</p> <p>*Προσαρμογή των αριθμοκαρτών πάνω από το 0 και αναφορά στον αριθμό (11-99).</p>
<p>ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΟΥ 100</p> 	<p>Αριθμοί</p> <p>-Ακολουθία αριθμών -Διαχωρισμός μονών και ζυγών</p>	<p>Από 4,5 με 5 ετών</p> <p>*Παρουσίαση των αριθμών ανά δεκάδα. *Τοποθέτηση των αριθμών στη σωστή σειρά λέγοντας το όνομα κάθε αριθμού δυνατά.</p>

		*Εξηγούνται οι μονοί και οι ζυγοί αριθμοί.
<p>ΚΑΡΤΕΣ ΜΕ ΑΡΙΘΜΟΥΣ</p> 	<p>Αριθμοί</p> <p>- Αναγνώριση αριθμών -Γνωριμία με τις μονάδες, τις δεκάδες, τις εκατοντάδες και τις χιλιάδες και το πώς κατασκευάζονται</p>	<p>4,5-6 ετών</p> <p>*Τοποθέτηση των καρτών (1-9000) στη σειρά ανάλογα με την αξία τους.</p>
<p>ΚΛΑΣΜΑΤΑ</p> 	<p>Κλάσματα</p> <p>-Γνωριμία με τα κλάσματα</p>	<p>5-7 ετών</p> <p>*Τοποθέτηση κομματιών στις σωστές θέσεις.</p>
<p>ΡΟΖ ΠΥΡΓΟΣ</p> 	<p>Γεωμετρία</p> <p>-Οπτική και απτική διάκριση του μεγέθους σε τρεις διαστάσεις</p>	<p>2,5-4 ετών</p> <p>*Τοποθέτηση από τον μεγαλύτερο κύβο στον μικρότερο μετά από σύγκριση μεταξύ τους.</p>
<p>ΚΥΛΙΝΔΡΟΙ</p> 	<p>Γεωμετρία</p> <p>-Οπτική και απτική διάκριση διαφορετικών μεγεθών (πάχος, ύψος) -Αντίληψη ύψους και πάχους</p>	<p>2,5-5 ετών</p> <p>*Τοποθέτηση των κυλίνδρων στις υποδοχές των βάσεων ανάλογα με το μέγεθος τους.</p>
<p>Η ΚΑΦΕ ΣΚΑΛΑ</p> 	<p>Γεωμετρία</p> <p>-Οπτική και απτική διάκριση διαφορετικών μεγεθών</p>	<p>2,5-5 ετών</p> <p>*Τοποθέτηση στη σειρά ανά μέγεθος.</p>
<p>ΕΡΜΑΡΙΟ ΜΕ ΚΑΡΤΕΣ</p>	<p>Γεωμετρία</p>	<p>2,5-5 ετών</p>

<p style="text-align: center;">ΣΧΗΜΑΤΩΝ</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Διάκριση σχημάτων -Εξάσκηση στην αναγνώριση και στο σχεδιασμό σχημάτων 	<ul style="list-style-type: none"> *Τοποθέτηση των σχημάτων στην κατάλληλη θέση, ανάλογα με το περίγραμμα των σχημάτων και τις υποδοχές.
<p style="text-align: center;">ΣΤΕΡΕΑ ΣΧΗΜΑΤΑ</p> 	<p style="text-align: center;">Γεωμετρία</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ανάπτυξη στερεογνωστικής αίσθησης -Αναγνώριση, ονομασία και ταξινόμηση στερεών σχημάτων 	<p style="text-align: center;">3-5 ετών</p> <ul style="list-style-type: none"> *Τοποθέτηση των σχημάτων στις αντίστοιχες βάσεις.
<p style="text-align: center;">ΤΡΙΓΩΝΑ ΣΕ ΣΥΝΘΕΣΕΙΣ</p> 	<p style="text-align: center;">Γεωμετρία</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ικανότητα σύνθεσης τριγώνων για τη δημιουργία σχημάτων -Κάλυψη επιφάνειας -Αντίληψη της έννοιας της ισοδυναμίας 	<p style="text-align: center;">4-5 ετών</p> <ul style="list-style-type: none"> *Τοποθέτηση των τριγώνων στην κατάλληλη θέση για την κατασκευή άλλων σχημάτων.

Πίνακας 1. Ενδεικτικά υλικά της Montessori για τα μαθηματικά του νηπιαγωγείου

Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ MONTESSORI ΚΑΙ ΤΟ ΥΛΙΚΟ ΤΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ –ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΔΙΟΥ

Με δεδομένο ότι το υλικό της Montessori και η μέθοδος διδασκαλίας της χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα, στα μοντεσσοριανά ιδιωτικά σχολεία ανά τον κόσμο, έγινε καταγραφή του πώς διαμορφώνεται ο ρόλος τους σήμερα, μέσω έρευνας πεδίου που πραγματοποιήθηκε σε ένα μοντεσσοριανό νηπιαγωγείο της Αθήνας. Αυτό έγινε γιατί η εφαρμογή της μοντεσσοριανής μεθόδου στην πράξη, γίνεται μόνο σε αυτά τα σχολεία και απαιτεί ειδική εκπαίδευση (Britton, 1992).

Από την έρευνα πεδίου καταγράφηκαν στοιχεία αφενός από την παρακολούθηση του τρόπου πραγματοποίησης μαθηματικών δραστηριοτήτων με χρήση υλικού και αφετέρου από τη συνέντευξη που έλαβε χώρα με την εκπαιδευτικό του νηπιαγωγείου. Τα στοιχεία αφορούν σε τρεις άξονες: το είδος και τον τρόπο χρήσης του υλικού της Montessori σήμερα, το ρόλο της εκπαιδευτικού και το ρόλο των μαθητών/ριών.

Τα αποτελέσματα της διερεύνησης έδειξαν ότι η πρώτη γνωριμία με το υλικό

γίνεται είτε σε ομάδες 3-4 ατόμων είτε ύστερα από σχετική ερώτηση του παιδιού. Η ανάπτυξη των μαθηματικών εννοιών ακολουθεί μια συγκεκριμένη πορεία που ξεκινάει από την αρίθμηση και για αυτόν τον λόγο τα υλικά που χρησιμοποιούνται πρώτα είναι εκείνα που εισάγουν τους αριθμούς. Αποκλειστική χρήση του υλικού γίνεται από τις 08:00 έως τις 10:00 το πρωί, με απαραίτητο εξοπλισμό το μικρό χαλάκι ως βάση για το τραπέζι και το μεγάλο χαλί ως βάση για το πάτωμα. Στη συνέχεια, το πρόγραμμα περιλαμβάνει δραστηριότητες γυμναστικής ή μουσικής ή αγγλικών, διάλειμμα, φαγητό και τέλος τα projects σύμφωνα με την ύλη του υπουργείου. Το υλικό που καταγράψαμε στο συγκεκριμένο νηπιαγωγείο είναι πανομοιότυπο με αυτό που καταγράψαμε από τη βιβλιογραφική έρευνα.

Η εκπαιδευτικός ανέφερε ότι οφείλει να γνωρίζει και να θυμάται με τι υλικό έχει ασχοληθεί το κάθε παιδί, να δίνει κίνητρα στο παιδί για ενασχόληση και σε περίπτωση δυσκολίας του παιδιού να το ενθαρρύνει να ολοκληρώσει τη δράση του με το υλικό. Οφείλει, επίσης, να γνωρίζει τις δυνατότητες και τις αδυναμίες του κάθε παιδιού και να επεμβαίνει στην προσκόλληση ενός παιδιού σε ένα υλικό. Τόνισε ότι το παιδί πρέπει να νιώθει ελευθερία με όρια, αλλιώς επικρατεί αναστάτωση και αναρχία. Το παιδί επιλέγει το υλικό και έτσι έχουμε παιδοκεντρική μάθηση, άρα και ενεργό μαθητή. Βρίσκει μόνο του τα λάθη του μέσω του υλικού κατά την ατομική του εργασία και αυτό γιατί το κάθε παιδί έχει μοναδικό ρυθμό μάθησης. Σε ορισμένες περιπτώσεις λαμβάνει χώρα ομαδική εργασία των παιδιών στο πλαίσιο της παροχής βοήθειας για την επίτευξη μιας δράσης. Αυτό που έγινε σαφές είναι ότι η χρήση του υλικού της Montessori πρέπει να γίνεται από εκπαιδευτικούς που είναι ενημερωμένοι/ες αφενός για τη μέθοδο διδασκαλίας της Montessori και αφετέρου για τα ειδικά σχεδιασμένα υλικά της και τον ακριβή τρόπο χρήσης τους.

Η εκπαιδευτικός του μοντεσοριανού σχολείου θεωρεί ότι τα παιδιά παρουσιάζουν αλματώδη ανάπτυξη της λογικής-μαθηματικής σκέψης τους λόγω του ότι το υλικό της Montessori τα βοηθάει, μέσω της ταύτισης του συγκεκριμένου με το αφηρημένο, να κατανοήσουν τα μαθηματικά, να τα αγαπήσουν και να φτάσουν σε επιδόσεις εντυπωσιακές. Αυτό, ανέφερε ότι, «στηρίζεται στις έρευνες που σχετίζονται με τη μελέτη της δομής και της λειτουργίας του εγκεφάλου οι οποίες έχουν αποδείξει ότι ο τρόπος με τον οποίο μαθαίνει ο εγκέφαλος-ιδιαίτερα στην προσχολική ηλικία- είναι μέσω της ταύτισης του συγκεκριμένου με το συμβολικό και το αφηρημένο». Επίσης, ανέφερε ότι, στηρίζεται στο γεγονός ότι «το μοντεσοριανό υλικό για τα μαθηματικά αξιολογήθηκε το 2005 ως το καλύτερο υλικό στον κόσμο για την ανάπτυξη της λογικής-μαθηματικής σκέψης των παιδιών της προσχολικής ηλικίας και των παιδιών του Δημοτικού».

ΚΡΙΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΚΑΙ ΤΟ ΥΛΙΚΟ ΤΗΣ MONTESSORI

Ο Lubinski Wentworth (1999) αναφέρει τέσσερα κριτήρια αποτελεσματικότητας του υλικού της Montessori: την απλότητα, τη δυναμική, την αυτοδιόρθωση και την ελκυστικότητα. Με την απλότητα εννοεί ότι τα υλικά είναι εύκολα στην κατανόηση και την εφαρμογή, αλλά στην κατασκευή και ότι μπορούν να προσαρμοστούν σε πολλές χρήσεις. Επίσης, η απλότητα συνεπάγεται την αποφυγή της απόσπασης της προσοχής. Τη

δυναμική των υλικών τη συνδέει με τη λειτουργία τους κατά την επίλυση προβλήματος και κατά την ανακάλυψη σχέσεων. Η αυτό-διόρθωση θεωρεί ότι είναι σημαντική γιατί επιτρέπει στους μαθητές και στις μαθήτριες να κρίνουν την ορθότητα της απάντησής τους και να μην εξαρτώνται από τον/την εκπαιδευτικό. Η ελκυστικότητα αφορά στα χρώματα που έχουν τα υλικά, το ότι είναι ευχάριστα και στο ότι διαπραγματεύονται θέματα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τα παιδιά.

Άλλα βασικά χαρακτηριστικά του υλικού της Montessori, όπως αναφέρονται από την Allerhand (2003), είναι η διαβάθμιση, η εξέλιξη, ο έλεγχος και ο χειρισμός. Το υλικό διαβαθμίζεται από απλό σε σύνθετο και κάθε παιδί είναι ελεύθερο να διαλέξει με τι θα ασχοληθεί προχωρώντας με τον δικό του ρυθμό. Με τον χειρισμό του υλικού μαθαίνει σταδιακά και εξελικτικά μαθηματικές πράξεις και συλλογισμούς. Οι δυσκολίες που έχει να αντιμετωπίσει το παιδί είναι ελεγχόμενες. Οι δραστηριότητες έχουν συγκεκριμένες κατευθύνσεις και φέρνουν τα παιδιά αντίμετωπα με συγκεκριμένες δυσκολίες. Για να πραγματοποιηθούν οι μαθηματικές δραστηριότητες, πρέπει να χρησιμοποιηθεί το υλικό.

Βέβαια πρέπει να αναφερθεί ότι το υλικό της Montessori σχεδιάστηκε με βάση τις δομιστικές προσεγγίσεις στις οποίες υποστηρίζεται ότι τα υλικά πρέπει να απεικονίζουν με διαφάνεια τις μαθηματικές δομές καθώς και τον τρόπο οργάνωσης της μαθηματικής γνώσης. Γι' αυτό τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία/μάθηση των μαθηματικών, με βάση τη δομιστική προσέγγιση, είναι ειδικά σχεδιασμένα εκπαιδευτικά υλικά και αναπτύσσονται ακολουθώντας μια διαδικασία «από πάνω προς τα κάτω» (top-down) κατά την οποία το μαθηματικό περιεχόμενο αναλύεται, απλοποιείται και ενσωματώνεται στο υλικό, με σκοπό τη «μεταφορά» του στον μαθητή ή στη μαθήτρια (Gravemeijer, Cobb, Bowers & Whitenack, 2000). Η ενεργητική συμμετοχή του/ης μαθητή/ριας περιορίζεται στην ανακάλυψη της μαθηματικής γνώσης που ενσωματώνεται στο υλικό. Η ανακαλυπτική μάθηση, κατά τη δομιστική προσέγγιση, επιτυγχάνεται μέσω της μετάφρασης του υλικού με συγκεκριμένο τρόπο.

Όμως η δομιστική προσέγγιση και η ανακαλυπτική μάθηση έχουν υποστεί κριτική η οποία αναδεικνύει τη δυσκολία των μαθητών/ριών, να διαμορφώσουν νοητικούς συλλογισμούς με αυτό τον τρόπο διαχείρισης του υλικού (Gravemeijer, 2002). Για την αντιμετώπιση αυτής της δυσκολίας οι εκπαιδευτικοί αναγκάζονται να εξηγούν με λεπτομέρεια τη λειτουργία του υλικού και τη σχέση μεταξύ υλικού και μαθηματικής έννοιας γιατί ως πιο έμπειροι αναγνωρίζουν τη μαθηματική δομή στα υλικά. Τα παιδιά οδηγούνται σε μηχανική ερμηνεία και χρήση του υλικού, για να μπορέσουν να βρουν τη σωστή απάντηση ή να πραγματοποιήσουν την κατάλληλη δράση, εφόσον δεν έχουν κατασκευάσει ακόμα αυτές τις δομές και δεν μπορούν να αναγνωρίσουν τις μαθηματικές σχέσεις που 'ενσωματώνονται' στα υλικά και να ανακαλύψουν τη γνώση. Έτσι έχουμε μετάδοση της γνώσης από τους/ις εκπαιδευτικούς στους μαθητές και τις μαθήτριες και όχι εφεύρεση και ανακάλυψη της γνώσης μέσω ενεργητικών μαθητών και μαθητριών.

Εκτός από τη γενική κριτική που έχει υποστεί η δομιστική προσέγγιση, συγκεκριμένα υλικά της Montessori έχουν υποστεί και αυτά, επιμέρους κριτική. Για παράδειγμα, οι πίνακες Seguin για την εισαγωγή των αριθμών από το 11 έως το 20, με τους οποίους τα παιδιά, καταλαβαίνοντας τις οδηγίες, φτιάχνουν εύκολα τους αριθμούς

12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 και 19. Τοποθετείται ο αριθμός 1 πάνω από το 0, στο πρώτο 10 και σχηματίζεται ο αριθμός 11, και καθώς γίνεται η τοποθέτηση λέει ο/η εκπαιδευτικός «δέκα και ένα έντεκα» κλπ. Όμως, σύμφωνα με την Begehr (2003), για τη δημιουργία του αριθμού 20, αλλάζει ο τρόπος χρήσης του υλικού. Για να συμπληρώσουν την τελευταία θέση με τον αριθμό 20, πίνουν τις κάρτες με το 10 και λένε «δέκα και δέκα είκοσι» και προσπαθούν να τοποθετήσουν τη μία κάρτα πάνω από την άλλη, για να βρουν τον αριθμό. Αυτό δε γίνεται και αλλάζουν την απάντησή τους σε έντεκα, εκατό, χίλια κλπ. Το μηδέν δεν αναγνωρίζεται ως ουδέτερο στοιχείο κατά την πρόσθεση. Από αυτό φαίνεται ότι δεν αρκεί η χρήση του υλικού με τον σωστό, κατά τον σχεδιαστή του υλικού, τρόπο για να γίνει κατανοητή η μαθηματική έννοια ή διαδικασία. Το υλικό από μόνο του δεν μπορεί να εξηγήσει πώς σχηματίζεται ο αριθμός 20 και ότι το 20 έρχεται μετά το 19, αφού προσθέσω 1. Η πεποίθηση του χρήστη ότι χρησιμοποιεί το υλικό με τον «σωστό τρόπο» δημιουργεί την εσφαλμένη εντύπωση ότι έχει κατανοήσει απόλυτα αυτό που καλείται να μάθει.

ΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΗΣΙΑΓΩΓΕΙΟΥ ΣΗΜΕΡΑ

Σύμφωνα με τα σύγχρονα ερευνητικά δεδομένα τα εκπαιδευτικά υλικά¹ αποκτούν νέο ρόλο σε έναν διδακτικό σχεδιασμό που υποστηρίζει την κριτική (Skovsmose, 1994) και ταυτόχρονα δημιουργική μαθηματική εκπαίδευση (Leikin, 2009). Επιδίωξη της μαθηματικής εκπαίδευσης είναι η προετοιμασία των μαθητών και των μαθητριών για κριτική συμμετοχή ως πολιτών στην κοινωνία, μέσω της καλλιέργειας ποικίλων δεξιοτήτων και ικανοτήτων όπως της εκτίμησης, της πρόβλεψης, της γρήγορης αντίληψης και οργάνωσης των πληροφοριών, της έκφρασης, της επικοινωνίας, του συστηματικού συλλογισμού, της κριτικής και δημιουργικής σκέψης, της τεκμηριωμένης αιτιολόγησης, της παραγωγή τρόπων λύσης προβλήματος, της εννοιολογικής κατανόησης και της γενίκευσης (Bolden, Harries & Newton, 2010; Sarama & Clements, 2009). Επιδιώκεται η μετάβαση από τη διδασκαλία που βασιζόταν στη μετάδοση γνώσεων και στην εξάσκηση, στη διδασκαλία που βασίζεται στη μάθηση με νόημα (Van Oers, 2010).

Το υλικό αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του σχεδιασμού (σειράς) δραστηριοτήτων οι οποίες παράγουν μια υποθετική μαθησιακή τροχιά, που επιδιώκει την ανάπτυξη των σημαντικών μαθηματικών ιδεών (Clements & Sarama, 2007) και που καλείται να ανταποκριθεί στις εκτυλισσόμενες μαθηματικές πρακτικές της κοινότητας της τάξης και στο αναπτυξιακό επίπεδο του κάθε μαθητή και της κάθε μαθήτριας (Gravemeijer, et al. 2000; Thompson, 2002). Οι μαθηματικές δραστηριότητες προκύπτουν από καταστάσεις προβληματισμού μέσα από κατάλληλα πλαίσια που έχουν νόημα και ενδιαφέρον για τα παιδιά. Σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να λυθούν με

¹ Τα εκπαιδευτικά υλικά, δηλαδή τα υλικά που είναι ειδικά σχεδιασμένα για την υποστήριξη εκπαιδευτικών στόχων μπορεί να είναι υλικά που προέρχονται από το ξεκίνημα της μαθηματικής επιστήμης, υλικά που προέρχονται από την εξέλιξη της μαθηματικής επιστήμης, υλικά που προέρχονται από την ανάπτυξη της Διδακτικής των Μαθηματικών και είτε είναι αναδιαμορφώσεις προηγούμενων είτε είναι σύγχρονα εκπαιδευτικά υλικά, καθώς και οποιοδήποτε υλικό είναι κατασκευασμένο από εκπαιδευτικούς, μαθητές, μαθήτριες ή/και γονείς για να υποστηρίξει τη διαδικασία της διδασκαλίας/μάθησης των μαθηματικών (Σκουμπουρδή, 2012).

πολλούς τρόπους (Tsamir, Tirosch & Tabach, 2010), να υποστηρίζονται από ποικίλα υλικά, να απαιτούν από τους μαθητές και τις μαθήτριες να υποθέτουν, να ερμηνεύουν και να αιτιολογούν (Christiansen & Walther, 1986; Doyle, 1986), να παρέχουν τη δυνατότητα επέκτασης και εξέλιξης, γενίκευσης και αφαίρεσης (Hershkovitz, Peled & Littler, 2009; NCTM, 2007).

Σε αυτό το πλαίσιο οι μαθητές και οι μαθήτριες είναι συν-κατασκευαστές, συν-ερευνητές και συν-επαληθευτές της γνώσης (Lau, Singh & Hwa, 2009). Εμπλέκονται ενεργά σε συζητήσεις για να αναλύσουν τη δραστηριότητα που πραγματοποιούν, για να προτείνουν ιδέες, για να παρουσιάσουν και να αιτιολογήσουν τον συλλογισμό τους, για να υποστηρίξουν ή για να απορρίψουν τις ιδέες των συμμαθητών και συμμαθητριών τους, για να παρουσιάσουν τη λύση τους σε ένα πρόβλημα, για να κάνουν υποθέσεις και γενικεύσεις. Τα παιδιά συμμετέχουν δημιουργικά στη διαδικασία διδασκαλίας/μάθησης των μαθηματικών παράγοντας νέες ιδέες, δίνοντας νόημα στα σύμβολα, τα υλικά και τα μέσα, στις πράξεις και τις διαδικασίες (Haylock, 1987).

Οι εκπαιδευτικοί είναι υποστηρικτές των μαθηματικών κατασκευών των παιδιών (Lau et al., 2009). Τα διευκολύνουν να οικοδομούν νοητικά σχήματα, να αναπτύσσουν τις νέες μαθηματικές έννοιες στηριζόμενα στην προηγούμενη γνώση, να δημιουργούν σχέσεις και να αλληλεπιδρούν. Η πρόκληση για τον/ην εκπαιδευτικό δεν είναι να βοηθάει τα παιδιά να βρουν τη μοναδική λύση, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένο υλικό με προκαθορισμένο τρόπο, αλλά να υποστηρίζει τη διαφορετικότητα των προσεγγίσεών τους.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

Από τις γενικές αρχές των δύο προσεγγίσεων, της μοντεσοριανής και της σύγχρονης, φαίνεται ότι μία γενική περιγραφή του τύπου: 'επιτρέπουν τη μαθητοκεντρική δραστηριότητα, αξιοποιούν την τρέχουσα γνώση των παιδιών, αναπτύσσουν συνδέσεις μεταξύ των νοητικών τους σχημάτων και των δράσεων τους, ενισχύουν την τρέχουσα γνώση και υποστηρίζουν την πραγματοποίηση της μαθηματικής δραστηριότητας' χαρακτηρίζει και τις δύο προσεγγίσεις. Όμως, η περιγραφική ανάλυση που προηγήθηκε συνηγορεί στο ότι υπάρχουν ουσιαστικές και σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς τρεις άξονες: 1) Ως προς το είδος και τον ρόλο του υλικού που χρησιμοποιείται, 2) ως προς τον τρόπο διαχείρισης του υλικού, καθώς και 3) ως προς τον ρόλο των εκπαιδευτικών και των μαθητών/ριών.

Η μοντεσοριανή προσέγγιση, έχει ως επίκεντρο το υλικό το οποίο είναι προκαθορισμένο και περιορισμένο σε ποσότητα, υποστηρίζει τη μάθηση και αποβλέπει στην ανάπτυξη μιας συγκεκριμένης μαθηματικής έννοιας κάθε φορά, βοηθώντας τα παιδιά να αντιμετωπίσουν τις όποιες δυσκολίες τους. Η χρήση του υλικού είναι ατομική και ενέχει αυτοέλεγχο και αυτοαγωγή. Χρησιμοποιείται με συγκεκριμένο τρόπο και σειρά και οδηγεί σε συγκεκριμένες, αυτοματοποιημένες δράσεις σε εξέλιξη, χωρίς πλαίσιο, αποκομμένες μεταξύ τους. Με αυτό τον τρόπο οι δυσκολίες των παιδιών είναι προβλέψιμες και ελεγχόμενες. Οι εκπαιδευτικοί, έχουν κύριο ρόλο και τα παιδιά χαρακτηρίζονται ως ενεργητικά γιατί δρουν με το υλικό.

Στις σύγχρονες προσεγγίσεις το επίκεντρο είναι η κατάσταση προβληματισμού σε ένα κριτικό και δημιουργικό περιβάλλον συνεργασίας, επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης. Η ποσότητα και το είδος του υλικού δεν προκαθορίζονται. Υλικό κάθε είδους εντάσσεται μέσα σε σχεδιασμένες καταστάσεις προβληματισμού για την υποστήριξη της διδασκαλίας/μάθησης των μαθηματικών, που θεωρείται ως μία ενιαία διαδικασία. Το υλικό δε θεωρείται πανάκεια. Υπάρχει σαφής διάκριση μεταξύ των φυσικών του χαρακτηριστικών και του τρόπου που κατασκευάζονται οι μαθηματικές ιδέες, από αυτό. Οι δυσκολίες των παιδιών δεν είναι προβλέψιμες και αντιμετωπίζονται μέσω της πολυτροπικής επικοινωνίας τους και της αλληλεπίδρασής τους στο κοινωνικό πλαίσιο της τάξης. Οι εκπαιδευτικοί υποστηρίζουν τις μαθηματικές κατασκευές, τους συλλογισμούς και τις δράσεις των παιδιών. Τα παιδιά νοούνται ως συν-κατασκευαστές, συν-ερευνητές και συν-επαληθευτές της γνώσης.

Οι παραπάνω διαφοροποιήσεις μπορούν να αποτυπωθούν με συγκριτική παράθεση των σημειωμένων τους σημείων, ως εξής:

Χρήση υλικού με τη μέθοδο της Montessori	Σχεδιασμένη ένταξη υλικού στη μαθηματική εκπαίδευση
Το υλικό είναι περιορισμένο σε ποσότητα και προκαθορισμένο.	Δεν υπάρχει περιορισμός στη ποσότητα και στο είδος του υλικού.
Το υλικό υποστηρίζει τη μάθηση.	Η διδασκαλία/μάθηση θεωρούνται ως μία διαδικασία που υποστηρίζεται από καταστάσεις προβληματισμού με χρήση υλικού.
Κάθε υλικό αποβλέπει στην ανάπτυξη μίας συγκεκριμένης μαθηματική έννοιας.	Υπάρχει σαφής διάκριση μεταξύ των χαρακτηριστικών των υλικών και του τρόπου που κατασκευάζονται από τα υλικά οι μαθηματικές ιδέες.
Το υλικό είναι απαραίτητο για τη διδασκαλία των μαθηματικών και πανάκεια για την αντιμετώπιση των δυσκολιών τους.	Οι δυσκολίες και τα εμπόδια που συναντούν τα παιδιά στα μαθηματικά αντιμετωπίζονται μέσω πολυτροπικής επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης με υλικό.
Ατομική ενασχόληση με το υλικό για μάθηση. Αυτοαγωγή, αυτοέλεγχος.	Μάθηση με αλληλεπίδραση στο κοινωνικό πλαίσιο της τάξης.
Κάθε υλικό οδηγεί σε συγκεκριμένες, αυτοματοποιημένες δράσεις, χωρίς πλαίσιο, μέσω απομνημόνευσης.	Το υλικό αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο μιας κατάστασης προβληματισμού που έχει νόημα για το παιδί.
Κάθε υλικό χρησιμοποιείται με συγκεκριμένο τρόπο και σειρά.	Ο τρόπος χρήσης του υλικού καθορίζεται από την κατάσταση προβληματισμού.
Κάθε υλικό συνδέεται με αποκομμένες δράσεις, σε εξέλιξη.	Το υλικό εντάσσεται στο σχεδιασμό σειράς δραστηριοτήτων που δημιουργούν ευέλικτη μαθησιακή τροχιά.

Η συγκεκριμένη χρήση του υλικού οδηγεί σε προβλήματα και ελεγχόμενες δυσκολίες στα μαθηματικά.	Οι δυσκολίες των παιδιών στα μαθηματικά δε συνδέονται απαραίτητα με τη χρήση του υλικού.
Οι εκπαιδευτικοί είναι προσεκτικοί παρατηρητές των δράσεων του παιδιού.	Οι εκπαιδευτικοί είναι υποστηρικτές των μαθηματικών κατασκευών των παιδιών.
Οι μαθητές/ριες χαρακτηρίζονται ενεργητικοί/ες γιατί δρουν με το υλικό.	Οι μαθητές/ριες χαρακτηρίζονται ενεργητικοί/ες γιατί νοούνται ως συν-κατασκευαστές, συν-ερευνητές και συν-επαληθευτές της γνώσης.

Πίνακας 2. Συγκριτικές επισημάνσεις σημαντικών σημείων των δύο προσεγγίσεων

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΑΝΟΙΧΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα, της καταγραφής και της συγκριτικής παράθεσης, δείχνουν ότι οι σύγχρονες απόψεις, της σχεδιασμένης ένταξης του υλικού στη μαθηματική εκπαίδευση των παιδιών, δε φαίνεται να έχουν επηρεαστεί από ή να έχουν επηρεάσει τον τρόπο χρήσης του υλικού της Montessori κατά τη διδασκαλία και μάθηση των μαθηματικών. Το υλικό της Montessori εξακολουθεί και σήμερα να υπακούει στις βασικές αρχές με βάση τις οποίες σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε και να χρησιμοποιείται με προκαθορισμένο τρόπο για τη μάθηση των μαθηματικών, αναπτύσσοντας τη λογικό-μαθηματική σκέψη των παιδιών, παρόλη την κριτική που έχει υποστεί ο τρόπος χρήσης του με βάση τη δομιστική προσέγγιση.

Φαίνεται ότι η μέθοδος της Montessori ακολουθεί μια παράλληλη, ανεξάρτητη διαδρομή που αφήνει ανοιχτά ερωτήματα προς διερεύνηση όπως: 1. Ανταποκρίνεται τελικά στα σύγχρονα Α.Π. για τα μαθηματικά στο νηπιαγωγείο; 2. Θα μπορούσε να υιοθετήσει κάποια στοιχεία από τις σύγχρονες απόψεις για τη σχεδιασμένη ένταξη του υλικού στη μαθηματική εκπαίδευση, για τον ρόλο του/ης εκπαιδευτικού και του/ης μαθητή/ριας; 3. Θα μπορούσαν να υιοθετηθούν κάποια στοιχεία της μεθόδου της Montessori για την αντιμετώπιση των μαθησιακών δυσκολιών των παιδιών;

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Allerhand, A. (2003). The Montessori way to learn mathematics. *Proceedings of CIE-AEM55, The use of didactic materials for developing pupil's mathematical activities*, (pp. 23-25), Poland.
- Begehr, A. (2003). Does didactic material lead to better comprehension? *Proceedings of CIEAEM55*, (83-85) *The use of didactic materials for developing pupil's mathematical activities*, Poland.
- Bolden, D., Harries, T. & Newton, D. (2010). Pre-service teacher's conceptions of creativity in mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 73 (2), 143-157.
- Britton, L. (1992). *Montessori play & learn a parent's guide to purposeful play from two to six*. London: Vermilion
- Clements, D. & Sarama, J. (2007). Early childhood mathematics learning. In F. Lester

- (ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning a project of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. 461-555). Information Age Publishing, USA.
- Christiansen, B. & Walther, G. (1986). Task and activity. In B. Christiansen, G. Howson & M. Otte (eds.), *Perspectives on mathematics Education* (pp. 243-307). Dordrecht, The Netherlands: D. Reidel.
- Doyle, W. (1986). Classroom organisation and management. In M. C. Wittrock (ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 392-431). New York: Macmillan.
- Gettman, D. (1987). *Basic Montessori: learning activities for under- fives 1. Education, Preschool, 2. Montessori method of education*. Great Britain: Christopher Helm Ltd, Imperial House.
- Gravemeijer, K. (2002). Preamble: From models to modeling. In K. Gravemeijer, R. Lehrer, B. Van Oers & L. Verschaffel (eds.), *Symbolizing modelling and tool use in mathematics education* (pp. 7-21). Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Gravemeijer, K., Cobb, P., Bowers, J. & Whitenack, J. (2000). Symbolizing, modeling, and instructional design. In P. Cobb, E. Yackel, & K. McClain (eds.), *Symbolizing and communicating in mathematics classrooms: Perspectives on discourse, tools, and instructional design* (pp. 225-273). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Hainstock, E. (1997). *The essential Montessori: An introduction to the woman, the writings and the movement*. N.Y.: Plume
- Haylock, D. (1987). A framework for assessing mathematical creativity in schoolchildren. *Educational Studies in Mathematics*, 18 (1): 59-74.
- Hershkovitz, S., Peled, I. & Littler, G. (2009). Mathematical creativity and giftedness in elementary school: Task and teacher promoting creativity for all. In R. Leikin, A. Berman & B. Koichu (eds.), *Creativity in mathematics and the education of gifted students* (Ch. 16, pp. 255-270). Rotterdam, the Netherlands: Sense Publisher.
- Κουτσοβάνου, Ε. (1992). *Η μέθοδος Montessori και η προσχολική εκπαίδευση Σύγχρονες Προοπτικές*. Εκδόσεις Οδυσσέας, Αθήνα.
- Lau, P.N.-K., Singh, P. & Hwa, T-Y (2009). Constructing mathematics in an interactive classroom context. *Educational Studies in Mathematics*, 72: 307-324.
- Leikin, R. (2009). Bridging research and theory in mathematics education with research and theory in creativity and giftedness. In R. Leikin, A. Berman & B. Koichu (eds.), *Creativity in mathematics and the education of gifted students* (Ch. 23, pp. 385-411). Rotterdam, the Netherlands: Sense Publisher.
- Lillard, P. (1973). *Montessori: A modern approach*. N.Y.: Schocken Books.
- Lubienski Wentworth, R. & (1999). *Montessori for the new millennium: Practical guidance on the teaching and education of children of all ages, based on a rediscovery of the true principles and vision of Maria Montessori*. London: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- NCTM (National Council of Teachers of Mathematics: Standards), (2007). Available at <http://www.nctm.org> (accessed 19/12/2007).
- Sarama, J. & Clements, D. (2009). *Early childhood mathematics education research*.

- learning trajectories for young children* (pp. 159-247). N.Y.: Routledge.
- Szendrei, J. (1996). Concrete materials in the classroom. In A. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick & C. Laborde (eds.), *International handbook of mathematics education* (pp. 411-434). Netherlands: Kluwer, Academic Publishers.
- Σκουμπουρδή, Χ. (2012). *Σχεδιασμός ένταξης υλικών και μέσων στη μαθηματική εκπαίδευση των μικρών παιδιών*. Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα.
- Skovsmose, O. (1994). *Towards a philosophy of critical mathematics education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Thompson, P. (2002). Didactic objects and didactic models in radical constructivism. In K. Gravemeijer, R. Lehrer, B. Van Oers & L. Verschagel (eds.), *Symbolizing modeling and tool use in mathematics education* (pp. 197-220). Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- Tsamir, P., Tirosh, D. & Tabach, M. (2010). Multiple solution methods and multiple outcomes—is it a task for kindergarten children? *Educational Studies in Mathematics*, 73: 217-231.
- Van Oers, B. (2010). Emergent mathematical thinking in the context of play. *Educational Studies in Mathematics*, 74 (1), 23-37.

Παιχνίδι κάλυψης επιφάνειας για το νηπιαγωγείο

Χρυσάνθη Σκουμπουρδή¹ και Πελαγία-Καλοτίνα Μαλαματένιου²

Πανεπιστήμιο Αιγαίου
kara@aegean.gr, pelinamal@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με σκοπό τη διερεύνηση της ικανότητας των νηπίων να καλύψουν μια ορθογώνια επιφάνεια με γνωστά τους γεωμετρικά σχήματα (ορθογώνια παραλληλόγραμμα, τετράγωνα και τρίγωνα), σε ποικίλα μεγέθη, μορφές και τοποθετήσεις, αντιστοιχίζοντας τα και συνθέτοντάς τα με τον κατάλληλο τρόπο, σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, κατασκευάσαμε και παίξαμε ένα παιχνίδι. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, καταγράψαμε τις στρατηγικές των παιδιών και τις δράσεις τους με τα σχήματα, αλλά και τις αλληλεπιδράσεις τους ως παίκτες.

Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι τα περισσότερα νήπια, μέσα από το πλαίσιο του παιχνιδιού, χωρίς να έχουν προηγούμενη εμπειρία με επικαλύψεις επιφανειών, κατάφεραν να καλύψουν ένα ορθογώνιο με διάφορα σχήματα χωρίς κενά και επικαλύψεις και έκαναν συστηματική καταμέτρηση των σχημάτων. Με ευκολία τοποθέτησαν τα ορθογώνια παραλληλόγραμμα και τα τετράγωνα, όχι όμως και τα τρίγωνα. Δύο ήταν κυρίως οι στρατηγικές που χρησιμοποίησαν: της ολιστικής οπτικής αναγνώρισης και της διάταξης. Οι αλληλεπιδράσεις τους, ως παίκτες, ήταν περισσότερο συνεργατικές, παρά ανταγωνιστικές.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Παιχνίδι, κάλυψη επιφάνειας, νηπιαγωγείο, σχήματα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Το παιχνίδι, από πολύ παλιά, αναγνωρίζεται για τη συνεισφορά του στην ολόπλευρη ανάπτυξη των παιδιών, ενώ τα τελευταία χρόνια αρχίζει να γίνεται αποδεκτή, όλο και περισσότερο και η θετική επιρροή του στη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία (Bennett, Wood & Rogers, 1997; Ernest, 1986; Szendrei, 1996; Williams, 1986). Έχει διαπιστωθεί ότι συμβάλλει στην ενίσχυση της κοινωνικής αλληλεπίδρασης, στην ανάπτυξη του επικοινωνιακού τομέα, στην ωρίμανση του συναισθηματικού τομέα, αλλά και στην υιοθέτηση θετικής στάσης για την επιστήμη και τη γνώση. Για να υπάρξει παιχνίδι, τα παιδιά πρέπει να συνεργαστούν μεταξύ τους, ακόμα και αν το παιχνίδι είναι ανταγωνιστικό (Αυγητίδου, 2001). Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, τα παιδιά αλληλεπιδρούν, συζητούν και επικοινωνούν με ποικίλους τρόπους και μέσα. Μέσω του παιχνιδιού ενδυναμώνεται το παιδί συναισθηματικά γιατί καλείται να κάνει επιλογές, να

πάρει πρωτοβουλίες και να λάβει αποφάσεις, αναλαμβάνοντας την ευθύνη των όποιων επιλογών του (Heaslip, 1994), χωρίς ιδιαίτερο κόστος. Τα παιδιά γνωρίζουν ότι είναι αναμενόμενο να κάνεις λάθος ή να χάσεις σε ένα παιχνίδι, αλλά ότι είναι σημάδι ανεπάρκειας και αποτυχίας να κάνεις τα ίδια λάθη στις μαθηματικές εργασίες. Η συστηματική ενασχόληση με παιχνίδια, εκτός των άλλων, βελτιώνει την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων (Griffiths, 1994; Van Oers, 2010), καλλιεργεί την κριτική σκέψη και τη δημιουργικότητα (Ceglowski, 1997) και επιτυγχάνει τη σύνδεση των διαφορετικών μαθηματικών εννοιών μεταξύ τους (Caswell & Nisbet, 2005; Epstein, Gelfand & Lock, 1998). Η αξία του παιχνιδιού αναγνωρίζεται και από το πρόγραμμα σπουδών του νηπιαγωγείου (ΠΣΝ, 2011: 7-8), το οποίο υιοθετεί από τα ΔΕΠΠΣ (2003) τη θέση ότι «το παιχνίδι αναγνωρίζεται ως ένα από τα πιο σημαντικά μαθησιακά πλαίσια» και «ως η κυρίαρχη δραστηριότητα για την ανάπτυξη και τη μάθηση των παιδιών» αυτής της ηλικίας.

Ποικίλα είναι τα παιχνίδια που προτείνονται για παιδιά 4-6 ετών. Συνήθη παιχνίδια για αυτή την ηλικία είναι τα παιχνίδια ‘κάλυψης επιφάνειας’ (πλακόστρωτα, μωσαϊκά κλπ) τόσο στη φυσική όσο και στην ψηφιακή τους μορφή, συνήθως, ως ατομικό παιχνίδι (Σκουμπορδή & Καλαβάσης, 2005). Στα παιχνίδια αυτά καλείται το παιδί να συνθέσει διάφορα σχήματα με τον κατάλληλο τρόπο ώστε να δημιουργήσει ένα μωσαϊκό, μέσα σε συγκεκριμένο χώρο, συνήθως τετραγωνισμένο. Συνδυάζουν δηλαδή την ικανότητα αντιστοίχισης και σύνθεσης σχημάτων, με την ικανότητα κάλυψης μιας επιφάνειας, θέματα τα οποία διαπραγματεύεται και το πρόγραμμα των μαθηματικών του νηπιαγωγείου, μέσα από τις ενότητες της γεωμετρίας και του χώρου. Οι ενότητες αυτές θεωρούνται πολύ σημαντικές για τα νήπια αφενός γιατί αποτελούν τη βάση για τη μάθηση πολλών μαθηματικών εννοιών και άλλων γνωστικών αντικειμένων και αφετέρου γιατί μέσω αυτών αντιλαμβάνονται και κατανοούν το περιβάλλον μέσα στο οποίο ζουν (Clements, 2004).

Έχει καταγραφεί από έρευνες ότι τα μικρά παιδιά έχουν φυσικό ενδιαφέρον και ασχολούνται στην καθημερινότητά τους με θέματα γεωμετρίας όπως είναι τα σχήματα και με θέματα χώρου όπως είναι η κάλυψη μιας επιφάνειας. Τα νήπια αναγνωρίζουν συνήθως με ευκολία τους κύκλους, τα τετράγωνα, τα ορθογώνια παραλληλόγραμμα και τα τρίγωνα όταν αυτά παρουσιάζονται με την πρότυπη μορφή τους (Clements & Sarama, 2007). Συγκεκριμένα, τα τετράγωνα με τη μία από τις πλευρές τους ως βάση σε οριζόντια θέση, τα τρίγωνα ως ισόπλευρα ή ισοσκελή με τη μία πλευρά τους ως βάση σε οριζόντια θέση και τα ορθογώνια συμμετρικά, με αναλογία μεταξύ μήκους και πλάτους και τη μία μεγάλη πλευρά τους ως βάση, σε οριζόντια θέση. Η ικανότητα, δηλαδή, αναγνώρισης, των παιδιών, εξαρτάται από τον προσανατολισμό των πλευρών του σχήματος και από τη μορφή του. Για παράδειγμα, τα παιδιά θεωρούν ότι ένα τετράγωνο όταν περιστραφεί αλλάζει σχήμα (Clements & Sarama, 2007) ή ότι ναι μεν τα χαρακτηριστικά του δεν αλλάζουν, αλλά δεν ονομάζεται πια τετράγωνο, αλλά διαμάντι ή ρόμβος. Το τετράγωνο δε θεωρείται, από τα παιδιά ορθογώνιο και η έλλειψη συνήθως θεωρείται κύκλος. Σχήματα που έχουν την κλασσική τοποθέτηση του τριγώνου, ανεξάρτητα αν οι πλευρές τους δεν είναι ευθείες ή δεν ενώνονται μεταξύ τους, θεωρούνται τρίγωνα. Το ορθογώνιο

σκαληνό τρίγωνο χαρακτηρίζεται από τα παιδιά ως ‘λάθος τρίγωνο’. Δεν αναγνωρίζονται ως τρίγωνα αυτά που είναι τοποθετημένα με τη μύτη προς τα κάτω.

Όσον αφορά στην προσέγγιση του εμβαδού, μέσω της κάλυψης επιφάνειας, έχει καταγραφεί, από έρευνες, ότι τα παιδιά νηπιακής ηλικίας ενώ αντιλαμβάνονται την ισοδυναμία δύο επιφανειών με μία μικρή επικαλυμμένη περιοχή πάνω στην αρχική, όταν αυτό γίνεται πιο περίπλοκο, με πολλές επικαλυμμένες περιοχές, αδυνατούν λόγω της διευθέτησης τους στον χώρο να κάνουν σωστές συγκρίσεις. Αυτό φάνηκε από την έρευνα του Piaget και των συνεργατών του, γνωστή ως «Τα λιβάδια με τις αγελάδες», που είχε ως σκοπό την εξέταση της διατήρησης της έννοιας του εμβαδού σε παιδιά προσχολικής ηλικίας, αλλά και παιδιά των πρώτων τάξεων του Δημοτικού Σχολείου. Ο τρόπος που καλύπτουν τα παιδιά επιφάνειες με σχήματα, τόσο με τετράγωνα, όσο και με άλλα σχήματα, όπως έχει καταγραφεί από έρευνα (Owens & Outthred, 2006), δείχνει ότι αρχικά ξεκινάνε την κάλυψη από τα άκρα της επιφάνειας και οδηγούνται σε επικαλύψεις ή κενά. Στη συνέχεια, δοκιμάζουν να ακολουθήσουν μια πιο συστηματική σειρά και στο τέλος μόνο οδηγούνται σε μεθοδικές καλύψεις.

Τα αποτελέσματα των ερευνών για την ικανότητα των μικρών παιδιών να καλύψουν μια επιφάνεια δε συμφωνούν πάντα μεταξύ τους. Σε πείραμα (Zacharos & Ravanis, 2000), στο οποίο ζητήθηκε από παιδιά νηπιαγωγείου και πρώτων τάξεων του Δημοτικού, (χωρισμένα σε ομάδα ελέγχου και πειραματική ομάδα) να πραγματοποιήσουν δραστηριότητα επικάλυψης επιφάνειας, διαπιστώθηκε πως μόνο τρία στα δέκα νήπια κατάφεραν να καλύψουν τη δοσμένη επιφάνεια χωρίς επικαλύψεις και κενά. Ενώ σε άλλη έρευνα (Σκουμπουρδή & Παπαϊωάννου-Στραβολαίμου, 2011), που στόχευε στην καταγραφή του συλλογισμού νηπίων κατά τη μέτρηση του εμβαδού, μέσω κάλυψης επιφάνειας, τα περισσότερα νήπια κατάφεραν να καλύψουν την επιφάνεια με «διακριτό» υλικό. Τα παιδιά καταμετρούσαν, το διακριτό υλικό, άλλοτε με συστηματικό τρόπο που οδηγούσε σε σωστά αποτελέσματα και άλλοτε με μη συστηματικό που οδηγούσε σε διχογνωμίες. Η κάλυψη της επιφάνειας με «συνεχές» υλικό δυσκόλεψε τα νήπια τα οποία χρησιμοποίησαν άμεσες και έμμεσες συγκρίσεις.

Τα παραπάνω ερευνητικά αποτελέσματα δείχνουν ότι τα παιδιά του νηπιαγωγείου δεν είναι εξοικειωμένα ούτε με την αναπαράσταση των γεωμετρικών σχημάτων σε ποικίλες μορφές και θέσεις ούτε με τον υπολογισμό του εμβαδού μέσω της κάλυψης επιφάνειας. Δυσκολεύονται να αναγνωρίσουν σχήματα που δεν παρουσιάζονται στην πρότυπη μορφή τους, δυσκολεύονται στη μέτρηση και στη σύγκριση επιφανειών, καθώς και στην κάλυψη αυτών με διάφορα μέσα. Τα παιδιά στο νηπιαγωγείο για να καλλιεργήσουν τον γεωμετρικό και τον χωρικό συλλογισμό τους είναι ανάγκη να ασχοληθούν με δημιουργικές δραστηριότητες και παιχνίδια που θα τα βοηθήσουν να αντιληφθούν, σταδιακά, τις ιδιαιτερότητες και τα χαρακτηριστικά των εμπλεκόμενων εννοιών.

Με αφορμή τα παιχνίδια ‘κάλυψης επιφάνειας’ και τον συνδυασμό των ικανοτήτων που απαιτούν, στην εργασία αυτή σχεδιάσαμε και παίξαμε με νήπια ένα τέτοιο παιχνίδι. Σκοπός της έρευνας ήταν να διερευνήσει την ικανότητα των νηπίων να καλύψουν μια ορθογώνια επιφάνεια με γνωστά τους γεωμετρικά σχήματα σε ποικίλα μεγέθη, μορφές και τοποθετήσεις, αντιστοιχίζοντάς τα και συνθέτοντάς τα με τον

κατάλληλο τρόπο, σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, στο πλαίσιο ενός παιχνιδιού. Καταγράφηκαν οι δράσεις των παιδιών με τα σχήματα που αφορούσαν στην αντιστοίχιση και τη σύνθεσή τους για να καλύψουν το σχηματισμένο ορθογώνιο στο ταμπλό τους. Επιπλέον, αποτυπώθηκαν οι αλληλεπιδράσεις των παιδιών κατά τη διεξαγωγή του παιχνιδιού.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

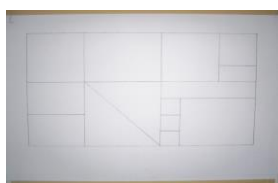
Για να καταγραφεί ο τρόπος που επικαλύπτουν τα παιδιά μια δοσμένη ορθογώνια επιφάνεια, στο πλαίσιο παιχνιδιού, με γεωμετρικά σχήματα, σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ένα νέο παιχνίδι. Για τη δημιουργία του παιχνιδιού λήφθηκαν υπόψη οι βασικές αρχές αποτελεσματικού εκπαιδευτικού παιχνιδιού (Σκουμπορδή, 2012). Έγινε αποτίμηση της αναγκαιότητάς του, αναπτύχθηκε σύμφωνα με τις σύγχρονες θέσεις για τη μάθηση και υποστηρίζει τη χρήση πρακτικών των μαθηματικών. Επιπλέον, μέσω της παρούσας έρευνας πραγματοποιείται διαμορφωτική και συνολική αξιολόγησή του.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του παιχνιδιού έχουν ως εξής: αποτελείται από εννέα (9) ταμπλό (διαστάσεων 30εκ x 24εκ) σε καθένα από τα οποία υπάρχει σχηματισμένο ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο (διαστάσεων 24εκ x 14εκ), που το εσωτερικό του είναι διαμερισμένο σε δεκατέσσερα (14) γεωμετρικά σχήματα (τετράγωνα, ορθογώνια παραλληλόγραμμο και τρίγωνα). Υπάρχουν τρία διαφορετικά ταμπλό, ανά τρία ίδια, ως προς την τοποθέτηση των σχημάτων, ως προς το μέγεθός τους και ως προς τη μορφή των σχημάτων που συνθέτουν το ορθογώνιο. Στο πρώτο είδος, το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο αποτελείται από: έξι (6) τετράγωνα—δύο, διαστάσεων 6εκ x 6εκ / ένα, διαστάσεων 4εκ x 4εκ και τρία, διαστάσεων 2εκ x 2εκ—από έξι (6) ορθογώνια παραλληλόγραμμο—δύο, διαστάσεων 8εκ x 6εκ / ένα, διαστάσεων 4εκ x 2εκ / δύο διαστάσεων 6εκ x 4εκ / ένα, διαστάσεων 10εκ x 2εκ—και δύο (2) τρίγωνα (Φωτ. 1). Στο δεύτερο είδος ταμπλό, το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο αποτελείται από: τέσσερα (4) τετράγωνα—ένα, διαστάσεων 6εκ x 6εκ / δύο, διαστάσεων 4εκ x 4εκ / ένα, διαστάσεων 2εκ x 2εκ—από τέσσερα (4) ορθογώνια παραλληλόγραμμο—ένα, διαστάσεων 4εκ x 2εκ / ένα, διαστάσεων 10εκ x 4εκ / ένα, διαστάσεων 10εκ x 2εκ / ένα, διαστάσεων 14εκ x 2εκ—και έξι (6) τρίγωνα (Φωτ. 2). Στο τρίτο είδος ταμπλό, το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο αποτελείται από: πέντε (5) τετράγωνα—τέσσερα, διαστάσεων 4εκ x 4εκ / ένα, διαστάσεων 2εκ x 2εκ—από επτά (7) ορθογώνια παραλληλόγραμμο—δύο, διαστάσεων 8εκ x 6εκ / τρία, διαστάσεων 8εκ x 4εκ / ένα, διαστάσεων 12εκ x 2εκ / ένα, διαστάσεων 8εκ x 2εκ—και δύο (2) τρίγωνα (Φωτ. 3). Ποιο δύσκολο θεωρείται το δεύτερο είδος ταμπλό, διότι απαρτίζεται από περισσότερα τρίγωνα σε σχέση με τα άλλα.

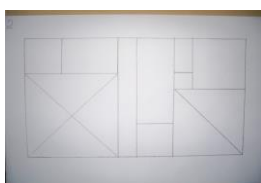
Επιπλέον, υπάρχουν εννέα αδιαφανή πουγκιά με 17 κομμάτια¹

¹ Για τη δημιουργία των κομματιών, σε διάφορα γεωμετρικά σχήματα, τα οποία συνθέτουν το ορθογώνιο, λήφθηκε υπόψη ο προβληματισμός, που αναδεικνύεται από τη σχετική βιβλιογραφία, τόσο για το είδος των υλικών και των μέσων που χρησιμοποιούνται σε δραστηριότητες μέτρησης εμβαδού, μέσω κάλυψης επιφάνειας, όσο και για το είδος των υλικών και των μέσων που χρησιμοποιούνται σε δραστηριότητες με γεωμετρικά σχήματα. Τα υλικά και τα μέσα που προτείνονται από τις

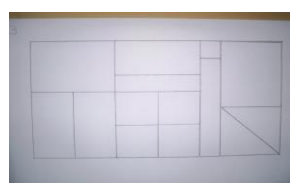
(κατασκευασμένα από αφράδες υλικό), σε τρία σχήματα (ορθογώνια, τρίγωνα και τετράγωνα), 14 από τα οποία αντιστοιχούν στα περιγράμματα. Τα τρία από αυτά δίνονται επιπλέον, χωρίς να ταιριάζουν σε κάποιο περίγραμμα. Τα κομμάτια-σχήματα είναι διαφορετικού χρώματος για το κάθε είδος ταμπλό. Για το πρώτο είναι κόκκινα, για το δεύτερο είναι κίτρινα και για το τρίτο είναι γαλαζοπράσινα. Το ζάρι έχει τους αριθμούς από το 1-3.



Φωτ. 1



Φωτ. 2



Φωτ. 3

Το παιχνίδι έχει ως εξής. Μοιράζετε σε κάθε έναν από τους εννέα παίκτες μία καρτέλα και ένα πουγκί με κομμάτια-σχήματα. Με την εκκίνηση του παιχνιδιού το πρώτο παιδί ρίχνει το ζάρι και ο αριθμός που θα φέρει καθορίζει την ποσότητα των κομματιών που θα πάρει από το πουγκί του για να τα τοποθετήσει στο ταμπλό του. Ταυτόχρονα τα παιδιά που έχουν σχήματα ίδιου χρώματος και άρα το ίδιο ταμπλό, με τον παίχτη που ρίχνει το ζάρι, παίρνουν από το πουγκί τους την ίδια ποσότητα σχημάτων και τα τοποθετούν στο δικό τους ταμπλό. Αν κάποιο από τα σχήματα που πήρε ο παίκτης δεν αντιστοιχεί σε κάποιο περίγραμμα, τότε το απομακρύνει και προσπαθεί να τοποθετήσει τα υπόλοιπα. Το κάθε παιδί μπορεί να κάνει όσες δοκιμές θέλει με τα κομμάτια που έχει βγάλει από το πουγκί ακόμα και αν έχει έρθει η σειρά του επόμενου παίκτη να παίζει. Την

κατευθυντήριες γραμμές των ΗΠΑ και του Καναδά (NCTM, 2007) για την κάλυψη τετραγωνισμένων επιφανειών είναι χειροπιαστά μέσα μικρών διαστάσεων και μικρού πάχους ώστε να τείνουν να χαρακτηριστούν δυσδιάστατα. Το πρόγραμμα σπουδών νηπιαγωγείου (ΠΣΝ, 2011) προτείνει τη χρήση υλικού «που ευνοεί τη δόμηση σε γραμμές και στήλες (π.χ. σχήματα από τετράγωνα που πρέπει να συμπληρωθούν και να καταμετρηθούν)» (σελ. 183). Από έρευνες έχει καταγραφεί ότι τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη επιφάνειας είναι μικρά κομμάτια χαρτιού, κυβάρια, κομμάτια από πλακάκια, επίπεδα σχήματα (Ιατρίδη, 1993:10), το tangram, ο γεωπίνακας, το «6^ο δώρο» του Froebel (κύβος διαμενόμενος σε 18 ορθογώνια παραλληλεπίπεδα, 12 τετραγωνικά παραλληλεπίπεδα και 6 στήλες), κατασκευαστικά παιχνίδια με οικοδομικό υλικό, pentominoes, μπλοκ σχημάτων (Clements & Sarama, 2007; Hansen, 2005: 209). Όμως τα τρισδιάστατα υλικά δεν είναι λειτουργικά κυρίως για τα μεγαλύτερα παιδιά, γιατί δεν κάνουν φανερή τη δόμηση του σχηματισμού και δεν γίνονται αντιληπτά ως μονάδες μέτρησης του εμβαδού (Outhred & Mitchelmore, 2000) καθώς και γιατί με αυτού του είδους τα υλικά αποφεύγεται το πρόβλημα της επικάλυψης με αποτέλεσμα να μην απαιτείται από τα παιδιά ακρίβεια στην τοποθέτηση. Όσον αφορά στην αναπαράσταση των γεωμετρικών σχημάτων, πρέπει να χρησιμοποιούνται υλικά και μέσα τα οποία να κάνουν φανερές στους μαθητές και στις μαθήτριες τις ιδιότητες των επίπεδων γεωμετρικών σχημάτων. Να αναδεικνύουν, δηλαδή, τη δισδιάστατη φύση τους, την ποικιλία των μορφών, των τοποθετήσεων και των μεγεθών τους (Σκουμπουρδή, 2014).

ίδια διαδικασία ακολουθούν και τα υπόλοιπα παιδιά με τη σειρά, παίρνοντας τα κομμάτια από το πουγκί και τοποθετώντας τα στα αντίστοιχα σχήματα του ταμπλό προκειμένου να καλύψουν το ορθογώνιο. Νικητής είναι ο παίκτης που θα καλύψει πρώτος το ορθογώνιο, χωρίς κενά και επικαλύψεις.

Το παιχνίδι παίχτηκε, σε ένα δημόσιο νηπιαγωγείο με εννέα νήπια (5 κορίτσια και 4 αγόρια). Η επιλογή του νηπιαγωγείου ήταν τυχαία. Η διαδικασία του παιχνιδιού βιντεοσκοπήθηκε. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού δεν υπήρχε παρέμβαση της ερευνήτριας, εκτός από την εκκίνηση του παιχνιδιού όπου χρειάστηκε να επαναληφθούν οι κανόνες.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων βασίστηκε στην παρατήρηση του παιχνιδιού των παιδιών. Καταγράφηκαν και αναλύθηκαν οι δράσεις των παιδιών με τα σχήματα, που αφορούσαν στην αντιστοίχιση και τη σύνθεσή τους για να καλύψουν το σχηματισμένο ορθογώνιο στο ταμπλό τους. Επιπλέον, αποτυπώθηκαν και σχολιάστηκαν οι αλληλεπιδράσεις των παιδιών κατά τη διεξαγωγή του παιχνιδιού.

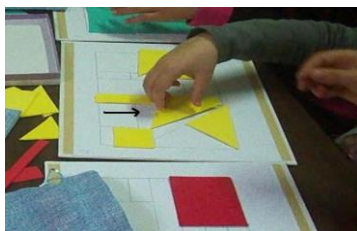
Δράσεις των παιδιών

Όλα σχεδόν τα παιδιά τοποθέτησαν με ευκολία τα ορθογώνια παραλληλόγραμμα κομμάτια στα αντίστοιχα σχήματα του ταμπλό τους. Τα περισσότερα νήπια (6/9) αναγνώρισαν, άμεσα, οπτικά, τη θέση που αντιστοιχούσε στο κάθε ορθογώνιο παραλληλόγραμμα κομμάτι πάνω στο ταμπλό, χωρίς να προβούν σε κανενός είδους σύγκριση. Από τα τρία νήπια που δεν ενήργησαν με αυτόν τον τρόπο, το ένα (Π9) κατάφερε να επικαλύψει τις συγκεκριμένες επιφάνειες, μέσω άμεσης σύγκρισης. Τοποθετούσε τα ορθογώνια χαρτόνια πάνω στα ορθογώνια σχήματα του ταμπλό και επέλεγε την κατάλληλη θέση. Το δεύτερο νήπιο (Π8) κατάφερε να αντιστοιχίσει τα ορθογώνια παραλληλόγραμμα, μετά από μια σύνθετη διαδικασία, η οποία συνδύαζε την οπτική αναγνώριση με την άμεση σύγκριση. Πλησίαζε, δηλαδή, τα σχήματα στις διάφορες κενές θέσεις, κρατώντας τα σε απόσταση, ώπου να επιλέξει την κατάλληλη θέση. Τέλος, το τρίτο νήπιο¹ (Π2) αντιμετώπισε μεγάλη δυσκολία στην αντιστοίχιση ιδιαίτερα των κατακόρυφων πλευρών και οι τοποθετήσεις του άφηναν κενά ή επικάλυπταν άλλα σχήματα. Όσον αφορά, στα τετράγωνα, ως ειδική κατηγορία ορθογωνίων, δε δημιούργησαν ιδιαίτερη δυσκολία στα παιδιά. Όλα τα παιδιά, ακόμα και το νήπιο με τις δυσκολίες (Π2), τοποθέτησαν σωστά τα τετράγωνα χωρίς να αφήσουν κενά ή να επικαλύψουν άλλα σχήματα.

Τα τρίγωνα σχήματα, δυσκόλεψαν κάποια νήπια. Εκτός από τέσσερα νήπια (4/9) (Π1, Π4, Π6, Π8), τα οποία αναγνώριζαν άμεσα τα χαρακτηριστικά—μέγεθος, μορφή, προσανατολισμό—των τριγώνων κομματιών από την εικόνα τους και τα τοποθετούσαν στις σωστές θέσεις, τα υπόλοιπα νήπια (Π2, Π3, Π5, Π7, Π9), κατά την τοποθέτηση, σε

¹ Το παιδί αυτό (Π2), σύμφωνα με τη νηπιαγωγό, παρουσίαζε μαθησιακές δυσκολίες.

κάποιες περιπτώσεις, άφηναν κενά ή υπερκάλυπταν τις τριγωνικές επιφάνειες. Συγκεκριμένα, το νήπιο Π2, δοκίμασε ένα τρίγωνο κομμάτι σε μία πολύ μικρότερη τριγωνική επιφάνεια, αντιστοιχίζοντας την κορυφή του τριγώνου κομματιού και τη μία πλευρά του, με το τρίγωνο του ταμπλό (Φωτ. 4). Θεωρώντας ότι ‘ταιριάζει’ το άφησε χωρίς να αντιληφθεί ότι το τρίγωνο κομμάτι υπερκάλυπτε την τριγωνική επιφάνεια. Σε μια άλλη περίπτωση, τοποθέτησε, σε μια τριγωνική επιφάνεια, στην οποία χωρούσαν δύο τρίγωνα κομμάτια, ένα μικρότερο τρίγωνο, αντιστοιχίζοντας μόνο την μία κορυφή του. Το νήπιο Π3 δοκίμασε να τοποθετήσει ένα τρίγωνο χαρτόνι ακουμπώντας το πάνω σε κάποιο από τα τρίγωνα του ταμπλό, για να διαπιστώσει, τελικά, μετά από την περιστροφή του, πως ήταν λάθος η αντιστοίχιση. Επίσης, τοποθέτησε ένα άλλο τρίγωνο στη σωστή θέση αφού προηγουμένως εξέτασε αν ταιριάζει, από απόσταση. Το νήπιο Π5 αφιέρωσε πολύ χρόνο στην αντιστοίχιση των τριγώνων κομματιών. Κατά την τελική τοποθέτησή του προέβηκε σε υπερκάλυψη ενός τριγώνου του ταμπλό, με τέτοιο τρόπο που ξεπέρασε το όριο της γραμμής του ορθογώνιου (Φωτ. 5). Το νήπιο Π7, όταν είχε να αντιστοιχίσει τα τέσσερα τρίγωνα με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργηθεί ένα τετράγωνο, τοποθέτησε, αφού πρώτα δοκίμασε το σχήμα πάνω στη θέση που θεωρούσε κατάλληλη, το πρώτο και το δεύτερο τρίγωνο απέναντι το ένα στο άλλο, ενώνοντας τις κορυφές τους. Το ίδιο έκανε, στη συνέχεια, και με τα άλλα δύο τρίγωνα. Όμως στην τοποθέτηση του επόμενου τριγώνου κομματιού, άφησε ένα μεγάλο κενό τοποθετώντας ένα πολύ μικρό τρίγωνο στη θέση ενός μεγαλύτερου. Βέβαια αυτή η κίνηση του νηπίου έγινε αφού τελείωσε το παιχνίδι και αφού είχε αναδειχθεί η νικήτρια, εκφράζοντας με αυτόν τον τρόπο τον εκνευρισμό του.

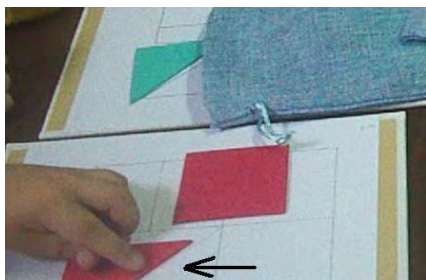


Φωτ. 4



Φωτ. 5

Το νήπιο Π9, για να βρει τη σωστή θέση των τριγώνων κομματιών αντιστοιχούσε τη μία τους πλευρά με μία πλευρά ενός οποιουδήποτε τριγώνου του ταμπλό. Αν, κατά τη γνώμη του ‘ταίριαζε’, το άφηνε χωρίς να εξετάσει αν αντιστοιχεί το υπόλοιπο σχεδιασμένο σχήμα με το τρίγωνο κομμάτι (Φωτ. 6). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να μένουν κενά, καθώς το τρίγωνο μπορεί μεν να εφαπτόταν εν μέρει με τη μία πλευρά, αλλά ήταν μικρότερο από τη σχεδιασμένη επιφάνεια. Στη συνέχεια, αφού το έβλεπε τοποθετημένο, το έβγαζε από εκείνη τη θέση και δοκίμαζε ένα άλλο έως ότου έβρισκε το κατάλληλο, που δεν άφηνε κενά, αλλά ούτε υπερκάλυπτε την αντίστοιχη θέση (Φωτ. 7).



Φωτ. 6



Φωτ. 7

Αξιίζει να σημειωθεί ότι το νήπιο Π6, το οποίο ήταν από τα παιδιά που αναγνώριζαν και αντιστοιχούσαν άμεσα τα τρίγωνα κομμάτια με τα τρίγωνα στο ταμπλό και ήταν και η νικήτρια του παιχνιδιού, φάνηκε να αντιλαμβάνεται και την ισοδυναμία των σχημάτων. Προσπαθώντας να βοηθήσει τη συμμαθήτριά της (Π7) που δυσκολευόταν με τα τρίγωνα, σήκωνε δύο-δύο τα τρίγωνα κομμάτια και τα σύγκρινε εφάπτοντας το ένα με το άλλο, συνειδητοποιώντας ότι για να καλύψει ένα τετράγωνο στο ταμπλό έπρεπε να συνδυάσει δύο ίδια τρίγωνα.

Επίσης, κάποια νήπια (Π5, Π6, Π8 και Π9), χωρίς να ζητηθεί από τους κανόνες του παιχνιδιού, έκαναν συστηματικές μετρήσεις των σχημάτων, τόσο των καλυμμένων, όσο και των ακάλυπτων. Η ενέργεια αυτή των παιδιών συνδέθηκε με την επιθυμία τους να είναι οι νικητές του παιχνιδιού, καθώς έλεγαν για παράδειγμα: «Μου λείπουν ακόμα τρία (3) σχήματα για να νικήσω». Συγκεκριμένα, δύο νήπια (Π5, Π8) κάθε φορά που τοποθετούσαν σχήματα στο ταμπλό, μετρούσαν από την αρχή πόσα κομμάτια είχαν τοποθετήσει. Ενώ, άλλα δύο νήπια (Π6, Π9), μετρούσαν ανά διαστήματα τις κενές θέσεις που έμενε ακόμα να καλύψουν για να συμπληρώσουν το ταμπλό τους.

Τέλος, τρία νήπια (Π4, Π5 και Π7) είχαν εξαντλήσει τα κομμάτια τους, χωρίς όμως να συμπληρώσουν το ταμπλό τους καλύπτοντας την επιφάνεια του ορθογωνίου. Δύο από αυτά (Π4, Π5), αντιλήφθηκαν πως είχαν κάνει λανθασμένη εκτίμηση των επιπρόσθετων κομματιών, δοκίμασαν τα κομμάτια που είχαν αποκλείσει και έτσι ολοκλήρωσαν την κάλυψη της ορθογωνίας επιφάνειας. Το τρίτο νήπιο (Π7) δε δοκίμασε τα κομμάτια, που είχε απορρίψει από την αρχή, καθώς επαναλάμβανε πως «δεν ταιριάζουν».

Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, παρουσιάστηκαν δυσκολίες οι οποίες είχαν να κάνουν με τεχνικά χαρακτηριστικά της κατασκευής του παιχνιδιού. Το αφρώδες υλικό¹ που χρησιμοποιήθηκε για να κατασκευαστούν τα κομμάτια στα διάφορα σχήματα, δεν ήταν πολύ σταθερό, κάτι το οποίο δυσκόλευε τα παιδιά κατά την τοποθέτηση. Τα σχήματα μετακινούνταν εύκολα, κάλυπταν άλλες επιφάνειες και τα παιδιά μπερδεύονταν. Ακόμα

¹ Το αφρώδες υλικό επιλέχτηκε με την υπόθεση ότι θα ήταν πιο σταθερό από το χαρτόνι, λόγω της υφής του, κάτι το οποίο δε συνέβηκε τελικά.

και η ύπαρξη των πουγκιών, στον χώρο του παιχνιδιού, δημιουργούσε πρόβλημα, εφόσον βρίσκονταν πάνω στα ταμπλό με αποτέλεσμα να καλύπτουν μέρος τους και είτε να μετακινούν τα τοποθετημένα κομμάτια είτε να καλύπτουν τα σχήματα ή μέρος των σχημάτων. Αυτό είχε ως συνέπεια τα παιδιά να μην βλέπουν τα όρια του κάθε σχήματος και έτσι να τοποθετούν τα κομμάτια με τέτοιο τρόπο που επικάλυπταν διπλανά σχήματα, αλλά και να προσπαθούν συνεχώς να επανατοποθετούν τα σχήματα που είχαν μετακινηθεί πάνω στο ταμπλό τους. Επίσης, οι έντονες κινήσεις των συμπαικτών κουνούσαν τα ταμπλό και πολλές φορές κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού ακούστηκαν παράπονα και παρατηρήσεις για την μετακίνηση των σχημάτων, όπως:

Π6: Πιο πολύ τα κουνάς παρά τα φτιάχνεις.

...

Π7: Είναι αριστερόχειρας και με κουνάει.

...

Π9: Όλο φεύγουν αυτά.

...

Π8: Μη μου τα κουνάς γιατί μου τα διαλύεις.

...

Βέβαια, κανένα παιδί, παρά τις δυσκολίες που αντιμετώπιζε με το υλικό, δεν σταμάτησε την προσπάθειά του να αντιστοιχίσει τα κομμάτια του με τα σχήματα του ταμπλό. Ακόμα και τις στιγμές που έπαιζαν οι συμπαίκτες τους, συνεχώς διαμόρφωναν το ταμπλό τους. Αυτό βέβαια είχε ως αποτέλεσμα, πολλές φορές, να μην αντιλαμβάνονται την εξέλιξη του παιχνιδιού και είτε έχαναν τη σειρά τους, είτε τοποθετούσαν λιγότερα σχήματα από αυτά που έφερνε το ζάρι. Ένα αγόρι (Π9), συγκεκριμένα, που στην αρχή φάνηκε να αδιαφορεί για τη ροή του παιχνιδιού και να ενδιαφέρεται μόνο για τη ρήψη του ζαριού, είχε τοποθετήσει ελάχιστα κομμάτια στο ταμπλό του, συγκριτικά με τους συμπαίκτες του που είχαν κοινό χρώμα, καθώς εστίαζε στην αναδιαμόρφωση των κομματιών πάνω στο ταμπλό του και όχι στην απόκτηση της σωστής ποσότητας σχημάτων.

Αλληλεπιδράσεις παικτών

Τα νήπια ήταν περισσότερο συνεργατικά παρά ανταγωνιστικά μεταξύ τους, κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Ήταν συγκεντρωμένα στο ταμπλό τους και πολλές στιγμές το ένα παιδί βοηθούσε το άλλο υποδεικνύοντας θέσεις για την τοποθέτηση των κομματιών, θυμίζοντας τη σειρά στο παιχνίδι ή δίνοντας το ζάρι (Φωτ. 8). Ένα κορίτσι (Π1) βοηθούσε τόσο πολύ την διπλανή της (Π2), που θύμιζε ομαδικό παρά ατομικό παιχνίδι. Διόρθωνε τα λάθη της, της κρατούσε το πουγκί για να πάρει τα σχήματα, της έδειχνε τη θέση του κομματιού στο ταμπλό (Φωτ. 9) και πολλές φορές της τοποθετούσε και η ίδια τα κομμάτια. Το κορίτσι που δεχόταν τη βοήθεια (Π2), στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν έπαιρνε πρωτοβουλίες και δε λάμβανε υπόψη το περίγραμμα του σχήματος. Σε μία στιγμή όμως απέρριψε, σωστά, ένα σχήμα χωρίς βοήθεια. Ωστόσο στην περίπτωση αυτή, παρενέβη η διπλανή της (Π1) λέγοντας πως κάνει λάθος, και ενώ σε πρώτη φάση την επηρεάζει, στη συνέχεια, με τη συμμετοχή άλλων παιδιών και της συζήτησης που

δημιουργείται, επιμένει στην επιλογή της. Χαρακτηριστικός είναι ο διάλογός:

P2: {Βάζει ένα κομμάτι σε μια θέση, αντιλαμβάνεται ότι δεν αντιστοιχεί απόλυτα και το βγάζει}

P1: Γιατί το έβγαλες; Πάει. Δες.

P2: Α ναι, καλά μου το είπες.

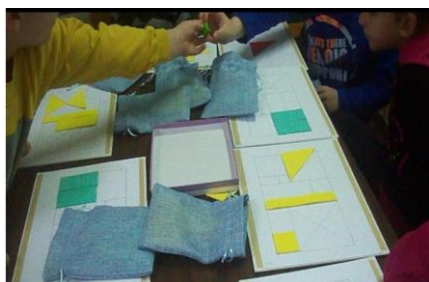
{Ένα άλλο κορίτσι βλέποντας το λάθος είπε:}

P6: Δεν πάει, αφού είναι πολύ μεγάλο.

P2: Να πάει.

P3: Αφού πρέπει να είναι πιο μικρό.

P2: {Βγάζει και πάλι το κομμάτι, όπως είχε κάνει στην αρχή}.



Φωτ. 8



Φωτ. 9

Παρεμβάσεις μεταξύ των συμπαικτών παρατηρήθηκαν και σε άλλες περιπτώσεις οι οποίες, παρόλο που δεν ήταν σωστές, φαίνεται να επηρεάζουν το αποτέλεσμα. Για παράδειγμα:

P6: Αφού βλέπεις ότι βγαίνει από τη γραμμή γιατί δεν το βγάζεις;

P7: {Βγάζει το σχήμα, μετά από την παρατήρηση της συμμαθήτριάς της, χωρίς να το ξανακοιτάξει.} [Το σχήμα όμως ήταν το σωστό απλά είχε μετακινηθεί και έβγαине έξω από το περίγραμμα.]

Έντονη φάνηκε να είναι η επιθυμία των παιδιών να κερδίσουν/ολοκληρώσουν την κάλυψη του ορθογωνίου στο ταμπλό τους. Αυτό φάνηκε από τη θέλησή τους να συνεχίσει το παιχνίδι, παρόλο που είχε αναδειχθεί η νικήτρια. Κατά την ολοκλήρωση και της παράτασης του παιχνιδιού, έμειναν δύο παίχτες. Ο ένας (P9) καθυστέρησε στη δοκιμή ενός σχήματος και ο άλλος (P5), ενώ έκανε σωστές επικαλύψεις, δυσκολευόταν να δομήσει την τετράγωνη επιφάνεια του ταμπλό, που αποτελούταν από τέσσερα τρίγωνα, με αποτέλεσμα να αφιερώνει χρόνο σε αυτό και να ξεχνάει να πάρει σχήματα από το

πουγκί του, όταν έπαιζαν παίκτες με το ίδιο χρώμα.

Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού έγιναν διακριτοί και κάποιοι ρόλοι παικτών (Σκουμπουρδή, 2010) οι οποίοι προέκυψε ότι ταιριάζουν και με στοιχεία της προσωπικότητας του κάθε παιδιού, όπως επιβεβαίωσε η νηπιαγωγός τους. Ένα νήπιο (Π9) ενδιαφερόταν μόνο για τη νίκη. Στην αρχή του παιχνιδιού, κοίταζε μόνο πότε θα έρθει η σειρά του να πετάξει το ζάρι ή να επιλέξει κομμάτια από το πουγκί του. Όμως στη συνέχεια του παιχνιδιού, απορροφήθηκε τόσο πολύ από τη συμπλήρωση του ταμπλό του, που έχανε τη σειρά του με αποτέλεσμα να μείνει τελευταίος, ενώ όλοι είχαν τελειώσει, προσπαθώντας να ολοκληρώσει την κάλυψη του ορθογωνίου. Υπήρχαν και παίκτες, που δεν ενδιαφέρονταν μόνο για τη νίκη, αλλά φάνηκε να απολαμβάνουν το παιχνίδι βοηθώντας ταυτόχρονα και τους συμπαίκτες τους. Ο συγκεκριμένος ρόλος έγινε πιο φανερός από ένα νήπιο (Π1), η οποία ήταν και η νικήτρια του παιχνιδιού. Φάνηκε να απολαμβάνει το παιχνίδι, αλλά να επιδιώκει και τη νίκη καθώς, όπως προαναφέρθηκε, μετρούσε πόσα σχήματα της απομένουν για να βγει νικήτρια. Υπήρχαν και δύο παίκτες (Π4 και Π5) που δεν μιλούσαν κατά την εξέλιξη του παιχνιδιού, ήταν συγκεντρωμένοι, αλλά παρέμεναν ντροπαλοί.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Τα παιχνίδια κάλυψης επιφάνειας, συνδυάζοντας την ικανότητα αντιστοίχισης και σύνθεσης σχημάτων, με την ικανότητα κάλυψης μιας επιφάνειας, θέματα τα οποία διαπραγματεύεται και το πρόγραμμα των μαθηματικών του νηπιαγωγείου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την οικοδόμηση του γεωμετρικού και του χωρικού συλλογισμού των μικρών παιδιών. Αυτό φάνηκε από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε με σκοπό να διερευνηθεί η ικανότητα των νηπίων να καλύψουν μια ορθογώνια επιφάνεια με γνωστά τους γεωμετρικά σχήματα σε ποικίλα μεγέθη, μορφές και τοποθετήσεις, αντιστοιχίζοντας τα και συνθέτοντάς τα με τον κατάλληλο τρόπο, σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, στο πλαίσιο ενός παιχνιδιού.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα περισσότερα νήπια, μέσα από το πλαίσιο του παιχνιδιού, χωρίς να έχουν προηγούμενη εμπειρία με επικαλύψεις επιφανειών, κατάφεραν να καλύψουν ένα ορθογώνιο με σχήματα χωρίς κενά και επικαλύψεις και έκαναν συστηματική καταμέτρηση των σχημάτων είτε των καλυμμένων είτε των υπό κάλυψη. Με κίνητρο τη νίκη και με μέσο τους κανόνες του παιχνιδιού, τα νήπια ενεργοποίησαν τη χωρική και τη γεωμετρική τους σκέψη, για να αντιστοιχίσουν την ορθογώνια επιφάνεια με κομμάτια σε διάφορα σχήματα (ορθογώνια παραλληλόγραμμα, τετράγωνα και τρίγωνα). Επιπλέον, φάνηκε ότι οι αλληλεπιδράσεις των παιδιών ήταν περισσότερο συνεργατικές παρά ανταγωνιστικές στη διάρκεια του παιχνιδιού.

Η ικανότητα των παιδιών να αναγνωρίσουν τα σχήματα η οποία, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, εξαρτάται από τον προσανατολισμό των πλευρών των σχημάτων και από τη μορφή τους (Clements & Sarama, 2007), φάνηκε να διευκολύνεται από το γεγονός ότι υπήρχαν σχήματα σε δύο τύπους αναπαράστασης. Τα κομμάτια είχαν μια δυναμική (περιστροφή, κίνηση για άμεση σύγκριση κλπ) σε σχέση με τα στατικά σχήματα στο ταμπλό. Το γεγονός αυτό βοήθησε τα παιδιά να συνδέσουν την εικόνα ενός σχήματος που

δεν αναγνώριζαν άμεσα, λόγω του ότι δεν παρουσιαζόταν με την πρότυπη μορφή του, με ένα γνωστό τους σχήμα. Η μεγαλύτερη δυσκολία αντιμετωπίστηκε στον χειρισμό και την αντιστοίχιση των τριγώνων κομματιών. Τα νήπια προέβαιναν σε υπερκαλύψεις, τοποθετώντας μεγαλύτερα τρίγωνα κομμάτια σε μικρότερα τρίγωνα του ταμπλό και άφηναν κενά τοποθετώντας μικρά τρίγωνα κομμάτια σε μεγάλα τρίγωνα του ταμπλό.

Κατά την αντιστοίχιση των κομματιών, με τα σχήματα του ταμπλό (τρία βασικά σχήματα—ορθογώνια, τετράγωνο, τρίγωνα—σε διάφορες μορφές, μεγέθη και τοποθετήσεις), προκειμένου να καλυφθεί η επιφάνεια, αναδείχθηκαν δύο κύριες στρατηγικές: της ολιστικής οπτικής αναγνώρισης και της διάταξης, σε αναλογία με τις γνωστικές διεργασίες που ενεργοποιούνται στα μικρά παιδιά κατά την εκτίμηση μήκους¹. Στην ολιστική οπτική αναγνώριση τα νήπια εκτίμησαν σε ποιο σχήμα αντιστοιχεί το κομμάτι απλά βλέποντάς/πιάνοντάς το. Η ολιστική οπτική αναγνώριση χρησιμοποιήθηκε από τα νήπια κυρίως στα ορθογώνια και στα τετράγωνα σχήματα. Αντίθετα, στη διάταξη τα νήπια πραγματοποίησαν ποικίλες συγκρίσεις μεταξύ των κομματιών και των σχημάτων του ταμπλό, κυρίως των τριγώνων. Οι συγκρίσεις αφορούσαν σε μία γωνία, σε μία πλευρά ή σε μέρος μίας πλευράς, καθώς και σε άμεση σύγκριση του κομματιού με το σχήμα του ταμπλό είτε με επαφή είτε από απόσταση.

Η κάλυψη μιας ορθογώνιας επιφάνειας με διαφορετικά μεταξύ τους σχήματα και όχι με ίδια, ως μονάδα μέτρησης, μπορεί να θεωρηθεί ως μια πρώτη δεξιότητα, της ‘σωστής’ τοποθέτησης, που πρέπει να καλλιεργήσουν τα μικρά παιδιά. Η ‘σωστή’ τοποθέτηση απαιτεί την αντιστοίχιση/τοποθέτηση των σχημάτων με τέτοιο τρόπο, ώστε να καλυφθεί η δοσμένη επιφάνεια χωρίς επικαλύψεις ή κενά μεταξύ των κομματιών. Το παιχνίδι μπορεί να αποτελέσει το κατάλληλο πλαίσιο (Σκουμπουρδή, 2010) που θα βοηθήσει τα παιδιά αφενός να αντιληφθούν την έννοια του σχήματος, μέσω των ποικίλων μορφών, μεγεθών και τοποθετήσεών του και αφετέρου να εξασκηθούν στη σωστή τοποθέτηση με σκοπό, ταυτόχρονα, την αντιστοίχιση και την κάλυψη επιφάνειας.

Η διαμορφωτική και συνολική αξιολόγηση του παιχνιδιού, μετά τη δοκιμή του, υποδεικνύει εκτός από την αλλαγή του υλικού κατασκευής των κομματιών ή/και του ταμπλό, τη δημιουργία ταμπλό με μεγαλύτερη ποικιλία εναλλαγής των χαρακτηριστικών και της μορφής των σχημάτων (μέγεθος, είδος, προσανατολισμός κλπ). Επίσης, προτείνεται μία τροποποίηση του παιχνιδιού για να υπάρχει δυνατότητα επέκτασης και εξέλιξης του σε δραστηριότητα κάλυψης επιφάνειας με επανάληψη μονάδας μέτρησης με δόμηση σχηματισμού. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί αν δημιουργηθούν ταμπλό στα οποία το σχηματισμένο ορθογώνιο θα είναι δομημένο σε τετράγωνα (πλέγμα) και άρα τα κομμάτια

¹ Οι γνωστικές διεργασίες που ενεργοποιούνται στα μικρά παιδιά κατά την εκτίμηση μήκους είναι της ολιστικής οπτικής αναγνώρισης, της διάταξης και της μοναδοποίησης (Van den Heuvel-Panhuizen & Elia, 2011) με τη σειρά που παρουσιάζονται να αντιστοιχεί στον βαθμό πολυπλοκότητας. Στην ολιστική οπτική αναγνώριση δεν απαιτείται αιτιολόγηση. Τα παιδιά, εκτιμούν το μήκος ‘βλέποντας’ απλά την εικόνα. Στη διάταξη πραγματοποιούν ποικίλες συγκρίσεις μεταξύ των μηκών των αντικειμένων και εκεί βασίζουν την εκτίμησή τους. Τέλος, στη μοναδοποίηση, το μήκος των αντικειμένων διαμερίζεται σε μονάδες ίσου μεγέθους και μέσω αυτής της διαδικασίας γίνεται η εκτίμηση.

στα πουγκιά θα είναι τετράγωνα (όχι απαραίτητα ίδιων διαστάσεων σε όλα τα ταμπλό), αλλά και ταμπλό στα οποία το σχηματισμένο ορθογώνιο θα είναι κενό, χωρίς σχεδιασμένο πλέγμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αυγητίδου, Σ. (2001). *Το παιχνίδι. Σύγχρονες ερευνητικές και διδακτικές προσεγγίσεις*. Αθήνα: Τυπωθήτω- Γιώργος Δάρδανος.
- Bennett, N, Wood, L. & Rogers, S. (1997). *Teaching through play. Teachers thinking and classroom practice* (Ch.1 pp. 1-17 & Ch. 6 pp. 116-132). Open University Press.
- Caswell, R. & Nisbet, S. (2005). The value of play in mathematics learning in the middle years. In H. L. Chick & J. L. Vincent (eds.), *Proceedings of the 29th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 1, p. 232). Melbourne: PME.
- Ceglowski, D. (1997). Understanding and building upon children's perceptions of play activities in early childhood programs. *Early Childhood Education Journal*, 25 (2): 107-112.
- Clements, D. (2004). Geometric and spatial thinking in early childhood education. In D Clements & J. Sarama (eds.), *Engaging young children in mathematics: Standards in early childhood mathematics education* (pp. 267-297). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Clements, D. & Sarama, J. (2007). Early childhood mathematics learning. In F. Lester (ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning a project of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. 461-555). Information Age Publishing, USA.
- ΔΕΠΠΕ (2003). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <http://www.pi-schools.gr/programs/depps/>
- Epstein, S.L., Gelfand, J. & Lock, E. (1998). Learning game-specific spatially-oriented heuristics. *Constraints: An International Journal*, 3 (2-3): 239-253.
- Ernest, P. (1986). Games a rationale for their use in the teaching of mathematics in school. *Mathematics in School*, 15 (1): 2-5.
- Griffiths, R. (1994). Mathematics and play. In J. R. Moyles (ed.), *The excellence of play* (pp. 145-157). Great Britain, Buckingham: Open University Press.
- Hansen, L.E. (2005). ABCs of early mathematics experiences. *Teaching Children Mathematics*, 12 (4): 208-212.
- Heaslip, P. (1994). Making play work in the classroom. In J.R. Moyles (ed.), *The excellence of play* (pp. 99-109). Buckingham – Philadelphia: Open University Press.
- Ιατρίδη, Μ. (1993). Μετρήσεις: βάρος- εμβαδόν- όγκος. *Ανοιχτό σχολείο*, 42, 10.
- NCTM (National Council of Teachers of Mathematics: Standards), (2007). Available at <http://www.nctm.org> (accessed 19/12/2007).
- Outhred, L. & Mitchelmore, M. (2000). Young children's intuitive understanding of

- rectangular area measurement. *Journal for Research in Mathematics Education*, 31 (2): 144-167.
- Owens, K., & Outrhed, L. (2006). The complexity of learning geometry and measurement. In A. Gutierrez, & P. Boero (Eds.), *Handbook of research on the psychology of mathematics education. Past present and future*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- ΠΣΝ (2011): Πρόγραμμα Σπουδών Νηπιαγωγείου διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <http://www.dipevath.gr/Nov2011/28/1o-meros.pdf>
- Σκουμπουρδή, Χ. (2010). *Το παιχνίδι ως πλαίσιο για την προσέγγιση των μαθηματικών της πρώτης σχολικής ηλικίας: Σχεδιασμός επιτραπέζιων παιχνιδιών*. Σύγχρονη εκπαίδευση. Τεύχος 162.
- Σκουμπουρδή, Χ. (2012). *Σχεδιασμός ένταξης υλικών και μέσων στη μαθηματική εκπαίδευση τω μικρών παιδιών*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.
- Σκουμπουρδή, Χ. (2014). Ο ρόλος των εκπαιδευτικών υλικών στα μαθηματικά της πρώτης σχολικής ηλικίας. Στο Δ. Χασάπης (επιμ.) Τα μαθηματικά στην προσχολική και στην πρώτη σχολική εκπαίδευση. *12^ο Διήμερο Διαλόγου για τη Διδασκαλία των Μαθηματικών*, 31-55, Αθήνα. (CD-ROM, ISBN: 978-618-80640-2-7).
- Σκουμπουρδή, Χ. & Καλαβάσης, Φ. (2005). Ταξινόμηση του εκπαιδευτικού παιχνιδιού: σύνδεση με τη Θεωρία Παιγνίων. *Πρακτικά 22ου Πανελληνίου Συνεδρίου Μαθηματικής Παιδείας: Οι σύγχρονες εφαρμογές των μαθηματικών και η αξιοποίησή τους στην εκπαίδευση* (σελ. 504-514), Λαμία.
- Σκουμπουρδή, Χ & Παπαϊωάννου- Στραβολαίμου, Δ. (2011). *Μέτρηση εμβαδού, από νήπια, μέσω της κάλυψης επιφάνειας με χρήση βοηθητικών μέσων*. Έρευνα στη Διδακτική των Μαθηματικών, Τεύχος 5 (σελ: 39-59)
- Szendrei, J. (1996). Concrete materials in the classroom. In A. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick & C. Laborde (eds.), *International handbook of mathematics education* (pp. 411-434). Netherlands: Kluwer, Academic Publishers.
- Van den Heuvel-Panhuizen, M., & Elia, I. (2011). Kindergartners' performance in length measurement and the effect of picture book reading. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 43(5), 621-635.
- Van Oers, B. (2010). Emergent mathematical thinking in the context of play. *Educational Studies in Mathematics*, 74: 23-37.
- Williams, M. (1986). The place of games in primary mathematics. *Mathematics in School*, 15 (1): 19.
- Zacharos, K. & Ravanis, K. (2000). The tranformation of natural to geometrical concepts, concerning children 5-7 years old. The case of measuring surfaces. *European Early Childhood Education Research*, 8 (2): 63-72.

Εκπαιδευτικό υλικό για τις Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό Σχολείο: ανάπτυξη και παρουσίαση του υλικού σε Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Αννα Σπύρτου¹, Παναγιώτα Ζάχου²

¹ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, ² ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας,

aspirtou@uowm.gr, zachou.yo@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία περιγράφονται τα εκπαιδευτικά υλικά που αναπτύχθηκαν κατά τα σχολικά έτη 2012-2014 σε δημοτικά σχολεία της ευρύτερης περιοχής της Φλώρινας. Κεντρικό ζητούμενο της όλης διαδικασίας ήταν η δημιουργία υλικών για την παρουσίασή τους σε Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας. Τα εκπαιδευτικά υλικά αναπτύχθηκαν με τη στενή συνεργασία τριών εκπαιδευτικών «πόλων», Πανεπιστήμιο, Σχολικός Σύμβουλος, Σχολεία. Στο άρθρο αναγνωρίζονται οι θεματικές ενότητες και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά 54 υλικών. Επιπλέον σε πέντε από αυτά εξετάζεται το εάν το περιβάλλον μάθησης στο οποίο αναπτύχθηκαν συνάδει με τις αρχές της αυθεντικής μάθησης καθώς και του STSE εκπαιδευτικού ρεύματος.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Αυθεντική μάθηση, STSE ρεύμα, Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε πολλές χώρες του κόσμου, οι θετικές στάσεις των μαθητών προς τις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) φαίνεται να ακολουθούν προοδευτικά φθίνουσα πορεία, το ίδιο και ο αριθμός των νέων που επιλέγουν να σπουδάσουν και να εργαστούν σε σχετικούς τομείς απασχόλησης (Brawnd & Reiss, 2006; Hackling, Goodrum, & Rennie, 2001). Από την άλλη, σύμφωνα με τους Brown, Collins & Duguid (1989), το είδος των μαθησιακών δραστηριοτήτων που θεωρούνται κατάλληλες και επιλέγονται για την διδασκαλία ορισμένων εννοιών, μπορεί να προωθήσει πολύ διαφορετικά αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, υποστηρίζεται πως δραστηριότητες που ενσωματώνουν τη συνειδητή χρήση του κοινωνικού και φυσικού περιβάλλοντος από τον μαθητή, πιθανόν να επιφέρουν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα. Ειδικότερα, η παραπάνω άποψη εστιάζει στο στοιχείο της

αυθεντικότητας, ως απαραίτητου παράγοντα της επιτυχημένης διδασκαλίας και της ουσιαστικής μάθησης (Herrington, & Oliver, 2000).

Στην παρούσα εργασία προσεγγίζουμε το πρόβλημα του χαμηλού ενδιαφέροντος των μαθητών απέναντι στις ΦΕ, μέσω της δημιουργίας εκπαιδευτικού υλικού και της παρουσίασής του σε σχετικό Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας (ΦΕ/ΤΧ). Το Φεστιβάλ ως σχολική δραστηριότητα εντάσσεται στις μορφές μη τυπικής μάθησης, η οποία συμβάλει ουσιαστικά στη δημιουργία κινήτρων και θετικών στάσεων των μαθητών απέναντι στις ΦΕ (Levin & Levin, 1991; Bultitude, McDonald, & Custead, 2011). Η παιδαγωγική προσέγγιση που επιχειρήθηκε εντός του πλαισίου του Φεστιβάλ, βασίστηκε στις αρχές της αυθεντικής μάθησης, όπως αυτές διατυπώνονται στη διεθνή βιβλιογραφία.

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη των εκπαιδευτικών υλικών έγιναν σε ανοιχτό διερευνητικό περιβάλλον μάθησης, στην ευέλικτη ζώνη, υπό το πρίσμα του εκπαιδευτικού ρεύματος Επιστήμη, Τεχνολογία, Κοινωνία, Περιβάλλον (STSE). Οι μαθητές σε μικρές ομάδες με την υποστήριξη των φοιτητών σχεδίασαν και κατασκεύασαν το εκπαιδευτικό υλικό της ομάδας τους π.χ. ένα μοντέλο τρένου.

Η παρούσα εργασία στήριξε την υλοποίηση ειδικής συνεδρίας αναρτημένων εργασιών στο συνέδριο, στην οποία οι φοιτητές ανέδειξαν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών υλικών και συζήτησαν την αποτίμηση των αποτελεσμάτων αναφορικά με την ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών και της εμπλοκής τους στην όλη διαδικασία, καθώς και της απόκτησης γνώσεων και δεξιοτήτων.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Αυθεντική μάθηση

Ως αυθεντική ορίζεται η παιδαγωγική προσέγγιση που επιτρέπει στους μαθητές να εξερευνούν, να συζητούν και να δομούν έννοιες και σχέσεις με νόημα, σε πλαίσια που αφορούν προβλήματα του πραγματικού κόσμου, τα οποία τους είναι οικεία. Οι μαθητές χρησιμοποιούν το μυαλό τους «καλά/δημιουργικά», ενώ υποκινούνται από εσωτερική παρώθηση που τους οδηγεί σε αυθόρμητη και ενεργητική μάθηση (Donovan, Brandford, & Pellegrino, 1999). Σύμφωνα με τη Lombardi (2007), η αυθεντική μάθηση σχετίζεται με την επίλυση πραγματικών σύνθετων προβλημάτων μέσω ποικίλων προσεγγίσεων (π.χ. παιχνίδια ρόλων, συμμετοχή σε εικονική κοινότητα). Στα περιβάλλοντα που αναπτύσσονται οι προσεγγίσεις αυτές, οι μαθητές δεν διδάσκονται ένα γνωστικό αντικείμενο αλλά καλούνται να αντιμετωπίσουν κάποια προγραμματισμένη ρεαλιστική κατάσταση (π.χ. διαχείριση μιας πόλης, πτήση ενός αεροπλάνου). Έτσι, μαθαίνουν δρώντας ως ενεργητικά μέλη ενός διεπιστημονικού περιβάλλοντος, αξιοποιώντας διαφορετικές προοπτικές και ποικίλους τρόπους εργασίας.

Προκειμένου να διασφαλιστεί η αυθεντικότητα των περιβαλλόντων μάθησης θα πρέπει να έχουν επιτευχθεί οι παρακάτω προϋποθέσεις (Newman & Wehlage, 1993; Peterson, 2002, Herrington, & Oliver, 2000; Duschl & Grandy, 2008) (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Αρχές αυθεντικής μάθησης

- ✓ Αυθεντικός σκοπός, ενδιαφέρον, σύνδεση με την καθημερινή ζωή
 - ✓ Ουσιαστική συζήτηση
 - ✓ Κοινωνική υποστήριξη
 - ✓ Αναστοχασμός
 - ✓ Ανάπτυξη υψηλών νοητικών λειτουργιών
 - ✓ Ανάπτυξη δεξιοτήτων
 - ✓ Διαθεματικότητα
 - ✓ Παρουσίαση σε ακροατήριο
 - ✓ Αξιολόγηση
-

Αυθεντικός σκοπός - ενδιαφέρον - σύνδεση με την καθημερινή ζωή: Σε ένα αυθεντικό περιβάλλον μάθησης οι δράσεις των μαθητών έχουν αξία και νόημα πέρα από τα όρια της σχολικής τάξης. Οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με προβλήματα του πραγματικού κόσμου, χρησιμοποιούν προσωπικές τους εμπειρίες καθώς προσεγγίζουν τη γνώση. Συνήθως, δημιουργούν εκπαιδευτικά προϊόντα με χρηστική ή αισθητική αξία, με σκοπό να επηρεάσουν ένα ευρύτερο κοινό.

Ουσιαστική συζήτηση: Οι μαθητές συζητούν θέματα που αφορούν την ομάδα, εκφράζουν τις ιδέες τους, οδηγούνται σε γενικεύσεις και διατυπώνουν ερωτήματα χωρίς να ακολουθούν ένα τυποποιημένο πρόγραμμα. Οι διάλογοι δομούνται στη βάση των ιδεών και ενδιαφερόντων των συμμετεχόντων προωθώντας έτσι τη βέλτιστη συλλογική συζήτηση.

Κοινωνική Υποστήριξη των μαθητών: Επιτυγχάνεται τόσο από τον εκπαιδευτικό όσο και από τα μέλη της ομάδας. Εντός του πλαισίου της τάξης κυριαρχεί ο σεβασμός προς όλους και οι υψηλές προσδοκίες επιτυχίας. Επιπλέον επιχειρείται ένταξη όλων των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία. Η τάξη είναι μια συλλογική κοινότητα μάθησης, όπου οι μαθητές δομούν τις γνώσεις τους βασισμένοι στα «δυνατά» τους σημεία, ενώ ο εκπαιδευτικός λαμβάνει υπόψη του τα διαφορετικά στυλ μάθησης και τους πολλαπλούς τύπους νοημοσύνης.

Αναστοχασμός: Οι μαθητές συζητούν σε θέματα που επιδέχονται πολλές απαντήσεις, και όχι μία σωστή απάντηση. Οι αυθεντικές δραστηριότητες, που ωθούν τους μαθητές να συγκρίνουν τις απόψεις τους τόσο με αυτές των εμπειρογνομόνων όσο και με των συμμαθητών τους, προσφέρουν πρόσφορο έδαφος για κοινωνικό αναστοχασμό και ουσιαστική συζήτηση επί των θεμάτων που απασχολούν την ομάδα. Ακόμη, οι μαθητές ενθαρρύνονται να αναστοχαστούν συστηματικά και κριτικά αναφορικά με την εξέλιξη της μάθησής τους.

Ανάπτυξη υψηλών νοητικών λειτουργιών: Οι μαθητές συνδυάζουν, αναλύουν, συνθέτουν, κρίνουν, και ακόμη αλληλεπιδρούν, επεξεργάζονται σύνθετα νοήματα, επιχειρηματολογούν, ασκούνται στην επίλυση προβλήματος, βγάζουν συμπεράσματα, τα οποία αξιολογούν. Εμπλεκόμενοι σε τέτοιου είδους διαδικασίες, οι μαθητές ασκούν διερευνητικές ικανότητες, κοινωνικές δεξιότητες, την κριτική τους ικανότητα, και

δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, προσόντα απαραίτητα για τη διαμόρφωση ενεργών και ενσυνείδητων πολιτών.

Ανάπτυξη δεξιοτήτων: Οι μαθητές μαθαίνουν να θέτουν ερωτήματα, να παρατηρούν με λεπτομέρεια, να σχεδιάζουν έρευνες, να συλλέγουν γνώσεις και πληροφορίες, να αναλύουν και να ερμηνεύουν δεδομένα, να χειρίζονται όργανα και να μετρούν, να δοκιμάζουν τις λύσεις που προτείνουν κ.λπ.

Διεπιστημονικότητα: Η διδακτική διαδικασία χαρακτηρίζεται από διεπιστημονικότητα, συνδέοντας διάφορες επιστημονικές περιοχές, ενώ, παράλληλα, λαμβάνεται υπόψη ότι απευθύνεται σε μαθητές με διαφορετικά μαθησιακά στυλ, πολλαπλές νοημοσύνες. Με αυτόν τον τρόπο ενδέχεται να ενεργοποιηθούν τα ατομικά ενδιαφέροντα του κάθε μαθητή στο πλαίσιο ενός κοινού περιεχομένου που προσεγγίζεται από πολλαπλές οπτικές.

Παρουσίαση σε ακροατήριο: Οι αυθεντικές δραστηριότητες συνήθως συνοδεύονται από παρουσίαση των έργων των μαθητών σε ένα ευρύ ακροατήριο, εκτός τάξης, συνδέοντας έτσι τη μαθητική κοινότητα με την κοινωνία. Το τελικό προϊόν, που είναι αποτέλεσμα του αρχικού σχεδιασμού της διδασκαλίας και της συνολικής μαθησιακής πορείας των μαθητών, αποτελεί αντικείμενο συζήτησης με την κοινωνία. Δίνει νόημα και «εξωστρέφεια» στην μαθησιακή διαδικασία, ενισχύει τις κοινωνικές δεξιότητες των μαθητών και το ρόλο τους ως ενεργών πολιτών.

Αξιολόγηση: Όσον αφορά τη διαδικασία της αξιολόγησης, είναι σημαντικό να υπάρχει σε όλα τα στάδια της διαδικασίας (αρχική – διαμορφωτική – τελική) αλλά επίσης να ενισχύεται και η αυτό-αξιολόγηση για την ενίσχυση της κριτικής ικανότητας και μεταγνώσης των μαθητών.

Το εκπαιδευτικό ρεύμα STSE

Στη βιβλιογραφία έχουν προταθεί πολλές προσεγγίσεις, όσον αφορά τον ορισμό και τις ποικίλες κατηγορίες του STSE ρεύματος (Zeidler, Sadler, Simmons, & Howes, 2005). Στον πυρήνα του STSE ρεύματος είναι η διαμόρφωση κοινωνικά υπεύθυνων πολιτών, οι οποίοι αφενός θα έχουν αποκτήσει μια ολοκληρωμένη αντίληψη για την επιστήμη, την τεχνολογία, την κοινωνία και το περιβάλλον και αφετέρου θα είναι ικανοί να παίρνουν συλλογικές αποφάσεις σε θέματα που αφορούν τις τέσσερις αυτές θεματικές ενότητες (Smith, Loughran, Berry & Dimitrakopoulos, 2012).

Υπό το παραπάνω πρίσμα, στο συγκεκριμένο πρόγραμμα, έγινε η ανάπτυξη του υλικού, δηλαδή αποσκοπούσαμε αφενός τα υλικά να καλύπτουν τις τέσσερις θεματικές περιοχές (επιστήμη, τεχνολογία, κοινωνία, περιβάλλον) και αφετέρου οι μαθητές, μέσα από το σχεδιασμό και την κατασκευή των υλικών, να διερευνήσουν τις σχέσεις μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας καθώς και τα κοινωνικά και περιβαλλοντικά ζητήματα που συνδέονται με αυτές (Σκορδούλης & Σωτηράκου, 2005; Lin, Hong, & Huang, 2012; Χαλκιά 2012).

Επιπλέον, λάβαμε υπόψη μας μια εκτενή βιβλιογραφική επισκόπηση των Pedretti & Nazir (2011) που αφορά σχετικά άρθρα και δημοσιεύσεις 40 ετών (από το 1971). Με βάση τη συγκεκριμένη μελέτη αναγνωρίστηκαν 6 βασικές κατευθύνσεις του STSE ρεύματος: (α) εφαρμογή/σχεδιασμός, (β) ιστορία, (γ) λογική σκέψη, (δ) αξίες, (ε)

κοινωνικοπολιτισμική και (στ) κοινωνικοοικολογική κατεύθυνση. Οι 6 αυτές κατευθύνσεις αποτέλεσαν εργαλείο για την ανάλυση των εκπαιδευτικών υλικών που παρήχθησαν στο πρόγραμμα (βλ. μεθοδολογία). Στον πίνακα 2, παρουσιάζουμε συνοπτικά τις 6 κατευθύνσεις (Pedretti & Nazir 2011).

Πίνακας 2: Οι έξι κατευθύνσεις του STSE ρεύματος

Κατευθύνσεις	Βασικά χαρακτηριστικά
Εφαρμογή/σχεδιασμός	Ανάπτυξη επιστημονικών και τεχνολογικών δεξιοτήτων
Ιστορία	Οι ΦΕ/ΤΧ ως επιτεύγματα του ανθρώπινου πολιτισμού
Λογική σκέψη	Λήψη αποφάσεων για κοινωνικά ζητήματα με βάση τις ΦΕ/ΤΧ
Αξίες	Ανάπτυξη της ηθικής διάστασης των ΦΕ/ΤΧ
Κοινωνικοπολιτισμική	Οι ΦΕ/ΤΧ ως συστατικά της κοινωνίας
Κοινωνικοοικολογική	Ανάπτυξη πολιτών-ακτιβιστών που να δρουν για τη βελτίωση ζητημάτων που σχετίζονται με τις ΦΕ/ΤΧ, το περιβάλλον και την κοινωνία

Κατεύθυνση Εφαρμογής/σχεδιασμού: Οι μαθητές ενθαρρύνονται να εμπλακούν στη λύση προβλημάτων σχεδιάζοντας νέα τεχνολογία ή τροποποιώντας την ήδη υπάρχουσα. Για παράδειγμα, εμπλέκονται σε επιστημονικές και τεχνολογικές διαδικασίες για να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν ένα μοντέλο τρένου. Έτσι οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να κατανοήσουν τη σύνδεση που υπάρχει ανάμεσα στην επιστήμη και την τεχνολογία (ΦΕ/ΤΧ).

Κατεύθυνση Ιστορίας: Οι μαθητές καλούνται να προσεγγίσουν τις ΦΕ/ΤΧ, ως επιτεύγματα του ανθρώπινου πολιτισμού. Εμπλέκονται σε ποικίλες δραστηριότητες, όπως είναι η δραματοποίηση, παιχνίδια ρόλων, συλλογή πληροφοριών για μια προσωπικότητα των ΦΕ/ΤΧ, με σκοπό να κατανοήσουν την ιστορική και κοινωνικοπολιτισμική διάσταση των ΦΕ/ΤΧ καθώς και να αντιληφθούν ότι η ανάπτυξη των ΦΕ/ΤΧ είναι μια ενδιαφέρουσα και συναρπαστική εμπειρία.

Λογική σκέψη: Οι μαθητές καλούνται να επικεντρωθούν πάνω σε θέματα που άπτονται των ΦΕ/ΤΧ και της κοινωνίας π.χ. ναρκωτικά, αλκοόλ και υγεία. Σκοπός αυτής της εμπλοκής είναι να κατανοήσουν ότι κάθε σχετικό θέμα μπορεί να αντιμετωπιστεί με τρόπο ανάλογο με αυτό που ακολουθούν οι επιστήμονες. Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές εμπλέκονται σε δραστηριότητες, όπως είναι η λήψη αποφάσεων, οι δημόσιες συζητήσεις (debates), η χρήση επιχειρημάτων, η ανταλλαγή ιδεών, έτσι ώστε να γίνουν κοινωνικά υπεύθυνοι πολίτες απέναντι σε προβλήματα της κοινωνίας.

Κατεύθυνση των αξιών: Οι μαθητές καλούνται να μελετήσουν το περιεχόμενο των ΦΕ/ΤΧ λαμβάνοντας υπόψη την ηθική του διάσταση. Μέσα από την ανταλλαγή ιδεών, τη μελέτη πληροφοριών και γνώσεων, τις συζητήσεις για τη λήψη αποφάσεων πάνω σε ηθικά διλήμματα, οι μαθητές καθίστανται ικανοί να αναγνωρίζουν την ηθική διάσταση που αφορούν ζητήματα της κοινωνίας π.χ. ένα επίκαιρο δίλημμα είναι το γεγονός ότι με τη

νανοτεχνολογία πρόκειται να αυξηθούν οι θέσεις εργασίας, αλλά ωστόσο είναι πιθανόν να έχουμε επιπτώσεις στην υγεία των εργαζομένων.

Κοινωνικοπολιτισμική κατεύθυνση: Οι μαθητές προσανατολίζονται στο να προσεγγίσουν τις ΦΕ/ΤΧ ως συστατικά της κοινωνίας, τα οποία συνδέονται με την οικονομία, την πολιτική και τον πολιτισμό. Εμπλέκονται σε ποικιλία βιωματικών και αναστοχαστικών δραστηριοτήτων όπως, είναι η ανταλλαγή ιδεών, η αφήγηση, η συζήτηση πάνω σε ένα κοινωνικό θέμα π.χ. η αρχαία ελληνική τεχνολογία ως πολιτιστικό επίτευγμα μιας οικονομικά ισχυρής κοινωνίας. Οι ΦΕ/ΤΧ ως συστατικά της κοινωνίας κι όχι αυτόνομα ή ακόμη και ξεκομμένα από αυτήν, θεωρούνται ότι αφορούν όλους τους πολίτες, οι οποίοι όχι μόνο μπορούν να κατανοήσουν αλλά και να χρησιμοποιήσουν τις γνώσεις των ΦΕ/ΤΧ.

Κοινωνικοοικολογική κατεύθυνση: Η έμφαση δίνεται στην εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες που θα τους βοηθήσουν να αναπτυχθούν ως πολίτες-ακτιβιστές. Σκοπός της κατεύθυνσης αυτής είναι οι μαθητές πέρα από τη γνώση του περιεχόμενου των ΦΕ/ΤΧ να μάθουν να αγωνίζονται για τη διασφάλιση της δικαιοσύνης, του περιβάλλοντος και του εκσυγχρονισμού της κοινωνίας. Να γίνουν κριτικοί πολίτες, ικανοί να προτείνουν λύσεις και να δρουν για τη βελτίωση ζητημάτων που σχετίζονται με την επιστήμη, την τεχνολογία, την κοινωνία και το περιβάλλον.

ΦΕΣΤΙΒΑΛ ΦΕ/ΤΧ: ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΑΘΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ: ένα πλαίσιο αυθεντικής μάθησης και STSE κατεύθυνσης

Στη βιβλιογραφία υπογραμμίζεται ότι το Φεστιβάλ είναι ένα δημοφιλές επιστημονικό γεγονός που δίνει έμφαση στην επιστήμη ως τρόπο διασκέδασης, πετυχαίνοντας τη βελτίωση των σχέσεων μεταξύ κοινωνίας και επιστήμης, (Baltitude et al. 2011). Σε ένα Φεστιβάλ, οι μαθητές συνεργάζονται διερευνητικά για να παρουσιάσουν τα πορίσματά τους σε μορφή αφίσας ή ετοιμάζουν μια αλληλεπιδραστική δραστηριότητα (π.χ. παιχνίδι ή μακέτα) με στόχο να διδάξουν κάποιες πτυχές των αποτελεσμάτων της διερεύνησής τους σε παιδιά, εκπαιδευτικούς και γονείς (Κυριαζή, & Κωνσταντίνου, 2006). Όσον αφορά τους στόχους και τα οφέλη της εκπόνησης μιας εργασίας σε ένα Φεστιβάλ, πολλές έρευνες έδειξαν ότι η συμμετοχή βοηθά τους μαθητές στην ανάπτυξη βασικών δεξιοτήτων, στη δημιουργία θετικών στάσεων απέναντι στην επιστήμη και στην πρόσκτηση χρήσιμων γνώσεων για να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις της σύγχρονης κοινωνίας (Czerniak & Lumpe, 1996). Ουσιαστικά, είναι ένας ευχάριστος τρόπος για την απόκτηση επιστημονικής εμπειρίας, ενώ συγχρόνως επιδιώκεται η δημιουργία μιας ανεξάρτητης επιστημονικής εργασίας που παρέχει στα παιδιά ευκαιρίες για να διερευνήσουν συγκεκριμένα ερωτήματα (Fredericks, 2000). Δίνουν στους μαθητές τη δυνατότητα ανάπτυξης δεξιοτήτων λύσης προβλημάτων, μάθησης καινούργιων επιστημονικών πληροφοριών, εμπλουτίζοντας το υπόβαθρο της γνώσης τους και ενισχύοντας δεξιότητες γραπτής και προφορικής επικοινωνίας. Με άλλα λόγια, οι εργασίες αυτές δίνουν στους μαθητές τη δυνατότητα να γίνουν «εμπειρογνώμονες» σε θέματα που τους ενδιαφέρουν και τους παρέχουν την ικανοποίηση της επιτυχίας που έρχεται με την ολοκλήρωσή τους. Γενικά, οι μαθητές, εκπονώντας μια εργασία που

προορίζεται για ένα Φεστιβάλ μπορούν να εκτιμήσουν τη δουλειά των επιστημόνων (Fredericks, 2000; Καλλέρη 2007).

Λαμβάνοντας υπόψη μας τις αρχές της αυθεντικής μάθησης και τους στόχους του STSE ρεύματος, εκτιμήσαμε ότι το Φεστιβάλ μπορεί να αποτελέσει ένα κατάλληλο πλαίσιο μάθησης για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού.

Σχεδιασμός, ανάπτυξη και παρουσίαση του εκπαιδευτικού υλικού

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του υλικού έγινε κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας δύο Φεστιβάλ που διεξήχθησαν κατά τα σχολικά έτη (2012-2014). Συμμετείχαν συνολικά 76 φοιτητές, οι οποίοι ενεπλάκησαν στο όλο εγχείρημα, στο πλαίσιο ενός εξαμηνιαίου μαθήματος των Φυσικών Επιστημών.

Όι φοιτητές αρχικά ενημερώθηκαν με διαλέξεις για τις βασικές θέσεις της αυθεντικής μάθησης και του STSE ρεύματος. Κατά τις διαλέξεις δόθηκε ευκαιρία να συζητηθούν σημαντικές πτυχές του προγράμματος, όπως είναι ο επαρκής χρόνος που χρειάζεται να δώσει ο κάθε φοιτητής στους μαθητές της ομάδας του, έτσι ώστε οι μαθητές να εξοικειωθούν μαζί του, να εκφράσουν τα ενδιαφέροντά τους, να κατανοήσουν ότι δεν πρόκειται για ένα μάθημα που θα εξεταστούν κ.λπ.

Στη συνέχεια, το κάθε τμήμα μιας τάξης του δημοτικού, χωρίστηκε σε ομάδες των 4-5 ατόμων και ο κάθε φοιτητής ανέλαβε από μια ομάδα μαθητών. Οι συναντήσεις πραγματοποιούνταν σχεδόν κάθε βδομάδα στο δώρο της ευέλικτης ζώνης. Οι φοιτητές συγκέντρωναν παρατηρήσεις, δυσκολίες που αντιμετώπιζαν με τους μαθητές, ανεπάντητα γεγονότα. Σε τακτά χρονικά διαστήματα, γινόταν συναντήσεις ανάμεσα σε δύο ερευνήτριες της Διδακτικής των ΦΕ (συγγραφείς του άρθρου), το σχολικό σύμβουλο και τους φοιτητές, για να συζητηθούν τα εν λόγω θέματα. Παράλληλα, οι εκπαιδευτικοί του κάθε σχολείου υποστήριζαν την όλη διαδικασία με συμβουλές που αφορούσαν τόσο το χώρο και τα υλικά του σχολείου (π.χ. εύρεση αίθουσας, εργαλεία για την κατασκευή των υλικών) όσο και το προφίλ των μαθητών.

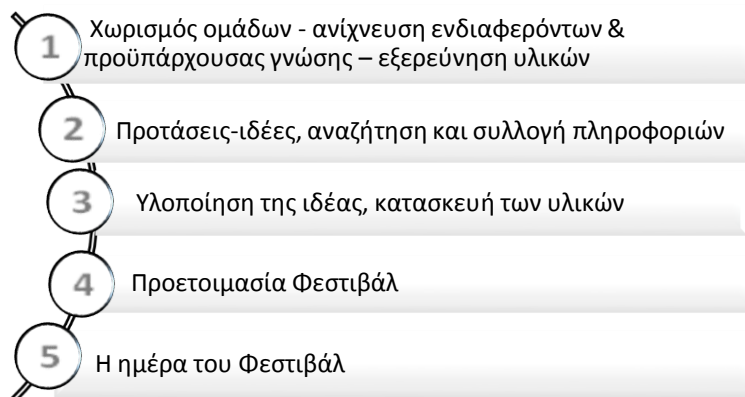
Στο σχήμα 1, παρουσιάζονται οι 5 φάσεις με τις οποίες πραγματοποιήθηκαν ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η παρουσίαση του εκπαιδευτικού υλικού. Οι πρώτες 2 φάσεις περιλαμβάνουν το σχεδιασμό των υλικών. Κατά τη διάρκεια των φάσεων αυτών οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες, συζητούν μεταξύ τους και με το φοιτητή, τα ενδιαφέροντά τους ως προς το περιβάλλον, τις ΦΕ/ΤΧ, τα κοινωνικά προβλήματα του τόπου τους κ.λπ. Καταλήγουν σε ένα κοινό θέμα προς διερεύνηση και ξεκινούν τη συλλογή υλικών, συγκέντρωση γνώσεων και πληροφοριών, προτείνουν ιδέες, σχεδιάζουν λύσεις.

Η τρίτη φάση περιλαμβάνει την κατασκευή των υλικών που αποφάσισαν να κατασκευάσουν. Οι μαθητές χειρίζονται υλικά, δοκιμάζουν τις αρχικές τους κατασκευές, διορθώνουν τα κατασκευαστικά λάθη τους, δημιουργούν μοντέλα κ.λπ.

Οι δύο τελευταίες φάσεις, επικεντρώνονται στο Φεστιβάλ που πρόκειται οι μαθητές να παρουσιάσουν τα υλικά τους. Οι μαθητές ετοιμάζουν την αφίσα που θα συνοδεύει τα υλικά τους στο φεστιβάλ, αναλαμβάνουν ρόλους για την παρουσίαση των επιμέρους χαρακτηριστικών των υλικών τους, κάνουν πρόβες για να εξοικειωθούν με τον

τρόπο που θα επικοινωνούν με τους επισκέπτες του Φεστιβάλ. Η τελική φάση αφορά τη μέρα υλοποίησης του Φεστιβάλ.

Σχήμα 1: Φάσεις σχεδιασμού, ανάπτυξης και παρουσίασης του εκπαιδευτικού υλικού



ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην παρούσα εργασία επικεντρωνόμαστε σε τρία ερευνητικά ερωτήματα. Το πρώτο αφορά το σύνολο των εκπαιδευτικών υλικών που δημιουργήθηκαν στα δύο Φεστιβάλ. Με το ερώτημα αυτό αποσκοπούμε να έχουμε την πρώτη γενική αποτίμηση του προγράμματος όσον αφορά την ποικιλία και τις μορφές των υλικών.

Τα άλλα δύο ερευνητικά ερωτήματα επικεντρώνονται σε πέντε εκπαιδευτικά υλικά τα οποία επιλέχτηκαν με κριτήριο να έχουν κατασκευαστεί σε διαφορετικά σχολεία. Λαμβάνοντας υπόψη μας τις γενικές οδηγίες που δόθηκαν στους φοιτητές για την υλοποίηση αυτού του προγράμματος, με τα ερωτήματα αυτά στοχεύουμε να μελετήσουμε λεπτομερειακά κατά πόσο το μαθησιακό περιβάλλον, στο οποίο αναπτύχθηκαν τα υλικά, συνάδει τόσο με τις αρχές της αυθεντικής μάθησης όσο και με τις έξι κατευθύνσεις του STSE ρεύματος. Έτσι τα ερευνητικά ερωτήματα είναι:

- (1) Ποια είναι τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών υλικών που δημιουργήθηκαν στο πλαίσιο των δύο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ;
- (2) Ποια είναι τα στοιχεία του περιβάλλοντος μάθησης των δύο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ, για τη δημιουργία των πέντε εκπαιδευτικών υλικών, που συνάδουν με τις αρχές της αυθεντικής μάθησης;
- (3) Ποια είναι τα στοιχεία του περιβάλλοντος μάθησης των δύο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ, για τη δημιουργία των πέντε εκπαιδευτικών υλικών, που συνάδουν με τα έξι ρεύματα του STSE;

Το δείγμα μας ήταν τα εκπαιδευτικά υλικά τα οποία δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια δύο σχολικών ετών. Στον πίνακα 3, συγκεντρώνουμε τον αριθμό των μαθητών,

των φοιτητών και των σχολείων που ενεπλάκησαν στη διαδικασία καθώς και τις αντίστοιχες τάξεις. Μόνο ένα σχολείο βρίσκεται στην πόλη της Φλώρινας. Τρία σχολεία βρίσκονται σε αγροτικές περιοχές, σε κοινότητες απομακρυσμένες από την πόλη. Ένα σχολείο είναι κοντά στην πόλη αλλά συγκεντρώνει μαθητές από μακρινές κοινότητες λόγω της πρόσφατης συγχώνευσης που έγινε στην χώρα μας. Παρατηρούμε ότι στο 2^ο Φεστιβάλ ο αριθμός των ατόμων και των σχολείων που συμμετείχε είναι μεγαλύτερος από ό,τι στο 1^ο Φεστιβάλ. Επίσης παρατηρούμε ότι η χρονική περίοδος που διήρκησε όλο το πρόγραμμα είναι μεγαλύτερη στο 2^ο Φεστιβάλ.

Πίνακας 3: 1^ο και 2^ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ

1 ^ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ (2012-2013)	2 ^ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ (2013-2014)
Μαθητές: 88	Μαθητές: 190
Φοιτητές: 29	Φοιτητές: 47
Αριθμός σχολείων: 4	Αριθμός σχολείων: 5
Τάξεις: Γ'-Στ'	Τάξεις: Α-Στ'
Χρονική περίοδος: Φλεβάρης-Μάιος	Χρονική περίοδος: Οκτώβριος-Μάιος

Για την προσέγγιση του 1^{ου} ερευνητικού ερωτήματος, αναζητήσαμε: (α) τις θεματικές ενότητες των υλικών καθώς και (β) τη μορφή τους (π.χ. επιτραπέζια παιχνίδια). Οι 2 ερευνήτριες συγκέντρωσαν τα εκπαιδευτικά υλικά και προχώρησαν στην αναγνώριση των 2 προαναφερθέντων χαρακτηριστικών. Για την απάντηση του 2^{ου} και 3^{ου} ερευνητικού ερωτήματος συγκεντρώθηκαν δεδομένα από τις γραπτές παρατηρήσεις των 2 ερευνητών και των φοιτητών των 5 ομάδων (πίνακες 5 και 6) που κρατήθηκαν κατά τη διάρκεια του προγράμματος, στην ευέλικτη ζώνη. Έγιναν μεταξύ συζητήσεις μεταξύ ερευνητικών και φοιτητών αναστοχαστικού χαρακτήρα, με εργαλεία ανάλυσης τους πίνακες 1 και 2 για τα ερευνητικά ερωτήματα 2 και 3, αντιστοίχως.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Συνολικά κατασκευάστηκαν 54 εκπαιδευτικά υλικά. Αναγνωρίστηκαν 19 θεματικές ενότητες και 6 μορφές εκπαιδευτικών υλικών (πίνακας 4). Διαπιστώνουμε ότι οι μαθητές παρουσιάζουν μια ποικιλία ενδιαφερόντων ως προς τα θέματα που ασχολήθηκαν, αφού καλύπτουν διαφορετικές επιστημονικές και τεχνολογικές περιοχές, άλλες από τις οποίες είναι κλασσικές όπως είναι η Αστρονομία, η Γεωγραφία, η Γεωλογία, η Ιατρική, η Φυσική, η Χημεία, κι άλλες μοντέρνες όπως είναι η Ναυτοτεχνολογία και η Ρομποτική. Επιπλέον παρουσιάζονται υλικά που αφορούν την αειφόρο ανάπτυξη. Ακόμη έχουμε περιπτώσεις διαθεματικότητας π.χ. τοπική ιστορία και γεωγραφία.

Ακόμη αναγνωρίστηκαν 6 μορφές υλικών. Ειδικότερα κατασκευάστηκαν:

- επιτραπέζια παιχνίδια π.χ. ζώα και φυτά του τόπου μου, το παιχνίδι των αισθήσεων, το παιχνίδι των πετρωμάτων, ηλεκτρικό ποδοσφαιράκι, ηλεκτρικό σκάκι,
- μοντέλα του ανθρώπινου σώματος π.χ. μοντέλο ματιού, οδοντοστοιχίας,

- μοντέλα του τεχνολογικού και φυσικού περιβάλλοντος π.χ. τρένο, σιδηροδρομικό δίκτυο της Φλώρινας, αειφόρος κοινότητα, γεωμορφολογικό τοπίο του χωριού μου,
- σετ πειραματικών δραστηριοτήτων π.χ. απλά ηλεκτρικά κυκλώματα, μίγματα,
- πολυμεσικά υλικά π.χ. βίντεο με θέμα ένα ταξίδι με το τρένο, stop motion με θέμα εξοικονόμηση της ενέργειας,
- συνδυασμός μορφών π.χ. μοντέλα συνδυασμός με πειραματικές δραστηριότητες και χρήση ΤΠΕ (π.χ. Google Earth).

Επιπλέον, όλες οι ομάδες ετοίμασαν αφίσα η οποία έδινε πρόσθετες πληροφορίες για τα υλικά τους στην παρουσίαση στο Φεστιβάλ.

Πίνακας 4: Οι θεματικές ενότητες και οι μορφές των εκπαιδευτικών υλικών

Θεματικές ενότητες των εκπαιδευτικών υλικών		
Ανθρώπινο σώμα		Θερμικά φαινόμενα
Αστρονομία		Καταστάσεις της ύλης
Γεωγραφία		Μαγνητισμός
Γεωλογία		Μηχανική
Διαθεματικά κουτιά		Μίγματα
Δυναμικές αλληλεπιδράσεις		Νανοτεχνολογία
Ενέργεια		Περιβάλλον-Αειφόρος ανάπτυξη
Ζώα και φυτά του τόπου μας		Ρομποτική
Ηλεκτρισμός		Τεχνολογία
Ηχητικά φαινόμενα		Φως
Μορφή εκπαιδευτικών υλικών		
Αφίσες	Μοντέλα	Πολυμεσικά υλικά
Επιτραπέζια παιχνίδια	Πειραματικές δραστηριότητες	Συνδυασμός μορφών

Όσον αφορά το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, στον πίνακα 5 παρουσιάζονται τα πέντε εκπαιδευτικά υλικά και οι 9 αρχές αυθεντικής μάθησης που αναγνωρίστηκαν ότι πληρούν. Οι ειδικές θεματικές των υλικών είναι: Α. Το τρένο της Φλώρινας, Β. Το βιώσιμο χωριό, Γ. Οι τέσσερις εποχές, Δ. Οι μικροί ηλεκτρολόγοι-Little electricians, Ε. Ερευνητές της Φλώρινας: ηλεκτρισμός, μίγματα και τοπική ιστορία.

Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά των αρχών αυθεντικής μάθησης στα 5 εκπαιδευτικά υλικά

Αρχές αυθεντικής μάθησης	A	B	Γ	Δ	E
<i>Αυθεντικός σκοπός - ενδιαφέρον - σύνδεση με την καθημερινή ζωή</i>	Μαθητές που δεν είχαν ποτέ τρένο	Πώς θα θέλατε να είναι το χωριό σας;	Ενδιαφέρον για Αστρονομία	Ενδιαφέρον για ηλεκτρισμό	Ενδιαφέρον για μίγματα, ηλεκτρισμό & ιστορία του τόπου
<i>Ουσιαστική συζήτηση</i>	Συλλογικές συζητήσεις, αποφάσεις, ανάπτυξη επιχειρημάτων, διάλογοι βασισμένοι στις ιδέες των μαθητών				
<i>Κοινωνική Υποστήριξη</i>	Εμπλοκή με βάση τις ικανότητες, μικτές-ετερογενείς ομάδες, υποστήριξη (ενήλικες και μεταξύ τους), συνεργατικότητα, διαφορετικά μαθησιακά στυλ, πολλαπλές νοημοσύνες				
<i>Αναστοχασμός</i>	Οι μαθητές προβληματίζονται σχετικά με την πορεία μάθησής τους.				
<i>Ανάπτυξη υψηλών νοητικών λειτουργιών</i>	Οι μαθητές συνδυάζουν, αναλύουν, συνθέτουν, γενικεύουν, αναζητούν κρίνουν και επεξεργάζονται πληροφορίες από ποικίλες πηγές, κάνουν σαφείς διακρίσεις, επιλύουν προβλήματα, εργάζονται πάνω σε σύνθετα νοήματα				
<i>Ανάπτυξη δεξιοτήτων</i>	Οι μαθητές παρατηρούν, ταξινομούν, υποβάλουν ερωτήσεις, προβλέπουν, βρίσκουν κανονικότητες, σχεδιάζουν, κατασκευάζουν, χειρίζονται υλικά και όργανα, αυτενεργούν				
<i>Διεπιστημολογικότητα</i>	Γεωγραφία Τεχνολογία ΦΕ	-	Αστρονομία Μυθολογία Γεωγραφία Μουσική Φυσική	Αγγλικά ΦΕ	Ηλεκτρισμός Μαγνητισμός Ιστορία Γεωγραφία
<i>Παρουσίαση σε ακροατήριο</i>	Οι μαθητές αρχικά παρουσιάζουν στους συμμαθητές τους για να προετοιμαστούν για το Φεστιβάλ Οι μαθητές παρουσιάζουν στους επισκέπτες του Φεστιβάλ				
<i>Αξιολόγηση</i>	Pre & Post Ερωτηματολόγια	Ιχνογραφήματα Pre & Post	Pre & Post Ερωτηματολόγια	Pre & Post Ερωτηματολόγια	-
	Λίστα δεξιοτήτων (ανά τακτά χρονικά διαστήματα) Ημερολόγιο εκπαιδευτικού				

Διαπιστώνουμε ότι, το μαθησιακό περιβάλλον στο οποίο αναπτύχθηκαν τα υλικά συνάδει με 7 από τις 9 αρχές αυθεντικής μάθησης και για τις 5 περιπτώσεις. Για την πρώτη αρχή, αναφέρουμε ως ξεχωριστή περίπτωση το σχολείο Α, στο οποίο οι περισσότεροι μαθητές δεν είχαν δει πραγματικό τρένο, μέχρι την αρχή του προγράμματος. Αυτή η μαθητική ομάδα ενεπλάκη με ιδιαίτερο ζήλο στη μελέτη της τεχνολογίας του τρένου, στη φυσική των τροχών του τρένου, μελέτησε το σιδηροδρομικό χάρτη της περιοχής, κατασκεύασε μοντέλο τρένου και πολυμεσικό υλικό (πίνακας 6). Μόνο η περίπτωση Β δεν είχε διεπιστημονικό χαρακτήρα και μόνο στην περίπτωση Ε δεν αναπτύχθηκαν μορφές αξιολόγησης.

Επίσης είναι σημαντικό να υπογραμμίσουμε τις ιδιαίτερες δυσκολίες που συναντήσαμε στην αρχή «παρουσίαση στο ακροατήριο». Οι μαθητές, σε όλες τις ομάδες, έζησαν μια πρωτόγνωρη εμπειρία, δηλαδή να μάθουν να παρουσιάζουν προφορικά το αποτέλεσμα της εργασίας τους. Φάνηκε ότι ήταν μια δύσκολη υπόθεση η υλοποίηση της φάσης 4, (σχήμα 1) κατά την οποία εξασκήθηκαν στην συγκεκριμένη δράση. Εντυπωσιακή όμως ήταν η αλλαγή που σημειώθηκε κατά τη διάρκεια του Φεστιβάλ. Οι μαθητές εξηγούσαν και απαντούσαν στις απορίες των επισκεπτών με αυτοπεποίθηση και ενθουσιασμό.

Στον πίνακα 6 παρουσιάζονται οι ειδικές θεματικές των πέντε εκπαιδευτικών υλικών, η μορφή του καθενός καθώς και η κατευθύνσεις του STSE ρεύματος που τους αντιστοιχούν.

Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά πέντε εκπαιδευτικών υλικών

Ειδικές θεματικές	Μορφή	Κατευθύνσεις του STSE
A. Το τρένο της Φλώρινας	Χάρτης, μοντέλο τρένου, μοντέλου τροχών τρένου, stop animation, video	Εφαρμογή/ Σχεδιασμός Λογική σκέψη Κοινωνικοοικολογική
B. Το βιώσιμο χωριό	Επιτραπέζιο παιχνίδι	Εφαρμογή/ Σχεδιασμός Λογική σκέψη Κοινωνικοοικολογική
Γ. Οι τέσσερις εποχές	Μοντέλο των 4 εποχών	Εφαρμογή/ Σχεδιασμός
Δ. Ερευνητές της Φλώρινας: ηλεκτρισμός, μίγματα και τοπική ιστορία	Επιτραπέζιο παιχνίδι	Εφαρμογή/ Σχεδιασμός
Ε. Οι μικροί ηλεκτρολόγοι-Little electricians	Δίγλωσσο επιτραπέζιο παιχνίδι	Εφαρμογή/ Σχεδιασμός

Παρατηρούμε ότι 3 από τα 5 υλικά είναι επιτραπέζια παιχνίδια. Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές κατασκεύασαν βάσεις πάνω στις οποίες εξελίσσεται το παιχνίδι, όλα τα σχετικά συνοδευτικά υλικά π.χ. καρτέλες, ζάρια, και διαμόρφωσαν τους κανόνες του παιχνιδιού. Για παράδειγμα, στην περίπτωση Β, δημιουργήθηκε ένα μοντέλο απεικόνισης της κοινότητας στην οποία στεγάζεται το σχολείο. Το μοντέλο αυτό είναι ένα διαδραστικό επιτραπέζιο παιχνίδι κατά το οποίο το ζητούμενο είναι «πώς να κάνω το χωριό μου πιο βιώσιμο;». Το παιχνίδι αποτελείται από μία βάση από μακετόχαρτο πάνω στην οποία τοποθετήθηκαν κτήρια κατασκευασμένα από μακετόχαρτο, παιδική χαρά, γήπεδο ποδοσφαίρου, το ποτάμι του χωριού, δρόμοι, κάδοι ανακύκλωσης, φωτοβολταϊκά κ.λπ. (φωτογραφία 1).

Φωτογραφία 1: Εκπαιδευτικό υλικό: Το βιώσιμο χωριό



Η ομάδα Α, φαίνεται ότι έχει δημιουργήσει μια ποικιλία μορφών υλικού που αφορούν το τρένο της Φλώρινας. Σημειώνουμε ότι είναι η μοναδική ομάδα μαθητών, η οποία συμμετείχε και στα 2 Φεστιβάλ με την ίδια θεματική ενότητα, οπότε το συγκεκριμένο υλικό είναι προϊόν 2 σχολικών ετών.

Από τις 6 κατευθύνσεις του STSE ρεύματος αναγνωρίστηκαν στοιχεία που αφορούν 3: την εφαρμογή/σχεδιασμό, τη λογική σκέψη και την κοινωνικοοικολογική κατεύθυνση. Σε όλα τα υλικά, οι μαθητές ενεπλάκησαν σε διαδικασίες σχεδιασμού και κατασκευής, συλλογής πληροφοριών για την επιστήμη και την τεχνολογία. Σε 2 θεματικές, του τρένου και του βιώσιμου χωριού (Α και Β), αναγνωρίστηκαν στοιχεία από 3 STSE κατευθύνσεις. Για παράδειγμα στην περίπτωση Α, οι μαθητές μελέτησαν τα μέρη ενός τρένου, τη μηχανή και τη λειτουργία του, το σχήμα των τροχών του, το γεωμορφολογικό περιβάλλον του τόπου τους, κατέγραψαν τους σιδηροδρομικούς σταθμούς της ευρύτερης περιοχής, σχεδίασαν και κατασκεύασαν τη σιδηροδρομική γραμμή, με μαγνήτες επισήμαναν τους σιδηροδρομικούς σταθμούς στους οποίους σταματά το τρένο (φωτογραφία 2).

Για τις υπόλοιπες 3 περιπτώσεις, «ιστορία», «αξίες» και «κοινωνικοπολιτισμική» κατεύθυνση δεν καταγράφηκαν σχετικά δεδομένα. Ακόμη και στην περίπτωση Δ, όπου περιλαμβάνεται περιεχόμενο της τοπικής ιστορίας των κοινοτήτων της Φλώρινας, δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση των επιστημονικών και τεχνολογικών θεμάτων με ιστορικά θέματα.

Φωτογραφία 2: Εκπαιδευτικό υλικό: Το τρένο της Φλώρινας



ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Στην παρούσα εργασία, παρουσιάστηκε η δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού για τις ΦΕ/ΤΧ του δημοτικού σχολείου. Το εν λόγω εγχείρημα έχει στραμμένο το ερευνητικό του ενδιαφέρον στο χαμηλό ενδιαφέρον των μαθητών απέναντι στο περιεχόμενο των ΦΕ/ΤΧ καθώς και στη χαμηλή διάθεσή τους να επιλέξουν στο μέλλον σπουδές, που θα τους οδηγήσουν σε σχετικά επαγγέλματα.

Αποφασίσαμε να ακολουθήσουμε τις αρχές της αυθεντικής μάθησης και τις θέσεις του STSE ρεύματος ως βασικούς πυλώνες του περιβάλλοντος μάθησης, μέσα στο οποίο θα κατασκευάζονταν τα υλικά. Το Φεστιβάλ κρίθηκε ως ένα ισχυρό εκπαιδευτικό πλαίσιο για την επίτευξη του σκοπού μας, δηλαδή στο να ενισχύσουμε το ενδιαφέρον και την εμπλοκή των μαθητών στη δημιουργία εκπαιδευτικών υλικών των ΦΕ/ΤΧ. Ως εκ τούτου, εκπαιδεύσαμε και ενθαρρύνσαμε τους φοιτητές να: (α) ακολουθήσουν τους δύο αυτούς πυλώνες και (β) να δώσουν έμφαση στην προετοιμασία των μαθητών για την παρουσίαση των υλικών στο Φεστιβάλ.

Στο άρθρο αυτό, παρουσιάζουμε αποτελέσματα που αφορούν τα εκπαιδευτικά υλικά που παρήχθησαν καθώς και τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος μάθησης στο οποίο αναπτύχθηκαν.

Διαπιστώθηκε μια μεγάλη ποικιλία υλικών όσον αφορά τις θεματικές ενότητες και τις μορφές τους. Το αποτέλεσμα είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικό γιατί επιλέξαμε σχολικές μονάδες που ήταν σε απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές (εκτός από μια), και οι μαθητές δεν είχαν πρότερη σχετική εμπειρία, δηλαδή να εργάζονται στο σχολείο, για να δημιουργήσουν οι ίδιοι τα δικά τους υλικά. Οι συνθήκες εύρεσης των πρώτων υλών για την κατασκευή των υλικών ήταν περιορισμένες, αφού οι μαθητές είχαν την δυνατότητα να ψάχνουν στο μικρό παντοπωλείο του χωριού τους, στα σπίτια τους και στο φυσικό περιβάλλον. Στην πλειοψηφία τους, έδειξαν ιδιαίτερο ζήλο και ενδιαφέρον κατά τη διάρκεια όλης της διαδικασίας.

Επιπλέον, η μελέτη των 5 περιπτώσεων δείχνει ότι η παραγωγή των υλικών έγινε σε περιβάλλον αυθεντικής μάθησης. Εάν και δεν έχουμε ακόμη επεκτείνει τη μελέτη μας, για όλες τις περιπτώσεις των εκπαιδευτικών υλικών, μπορούμε να υποθέσουμε, ότι το

στοιχείο της αυθεντικότητας φαίνεται να είναι ένα σημαντικό πλαίσιο για να δημιουργήσουν οι μαθητές ποικιλία υλικών με ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Ακόμη, στην εργασία αυτή, ιχνηλατήσαμε 3 από τις 6 κατευθύνσεις του STSE ρεύματος στο περιβάλλον μάθησης του προγράμματος των 5 περιπτώσεων. Τα αποτελέσματα αυτά λειτουργούν ως πυξίδα για τα επόμενα βήματα της έρευνάς μας. Αυτό σημαίνει ότι είναι αναγκαίο να εξετάσουμε συστηματικά τις δυνατότητες που μπορούν να συμβάλλουν στην ενεργοποίηση και των 3 άλλων κατευθύνσεων του STSE («ιστορία», «αξίες» και «κοινωνικοπολιτισμική»), οι οποίες δεν αναγνωρίστηκαν στα 2 πρώτα έτη του προγράμματος.

Τέλος, επισημαίνουμε ένα ακόμη εύρημα της παρούσας μελέτης που δεν ήταν στον αρχικό μας σχεδιασμό. Ο μεγάλος αριθμός των εκπαιδευτικών υλικών ανέδειξε το πρόβλημα της διαχείρισης και της προστασίας τους στο σχολικό περιβάλλον. Ειδικότερα, αυτό που παρατηρήθηκε ήταν η δυσκολία να βρεθούν χώροι στο κάθε σχολείο, οι οποίοι θα αποτελέσουν την «Επιστημονική-Τεχνολογική Γωνιά», δηλαδή τη γωνιά, όπου θα είναι συγκεντρωμένα τα υλικά και θα μπορούν εύκολα να τα χειριστούν μαθητές και εκπαιδευτικοί. Στα επόμενα βήματα του προγράμματος σχεδιάζουμε μαζί με το σχολικό σύμβουλο των συγκεκριμένων σχολείων να επικεντρωθούμε στην αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά, το Σχολικό Σύμβουλο της 3^{ης} Εκπαιδευτικής Περιφέρειας Φλώρινας καθώς και όλους τους εκπαιδευτικούς των πέντε σχολείων, για την ουσιαστική συνεργασία και στήριξη αυτού του προγράμματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Braund, M., & Reiss, M. (2006). Towards a More Authentic Science Curriculum: The contribution of out-of-school learning. *International Journal of Science Education*, 28 (12), 1373-1388.
- Brown, S., Collins, A., & Duguid, P. (1989), Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, 18(1): 32-42.
- Bultitude, K., McDonald, D., & Custead, S. (2011). The Rise and Rise of Science Festivals: An international review of organised events to celebrate science. *International Journal of Science Education*, Part B: Communication and Public Engagement, 1(2), 165-188.
- Czerniak, C., & Lumpe, A. (1996). Predictors of Science Fair Participation Using the Theory of Planned Behavior. *School Science and Mathematics*, 96 (7), 355 – 361.
- Donovan, M., S., Brandford, J., D., & Pellegrino, J., W. (Eds.). (1999). *How people learn: Bridging research and practice*. Washington, DC: National Academy Press.
- Duschl, R. & Grandy, R. (Eds.) (2008). *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Fredericks, A., D. (2000). *Science Fair Handbook*, Houghton Mifflin Company. Στο Μ. Καλλέρη, (2007) . “Science Fair”: Ένας εναλλακτικός τρόπος μάθησης και

- ανάπτυξης επιστημονικών δεξιοτήτων και στάσεων. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*. 149: 111-121.
- Fredericks, A., D. (2000). *Science Fair Handbook*, Houghton Mifflin Company. On line at: www.eduplace.com, (Ημερομηνία πρόσβασης: Δεκέμβριος 2014).
- Hackling, M., Goodrum, D. & Rennie, L.J. (2001). The state of science in Australian secondary schools. *Australian Science Teachers' Journal*, 47 (4), 6-17.
- Herrington, J., & Oliver, R. (2000). An instructional design framework for authentic learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 48 (3), 23-48.
- Καλλέρη, Μ. (2007). "Science Fair": Ένας εναλλακτικός τρόπος μάθησης και ανάπτυξης επιστημονικών δεξιοτήτων και στάσεων. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*. 149: 111-121.
- Κυριαζή, Ε., & Κωνσταντίνου, Κ. (2006). Η ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης από 11 χρονούς μαθητές μέσα από τη σχολική δραστηριότητα: Πανηγύρι Επιστήμης. Στο Γαγάτση, Α. κ.α. (Εκδ.), *Πρακτικά ΙΧ Παγκύπριου Συνεδρίου Παιδαγωγικής Εταιρείας Κύπρου: «Η Σύγχρονη εκπαιδευτική έρευνα στην Κύπρο»*. 339 – 350. Λευκωσία: Παιδαγωγική Εταιρεία Κύπρου.
- Levin, K., & Levin, R. (1991). How to judge a Science Fair. *The Science Teacher*, 58(2), 43-45.
- Lin, H., Hong, Z., & Huang, T., (2012). The Role of Emotional Factors in Building Public Scientific Literacy and Engagement with Science. *International Journal of Science Education*, 34(1), 25-42.
- Lombardi MM (2007), Authentic Learning for the 21st Century: An Overview, Educause website:<http://www.educause.edu/ir/library/pdf/ELI3009.pdf>
- Newmann, F. M., & Wehlage, G. G. (1993). Five standards of authentic instruction. *Educational Leadership*, 50(7), 8-12.
- Pedretti, E., & Nazir, J., (2011). Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On. *Science Education*, 95, 601-626.
- Peterson, M. (2002). *Principles of authentic multi-level instruction*. Detroit, Michigan. Ημερομηνία πρόσβασης: Δεκέμβριος 2014: <http://www.roe11.k12.il.us/GES%20Stuff/Day%204/Content/Authentic%20Multi-level%20Instruction-Peterson.pdf>.
- Σκορδούλης, Κ. & Σωτηράκου, Μ., (2005). *Περιβάλλον, Επιστήμη και Εκπαίδευση*. Αθήνα: Leader Books.
- Smith, K., Loughran, J., Berry, A. & Dimitrakopoulos, C. (2012). Developing Scientific Literacy in a Primary School. *International Journal of Science Education*, 34(1), 127-152.
- Χαλκιά, Κ. (2012). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Πατάκη.
- Zeidler, D., L., Sadler, T., D., Simmons, M., & L., Howes, E., V., (2005). Beyond STS: A Research-Based Framework for Socioscientific Issues Education. *Science Education*, 89, 357-377.

Ο σχεδιασμός, η εφαρμογή και η αξιολόγηση μιας διδακτικής ακολουθίας διδασκαλίας και μάθησης για το φαινόμενο της εναλλαγής των εποχών

Ιωάννης Σταράκης¹ & Κρυσταλλία Χαλκιά²

¹ Ε.Κ.Π.Α, Π.Τ.Δ.Ε Αθηνών, ² Ε.Κ.Π.Α, Π.Τ.Δ.Ε Αθηνών
gstarakis@hotmail.com, kxalkia@primedu.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στο σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αξιολόγηση μιας διδακτικής ακολουθίας διδασκαλίας και μάθησης για το φαινόμενο της εναλλαγής των εποχών. Κομβικό σημείο της αποτελεί η αντιμετώπιση της εναλλακτικής αντίληψης των μαθητών που αποδίδει τις εποχές στην περιοδική μεταβολή της απόστασης Γης-Ήλιου. Η εφαρμογή της ακολουθίας σε μαθητές Ε' Δημοτικού έδειξε ότι είναι δυνατόν να οικοδομηθεί η σύνδεση μεταξύ ενός φαινομένου της καθημερινότητας (εναλλαγή των εποχών) και της ερμηνείας του σε αφαιρετικό επίπεδο (εξήγηση με βάση τη μεταβολή στη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών).

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: εναλλαγή των εποχών, διδακτική ακολουθία, γωνία πρόσπτωσης, απόσταση Γης-Ήλιου

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια αρκετοί ερευνητές ασχολήθηκαν με τη διερεύνηση εναλλακτικών αντιλήψεων για διάφορα φαινόμενα από το χώρο της Αστρονομίας (Lelliot & Rollnick 2010). Αρκετές από τις έρευνες αυτές αφορούσαν το φαινόμενο της εναλλαγής των εποχών (Sneider, Bar, & Kavanagh 2011) και αναφέρονταν είτε σε μαθητές (Baxter 1989, Sharp 1996, Galili & Lavrik 1998, Trumper 2001, Tsai & Chang 2005, Hsy 2008, Starakis & Halkia 2013) είτε σε φοιτητές ή εκπαιδευτικούς (Mant & Summers 1993, Atwood & Atwood 1996, Ojala 1997, Parker & Heywood 1998, Bakas & Mikropoulos 2003, Kikas 2003).

Κοινός τόπος σε όλες αυτές τις έρευνες αποτελεί η διαπίστωση ότι η εναλλακτική αντίληψη με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης, είναι εκείνη που αποδίδει το φαινόμενο στην περιοδική μεταβολή της απόστασης Γης-Ήλιου (Sneider Bar, & Kavanagh 2011).

Παράλληλα, από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι η συγκεκριμένη αντίληψη «αντιστέκεται» στην εννοιολογική αλλαγή ανεξάρτητα από το αν οι μαθητές έχουν διδαχτεί ή όχι το φαινόμενο. Σε μερικές έρευνες μάλιστα που μελετούσαν διδακτικές στρατηγικές αναφορικά με την εναλλαγή των εποχών (Tsai & Chang 2005, Hsu et. al 2007), προέκυψε ότι το ποσοστό των μαθητών που υιοθέτησαν το ερμηνευτικό πλαίσιο της «απόστασης», αυξήθηκε σημαντικά μετά το πέρας της διδασκαλίας.

Επιπροσθέτως, οι Starakis και Halkia (2013) συνέκριναν τις αντιλήψεις για το εν λόγω φαινόμενο τόσο μαθητών που δεν το έχουν διδαχθεί ποτέ στο πλαίσιο της τυπικής εκπαίδευσης (μαθητές 5^{ης} Δημοτικού) όσο και φοιτητών του Π.Τ.Δ.Ε Αθηνών οι οποίοι το έχουν διδαχθεί τουλάχιστον δύο φορές στο πλαίσιο της τυπικής υποχρεωτικής εκπαίδευσης (στην Στ' Δημοτικού και στην Α' Γυμνασίου). Η έρευνα αποκάλυψε ότι το ποσοστό των φοιτητών οι οποίοι υιοθέτησαν την εναλλακτική αντίληψη της περιοδικής μεταβολής στην απόσταση Γης και Ήλιου ήταν υπερδιπλάσιο του αντίστοιχου ποσοστού των μαθητών της 5^{ης} Δημοτικού.

Περαιτέρω ανάλυση των συγκεκριμένων δεδομένων οδήγησε τους ερευνητές στο συμπέρασμα ότι, καθώς περνούν τα χρόνια, οι μαθητές «ενσωματώνουν» στο ερμηνευτικό πλαίσιο της συγκεκριμένης εναλλακτικής αντίληψης διάφορα τμήματα της δηλωτικά μεταδιδόμενης σε αυτούς γνώσης που μπορούν να αφομοιωθούν (π.χ. *ελλειπτική τροχιά Γης και κλίση του νοητού της άξονα*), ενώ «αποβάλλουν» εκείνο το τμήμα που δεν συμβιβάζεται με τον εν λόγω μηχανισμό (*τη γωνία πρόσπτωσης των ακτίνων*).

Τα παραπάνω στοιχεία δείχνουν ότι η εναλλακτική αντίληψη της «απόστασης», αντιστέκεται έντονα στην εννοιολογική αλλαγή, στο βαθμό που οι σχετικές διδακτικές πρακτικές δε στοχεύουν στο να προκαλέσουν σύγκρουση ανάμεσα στην εναλλακτική ιδέα και την πραγματικότητα (Posner et. al 1982). Λαμβάνοντας υπόψη το συμπέρασμα αυτό, η παρούσα εργασία διερευνά την αποτελεσματικότητα μιας διδακτικής ακολουθίας διδασκαλίας και μάθησης για το φαινόμενο της εναλλαγής των εποχών, με κεντρικό της άξονα την αντιμετώπιση της προαναφερθείσας εναλλακτικής αντίληψης, σε ένα κonstruktivistικό πλαίσιο μάθησης. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι σε καμιά από τις έρευνες που σχετίζονται με προτάσεις διδασκαλίας για το φαινόμενο της εναλλαγής των εποχών (Atwood & Atwood 1997, Parker & Heywood 1998, Yair et. al. 2001, Keating et. al. 2002, Bakas & Mikropoulos 2003, Taylor et. al. 2003, Bogina & Roberts 2005, Gazit et. al. 2005, Tsai & Tsang 2005, Trumber 2006b, Falcao et. al. 2007, Hsu et. al. 2007, Frede 2008, Hsu 2008, Wilcox & Cruse 2012, Ercan et. al. 2014, Plummer & Maynard 2014) δε φαίνεται να επιχειρείται ο έλεγχος, ως ανεξάρτητης μεταβλητής, της γωνίας πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων, παράλληλα με εκείνη της απόστασης μεταξύ της Γης και του Ήλιου. Μια τέτοια προσπάθεια θα μπορούσε να δώσει στους μαθητές τη δυνατότητα να διαπιστώσουν ποια από τις δύο μεταβλητές επηρεάζει ουσιαστικά το φαινόμενο, σε περιπτώσεις όπου και οι δύο μπορούν ποιοτικά να το εξηγήσουν (π.χ *γιατί το βόρειο ημισφαίριο έχει καλοκαίρι ενώ το νότιο έχει χειμώνα, όταν το βόρειο κλίνει προς τον Ήλιο*) και να ανατρέψουν έτσι σε επίπεδο αιτιακού μηχανισμού τη σχετική εναλλακτική αντίληψη (Σταράκης 2014).

ΜΕΘΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί τμήμα ευρύτερης εκπαιδευτικής έρευνας που έχει στόχο την οικοδόμηση ενός εννοιολογικού πλαισίου για τις σχετικές κινήσεις του συστήματος Ήλιος-Γη-Σελήνη.

Ο σχεδιασμός της έρευνας

Στο πλαίσιο της έρευνας, αρχικά έγινε ανάλυση της δομής του επιστημονικού περιεχομένου για τις σχετικές κινήσεις του συστήματος Ήλιος-Γη-Σελήνη, καθώς και για το σύνολο των αστρονομικών φαινομένων τα οποία συνδέονται με τις κινήσεις αυτές. Ακολούθησε η πραγματοποίηση πιλοτικών ερευνών μέσα από τις οποίες διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις μαθητών για μερικά από αυτά τα αστρονομικά φαινόμενα, συνεπικουρούμενη από τη μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας.

Τα παραπάνω βήματα οδήγησαν στη δημιουργία μιας διδακτικής ακολουθίας διδασκαλίας και μάθησης με στόχο τη διερεύνηση των διαδικασιών 'μάθησης' μαθητών της 5^{ης} Δημοτικού, αναφορικά με τις σχετικές κινήσεις του συστήματος Ήλιος-Γη-Σελήνη. Ο σχεδιασμός της διδακτικής ακολουθίας αποτέλεσε τη βάση για τη διεξαγωγή του επόμενου σταδίου της έρευνας, το οποίο στόχευε στη διερεύνηση των διαδικασιών μάθησης των μαθητών αναφορικά με τις κινήσεις αυτές.

Για την πραγματοποίηση του σταδίου αυτού χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του «Διδακτικού Πειράματος» η οποία στην ουσία συνδυάζει τα στοιχεία μιας κλασσικής συνέντευξης αλλά και της διδασκαλίας (Komorek & Duit 2004).

Αναφορικά με το σχεδιασμό διδακτικών ακολουθιών διδασκαλίας και μάθησης στις φυσικές επιστήμες, διακρίνονται δύο βασικές κατευθύνσεις στη βιβλιογραφία. Η μία εστιάζει στο επιστημονικό περιεχόμενο (*science oriented*) ενώ η άλλη εστιάζει στο μαθητή (*student oriented*). Στην πρώτη περίπτωση το βάρος πέφτει στο πώς θα επιτευχθεί η διδασκαλία συγκεκριμένου επιστημονικού περιεχομένου, χωρίς να λαμβάνεται ουσιαστικά υπόψη η παράμετρος των εννοιολογικών εμποδίων τα οποία μπορεί να δυσκολεύουν τους μαθητές προς αυτήν την κατεύθυνση. Στη δεύτερη περίπτωση το βάρος πέφτει κυρίως στο μαθητή και στα όρια που προκύπτουν για το τι μπορεί αυτός να διδαχτεί ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης: α) των νοητικών διαδικασιών με τις οποίες ερμηνεύει το φυσικό κόσμο και β) των πραγματικών δεδομένων του φυσικού κόσμου (Duit 2001, Meheut & Psillos 2004). Ο σχεδιασμός της διδακτικής ακολουθίας διδασκαλίας και μάθησης στην παρούσα έρευνα κινείται προς την κατεύθυνση της εξισορρόπησης των δύο αυτών κατευθύνσεων. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι το περιεχόμενο της διδακτικής ακολουθίας που θα παρουσιαστεί στη συνέχεια, καθορίστηκε τόσο από την ανάλυση του σχετικού επιστημονικού περιεχομένου, όσο και από τα συμπεράσματα διεξαχθεισών ερευνών αναφορικά με τις αντιλήψεις μαθητών για το περιεχόμενο αυτό.

Η παρούσα εργασία εστιάζει στο τρίτο μέρος της ακολουθίας (*στην εναλλαγή των ε-ποχών*) και συγκεκριμένα στο τμήμα της που την αντιμετώπιση της εναλλακτικής αντίληψης για την απόσταση Γης και Ήλιου. Η σύνδεση της αλλαγής της γωνίας πρόσπτωσης

της ηλιακής ακτινοβολίας με την εναλλαγή των εποχών στο βόρειο και το νότιο ημισφαίριο της Γης θα παρουσιαστεί στο επερχόμενο συνέδριο της ΕΝΕΦΕΤ που θα λάβει χώρα στη Θεσσαλονίκη από τις 8 μέχρι τις 10 Μαΐου του 2015.

Το σχετικό ερευνητικό ερώτημα που διερευνάται είναι το ακόλουθο:

Μπορούν μαθητές της Ε' Δημοτικού να οικοδομήσουν τον επιστημονικά αποδεκτό αιτιακό μηχανισμό για την εναλλαγή των εποχών;

Η διδακτική ακολουθία

Τα βασικά σημεία του τρίτου μέρους της διδακτικής ακολουθίας, αναφορικά με την αντιμετώπιση της εναλλακτικής αντίληψης για την απόσταση Γης και Ήλιου, είναι τα ακόλουθα:

1. Οι μαθητές χρησιμοποιούν ένα σφαιρικό μοντέλο της Γης, τοποθετημένο σε ειδική βάση και χωρίς κλίση στο νοητό της άξονα, το οποίο βρίσκεται σε απόσταση ενός μέτρου από ένα άλλο σφαιρικό σώμα, μεγαλύτερης διαμέτρου που λειτουργεί ως μοντέλο του Ήλιου (το συγκεκριμένο μοντέλο λειτουργεί παράλληλα και ως φωτιστικό σώμα). Με τη βοήθεια αυτών των δύο μοντέλων, οι μαθητές καλούνται να ερμηνεύσουν τη διαφορά των μέσων θερμοκρασιών 24ωρου κατά το μήνα Ιούλιο, δύο πόλεων του βορείου ημισφαιρίου με παραπλήσιο γεωγραφικό μήκος (Χαρτούμ: 31,4°C, Κιέβο: 19,4°C). Οι δύο πόλεις αυτές είναι μαρκαρισμένες με πλαστελίνη πάνω στο μοντέλο της Γης. Οι μαθητές στην πλειοψηφία τους αναμένεται να αποδώσουν τη διαφορά στις μέσες θερμοκρασίες στη διαφορετική απόσταση των δύο πόλεων από τον Ήλιο (στο μοντέλο φαίνεται καθαρά ότι η οριζόντια απόσταση του Χαρτούμ από τον Ήλιο είναι μικρότερη από εκείνη του Κιέβου).

2. Στη συνέχεια καλούνται να ελέγξουν ως ανεξάρτητες μεταβλητές της προαναφερθείσας διαφοράς στις μέσες θερμοκρασίες:

i) την οριζόντια απόσταση του Ήλιου από τις δύο πόλεις και

ii) τη γωνία πρόσπτωσης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε κάθε μία από τις πόλεις.

Για να πραγματοποιηθεί αυτός ο έλεγχος λαμβάνει χώρα σχετικό πείραμα με τη βοήθεια ενός φωτόμετρου (γράφημα 1) το οποίο μετρά σε κάθε περίπτωση το μέτρο της προσπίπτουσας φωτεινής ακτινοβολίας. Μετά τη διενέργεια του πειράματος οι μαθητές αναμένεται να διαπιστώσουν ότι η γωνία πρόσπτωσης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και όχι η απόσταση ενός τόπου από τον Ήλιο καθορίζει το πόσο κρύο ή ζέστη έχει ο τόπος αυτός.

Γράφημα 1: Φωτόμετρο με τη βοήθεια του οποίου πραγματοποιήθηκε έλεγχος των ανεξάρτητων μεταβλητών της «απόστασης» και της «γωνίας πρόσπτωσης»



3. Στο βήμα αυτό οι μαθητές καλούνται να ερμηνεύσουν το αποτέλεσμα του προηγούμενου πειράματος. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια ενός άλλου πειράματος (γράφημα 2) στο οποίο τους δίνεται η δυνατότητα να συγκρίνουν το φωτεινό αποτύπωμα ενός φακού πάνω σε ένα φύλλο χαρτιού, μεγέθους A4:

- i) όταν η φωτεινή δέσμη από το φακό προσπίπτει κάθετα στο χαρτί και
- ii) όταν προσπίπτει υπό γωνία (πλάγια) στο ίδιο χαρτί.

Οι περισσότεροι μαθητές αναμένεται να οδηγηθούν στο συμπέρασμα ότι όσο μεγαλώνει η κλίση με την οποία προσπίπτει το ηλιακό φως σε έναν τόπο, απλώνεται σε μεγαλύτερη περιοχή και έτσι τον ζεσταίνει λιγότερο.

Γράφημα 2: Όταν οι ακτίνες προσπίπτουν κάθετα «περιορίζονται» σε μικρή περιοχή (αριστερό στιγμιότυπο του πειράματος). Αντίθετα όταν οι ακτίνες προσπίπτουν πλάγια «απλώνονται» σε μεγαλύτερη περιοχή (δεξιό στιγμιότυπο του πειράματος)



Το δείγμα της έρευνας

Η εφαρμογή της διδακτικής ακολουθίας, με τη μέθοδο του διδακτικού πειράματος, έλαβε χώρα σε 5 δημοτικά σχολεία του λεκανοπέδιου Αττικής. Σε κάθε δημοτικό σχολείο που συμμετείχε στην έρευνα, υπήρχαν 2 τμήματα Ε΄ τάξης. Από κάθε τμήμα επελέγησαν με τυχαία δειγματοληψία 4 μαθητές (2 αγόρια, 2 κορίτσια), οι οποίοι συνιστούσαν κάθε φορά μία ομάδα. Συνολικά 10 ομάδες των 4 ατόμων συμμετείχαν στην έρευνα.

Μέθοδος συλλογής και ανάλυσης δεδομένων

Τα διδακτικά πειράματα στο σύνολο τους βιντεοσκοπήθηκαν και διαρκούσαν περίπου 2 διδακτικές ώρες το καθένα. Για τη συλλογή των δεδομένων, εκτός από το Διδακτικό Πείραμα, χρησιμοποιήθηκαν pre και post συνεντεύξεις σε όλους τους μαθητές του δείγματος. Οι pre συνεντεύξεις λάμβαναν χώρα μία μέρα πριν το Διδακτικό Πείραμα, ενώ οι post συνεντεύξεις, ένα μήνα μετά. Στις pre συνεντεύξεις συμμετείχαν και οι 40 μαθητές ενώ στις post συνεντεύξεις συμμετείχαν 39 μαθητές. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης περιεχομένου (Erickson 1998).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας θα εστιάσουμε στα αποτελέσματα από την ανάλυση των pre και post συνεντεύξεων των μαθητών. Από την ανάλυση αυτή, λοιπόν, φάνηκε ότι μετά το πέρας του διδακτικού πειράματος υπήρξε σημαντική μεταστροφή στις απόψεις των μαθητών του δείγματος αναφορικά με τον αιτιακό μηχανισμό του φαινομένου της εναλλαγής των εποχών (πίνακας 1). Το γεγονός αυτό επιβεβαιώθηκε και από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων με το χ^2 test το οποίο κατέδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις απαντήσεις του pre και του post test (πίνακας 2).

Πίνακας 1: Συγκριτικός πίνακας αντιλήψεων των μαθητών στο pre και το Post test αναφορικά με τον ερμηνευτικό μηχανισμό του φαινομένου της εναλλαγής των εποχών.

Ερμηνευτικός μηχανισμός (scheme) για την εναλλαγή των εποχών	Pre test		Post test	
	N	%	N	%
1. Γωνία πρόσπτωσης Ηλιακών ακτινών	0	0	24	61,5
2. Μη επιστημονικά αποδεκτοί αιτιακοί μηχανισμοί:	16	40	12	30,7
α) Προσανατολισμός Ηλιακών ακτινών (φαινόμενο μέρας-νύχτας)				
β) Περιοδική μεταβολή στην απόσταση Γης-Ήλιου				
γ) Περιοδική αλλαγή στην εκπομπή θερμότητας από τον Ήλιο				
3. Αναγωγή του αποτελέσματος σε αιτιακό μηχανισμό:	10	25	0	0
α) Τα καιρικά φαινόμενα				
β) Η μεταβολή στο μήκος της ημέρας				
Τα φαινόμενα αυτά στην πραγματικότητα είναι αποτελέσματα του μηχανισμού που προκαλεί την ύπαρξη και την εναλλαγή των εποχών.				
4. Ανθρωποκεντρικές απαντήσεις	3	7,5	0	0
5. Ταυτολογικές ή Περιορισμένες απαντήσεις	3	7,5	1	2,6
6. Δεν ξέρω	8	20	2	5,2
Σύνολο	N=40		N=39	

Πίνακας 2: Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών

X ² test		
Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
42,166(a)	5	,000

Όπως φαίνεται στον πίνακα 1, στο pre test κανένας μαθητής δεν κατάφερε να εξηγήσει το φαινόμενο στη βάση του επιστημονικά αποδεκτού ερμηνευτικού μηχανισμού (δηλαδή ότι η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών καθορίζει το πόσο κρύο ή ζέστη έχει μία τοποθεσία). Μετά το πέρας, ωστόσο, της διδακτικής ακολουθίας παρατηρούμε μια θεαματική αλλαγή ως προς την υιοθέτηση του επιστημονικά αποδεκτού ερμηνευτικού μηχανισμού, με το 61,5% των μαθητών στο post test να μετακινούνται προς αυτό.

Βασικό κριτήριο για να ενταχθεί η απάντηση ενός μαθητή σε αυτή την κατηγορία ήταν η άμεση ή έμμεση αναφορά στη γωνία με την οποία προσπίπτουν οι ηλιακές ακτίνες στη γη, συνειπικουρούμενη και από σχετικό επεξηγηματικό σχήμα. Συγκεκριμένα, οι μαθητές θα έπρεπε να αναφέρουν ότι στην περιοχή που έχει καλοκαίρι οι ακτίνες πέφτουν πιο κάθετα (ή με μικρότερη κλίση) σε σχέση με την περιοχή που έχει χειμώνα στην οποία πέφτουν πιο πλάγια (ή με μεγαλύτερη κλίση). Εναλλακτικά ή/και συμπληρωματικά οι μαθητές μπορούσαν να αναφέρουν ότι σε μια περιοχή που έχει καλοκαίρι η ηλιακή ακτινοβολία μοιράζεται (ή απλώνεται) σε μικρότερο εμβαδό, ενώ όταν έχει χειμώνα μοιράζεται (ή απλώνεται) σε μεγαλύτερο εμβαδό (συνεπώς, όταν υπάρχει μεγάλη κλίση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα μέρος της Γης, το μέρος αυτό θα δέχεται μικρότερη ποσότητα ενέργειας, από ό,τι εάν η κλίση θα ήταν μικρότερη).

Επίσης, στο post test ελαχιστοποιήθηκαν ή μηδενίστηκαν οι μαθητές οι οποίοι στο pre test είχαν υιοθετήσει:

- α) εξηγήσεις που ανήγαγαν αποτελέσματα του μηχανισμού που προκαλεί την ύπαρξη και των εναλλαγών των εποχών σε αιτίες του φαινομένου (μεταβολή του μήκους της ημέρας ή καιρικά φαινόμενα)
- β) ανθρωποκεντρικές, ταυτολογικές ή περιορισμένες (δεν έβγαζαν ολοκληρωμένο νόημα) απαντήσεις

ενώ περιορίστηκαν αισθητά και οι μαθητές οι οποίοι δεν έδωσαν καμιά απάντηση.

Τέλος, παρατηρήθηκε σχετική μείωση στο ποσοστό των μαθητών οι οποίοι υιοθέτησαν μη επιστημονικά αποδεκτούς αιτιακούς μηχανισμούς εξήγησης του φαινομένου (40% στο pre test, 30,5% στο post test):

- α) χρήση του αιτιακού μηχανισμού εξήγησης του φαινομένου της εναλλαγής μέρας και νύχτας (τα μέρη που φωτίζει ο ήλιος έχουν καλοκαίρι ενώ τα μέρη που δε φωτίζει έχουν χειμώνα)
- β) περιοδική μεταβολή στην απόσταση Γης-Ήλιου
- γ) περιοδική μεταβολή στην εκπομπή θερμότητας από τον Ήλιο

Περαιτέρω ανάλυση του ποσοστού των μαθητών που υιοθέτησαν μη επιστημονικά αποδεκτούς αιτιακούς μηχανισμούς κατέδειξε ότι η συντριπτική πλειοψηφία όσων τις είχαν υιοθετήσει στο pre test, στο post test μετακινήθηκαν προς τον επιστημονικά αποδεκτό αιτιακό μηχανισμό.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η εφαρμογή της διδακτικής ακολουθίας έδειξε ότι είναι δυνατόν οι μαθητές να οικοδομήσουν τη σύνδεση μεταξύ ενός φαινομένου της καθημερινότητας (*εναλλαγή των εποχών*) με την ερμηνεία του σε αφαιρετικό επίπεδο (*εξήγηση με βάση τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών*). Κομβικό σημείο για την οικοδόμηση αυτή φαίνεται να παίζει ο πειραματικός έλεγχος, τόσο της επιστημονικά αποδεκτής ανεξάρτητης μεταβλητής (*γωνία πρόσπτωσης*) όσο και εκείνης που συνιστά, με βάση τη βιβλιογραφία, τη πιο συχνά υιοθετούμενη εναλλακτική αντίληψη (*απόσταση Γης-Ηλιου*).

Παρόλα αυτά θα είχε πρακτική αξία να εξελιχθεί η προτεινόμενη ακολουθία. Αυτό περιλαμβάνει τη διαφοροποίηση και τον εμπλουτισμό του διδακτικού υλικού προκειμένου να μπορέσει να εφαρμοστεί σε συνθήκες πραγματικής τάξης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Atwood, R. K., & Atwood, V. A. (1996). Preservice elementary teachers' conceptions of the causes of seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), 553–563.
- Atwood, V. A., & Atwood, R. K. (1997). Effects of Instruction on Preservice Elementary Teachers' Conceptions of the Causes of Day and Night and the Seasons. *Journal of Science Teacher Education*, 8(1), 1-13.
- Bakas, C., & Mikropoulos, T. (2003). Design of virtual environments for the comprehension of planetary phenomena based on students' ideas. *International Journal of Science Education*, 25(8), 949-967.
- Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11 (5), 502–513.
- Bogina, M. A., & Roberts, B. R. (2005). The use of haiku and portfolio entry to teach the change of seasons. *Journal of Geoscience Education*, 53(5), 559–562.
- Duit, R., (2001). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *Science Education Research in the Knowledge Based Society* (p. 227-229). Proceedings of the third international conference of ESERA.
- Falcão, D., Colinvaux, D., Krapas, S., Querioz, G., Alves, F., Cazelli, S., Valente, M., & Gouvea, G. (2004). A model- based approach to science exhibition evaluation: A case study in a Brazilian astronomy museum. *International Journal of Science Education*, 26(8), 951-978.
- Galili, I., & Lavrik, V. (1998). Flux concept in learning about light. A critique of the present situation. *Science Education*, 82(5), 591–614.
- Frede, V. (2008). The Seasons Explained by Refutational Modeling Activities. *Astronomy Education Review*, 7 (1), 44-56.

- Gazit, E., Yair, Y., & Chen, D. (2005). Emerging Conceptual Understanding of Complex Astronomical Phenomena by Using a Virtual Solar System. *Journal of Science Education and Technology*, 14(5), 459-470.
- Hsu, Y. (2008). Learning About Seasons in a Technologically Enhanced Environment: The Impact of Teacher-Guided and Student-Centered Instructional Approaches on the Process of Students' Conceptual Change. *Science Education*, 92(2), 320-344.
- Hsu, Y. S., Wu, H. K., & Hwang, F. K. (2007). Fostering High School Students' Conceptual Understandings About Seasons: The Design of a Technology-enhanced Learning Environment. *Research in Science Education*, 38(2), 127-147.
- Hsu, Y. (2008). Learning About Seasons in a Technologically Enhanced Environment: The Impact of Teacher-Guided and Student-Centered Instructional Approaches on the Process of Students' Conceptual Change. *Science Education*, 92(2), 320-344.
- Ercan, Z., Inan, H., Nowak, J., & Kim, B. (2014). 'We put on the glasses and Moon comes closer!' Urban Second Graders Exploring the Earth, the Sun and Moon Through 3D Technologies in a Science and Literacy Unit. *International Journal of Science Education*, 36(1), 129-156.
- Erickson, F. (1998) Qualitative Research Methods for Science Education. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds): *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer, 1155-1173.
- Keating, T., Barnett, M., Barab, S. A., & Hay, K. E. (2002). The Virtual Solar System Project: Developing Conceptual Understanding of Astronomical Concepts Through Building Three-Dimensional Computational Models. *Journal of Science Education and Technology*, 11(3), 261-275.
- Kikas, E.(2003). University Students' Conceptions of Different Physical Phenomena. *Journal of Adult Development* ,10(3), 139-150.
- Komorek, M., & Duit, R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. *International Journal of Science Education*, 26(5), 619-633.
- Lelliott, A., & Rollnick, M. (2010). Big Ideas: A review of astronomy education research 1974-2008. *International Journal of Science Education*, 32(13), 1771-1799.
- Mant, J., & Summers, M. (1993). Some primary school teachers understanding of the earth's place in the universe. *Research Papers in Education*, 8(1), 101-29.
- Ojala, J. (1997). The concept of planetary phenomena held by trainee primary school teachers. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 6(3), 183-203.
- Parker, J., & Heywood, D. (1998). The earth and beyond: Developing Primary teachers' understanding of basic astronomical events. *International Journal of Science Education*, 20(5), 503-520.
- Plummer, J., & Maynard, L. (2014). Building a Learning Progression for Celestial Motion: An Exploration of Students' Reasoning about the Seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(7), 902-929.

- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Sharp, J. G. (1996). Children's astronomical beliefs: a preliminary study of Year 6 children in south-west England. *International Journal of Science Education*, 18(6), 685-712.
- Sneider, C., Bar, V., & Kavanagh, C. (2011). Learning about seasons: A guide for teachers and curriculum developers. *Astronomy Education Review*, 10, 010103-1-22.
- Σταράκης, Ι. (2014). Νέες τεχνολογίες και εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες : Ο σχεδιασμός, η εφαρμογή και η αξιολόγηση μιας διδακτικής ακολουθίας για φαινόμενα που συνδέονται με τις σχετικές κινήσεις Ήλιου-Γης-Σελήνης, στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. *Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή*.
- Starakis, I & Halkia, K. (2013). Addressing k5 students' and preservice elementary teachers' conceptions of seasonal change. *Physics Education*, 49(2), 231-239.
- Taylor, I., Barker, M., & Jones, A. (2003). Promoting mental model building in astronomy education. *International Journal of Science Education*, 25(10), 1205-1225.
- Trumper, R. (2001). A cross-age study of junior high school students' conceptions of basic astronomy concepts. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1111-1123.
- Trumper, R. (2006). Teaching future teachers basic astronomy concepts – Seasonal Change – at a time of reform in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(9), 879-906.
- Tsai, C. C. & Chang, C. Y. (2005). Lasting Effects of Instruction Guided by the Conflict Map: Experimental Study of Learning About the Causes of the Seasons. *Science Education*, 42(10), 1089-1111.
- Yair, Y., Mintz, & R. Litvak, S. (2001). 3D-Virtual Reality in Science Education: An Implication for Astronomy Teaching. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 20(3), 293-305.
- Wilcox, J., & Kruse. J. (2012). Using Student Ideas to Investigate Seasons. *Science Scope*, 35(6), 24-29.

Διδασκαλία του ηλεκτρομαγνητισμού στην ΣΤ΄ τάξη του δημοτικού σχολείου με τη χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων της πραγματικότητας: μια μελέτη περίπτωσης συγκρότησης και εφαρμογής εκπαιδευτικού υλικού

Φώτης Τουλιόπουλος¹, Εμμανουήλ Σοφός², Ηλίας Βασιλειάδης³

¹ 3^ο Δημοτικό Σχολείο Ρόδου, ² ΥΠΑΙΘΑ, ³ 1^ο Πρότυπο Πειραματικό Δημοτικό Σχολείο Ρόδου

touliopoulosf@gmail.com, sofos@rhodes.aegean.gr, vasileiadisil@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αναμφίβολα η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην υποχρεωτική εκπαίδευση καλείται να υπηρετήσει μια σειρά από στόχους ανάμεσα στους οποίους είναι, εκτός από τη διερεύνηση του υλικού και του ζωντανού κόσμου και τη μελέτη σχετικών φαινομένων και γεγονότων, α) η προετοιμασία των μαθητών προκειμένου να δρουν ελεύθερα, δημιουργικά και συνεργατικά στην κοινωνία, β) η απόκτηση επιστημονικού τρόπου σκέψης και γ) η καλλιέργεια και ανάπτυξη ικανοτήτων για την καθημερινή ζωή που θα τους είναι χρήσιμες στο να «μαθαίνουν» και εκτός σχολικού πλαισίου. Όπως έχει προκύψει από πολλές έρευνες το εκπαιδευτικό υλικό μπορεί να αποτελέσει βασικό παράγοντα στη διδασκαλία και στη μάθηση συμβάλλοντας ουσιαστικά και δημιουργικά τόσο στην οικοδόμηση της γνώσης όσο και στην καλλιέργεια δεξιοτήτων και στάσεων. Η παρούσα εργασία στοχεύει στο σχεδιασμό, παραγωγή και προσαρμογή εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία του ηλεκτρομαγνητή σε παιδιά της ΣΤ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Το υλικό αυτό θα περιλαμβάνει πολλαπλές αναπαραστάσεις της πραγματικότητας, όπως πειραματικές διατάξεις και προσομοιώσεις σε συνδυασμό με τη χρήση του σχολικού εγχειριδίου. Στόχος μας είναι οι μαθητές να κατακτήσουν τη γνώση σχεδιάζοντας και παράγοντας οι ίδιοι, μέσω της βιωματικής μάθησης, εκπαιδευτικό υλικό. Τα αποτελέσματα της χρήσης του εκπαιδευτικού υλικού που αξιολογήθηκαν στην τάξη από τον εκπαιδευτικό (ετεροαξιολόγηση) και τους ίδιους τους μαθητές (αυτοαξιολόγηση) μέσω ερωτηματολογίων έδειξαν ότι η χρήση του παραπάνω λογισμικού βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν το φαινόμενο του ηλεκτρομαγνητισμού σε ρεαλιστικά περιβάλλοντα τα οποία σχετίζονται άμεσα με τον πραγματικό κόσμο. Και οικοδόμησαν με επιτυχία τη γνώση μέσα από διαδικασίες που είναι καλύτερα προσαρμοσμένες στα μέτρα τους.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ηλεκτρομαγνητισμός, εποικοδομητισμός, διδακτικό μοντέλο 5^E του Bybee, πολλαπλές αναπαραστάσεις, εκπαιδευτικό υλικό

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ευρύτερη εφαρμογή, στη διδακτική πράξη, των εκπαιδευτικών λογισμικών προσομοιώσεων, όπως έχει συζητηθεί αλλά και προταθεί από διάφορους ερευνητές, αναφορικά με το εύρος και την ποιότητα της αποτελεσματικότητάς τους (Βοσνιάδου, 1998; Δημητρακοπούλου, 1999; Κόμης, 2003; Ραβάνης, 2004) αποτελεί μια σύγχρονη διδακτική πρόταση. Αναμφίβολα, αποτελούν μία από τις πιο διαδεδομένες εφαρμογές των ΤΠΕ στη διδασκαλία της Φυσικής καθώς επίσης συμβάλλουν ουσιαστικά στην κατανόηση των εννοιών της. Αποτελούν μορφές μοντέλων τα οποία συγκροτούνται βασιζόμενα στο ανάλογο επιστημονικό θεωρητικό υπόβαθρο. Συνιστούν ανοιχτά περιβάλλοντα, όπου οι μαθητές έχουν την δυνατότητα να κάνουν πειράματα, να εξετάσουν νόμους και σε άμεση αναφορά προς την πραγματικότητα που τους περιβάλλει να κάνουν υποθέσεις, συσχετισμούς και να εξάγουν συμπεράσματα.

Η σημασία της ανάπτυξης επιστημονικών, διερευνητικών πρακτικών (inquiry-based learning) από τους μαθητές έχει αναγνωριστεί και αποτελεί βασικό στόχο της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013; OECD, 2006, 2013). Οι μαθητές μέσω ενασχόλησής τους με επιστημονικές πρακτικές αναπτύσσουν και χρησιμοποιούν ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών ώστε να: (α) ερμηνεύουν φαινόμενα, (β) επιλύουν προβλήματα (γ) λαμβάνουν αποφάσεις (NRC, 2012).

Γενικά, η έρευνά μας εντάσσεται στο ευρύτερο σώμα των μελετών που διερευνούν την ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών από τους μαθητές και την αλλαγή των αντιλήψεών τους για ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών, μέσω κατάλληλα σχεδιασμένων διδακτικών παρεμβάσεων.

Πιο συγκεκριμένα μελετά τη συμβολή ενός εκπαιδευτικού υλικού για τη διδακτική του ηλεκτρομαγνητισμού σε μαθητές της ΣΤ' τάξης δημοτικού. Αφορά σε μια διδακτική παρέμβαση στηριγμένη στην αξιοποίηση πολλαπλών αναπαραστάσεων της πραγματικότητας. Θα ασχοληθούμε με το κεφάλαιο: «Από τον ηλεκτρισμό στο μαγνητισμό: Ο ηλεκτρομαγνήτης» του μαθήματος Φυσικής της ΣΤ' τάξης του Δημοτικού σχολείου. Θα αξιοποιήσουμε δύο διδακτικές ώρες.

Για τη διδακτική μας παρέμβαση θα χρησιμοποιήσουμε πέρα από το σχολικό εγχειρίδιο, το εμπλουτισμένο ψηφιακό βιβλίο, πειράματα, προσομοιώσεις και οπτικοποιήσεις. Η προσομοίωση ως τεχνική μίμησης της συμπεριφοράς ενός συστήματος είναι εξαιρετικά σημαντική στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των ΤΠΕ. Με τη βοήθεια των λογισμικών αυτών προσομοιώνονται με εικονικό τρόπο εργαστήρια Φυσικών Επιστημών, διαδικασίες, όργανα και πειράματα, ενώ παρουσιάζεται ένα φαινόμενο με πολλαπλές αναπαραστάσεις, καθώς και με συμβολικές γραφικές παραστάσεις. Στην παρέμβασή μας θα χρησιμοποιήσουμε προσομοιώσεις από το *Phet project*, που έχει ιδρυθεί από το πανεπιστήμιο του Colorado. Επίσης θα χρησιμοποιήσουμε προσομοιώσεις από το

εμπλουτισμένο ψηφιακό βιβλίο του υπουργείου παιδείας, από το *kerala. skool* και από το *BBC*.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η συνολική μας προσέγγισή μας βασίζεται στις αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης η οποία έχει ως βασικό άξονα την ενεργό συμμετοχή του υποκειμένου στην συγκρότηση της γνώσης. Σύμφωνα με το θεωρητικό υπόβαθρο του εποικοδομητισμού δεν υπάρχει αντικειμενική γνώση αφού αυτή δεν μπορεί να νοηθεί ανεξάρτητα από τον άνθρωπο του οποίου είναι κατασκεύασμα. Η κατασκευή της γνώσης υλοποιείται από το ίδιο το υποκείμενο και έχει ως βασικό της άξονα την ενεργό συμμετοχή και αλληλεπίδρασή του με την υφιστάμενη κοινωνική πραγματικότητα. Ως κοινωνική κατασκευή η γνώση αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο της μαθητικής κοινότητας και δεν μπορεί να επιτευχθεί με τον μαθητή ως παθητικό δέκτη. Αποδίδεται λοιπόν σημαντικός ρόλος στη συμβολή της κοινωνικής ομάδας στην κατασκευή της γνώσης ενώ στην κοινωνική του διάσταση ο εποικοδομητισμός έχει ιδιαίτερη σημασία η αξία που αποδίδει στα κοινωνικά και πολιτισμικά στοιχεία, στην επικοινωνία, στη συνεργασία και στο ρόλο που παίζει η γλώσσα σε όλα αυτά ως συμβολικό σύστημα (Σολομωνίδου, 2006). Πιο συγκεκριμένα:

- (α) Το υποκείμενο δεν δέχεται παθητικά τη γνώση αλλά την οικοδομεί – την κατασκευάζει, μέσω της ενεργούς δράσης του
- (β) Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην προϋπάρχουσα γνώση
- (γ) Ο ρόλος της κοινωνικής ομάδας στη μάθηση είναι καθοριστικός

Όπως έχει υποστηριχθεί από αρκετούς ερευνητές οι μαθητές εκδηλώνουν αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση (Kesidou & Duit 1993; Kirbulut, Geban & Beeth 2010; Paik, Kim, Cho, Park, 2004; Ραβάνης 1999; Driver, Guesne & Tiberghien, 1985)

Ο εποικοδομητισμός ως αφόρμηση/φάση προσανατολισμού κάνει χρήση των ιδεών των μαθητών και αυτή η καθαρά μαθητοκεντρική του προσέγγιση στο χώρο της παιδαγωγικής/ διδακτικής επιστήμης θέτει σε επιστημολογικό πλέον επίπεδο τον προβληματισμό την αντικειμενικότητα της επιστημονικής γνώσης. Επιχειρώντας τη σύνδεσή της διδακτικής αυτής προσέγγισης με τον γενικότερο προβληματισμό σε επιστημολογικό επίπεδο ο Κουζέλης υποστηρίζει ότι *«ο κόσμος των παιδιών είναι ένας κόσμος ιδεών και ερμηνειών, ούτε καλύτερος ούτε χειρότερος από εκείνον της σημερινής επιστήμης – που κι εκείνη δεν είναι παρά μια παροδικά επικρατούσα ερμηνεία του γύρω μας κόσμου»* (Κουζέλης, 1996:160)

Ο Γ. Κουζέλης διατυπώνει ως εξής αυτή την αλλαγή στο πεδίο της διδακτικής και τη σύνδεσή της με τις επιστημολογικές αναζητήσεις: *«ο κόσμος των παιδιών είναι ένας κόσμος ιδεών και ερμηνειών, ούτε καλύτερος ούτε χειρότερος από εκείνον της σημερινής επιστήμης – που κι εκείνη δεν είναι παρά μια παροδικά επικρατούσα ερμηνεία του γύρω μας κόσμου.»* (Κουζέλης, 1996, σ. 160). Όπως δείχνουν οι διάφορες έρευνες οι μαθητές έρχονται στο σχολείο έχοντας διαμορφώσει κάποιες ιδέες αντιλήψεις μέσω της εμπειρίας τους και της κοινωνικής αλληλεπίδρασης στην προσπάθειά τους να ερμηνεύσουν τον κόσμο και οι οποίες διαφοροποιούνται από την επιστημονική γνώση (Driver et. al. 1993).

Γενικότερα αυτό που μπορεί να γίνει αντιληπτό από τις υπάρχουσες ερευνητικές διαδικασίες και πορίσματα είναι ότι οι μαθητές εμφανίζουν σημαντικές δυσκολίες στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών (Chen & Klahr, 1999; Duggan & Gott, 2000; Khishfe & Lederman, 2006; Lederman, 2007).

Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οι ακόλουθες οκτώ επιστημονικές πρακτικές (NGSS Lead States, 2013):

- (α) διατύπωση ερωτημάτων
- (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων
- (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας
- (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων
- (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης
- (στ) συγκρότηση εξηγήσεων
- (ζ) εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία
- (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών

Στο παραπάνω πλαίσιο ιδέες των παιδιών δεν αποτελούν απλά λάθη αλλά πεπειθήσεις με μεγάλη ερμηνευτική δύναμη για τους μαθητές (Duit R., 1995:275). Συνιστούν ολοκληρωμένα και με εσωτερική συνοχή νοητικά σχήματα ερμηνείας του κόσμου που τα περιβάλλει (Βοσνιάδου Σ. 1994:150; Driver R., 1995:385).

Έρευνες σε διαφορετικό κοινωνικο-πολιτισμικό πλαίσιο μας βοηθούν να κατανοήσουμε ορισμένα από τα βασικά χαρακτηριστικά αυτών των ιδεών. Τα πορίσματα δείχνουν πως οι ιδέες των παιδιών χαρακτηρίζονται τόσο από διαχρονικότητα όσο και από παγκοσμιότητα, ενώ φαίνεται να παρουσιάζουν αντίσταση σε οποιαδήποτε προσπάθεια τροποποίησής τους (Driver et. al., 1998).

Στο πλαίσιο της εποικοδομητικής προσέγγισης και με την εφαρμογή κατάλληλων διδακτικών στρατηγικών οι μαθητές αναστοχάζονται πάνω στις ιδέες τους ώστε να αξιολογήσουν κατά πόσο είναι λειτουργικές και εφαρμόσιμες. Εφόσον διαπιστωθεί πως οι ιδέες αυτές είναι ελλιπείς οι μαθητές υφίστανται «γνωστική σύγκρουση», όπου οι αντιλήψεις τους διαψεύδονται ή αμφισβητούνται, γεγονός που δημιουργεί ένα είδος γνωστικής ανισορροπίας και που θα οδηγήσει στην διαδικασία της «εννοιολογικής αλλαγής» (Hewson & Hewson, 1984). Αυτού του είδους η σύγκρουση μπορεί να επιτευχθεί είτε με τη διάψευση που μπορεί να προκαλέσουν τα αποτελέσματα ενός πειράματος είτε με τη συνειδητοποίηση της ύπαρξης διαφορετικών απόψεων στο πλαίσιο της σχολικής τάξης (Kokkotas et al., 1994). Βέβαια η γνωστική σύγκρουση δεν αποτελεί μια απλή διαδικασία, δεν επιτυγχάνεται εύκολα και δεν έχει πάντοτε τα επιθυμητά αποτελέσματα (Elizabeth & Galloway, 1996; Drekkers & Thijs, 1998).

Θα πρέπει επίσης να αναφέρουμε ότι πέρα από το βίωμα της διάψευσης των απόψεών τους, το οποίο εμπεριέχει και μια συγκινησιακή φόρτιση, οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι και με την πολυπλοκότητα των φυσικών φαινομένων που πολύ συχνά δεν μπορούν να γίνουν αντικείμενο των αισθήσεων. Η κατάσταση αυτή επιβάλλει ιδιαίτερο διδακτικό σχεδιασμό από την πλευρά του εκπαιδευτικού ούτως ώστε να οδηγήσει στην γνωστική και στη συνέχεια στην εννοιολογική αλλαγή.

Η εννοιολογική αλλαγή συνίσταται στην αναδόμηση των υπαρχουσών δομών των μαθητών κατά τέτοιο τρόπο ώστε να συγκλίνουν με το επιστημονικό πρότυπο (Ψύλλος Δ., Κουμαράς Π., Καριώτογλου Π, 1993). Υπάρχουν, σύμφωνα με τους ερευνητές τρεις τύποι εννοιολογικής αλλαγής: α) επαύξηση της ήδη υπάρχουσας γνωστικής δομής, η οποία αφορά τη συσσώρευση νέων στοιχείων στα προϋπάρχοντα νοητικά σχήματα, χωρίς όμως αυτά τα σχήματα να υφίστανται αλλαγές β) εναρμόνιση, η οποία αναφέρεται στη σταδιακή αλλαγή του αρχικού νοητικού μοντέλου και γ) η αναδιοργάνωση η οποία αφορά στη συγκρότηση νέων γνωστικών δομών είτε για να ερμηνεύσουν οι μαθητές εκ νέου τις υπάρχουσες πληροφορίες είτε για να εξηγηθούν καινούργιες.

Οι Βοσνιάδου & Brewer (1994:142) κάνουν το διαχωρισμό στην αναδιοργάνωση της γνώσης σε ολική και μερική. Η μερική αναδιοργάνωση διαχωρίζεται σε ασθενή και ολική όπου *«η ασθενής αναδιοργάνωση αποτελείται από την πρόσθεση καινούργιων γεγονότων και σχέσεων στις υπάρχουσες δομές, ενώ η ριζοσπαστική αναδιοργάνωση αναφέρεται στη θεμελιακή αλλαγή των σχημάτων γνώσεων, που είναι όμοια, εν μέρει, με την αλλαγή πλαισίου στην ιστορία της επιστήμης»*.

Αναφορικά με τις διδακτικές στρατηγικές οι οποίες θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε εννοιολογική αλλαγή οι Βοσνιάδου & Brewer (1994) θεωρούν ότι υπάρχουν δύο στρατηγικές ως ικανές να επιφέρουν ριζική αναδιοργάνωση της γνώσης, οι σωκρατικοί διάλογοι και οι αναλογίες και οι μεταφορές. Επίσης αναφέρονται οι εποικοδομητική διδακτική ακολουθία και οι εργαστηριακές εμπειρίες σε μικροϋπολογιστές. Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στα εργαλεία των διδακτικών στρατηγικών, συμπεριλαμβάνοντας σε αυτά τον διάλογο σε ομάδες, την επίλυση προβλημάτων, την σχηματική αναπαράσταση των ιδεών των παιδιών κ.λπ. (Κόκκοτας, 1996)

Τέλος θα πρέπει να δίνεται έμφαση στην ανάπτυξη της συνεργατικότητας, με την εφαρμογή ομαδικών δραστηριοτήτων και στη διαμόρφωση κατάλληλου κλίματος για τη διατύπωση ερωτήσεων, εφόσον η εννοιολογική αλλαγή συντελείται εντός της μαθητικής κοινότητας. Στο πλαίσιο του εποικοδομητισμού ο εκπαιδευτικός δεν αποτελεί πλέον τον τροφοδότη της γνώσης αλλά αυτόν του καθοδηγητή και συμμετοχου στην πορεία ανακάλυψης της γνώσης. Βασική του μέλημα είναι η διαμόρφωση εκείνου του μαθησιακού περιβάλλοντος και σχολικού κλίματος το οποίο θα συντελέσει στην αλλαγή στις γνωστικές δομές του μαθητή, να προκαλεί την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης του και να του παρέχει ευκαιρίες ώστε να οικοδομεί τη γνώση μέσα από τον πειραματισμό, το στοχασμό, το σχηματισμό υποθέσεων κ.λπ. Στο πλαίσιο της εποικοδομητικής προσέγγισης έχουν αναπτυχθεί διάφορα διδακτικά μμοντέλα.

Για τις ανάγκες της δικής μας έρευνας χρησιμοποιήσαμε το BSCS 5E Instructional Model (Bybee, 1997; Bybee, R., Taylor, J. et al., 2006) το οποίο περιλαμβάνει τις εξής φάσεις/στάδια:

(1) Εμπλοκή (Engagement): η φάση αυτή περιλαμβάνει την ενεργοποίηση των μαθητών, την ανάδειξη των αρχικών τους αντιλήψεων καθώς και τη διατύπωση διαφόρων ερωτημάτων για έρευνα. Στο πλαίσιο αυτό ο εκπαιδευτικός έχει την ευκαιρία να εκτιμήσει τις πεποιθήσεις και το επίπεδο κατανόησης των μαθητών

(2) Διερεύνηση (exploration): στο στάδιο αυτό οι μαθητές διατυπώνουν ερωτήματα και υποθέσεις, συγκεντρώνουν στοιχεία και πληροφορίες, δουλεύουν συνεργατικά, δημιουργείται η γνωστική αποσταθεροποίηση καθώς και το πλαίσιο της εννοιολογικής αλλαγής

(3) Εξήγηση (explanation): στη φάση αυτή ο εκπαιδευτικός εξηγεί τις επιστημονικές έννοιες και διευκολύνει τους μαθητές ως προς την επεξεργασία των στοιχείων/πληροφοριών που έχουν συλλέξει. Η γνωστική σύγκρουση επιλύεται και επέρχεται η εννοιολογική αλλαγή. Οι μαθητές νοηματοδοτούν τη νέα γνώση προερχόμενη από την εμπειρία τους και την εννοιολογική αλλαγή

(4) Επέκταση (elaborate): στο πλαίσιο αυτό οι μαθητές προχωρούν σε εφαρμογή της γνώσης σε νέα προβλήματα και χρησιμοποιούν τις πληροφορίες που έχουν κατακτήσει για να προτείνουν λύσεις, να σχεδιάσουν πειράματα, και να καταλήξουν σε λογικά συμπεράσματα από τις αποδείξεις και τα στοιχεία που έχουν

(5) Αξιολόγηση (evaluate): στο στάδιο αυτό έχουμε αναστοχασμό πάνω στη διαδικασία μάθησης, αξιολογούν οι μαθητές το επίπεδο κατανόησης και εμπέδωσης της νέας γνώσης ή δεξιοτήτας, ενώ ο εκπαιδευτικός μπορεί να αξιολογήσει την επίδοση των μαθητών με βάση τους μαθησιακούς στόχους που είχε θέσει.

Στο πλαίσιο της παραπάνω προσέγγισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνικές όπως η προσομοίωση και η οπτικοποίηση. Ως προσομοίωση θεωρείται η αναπαράσταση μια κατάστασης ή αντικειμένου από λογισμικό, με δυνατότητες χειρισμού συνθηκών και παραμέτρων για μελέτη, η οποία μπορεί να θέσει το μαθητή σε καταστάσεις παρόμοιες με την πραγματικότητα. (Μικρόπουλος, 2002) Οπτικοποίηση θεωρείται ένα εργαλείο με το οποίο νέα δεδομένα, πληροφορίες και ερωτήματα προκύπτουν και παρουσιάζονται από τις εικόνες που δημιουργούνται. Γενικότερα η οπτικοποίηση αποτελεί ένα εργαλείο τόσο για ανακάλυψη και κατανόηση όσο και για επικοινωνία και διδασκαλία (Μικρόπουλος, 2002), ενώ όπως έχει υποστηριχθεί, το 50% των νευρώνων του ανθρώπου σχετίζονται με την όραση και η οπτικοποίηση λειτουργεί στο να τους βάλει να δουλέψουν (Pang, 1995). Έρευνες έχουν δείξει ότι εικονικά εργαστήρια και προσομοιώσεις παρουσιάζουν ενδείξεις για θετικά μαθησιακά αποτελέσματα (Jimoyiannis et al. 2000), ενώ και η αξιοποίηση εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων δίνει παρόμοια αποτελέσματα σύμφωνα με τους Μικρόπουλο και Στρουμπούλη (2000). Επίσης θετικά μαθησιακά αποτελέσματα βρέθηκαν από τους Bellou et al. (2001) μετά τη χρήση προσομοιώσεων σε έρευνα που είχε γίνει σε μαθητές δημοτικού σχετικά με το φαινόμενο της διάβρωσης. Τέλος πιο πρόσφατες έρευνες δείχνουν ότι η χρήση προσομοιώσεων στην εξήγηση των φαινομένων στις φυσικές επιστήμες βελτιώνει σημαντικά τις επιδόσεις των μαθητών/τριών στην όλη μαθησιακή διαδικασία (Stieff & Wilwinsky. 2003; Zacharia, 2003; Sethi, 2005).

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ

Ο σκοπός της έρευνάς μας είναι να αποκτήσουν οι μαθητές βασικές γνώσεις για τα φαινόμενα σχετικά με τους μαγνήτες και τον ηλεκτρομαγνητισμό.

Οι στόχοι μας είναι να: (1) διαπιστώσουν οι μαθητές ότι, όταν ένας αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, αποκτά μαγνητικές ιδιότητες (2) κατασκευάσουν οι μαθητές ένα

πηνίο και έναν ηλεκτρομαγνήτη και να συγκρίνουν τις μαγνητικές τους ιδιότητες (3) αναφέρουν οι μαθητές εφαρμογές των ηλεκτρομαγνητών (4) συνδέσουν οι μαθητές τα ηλεκτρικά με τα μαγνητικά φαινόμενα και να εξηγήσουν το νόημα της ονομασίας «ηλεκτρομαγνητισμός».

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Υποκείμενα

Στην έρευνά μας έλαβαν μέρος και οι δεκαεννιά μαθητές της τάξης επτά από τους οποίους έχουν μαθησιακές ιδιαιτερότητες

Δεδομένα

Αρχικά καταγράφηκαν οι εναλλακτικές πρότερες αντιλήψεις των μαθητών οι οποίες έδειξαν ότι α) πολλοί μαθητές συγχέουν τις μαγνητικές με τις ηλεκτροστατικές δυνάμεις και β) Μερικές φορές θεωρούν ότι η βαρύτητα είναι μαγνητική δύναμη. Επίσης οι προαπαιτούμενες γνώσεις των μαθητών περιελάμβαναν τα παρακάτω α) οι μαγνήτες ασκούν τις δυνάμεις τους με επαφή, αλλά και από απόσταση β) τα άκρα ενός μαγνήτη ονομάζονται πόλοι και οι μαγνητικές δυνάμεις είναι εντονότερες εκεί και γ) οι ομώνυμοι μαγνητικοί πόλοι απωθούνται και οι ετερόνυμοι έλκονται. Οι προαπαιτούμενες γνώσεις των μαθητών ελέγχθησαν με φύλλο εργασίας (βλ. παράρτημα). Ακολουθήθηκαν οι φάσεις του διδακτικού μοντέλου BSCS 5E Instructional Model (Bybee, 1997). Επίσης χρησιμοποιήθηκε υλικό τόσο από το Ψηφιακό Σχολείο του ΥΠΑΙΘΑ όσο και από άλλες ιστοσελίδες.

Περιορισμοί

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε μόνο σε 19 μαθητές τα όποια αποτελέσματα υπόκεινται στους περιορισμούς του δείγματος. Η χρήση και άλλων μεθοδολογικών εργαλείων, πέρα των φύλλων εργασίας που δόθηκαν όπως συνέντευξης ή συνδυασμού ερωτηματολογίου και συνέντευξης θα επέτρεπε τη διερεύνηση, σε μεγαλύτερο βάθος, της διαδικασίας ανάπτυξης επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές. Τέλος ποιοτική ανάλυση του λόγου των μαθητών σε όλη τη διάρκεια των διδασκαλιών θα παρείχε πιθανότατα την ευκαιρία να εντοπιστούν οι δραστηριότητες που συμβάλουν στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ

Οι προαπαιτούμενες γνώσεις των μαθητών θα ελεγχθούν με φύλλο εργασίας (βλ. παράρτημα).

Από τα αποτελέσματα φάνηκε πως από τους 19 μαθητές, οι 16 (ποσοστό 84%) ήταν σε θέση να απαντήσουν ικανοποιητικά στο φύλλο εργασίας που τους δόθηκε.

Συγκεκριμένα στην πρώτη ερώτηση που αφορούσε στις ελκτικές ιδιότητες των μαγνητών, το 84,3% των μαθητών/τριών, όπως φαίνεται στον πίνακα 1, κατάφερε να απαντήσει πολύ καλά ή και άριστα.

Πίνακας 1: Μαγνήτης πλησιάζει σε συνδετήρες. Απαντήσεις μαθητών. (N=19)

Απαντήσεις	Συχνότητα	Ποσοστό(%)
Όχι καλά	2	10,5
Μέτρια	0	0
Καλά	1	5,3
Πολύ καλά	12	63,2
Άριστα	4	21,1
Τυπική απ.	1,1187	
M.O.	3,842	
N	19	

Στη δεύτερη ερώτηση του πρώτου φύλλου εργασίας, η οποία αφορούσε σε δύο μαγνήτες που πλησιάζουν ο ένας τον άλλον μία φορά με ομώνυμους πόλους και μία φορά με ετερόνυμους, το 89,5% των μαθητών/τριών κατάφερε να απαντήσει άριστα, όπως μπορούμε να δούμε στον πίνακα 2.

Πίνακας 2: Ομώνυμοι και ετερόνυμοι μαγνήτες. Απαντήσεις μαθητών. (N=19)

Απαντήσεις	Συχνότητα	Ποσοστό(%)
Όχι καλά	2	10,5
Μέτρια	0	0
Καλά	0	0
Πολύ καλά	0	0
Άριστα	17	89,5
Τυπική απ.	1,26121	
M.O.	4,5789	
N	19	

Εισαγωγικό ερέθισμα:

Ζητάμε από τους μαθητές να παρακολουθήσουν το παρακάτω βίντεο και να το σχολιάσουν.

<https://www.youtube.com/watch?v=6yhNOXQkMpY>

Το βίντεο δείχνει έναν ηλεκτρομαγνήτη σε μια μάντρα σιδηρικών να σηκώνει σιδηρομαγνητικά αντικείμενα και να τα αφήνει σε άλλο σημείο. Στο βίντεο γίνεται φανερό πως ο ηλεκτρομαγνήτης μπορεί να έλκει τα αντικείμενα, ακόμη και από απόσταση, αλλά και να τα αφήνει να πέσουν κατά βούληση.

Μέσα από ερωτήσεις προκαλούμε τη διατύπωση υποθέσεων:

Τι ακριβώς κάνει ο γερανός; Με ποιον τρόπο σηκώνει ο γερανός τα αντικείμενα αυτά, αφού δεν τα «πιάνει» με κάποιον τρόπο; Πώς τα αφήνει να ξαναπέσουν;

Θα μπορούσαμε να βάλουμε ένα μόνιμο μαγνήτη στη θέση του;

Τι σημαίνει το όνομα ηλεκτρομαγνήτης;

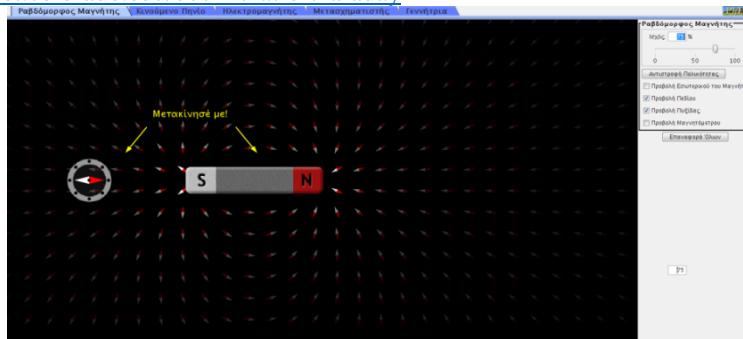
1^η Πειραματική διάταξη:

Πλησιάζουμε ένα μόνιμο μαγνήτη σε μια πυξίδα. Θα παρατηρήσουμε ότι η μαγνητική βελόνα κινείται όσο πλησιάζουμε το μαγνήτη κοντά της. Με το πείραμα αυτό διαπιστώνουμε την επίδραση ενός μαγνήτη στη μαγνητική βελόνα.



Μετά το πείραμα δείχνουμε μία προσομοίωση του Phet κατά την οποία ένας μαγνήτης πλησιάζει σε πυξίδα. Στην προσομοίωση μπορούμε να παρατηρήσουμε τις μαγνητικές γραμμές και πώς αυτές μεταβάλλονται όταν ο μαγνήτης πλησιάζει, ενώ μπορούμε να αναφερθούμε στο μαγνητικό πεδίο του (ερωτήσεις προς τους μαθητές: «Για ποιο λόγο κινείται η μαγνητική βελόνα; Γιατί άλλες φορές έλκεται και άλλες απομακρύνεται από το μαγνήτη;»)

<http://phet.colorado.edu/el/simulation/faraday>



2^η πειραματική διάταξη

Περνάμε έναν αγωγό που διαρρέεται από ρεύμα πάνω από μια πυξίδα. Βλέπουμε πως η μαγνητική βελόνα κινείται (ερωτήσεις προς τους μαθητές: «Γιατί η βελόνα κινείται; Τι σημαίνει το γεγονός ότι κινείται;»). Στη συνέχεια τυλίγουμε τον αγωγό γύρω από την πυξίδα αρκετές φορές. Βλέπουμε πως η μαγνητική βελόνα κινείται πιο έντονα (ερωτήσεις προς τους μαθητές: «Τι παρατηρούμε τώρα; Γιατί η βελόνα κινείται εντονότερα; Φταίει το σχήμα που δώσαμε στον αγωγό; Πώς λέγεται το σχήμα αυτό;»).

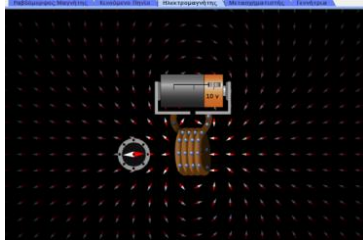
Έτσι οι μαθητές αντιλαμβάνονται ότι ένας αγωγός που διαρρέεται από ρεύμα έχει μαγνητικές ιδιότητες, οι οποίες γίνονται εντονότερες όταν έχει σχήμα πηνίου.

Θα πρέπει να φροντίσουμε το καλώδιο να είναι παράλληλο με τη μαγνητική βελόνα, ώστε να κινηθεί προς την κάθετη κατεύθυνση. Αποσυνδέουμε το καλώδιο από τη μπαταρία και το επανασυνδέουμε. Οι μαθητές μάς λένε τις παρατηρήσεις τους (ερωτήσεις προς τους μαθητές: «Τι συμβαίνει όταν αποσυνδέουμε το καλώδιο; Τι σημαίνει αυτό; Πού οφείλονται οι μαγνητικές ιδιότητες του αγωγού;»).

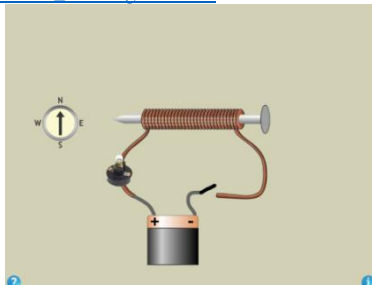


Στη συνέχεια δείχνουμε μια προσομοίωση από το Phet και μία από το ψηφιακό σχολείο που δείχνουν την επίδραση ενός πηνίου που διαρρέεται από ρεύμα, στην πυξίδα. Μπορούμε να δούμε τα ηλεκτρόνια να κινούνται στον αγωγό, ενώ έχουμε τη δυνατότητα να παρατηρήσουμε τη συμπεριφορά της μαγνητικής βελόνας στο εναλλασσόμενο ρεύμα. Μπορούμε έτσι να εξηγήσουμε στους μαθητές τι συμβαίνει στον μικρόκοσμο. Πώς ο ηλεκτρομαγνήτης δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο γύρω του και να δούμε τι συμβαίνει με τις μαγνητικές γραμμές (Στις προσομοιώσεις γίνονται οι ίδιες ερωτήσεις με παραπάνω, αλλά εξηγούμε στους μαθητές τι βλέπουμε στο μικρόκοσμο. Πως οι μαγνητικές ιδιότητες υπάρχουν μόνο μέσα στο μαγνητικό πεδίο που ορίζεται από τις μαγνητικές γραμμές, που πλέον είναι ορατές).

<http://phet.colorado.edu/el/simulation/faraday>



http://digitalschool.minedu.gov.gr/modules/ebook/show.php/DSGL101/560/3669,15936/extras/Experiments-Simulations/kef9_lineMagnet-e.swf

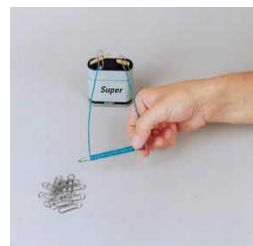


3^η πειραματική διάταξη

Οι μαθητές μας χωρισμένοι σε τέσσερις ομάδες δημιουργούν από ένα πηνίο τυλίγοντας ένα καλώδιο γύρω από ένα μολύβι όσο περισσότερες φορές μπορούν. Συνδέουν τα άκρα του καλωδίου με τους πόλους μιας μπαταρίας. Πλησιάζουν το πηνίο σε ένα σωρό συνδετήρων. Παρατηρούμε πως οι συνδετήρες δεν έλκονται από το πηνίο. Οι μαθητές έτσι αντιλαμβάνονται ότι ένα πηνίο δεν αποκτά ικανές μαγνητικές ιδιότητες για να μετακινήσει τους συνδετήρες (ερωτήσεις προς τους μαθητές: «Υπάρχουν μαγνητικές δυνάμεις στο πηνίο μας;»)



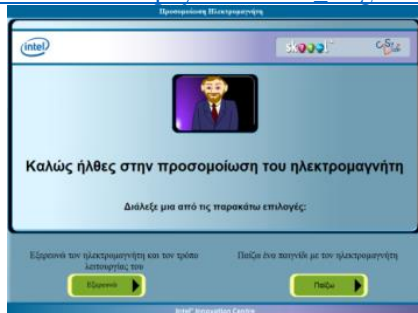
Στη συνέχεια επαναλαμβάνουμε το πείραμα, αφού προσθέσουμε ένα καρφί από μαλακό σίδηρο στο εσωτερικό του πηνίου. Παρατηρούμε ότι οι συνδετήρες τώρα έλκονται από το πηνίο. Παρατηρούμε ότι οι μαγνητικές ιδιότητες του πηνίου γίνονται ισχυρότερες με την εισαγωγή του μαλακού σιδήρου στο πηνίο. Η ελκτική δύναμη είναι μεγαλύτερη όσο περισσότερες είναι οι σπείρες του πηνίου (ερωτήσεις προς τους μαθητές: «Γιατί τώρα έχουμε μαγνητικές ιδιότητες; τι αλλάξαμε στη διάταξή μας;»). Για να το δείξουμε αυτό χρησιμοποιούμε μεγαλύτερο καρφί και λεπτότερο καλώδιο. Αποσυνδέουμε το ρεύμα και το επανασυνδέουμε. Αμέσως γίνεται φανερό πως οι μαγνητικές ιδιότητες του πηνίου οφείλονται στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος «ερωτήσεις προς τους μαθητές: «Πότε έχουμε εντονότερες μαγνητικές ιδιότητες; Τι συμβαίνει όταν αποσυνδέουμε το πηνίο από τη μπαταρία;»).



Για να γίνει το φαινόμενο ακόμη πιο κατανοητό, δείχνουμε μια προσομοίωση από το kerala.skool. Οι μαθητές μπορούν να «παίξουν» με την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το πηνίο, καθώς και με τον αριθμό των σπειρών που το αποτελούν. Με την προσομοίωση αυτή γίνεται κατανοητό πως αν το πηνίο δε διαρρέεται από ρεύμα, δεν

υπάρχουν μαγνητικές ιδιότητες. Επίσης οι μαθητές βλέπουν πόσο πιο δυνατές γίνονται οι μαγνητικές ιδιότητες όταν αυξάνεται ο αριθμός των σπειρών του πηνίου του ηλεκτρομαγνήτη ή όταν αυξάνεται η ένταση του ρεύματος.

http://kerala.skool.in/content/toolkits/physics/electro_magnet/index.html



Εμπέδωση-Γενίκευση

Με τα παραπάνω πειράματα οι μαθητές έχουν πλέον αντιληφθεί ότι ο ηλεκτρομαγνήτης έχει το πλεονέκτημα ότι με τη διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος αφήνει τα μεταλλικά αντικείμενα να πέσουν.

Οι μαθητές μετά το τέλος του μαθήματος θα πρέπει να είναι σε θέση να κατασκευάσουν έναν απλό ηλεκτρομαγνήτη. Ως επανάληψη του μαθήματος δείχνουμε το παρακάτω βίντεο από το ΕΚΦΕ Καρδίτσας, στο οποίο φαίνεται η όλη διαδικασία της κατασκευής ενός ηλεκτρομαγνήτη. https://www.youtube.com/watch?v=zI_BDPMHjS0

Χρήση ηλεκτρομαγνητών

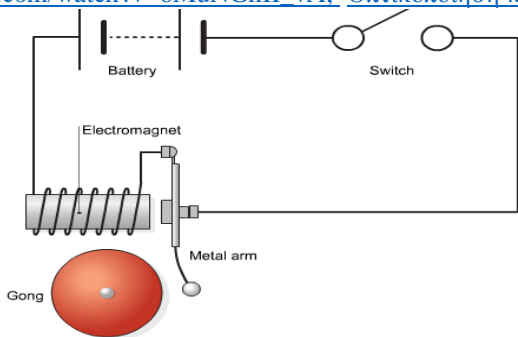
Ηλεκτρομαγνητικό τρένο. Κινείται χωρίς να ακουμπά στο έδαφος. Στηρίζεται στη χρήση του ηλεκτρομαγνήτη.

<https://www.youtube.com/watch?v=xsZQnyKyjrw>



Ηλεκτρικό κουδούνι. Λειτουργεί χάρη σε έναν ηλεκτρομαγνήτη, ο οποίος όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έλκει μια σιδερένια βέργα, που χτυπά πάνω σε ένα μεταλλικό ηχείο. Μόλις χτυπήσει το ηχείο, ανοίγει το ηλεκτρικό κύκλωμα, παύει ο ηλεκτρομαγνήτης να διαρρέεται από ρεύμα και η βέργα ξαναγυρίζει στη θέση της. Κλείνει το κύκλωμα και πάλι ο ηλεκτρομαγνήτης διαρρέεται από ρεύμα, οπότε και πάλι ακούγεται το κουδούνι.

https://www.youtube.com/watch?v=6MuNGhII_vA, [Οπτικοποίηση κουδουνιού \(BBC\)](#)



ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Βασικός σκοπός της έρευνάς μας είναι να διερευνηθεί το κατά πόσο η χρήση προσομοιώσεων και οπτικοποιήσεων στη διδασκαλία της Φυσικής στο Δημοτικό σχολείο μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να αντιληφθούν καλύτερα ένα φυσικό φαινόμενο, όπως η λειτουργία του ηλεκτρομαγνήτη.

Ως προς τα ερευνητικά ερωτήματα μπορεί να υποθεθεί ότι: .

- αναμένεται ότι οι μαθητές θα καταλάβουν τα πλεονεκτήματα που μας προσφέρει η χρήση των ηλεκτρομαγνητών σε σχέση με τους μόνιμους μαγνήτες
- αναμένεται επίσης ότι οι μαθητές μετά το πέρας της διδασκαλίας θα είναι σε θέση να σχεδιάσουν έναν ηλεκτρομαγνήτη χρησιμοποιώντας καθημερινά υλικά
- η χρήση προσομοιώσεων θα βελτιώσει την κατανόηση των μαθητών σχετικά με το φαινόμενο που διδάσκουμε

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας που τους δίνεται (βλ. παράρτημα), ενώ τους ζητείται να εκτελέσουν στο σπίτι τους, ως αυτοαξιολόγηση, τις διαδραστικές ασκήσεις που προσφέρονται από το ψηφιακό σχολείο.



Οι προσομοιώσεις, οι ασκήσεις εμπέδωσης, καθώς και η θεωρία του κεφαλαίου του ηλεκτρομαγνητισμού βρίσκονται συγκεντρωμένες στην ιστοσελίδα: esxoleio.weebly.com/ΣΤ/Φυσική/Ηλεκτρομαγνητισμός

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ως προς το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, από τους 19 μαθητές/τριες που ήταν παρόντες, οι 15 απάντησαν σε ικανοποιητικό βαθμό στην ερώτηση για το ποιο είναι το πλεονέκτημα του ηλεκτρομαγνήτη έναντι του μόνιμου μαγνήτη (ποσοστό 80%), δείχνοντας ότι κατανόησαν τη λειτουργία του (βλ. πίνακας 3).

Πίνακας 3: Ηλεκτρομαγνήτης και μόνιμος μαγνήτης. Απαντήσεις μαθητών. (N=19)

Απαντήσεις	Συχνότητα	Ποσοστό(%)
Όχι καλά	2	10,5
Μέτρια	2	10,5
Καλά	0	0
Πολύ καλά	11	57,9
Άριστα	4	21,1
Τυπική απ.	1,24956	
M.O.	3,6842	
N	19	

Ως προς το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα οι μαθητές/τριες έδειξαν πως είναι σε θέση να σχεδιάσουν έναν ηλεκτρομαγνήτη. Συγκεκριμένα, από τους 19 μαθητές, οι 16 σχεδίασαν σωστά τον ηλεκτρομαγνήτη και έγραψαν τα υλικά που θα τους ήταν απαραίτητα (ποσοστό 84,2%) όπως φαίνεται στον πίνακα 4.

Πίνακας 4: Σχεδιασμός ηλεκτρομαγνήτη. Απαντήσεις μαθητών. (N=19)

Απαντήσεις	Συχνότητα	Ποσοστό(%)
Όχι καλά	1	5,3
Μέτρια	1	5,3
Καλά	1	5,3
Πολύ καλά	6	31,6
Άριστα	10	52,6
Τυπική απ.	1,13426	
M.O.	4,2105	
N	19	

Αναφορικά με το τρίτο ερευνητικό ερώτημα, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι το εν λόγω τμήμα έχει την ιδιαιτερότητα να έχει 7 μαθητές/τριες με μαθησιακές δυσκολίες, οι οποίοι/ες παρακολουθούν είτε τμήμα ένταξης είτε τμήμα υποδοχής. Ως εκ τούτου, θεωρούμε επιτυχία το γεγονός πως τόσο μεγάλο ποσοστό των μαθητών μας (84%) κατάφερε να κατανοήσει τις βασικές αρχές που διέπουν τον ηλεκτρομαγνήτη, πράγμα που θα μπορούσε να αποδοθεί και στη χρήση των ΤΠΕ.

Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές μας δοκίμασαν αναπαραστάσεις φυσικών μοντέλων (ηλεκτρομαγνήτη) μεταβάλλοντας παραμέτρους όπως η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος ή ο αριθμός των σπειρών του πηνίου και διαπιστώνοντας τις συνέπειες των μεταβολών. Η ποικιλία των ψηφιακών πηγών που χρησιμοποιήθηκε (εικόνα, βίντεο, οπτικοποιήσεις, προσομοιώσεις, ψηφιακή αξιολόγηση), καθώς και άλλες αναπαραστάσεις της πραγματικότητας (βιβλίο, πειράματα) διευκολύνουν στην έκφραση προσωπικών εμπειριών και απόψεων για το μελετώμενο φαινόμενο.

Η χρήση της προσομοίωσης διευκόλυνε τους μαθητές μας να αλλάξουν τις μεταβλητές του πειράματος με ιδιαίτερη ευκολία. Μάλιστα θα ήταν εξαιρετικά δύσκολο να αλλάξουμε την τιμή της ένταξης του ηλεκτρικού ρεύματος, εφόσον στα σχολεία μας προκρίνεται η χρήση της μπαταρίας.

Έτσι διαπίστωσαν τη σχέση του ηλεκτρισμού με το μαγνητισμό και κατάλαβαν πως οι αγωγοί που διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα αποκτούν μαγνητικές ιδιότητες, ενώ αντιλήφθηκαν τις διαφορές του ηλεκτρομαγνήτη από το μόνιμο μαγνήτη. Είναι πλέον σε θέση να αναφέρουν κάποιες χρήσεις του ηλεκτρομαγνήτη, ενώ μπορούν να κατασκευάσουν έναν ηλεκτρομαγνήτη μόνοι τους.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι πολλαπλές αναπαραστάσεις της πραγματικότητας οδηγούν τους μαθητές στην εκτίμηση πολλαπλών προοπτικών. Ενσωματώνουν τη γνώση σε ρεαλιστικά περιβάλλοντα τα οποία σχετίζονται άμεσα με τον πραγματικό κόσμο. Διευκολύνουν στην έκφραση απόψεων στη

μαθησιακή διαδικασία. Οι μαθητές ενθαρρύνονται να οικοδομήσουν τη γνώση μέσα από διαδικασίες που είναι καλύτερα προσαρμοσμένες στα μέτρα τους. Τα πειράματα αποτελούν την πλέον βιωματική μάθηση, αφού οι μαθητές καλούνται να τα εκτελέσουν μόνοι τους. Ξεκινούμε από την παρατήρηση ενός φαινομένου και στη συνέχεια φτάνουμε στην ποιοτική προσέγγιση της ερμηνείας του. Επίσης οι προσομοιώσεις επιτρέπουν στο χρήστη να αλληλεπιδρά τόσο στο μακρόκοσμο όσο και στο μικρόκοσμο. Του επιτρέπουν να παρατηρεί φαινόμενα που δεν είναι αντιληπτά με τις αισθήσεις του. Το εικονικό περιβάλλον της προσομοίωσης λειτουργεί όπως και το πραγματικό, με τους φυσικούς νόμους να ισχύουν ανεξάρτητα από τις ενέργειες του χρήστη. Τέλος η αλληλεπίδραση του χρήστη με το εικονικό περιβάλλον γίνεται με χειρισμούς που προσεγγίζουν την πραγματικότητα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

Από την ανάλυση της έρευνας προκύπτει ότι η χρήση προσομοιώσεων και οπτικοποιήσεων στη διδασκαλία των φυσικών φαινομένων διευκολύνει τους μαθητές/τριες να κατανοήσουν τις έννοιες των φαινομένων που έχουν διδαχθεί. Συγκεκριμένα τα ευρήματα της έρευνάς μας δείχνουν ότι οι μαθητές/τριές μας σε μεγάλο ποσοστό κατανόησαν τη λειτουργία του ηλεκτρομαγνήτη, καθώς και τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η χρήση του. Με δεδομένο πως η τάξη μας έχει την ιδιαιτερότητα να περιλαμβάνει επτά μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες, θεωρούμε ότι η χρήση προσομοιώσεων και λειτουργήσε θετικά ως προς τη μαθησιακή διαδικασία. Τα αποτελέσματά μας αυτά συμφωνούν με αντίστοιχες έρευνες που αναφέρθηκαν στο θεωρητικό πλαίσιο της μελέτης, όπως των Jimoyiannis et al. 2000; Μικρόπουλος & Στρουμπούλης, 2000; Bellou et al., 2001; Stieff & Wilwinsky. 2003; Zacharia, 2003 και Sethi, 2005 (βλ. σελ. 4 της μελέτης).

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η παρούσα έρευνα υπόκειται στους περιορισμούς του μικρού δείγματος (N=19) καθώς και στην απουσία ομάδας ελέγχου, επομένως τα αποτελέσματά της, παρόλο που συμφωνούν με παρεμφερείς έρευνες δε θα μπορούσαν να έχουν γενικευτική ισχύ. Οι παρακάτω προτάσεις θεωρούνται χρήσιμες για περαιτέρω διερεύνηση του θέματος:

- επανάληψη της έρευνας με ομάδα ελέγχου για τη εξαγωγή συγκριτικών αποτελεσμάτων
- επέκταση της έρευνας σε μεγαλύτερο δείγμα μαθητών
- επέκταση της έρευνας σε αστικά και ημιαστικά σχολεία

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bellou, I, Stavridou, H., and Katsikis, A. (2001) Pupils' Ideas about Erosion as a Basis for the Design of an Educational Software, In D. Psilos et al. (eds.) Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the knowledge Based Society, Thessalonica, 294-300

- Βοσνιάδου Σ. (1994), *Η εννοιολογική αλλαγή στην παιδική ηλικία*. Στο Βοσνιάδου Σ. (επιμ.) Κείμενα Εξελικτικής Ψυχολογίας, Β' τόμος: Σκέψη. Gutenberg, Αθήνα.
- Βοσνιάδου Σ., Brewer W.F.(1994), *Θεωρίες Αναδιοργάνωσης της Γνώσης*. Στο Βοσνιάδου Σ. (επιμ.) Κείμενα Εξελικτικής Ψυχολογίας, Β' τόμος: Σκέψη. Gutenberg, Αθήνα.
- Βοσνιάδου, Σ. (1998). Γνωσιακή Ψυχολογία, Gutenberg, Αθήνα.
- Bybee, R. (1997). Achieving scientific literacy. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Bybee, R., Taylor, J. et al. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. Colorado Springs, CO: BSCS.
- Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Children's acquisition of the control of variables strategy, *Child Development*, 70, 1098 -1120.
- Δημητρακοπούλου Α., (1999). Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδακτική των φυσικών επιστημών: Τι προσφέρουν και πως τις αξιοποιούμε; Εδικό Αφιέρωμα στην Πληροφορική και Εκπαίδευση, ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ, 3η Περίοδος, Vol. Η', No 30, 48-58
- Drekkers, P. J. J., & Thijj. G. D. (1998) Making productive use of students' initial conceptions in developing the concept of force. *Science Education*, 82, 31-51.
- Driver R. (1995), *Constructivist Approaches to Science Teaching*. Στο Steffe L., Gale J.(ed), *Constructivism in Education*, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Driver R., Squires A., Rushworth P., Wood – Robinson V.(1998), *Οικο-δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*. Εκδόσεις Τυποθήτω, Γιώργος Δαρδανός, Αθήνα.
- Driver, R., Guesne, E. and Tiberghien, A. (1993), *Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες*, ΕΕΦ και Τροχαλία, Αθήνα
- Duit R.(1995), *The Constructivist View: A Fashionable and Fruitful Paradigm for Science Education Research and Practice*. Στο Steffe L., Gale J.(ed), *Constructivism in Education*, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers
- Duggan, S., & Gott, R. (2002). What sort of science education do we really need? *International Journal of Science Education*, 24, 661-679.
- Elizabeth, L. L., & Galloway, D. (1996). Conceptual links between cognitive acceleration through science education and motivational style: A critique of Adey and Shayer *International Journal of Science Education*, 18, 35-49
- Zacharia, Z. (2003) Beliefs, attitudes and intentions of science teachers regarding the educational use of computer simulations and inquiry based experiments in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 792-823
- Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A.B. (1984). The Role of Conceptual Conflict in Conceptual Change and the Design on Science Instruction. *Instructional Science*, 13(1), 1-13
- Jimoyiannis, A., Mikropoulos, T. A. and Ravanis, K. (2000) Students' performance towards computer simulations on Kinematics, *THEMES in Education*, 1(4), 357-372

- Kesidou, S. & Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics—an interpretive study. *Journal of Research in Science Teaching*, Volume 30, Issue 1, 85–106
- Khishfe, R., & Lederman, N. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, Volume 43, Issue 4, 395–418
- Kirbulut, D. Geban, O., & Beeth, M. E. (2010). Development of a three-tier multiple-choice diagnostic instrument to evaluate students' understanding of states of matter. Paper presented at the European Conference on Research in Chemical Education (ECRICE), 4-7 July, Krakow, Poland.
- Kokkotas P., Koulaidis V., Karanikas Y., Tsatsaroni A., and Vlachos Y., (1994), *The Language of Physics: A Case Study of the Concept of Force in Primary Education*, στο: C. Bernadini, C. Tarsitani and V. Vincentini (eds), *Thinking Physics for Teaching*, London: Plenum.
- Κόκκοτας Π.(1996), *Διδακτικές στρατηγικές για εννοιολογικές αλλαγές στις Φυσικές Επιστήμες*. Στο *Ματσαγγούρας Η. (επιμ.), Η εξέλιξη της Διδακτικής. Επιστημολογική Θεώρηση*. Gutenberg, Αθήνα
- Κόμης, Β.(2004). *Εισαγωγή στις Εκπαιδευτικές Εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών*. Αθήνα: Νέες Τεχνολογίες
- Κουζέλης Γ.(1996), *Το Επιστημολογικό Υπόβαθρο των επιλογών της Διδακτικής*. Στο *Ματσαγγούρας Η. (επιμ.), Η εξέλιξη της Διδακτικής. Επιστημολογική Θεώρηση*. Gutenberg, Αθήνα.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In Abell, S.K. and Lederman, N.G. (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*, 831-880
- Μικρόπουλος, Τ. (2002) Προσομοιώσεις και οπτικοποιήσεις στην οικοδόμηση της γνώσης στις Φυσικές επιστήμες. *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτική των Φυσικών Επιστημών & Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, 371-376, Αθήνα: ΙΩΝ
- Μικρόπουλος, Τ. Α. και Στρουμπούλης, Β. (2000) Διαμορφωτική αξιολόγηση εικονικού εκπαιδευτικού εργαστηρίου laser, *Πρακτικά 2 ου Πανελληνίου Συνεδρίου Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση*, Πάτρα 382-386
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas* [προσβάσιμο στο http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165]
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.
- OECD (2013), *Education at a Glance 2013: OECD Indicators*, OECD Publishing.[προσβάσιμο στο <http://dx.doi.org/10.1787/eag-2013-en>]
- Paik, S.-H., Kim, H.-N., Cho, B.-K., & Park, J.-W. (2004). K-8th grade Korean students' conceptions of changes of state and conditions for changes of state. *International Journal of Science Education*, 26, 207–224.

Pang, A. (1995) A Syllabus for Scientific Visualization, In D. A. Thomas (ed) Scientific Visualization in Mathematics and Science Teaching, AACE, VA, 261-283

Ραβάνης, Κ. (2004), Οι Φυσικές Επιστήμες στην προσχολική ηλικία: Διδακτική και γνωστική προσέγγιση, Τυπωθήτω, Αθήνα

Ραβάνης, Κ. (1999), Οι φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση. Διδακτική και γνωστική προσέγγιση, Τυπωθήτω, Αθήνα

Sethi, R.J. (2005) Using virtual laboratories and online instruction to enhance physics education. Journal of Physics Teacher Education Online, 2 (3), 22-26

Σολομωνίδου Χ., 2006 Νέες Τάσεις στην Εκπαιδευτική Τεχνολογία. Επικοινωνιακοί και σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης, Αθήνα: Μεταίχμιο.

Stieff, M. & Wilwinsky, U. (2003) Connected chemistry-Incorporating interactive simulations in the chemistry classroom. Journal of Science Education and Tecnology, 12 (3), 285-302

Ψύλλος Δ., Κουμαράς Π., Καριώτογλου Π.(1993), Επικοινωνιακή στην τάξη με συνέρευνα Δασκάλου και Μαθητή. Σύγχρονη Εκπαίδευση τ.70, 34 – 42.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

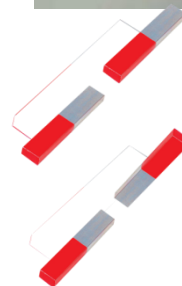
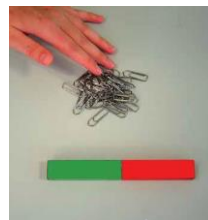
Φύλλο εργασίας για προαπαιτούμενες γνώσεις

1. Στη διπλανή διάταξη έχουμε ένα μόνιμο μαγνήτη και μερικούς συνδετήρες. Τι θα γίνει μόλις ο μαγνήτης πλησιάσει τους συνδετήρες; Σε ποια σημεία του μαγνήτη θα κολλήσουν οι περισσότεροι συνδετήρες;

2. Τι θα συμβεί με τους μαγνήτες στις δύο εικόνες;

α)

β)



Φύλλο εργασίας τελικής αξιολόγησης

Όνομα: _____

1. Ποιο πλεονέκτημα έχει ο ηλεκτρομαγνήτης έναντι του μόνιμου μαγνήτη; Γιατί χρησιμοποιείται αυτός στους γερανούς;



Κατασκευάστε έναν απλό ηλεκτρομαγνήτη. Ποια υλικά θα χρειαστείτε; Σχεδιάστε τον ηλεκτρομαγνήτη σας.

Υλικά:

Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου στις Φυσικές Επιστήμες: σχεδιασμός εκπαιδευτικού υλικού για την επιμόρφωση εκπαιδευτικών

Μαρία Η. Χαϊτίδου¹, Άννα Σπύρτου², Πέτρος Καριώτογλου³

¹ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, ²ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, ³ΠΤΝ Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
mchaitidou@uowm.gr, aspirtou@uowm.gr, pkariotog@uowm.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία παρουσιάζεται η φάση σχεδιασμού ενός προγράμματος εκπαίδευσης εκπαιδευτικών, στο πλαίσιο της Δράσης «ΑΡΙΣΤΕΙΑ II»¹, οι οποίοι διδάσκουν στο Δημοτικό σχολείο. Το περιεχόμενο του προγράμματος αφορά τη μελέτη της εξέλιξης της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου (π.γ.π.) των εκπαιδευτικών στο σύγχρονο περιεχόμενο της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας (N-ET). Η εργασία επικεντρώνεται στο υλικό που σχεδιάστηκε για να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να κατανοήσουν τα συστατικά της π.γ.π. και τα στοιχεία αυτών στα ειδικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας της N-ET.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου, επιμόρφωση εκπαιδευτικών

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην εκπαιδευτική έρευνα υπήρχε πάντα, κυρίως όσον αφορά στην προετοιμασία των μελλοντικών εκπαιδευτικών, μια ασυνέχεια μεταξύ της γνώσης του περιεχομένου και της γενικής παιδαγωγικής γνώσης, δηλαδή της γνώσης του πώς να διδάσκει κανείς. Ασυνέχεια την οποία κάλυψε ο Shulman (1986, 1987) με την εισαγωγή του όρου Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (Gess-Newsome, 1999; Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999; Morine-Dershimer & Kent, 1999; Loughran, et al, 2001; Van Driel, Beijaard, & Verloop, 2001; Zeidler, 2002; Καριώτογλου, 2006). Ο Shulman ανέπτυξε ένα πλαίσιο για την

¹ Η ανακοίνωση γίνεται στο πλαίσιο της Δράσης «ΑΡΙΣΤΕΙΑ II», έργο: «ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ» που υλοποιείται στο πλαίσιο του Ε.Π «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και από εθνικούς πόρους

εκπαίδευση εκπαιδευτικών με την εισαγωγή του όρου αυτού, θεωρώντας τη γνώση για τη διδασκαλία τόσο από την όψη της παιδαγωγικής όσο και από την όψη του περιεχομένου. Η π.γ.π. ορίζεται ως το «αμάλγαμα» του περιεχομένου και της παιδαγωγικής γνώσης, και θεωρείται αποκλειστικής αρμοδιότητας του εκπαιδευτικού, προκειμένου να κάνει τη δουλειά του (Shulman, 1986). Μέσα στην καρδιά του ορισμού της π.γ.π. είναι η αντίληψη και η αναπαράσταση του πώς ο εκπαιδευτικός θα βοηθήσει μια ομάδα μαθητών να κατανοήσουν ένα συγκεκριμένο διδακτικό περιεχόμενο Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε) μέσα από πολλαπλές διδακτικές στρατηγικές σε ένα δεδομένο περιβάλλον μάθησης (Park & Oliver, 2008; Kind, 2009). Η π.γ.π. θεωρείται ένα σώμα γνώσεων και πεποιθήσεων που οι εκπαιδευτικοί αναπτύσσουν με τη διδακτική τους εμπειρία (van Driel, Verloop, & de Vos, 1998; Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999; Friedrichsen, et al., 2009) καθώς και με τη συνδρομή του αναστοχασμού (Park & Oliver, 2008; Friedrichsen, et al., 2009).

Η ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η πρόσφατη βιβλιογραφία υποδεικνύει ότι η γνώση της π.γ.π. είναι απαραίτητη και θεωρείται πλέον προαπαιτούμενη για τους εκπαιδευτικούς (Kind, 2009). Φαίνεται πως η άμεση διδασκαλία της στους εκπαιδευτικούς συμβάλλει θετικά στην ανάπτυξη της και, ενδεχομένως, τους καθιστά δεκτικούς στην καινοτομία (Loughran, Mulhall, & Berry, 2008; Kind, 2009). Υποστηρίζεται ότι βοηθώντας άπειρους αλλά και έμπειρους εκπαιδευτικούς να κατανοήσουν τι είναι η π.γ.π. μπορούμε να έχουμε οφέλη στην εκπαίδευση μέσα από την βελτίωση της πρακτικής τους (Kind, 2009). Ειδικότερα, η ρητή διδασκαλία της π.γ.π. βοηθά τους εκπαιδευτικούς τόσο στο μετασχηματισμό του περιεχομένου του μαθήματος όσο και στον αναστοχασμό τους (Loughran, Mulhall, & Berry, 2008; Kind, 2009). Ως εκ τούτου, η ρητή διδασκαλία της π.γ.π. ενισχύει την αποτελεσματικότητα ενός προγράμματος εκπαίδευσης εκπαιδευτικών (Abell, 2008).

Παρόλα αυτά μεταξύ του μεγάλου εύρους των μελετών της π.γ.π. στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών δεν φαίνεται να υπάρχουν μελέτες για το αποτέλεσμα που θα είχε η άμεση διδασκαλία της σε αυτούς (Loughran, Mulhall, & Berry, 2008).

Στην χώρα μας ο Τζιμογιάννης (2010) παρουσίασε τον σχεδιασμό και εφαρμογή ενός μοντέλου προετοιμασίας και επαγγελματικής ανάπτυξης των εκπαιδευτικών των Φ.Ε. με στόχο την ένταξη των ΤΠΕ στη διδακτική πράξη. Το μοντέλο που πρότεινε βασιζόταν στο συνδυασμό δύο προσεγγίσεων: της *Τεχνολογικής Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου* για τις Φ.Ε. και της αυθεντικής μάθησης. Στο πλαίσιο της παρουσίασης του μοντέλου γίνεται ρητή αναφορά στην π.γ.π. χωρίς όμως να δίνονται λεπτομέρειες για τον τρόπο με τον οποίο έγινε.

Οι Κουντουριώτης & Μίχας (2013) παρουσίασαν μια διδακτική πρόταση που απευθύνεται σε φοιτητές - υποψήφιους εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης με στόχο την κατανόηση θεμάτων ηλεκτρισμού μέσω δραστηριοτήτων εποικοδομητικού τύπου και παράλληλα την καλλιέργεια της *Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου* των φοιτητών με χρήση των *Αναπαραστάσεων Περιεχομένου* για το συγκεκριμένο περιεχόμενο των Φ.Ε. Στα πλαίσια της Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας έκαναν εισαγωγή της

έννοιας της π.γ.π. χωρίς, όμως, να αναφέρονται σε λεπτομέρειες για τον τρόπο με τον οποίο έγινε η εισαγωγή της.

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι, οι προτάσεις της βιβλιογραφίας για ρητή διδασκαλία της π.γ.π. στους εκπαιδευτικούς, αφενός ενισχύονται τα τελευταία έτη, και αφετέρου φαίνεται ότι είναι ακόμη περιορισμένες.

Στάδια της έρευνας

Με δεδομένη τη δυσκολία του εγχειρήματος, το συγκεκριμένο πρόγραμμα περιλαμβάνει τις ακόλουθες φάσεις:

Α φάση σχεδιασμού: Διατύπωση σχεδιαστικών αρχών και σχεδιασμός εκπαιδευτικού υλικού.

Β φάση ανάπτυξης: Πιλοτική εφαρμογή του προγράμματος και εγκυροποίηση των εκπαιδευτικών υλικών.

Γ φάση υλοποίησης: Κανονική εφαρμογή του προγράμματος και αξιολόγησή του.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η πρώτη φάση σχεδιασμού, δηλαδή περιγράφονται οι σχεδιαστικές αρχές του προγράμματος και τα εκπαιδευτικά υλικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την άμεση διδασκαλία της π.γ.π.

ΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΗΝ Π.Γ.Π.

(I) Η μοναδικότητα της π.γ.π.

Το κύριο χαρακτηριστικό της π.γ.π. που αναδεικνύεται από την βιβλιογραφική επισκόπηση είναι η μοναδικότητά της, η οποία έχει δύο διαστάσεις: α) μοναδικότητα ως προς το περιεχόμενο· η π.γ.π. είναι εξειδικευμένη αναφορικά με ένα συγκεκριμένο διδακτικό περιεχόμενο (van Driel, Verloop, & de Vos, 1998; Baxter & Lederman, 1999; Loughran, et al, 2001; Loughran, Mulhall, & Berry, 2008). Απειροι και έμπειροι εκπαιδευτικοί που δεν έχουν διδάξει ξανά ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο εκφράζουν παρανοήσεις αναφορικά με αυτό, δεν γνωρίζουν τις πιθανές ιδέες/παρανοήσεις των μαθητών τους, αλλά και αδυνατούν να επιλέξουν τις κατάλληλες διδακτικές στρατηγικές για την διδασκαλία αυτού του περιεχομένου (van Driel, Verloop, & de Vos, 1998). Επομένως, έχουν ελάχιστη ή καθόλου π.γ.π. για το συγκεκριμένο περιεχόμενο (Mulhall, Berry, & Loughran, 2003). β) Η π.γ.π. ενός εκπαιδευτικού ενσωματώνει διαφορετικά συστατικά (όπως είναι η *Παιδαγωγική Γνώση*, η *Γνώση Περιεχομένου* και η *Γνώση Πλαισίου*), τα οποία αναπτύσσονται μέσα από τις εμπειρίες και τις γνώσεις του (Park & Oliver, 2008). Αυτό σημαίνει ότι η π.γ.π. είναι μοναδική για τον κάθε εκπαιδευτικό διότι εξαρτάται από την ιδιοσυγκρασία του και την εμπειρία του (Loughran, Berry, & Mulhall 2012; Van Driel & Berry, 2012).

Η μοναδικότητα της π.γ.π. διέπει τον συγκεκριμένο σχεδιασμό του προγράμματος εκπαίδευσης εκπαιδευτικών διότι αφορά συγκεκριμένο περιεχόμενο της Ν-ΕΤ και περιλαμβάνει δραστηριότητες (φύλλα εργασίας, αναστοχαστικές συζητήσεις) που εστιάζουν σε κάθε εκπαιδευτικό. Αυτό σημαίνει ότι ο κάθε εκπαιδευτικός θα

συμπληρώσει το δικό του φύλλο εργασίας πάνω σε εκπαιδευτικά θέματα των Φ.Ε., θα αναλογιστεί για τις διδακτικές του εμπειρίες, θα περιγράψει τις συνθήκες της σχολικής του μονάδας (υλικοτεχνική υποδομή, συναδελφικό περιβάλλον κ.λπ.).

(II) Ο πυρήνας περιεχομένου της π.γ.π.-N-ET

Σχετικά με το περιεχόμενο του προγράμματος εκπαίδευσης στην π.γ.π. έγινε αρχικά βιβλιογραφική επισκόπηση των μοντέλων της π.γ.π. Φ.Ε. Με χρονικό εύρος από το 1988 έως το 2013, μέσα από το σύστημα HEAL link, στην αγγλική γλώσσα, βρέθηκαν 17 άρθρα που παρουσίαζαν μοντέλα της π.γ.π. Φ.Ε.

Διαπιστώθηκε ότι ο κύριος τρόπος παρουσίασης της π.γ.π. Φ.Ε είναι μέσω της παρουσίασης των συστατικών της, όπως καταγράφεται και στην βιβλιογραφία (Park & Oliver, 2008). Στα 17 άρθρα βρέθηκαν 12 συστατικά. Τα συστατικά παρουσιάζονται στον πίνακα 1. Τα συστατικά που περιλαμβάνονται στα περισσότερα μοντέλα είναι *οι γνώσεις των εκπαιδευτικών για τις δυσκολίες κατανόησης που παρουσιάζουν οι μαθητές για τις Φ.Ε* (15), *η γνώση των διδακτικών στρατηγικών* (13) και *η γνώση του Προγράμματος Σπουδών* (10).

Πίνακας 1: Συστατικά Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών

<i>α/α</i>	<i>Συστατικό Π.Γ.Π..</i>	<i>Αριθμός μοντέλων που το αναφέρουν</i>
1	Γνώση για την κατανόηση των Φ.Ε από τους μαθητές	15
2	Γνώση διδακτικών στρατηγικών	13
3	Γνώση Προγράμματος Σπουδών	10
4	Γνώσεις και απόψεις για τους σκοπούς και στόχους της διδασκαλίας Φ.Ε σε μια συγκεκριμένη τάξη	8
5	Γνώση των στοιχείων που πρέπει να αξιολογηθούν και των τρόπων αξιολόγησης	8
6	Γνώση Περιεχομένου	8
7	Παιδαγωγική Γνώση	7
8	Γνώση Πλαισίου	6
9	Διδακτικός Μετασχηματισμός	2
10	Γνώση Μέσων	2
11	Αποτελεσματικότητα του Εκπαιδευτικού	1
12	Γνώση κοινωνικο-πολιτισμικών θεμάτων	1

Θα πρέπει εδώ να τονιστεί πως υπάρχουν όροι όπως η *Παιδαγωγική Γνώση*, οι οποίοι έχουν μερικώς διαφορετικό νόημα ανάμεσα στους ερευνητές. Για παράδειγμα, οι Sothayapetch, Lavonen, & Juuti (2013) ενσωματώνουν την *Παιδαγωγική* στην π.γ.π. και την διαφοροποιούν από την *Γενική Παιδαγωγική*. Αντιθέτως, στοιχεία της *Γενικής Παιδαγωγικής* τα βρίσκουμε στην *Παιδαγωγική* ως συστατικού της π.γ.π. στους Otto & Everett (2013).

Τα μοντέλα της π.γ.π. κατατάσσονται σε ένα συνεχές μεταξύ του *Ενοποιητικού* μοντέλου (Integrative) και του μοντέλου *Μετασχηματισμού* (Transformative) (Gess-Newsome, 1999). Παρότι οι διαφορές τους είναι λεπτές, παραδείγματα από την χημεία θα μπορούσαν να μας βοηθήσουν να καταλάβουμε τη διαφορά τους. Στην πρώτη περίπτωση η π.γ.π. αποτελεί το μείγμα τριών συστατικών, δηλαδή της *Παιδαγωγικής Γνώσης*, της *Γνώσης Περιεχομένου* και της *Γνώσης Πλαισίου*. Αυτό σημαίνει πως τα συστατικά παραμένουν διακριτά ακόμη και μετά την ενοποίησή τους. Στην δεύτερη περίπτωση η π.γ.π. αποτελεί μια «χημική ένωση», στην οποία τα αρχικά συστατικά δεν μπορούν πλέον να διακριθούν (Gess-Newsome, 1999). Θεωρούμε ότι η ρητή εισαγωγή της π.γ.π. προϋποθέτει αφενός τη σαφή επιλογή και αφετέρου τη διακριτή παρουσίαση των συστατικών που θα διδαχθούν. Ως εκ τούτου, εκτιμούμε, ότι η πρόταση του *Ενοποιητικού* μοντέλου, το οποίο υποστηρίζει τη διακριτή περιγραφή των συστατικών είναι η πιο κατάλληλη από τα δύο μοντέλα, για το συγκεκριμένο πρόγραμμα. Τέλος, λάβαμε υπόψη πως σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της π.γ.π. παίζει η αλληλεπίδραση αυτών των συστατικών (Park & Chen, 2012).

Με βάση τα ανωτέρω επιλέξαμε ως πυρήνα περιεχομένου της π.γ.π. για την Ν-ΕΤ, τα εξής συστατικά: α) Την *Παιδαγωγική Γνώση*, β) τη *Γνώση του Περιεχομένου*-NET, γ) τη *Γνώση Πλαισίου* και δ) τις αλληλεπιδράσεις τους, δηλαδή την αλληλεπίδραση *Παιδαγωγικής Γνώσης* και *Γνώσης Περιεχομένου*, *Γνώσης Περιεχομένου* και *Γνώσης Πλαισίου*, και, *Παιδαγωγικής Γνώσης* και *Γνώσης Πλαισίου*.

(III) Εκπαιδευτικός Αναστοχασμός

Σύμφωνα με την Ross (1989) ο εκπαιδευτικός αναστοχασμός ορίζεται ως «ένας τρόπος σκέψης σχετικός με τα εκπαιδευτικά θέματα, που εμπεριέχει την ικανότητα του εκπαιδευτικού να κάνει λογικές επιλογές και να αναλαμβάνει την ευθύνη αυτών των επιλογών». Ο «πατέρας» της π.γ.π., Shulman, θεωρεί τον αναστοχασμό αναπόσπαστο κομμάτι της εκπαιδευτικής διαδικασίας, με το οποίο ο εκπαιδευτικός ανασκοπεί και αναλύει κριτικά την δράση του μέσα στην τάξη. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι ο εκπαιδευτικός να δρα εκ νέου, αιτιολογώντας την δράση του με βάσιμες εξηγήσεις (Shulman, 1987).

Οι Magnusson, Krajcik, & Borke (1999) τονίζουν πως η ανάπτυξη της π.γ.π. καθορίζεται από το περιεχόμενο που θα διδαχθεί, από το πλαίσιο μέσα στο οποίο διδάσκεται το περιεχόμενο και από τον τρόπο με τον οποίο ο εκπαιδευτικός αναστοχάζεται πάνω στις εκπαιδευτικές του εμπειρίες. Γι' αυτό και ο αναστοχασμός θεωρείται αναπόσπαστο κομμάτι ενός προγράμματος εκπαίδευσης εκπαιδευτικών Φ.Ε. (Magnusson, Krajcik, & Borke, 1999). Στην ίδια κατεύθυνση, υποστηρίζεται, ότι ο αναστοχασμός παίζει έναν σημαντικό ρόλο στην ενσωμάτωση των συστατικών της π.γ.π. καθώς και στην ανάπτυξή τους (Park & Oliver, 2008). Γενικά, υπάρχει ευρεία αποδοχή ότι η π.γ.π. αναπτύσσεται μέσα από την αλληλεπίδραση της διδασκαλίας και του αναστοχασμού (Shulman, 1986; Tamir, 1988; van Driel, Verloop, & de Vos, 1998; Hashweh, 2005; Nilsson, 2008; Park & Oliver, 2008; Van Driel & Berry, 2012; Parker & Heywood, 2013).

Η ιδέα του εκπαιδευτικού ως αναστοχαζόμενου επαγγελματία καθοδηγεί τον σχεδιασμό στο παρόν πρόγραμμα εκπαίδευσης καθώς εστιάζει στο να δώσει χρόνο στους εκπαιδευτικούς να συζητήσουν την τωρινή πρακτική τους και τις προσπάθειες που θα κάνουν για την αλλαγή της κατά την διάρκεια του προγράμματος.

(IV) Ο εκπαιδευτικός ως προωθητής καινοτομιών

Μια καινοτομία είναι μια ιδέα, πρακτική ή αντικείμενο το οποίο εκλαμβάνεται ως νέο από ένα άτομο ή ομάδα ατόμων (Rogers, 2003). Οι εκπαιδευτικοί είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας οποιασδήποτε εκπαιδευτικής καινοτομίας (Van Driel, Beijaard, & Verloop, 2001), και οι καινοτομικές πρακτικές μπορούν να οδηγήσουν τον εκπαιδευτικό στο να αναθεωρήσει τον τρόπο διδασκαλίας του καθώς και τις πεποιθήσεις του (Bakkenes, Vermunt, & Wubbels, 2010).

Οι εκπαιδευτικοί, στο συγκεκριμένο πρόγραμμα, ως προωθητές καινοτομιών, θα ενθαρρυνθούν στο να κοινοποιήσουν στους συναδέλφους του σχολείου τους το τι μαθαίνουν στο πρόγραμμα. Επιπλέον, θα μεταφέρουν τις παρατηρήσεις και τις ιδέες των συναδέλφων τους από το σχολείο, στο πρόγραμμα.

ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Στο άρθρο αυτό περιγράφουμε την πρώτη φάση σχεδιασμού του προγράμματος. Το εκπαιδευτικό υλικό σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε σταδιακά να εισαχθούν οι εκπαιδευτικοί στην έννοια της π.γ.π. καθώς θα διδάσκονται το περιεχόμενο της N-ET. Έτσι, αρχικά θα εισαχθούν στα συστατικά της π.γ.π. (*Περιεχόμενο, Πλαίσιο, Παιδαγωγικά*), ακολούθως στις αλληλεπιδράσεις των συστατικών και τέλος στην έννοια της π.γ.π. (πίνακας 2).

Πίνακας 2: Εκπαιδευτικό υλικό για τη ρητή διδασκαλία της π.γ.π.

«Πυρήνας Περιεχομένου»	Εκπαιδευτικό υλικό
<ul style="list-style-type: none">• Συστατικά της π.γ.π.: βασικές έννοιες και παραδείγματα• Αλληλεπιδράσεις των συστατικών της π.γ.π.	<ul style="list-style-type: none">• Εκπαιδευτικό υλικό 1: Διαφάνειες με τις τρεις σφαίρες γνώσης• Εκπαιδευτικό υλικό 2. Αλληλεπίδραση: α) Παιδαγωγικής Γνώσης-Γνώσης Περιεχομένου, β) Γνώσης Περιεχομένου και Γνώσης Πλαισίου γ) Γνώσης Πλαισίου και Παιδαγωγικής Γνώσης
<ul style="list-style-type: none">• Αναστοχασμός	<ul style="list-style-type: none">• Εκπαιδευτικό υλικό 3: Δραστηριότητα 4: Αναστοχασμός για τις δραστηριότητες (1 & 2) της N-ET
<ul style="list-style-type: none">• Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου• Προώθηση καινοτομίας	<ul style="list-style-type: none">• Εκπαιδευτικό υλικό 4: Δραστηριότητα 5, διαφάνειες• Εκπαιδευτικό υλικό 5: Αφίσα

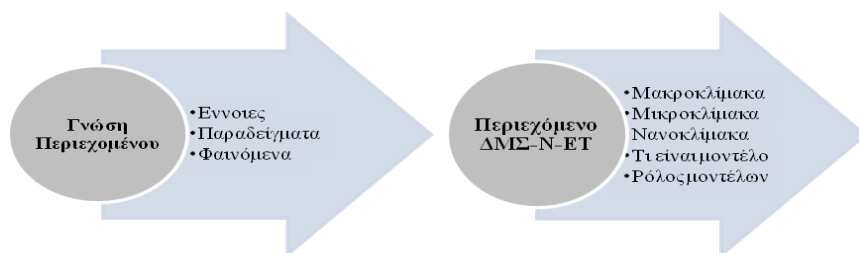
Ακολουθεί αναλυτικά η περιγραφή του εκπαιδευτικού υλικού.

Εκπαιδευτικό Υλικό 1: τρεις σφαίρες γνώσης

Με το εκπαιδευτικό υλικό 1 θα γίνει εισαγωγή στα συστατικά της π.γ.π., με τη μορφή τριών σφαιρών γνώσης: (α) *Παιδαγωγική Γνώση*, (β) *Γνώση Περιεχομένου* και (γ) *Γνώση Πλαισίου*. Οι διαφάνειες με τις σφαίρες γνώσης θα εμπλουτίζονται καθώς θα εξελίσσεται το πρόγραμμα, με βάση τα όσα θα βιώνουν οι εκπαιδευτικοί στο πλαίσιο της διδασκαλίας της ΔΜΣ-Ν-ΕΤ. Για παράδειγμα, στο πρώτο μάθημα, η πρώτη σφαίρα θα περιλαμβάνει την *διδασκτική μέθοδο*, την *αξιολόγηση μαθητών*, τους *διδασκτικούς στόχους*, τον *σχεδιασμό της διδασκαλίας*, τον *ρόλο του εκπαιδευτικού* και τον *ρόλο του μαθητή*. Στα επόμενα μαθήματα θα εμπλουτιστεί με την *συνεργατική μέθοδο jigsaw* και την *εκπαιδευτική αξία της αίσιας*.

Ανάλογα, η δεύτερη σφαίρα γνώσης αρχικά θα περιλαμβάνει τις *έννοιες*, τα *φαινόμενα* και τα *παράδειγματα* και στην εξέλιξη του προγράμματος εκπαίδευσης θα εμπλουτιστεί με τα *μοντέλα* και εξειδικευμένους όρους που αφορούν στην διδασκαλία του περιεχομένου της ΔΜΣ-Ν-ΕΤ, όπως *νανοκλίμακα*, *μικροκλίμακα*, *μακροκλίμακα*, *ιός* και *υδροφοβικότητα* (εικόνα 1).

Εικόνα 1: Εμπλουτισμός σφαίρας *Γνώσης Περιεχομένου* κατά τη διάρκεια του προγράμματος εκπαίδευσης



Τέλος, η τρίτη σφαίρα γνώσης αρχικά θα περιλαμβάνει όρους, όπως *υλικοτεχνική υποδομή*, *περιορισμοί χρόνου*, *διαρρύθμιση θρανίων* και *κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο μαθητών* και θα συμπληρωθεί με όρους όπως *μικροσκόπιο*, *μόνιμα παρασκευάσματα* και *υδροφοβικά* και *υδροφιλικά αντικείμενα* και *υλικά καθημερινής χρήσης*.

Το εκπαιδευτικό υλικό 1 συνάδει με τις σχεδιαστικές αρχές I και II.

Εκπαιδευτικό Υλικό 2: Αλληλεπιδράσεις συστατικών

Με το εκπαιδευτικό υλικό 2 θα γίνει εισαγωγή των εκπαιδευτικών στις αλληλεπιδράσεις των συστατικών της π.γ.π. Περιλαμβάνει τρεις γραπτές δραστηριότητες (πίνακας 2). Η

κάθε δραστηριότητα έχει ένα φύλλο εργασίας το οποίο περιέχει μια φωτογραφία ενός πραγματικού στιγμιότυπου διδασκαλίας της Ν-ΕΤ στο Δημοτικό σχολείο καθώς και ένα συνοδευτικό κείμενο στο οποίο δίνεται έμφαση στην αλληλεπίδραση δύο συστατικών. Από τους εκπαιδευτικούς του προγράμματος θα ζητηθεί να βρουν ποια συστατικά είναι αυτά που αλληλεπιδρούν. Για παράδειγμα, στον πίνακα 3 παρουσιάζεται το εκπαιδευτικό υλικό 2α στο οποίο φαίνεται μια φωτογραφία και το συνοδευτικό της κείμενο. Με το συγκεκριμένο υλικό στοχεύουμε να αναλογιστούν οι εκπαιδευτικοί για την αλληλεπίδραση *Παιδαγωγικής Γνώσης και Γνώσης Περιεχομένου* για την επίτευξη συγκεκριμένων διδακτικών στόχων.

Πίνακας 3: Εκπαιδευτικό υλικό 2α: Αλληλεπίδραση Περιεχομένου και Παιδαγωγικής

Στη διπλανή φωτογραφία οι μαθητές διαβάζουν σε φύλλο εργασίας τι είναι το ερυθρό αιμοσφαίριο και το παρατηρούν σε μόνιμο παρασκεύασμα στο μικροσκόπιο με στόχο να μάθουν:

- α) να μελετούν επιστημονικό κείμενο, και
- β) να παρατηρούν με όργανα φυσικών επιστημών, προκειμένου να προσεγγίσουν τον μικρόκοσμο.

Ποια/ποιες σφαίρες γνώσης ενεργοποίησε ο εκπαιδευτικός προκειμένου να σχεδιάσει αυτήν την διδακτική στρατηγική;



Πίνακας 4: Εκπαιδευτικό υλικό 2γ: Αλληλεπίδραση *Παιδαγωγικής Γνώσης και Γνώσης Πλαισίου*

«Οι μαθητές συζητούν ανά δύο τι παρατηρούν στο μικροσκόπιο. Στη συνέχεια, κάθε μαθητής ατομικά, ζωγραφίζει ή φτιάχνει με πλαστελίνη αυτό που παρατήρησε. Επιπλέον, περιγράφει στο φύλλο εργασίας αυτό που δημιούργησε.»

Εξηγήστε ποια/ποιες σφαίρες γνώσης ενεργοποίησε ο εκπαιδευτικός προκειμένου να σχεδιάσει αυτή την διδακτική στρατηγική;



Στην ίδια κατεύθυνση βρίσκεται και το εκπαιδευτικό υλικό 2β το οποίο δίνει έμφαση στην αλληλεπίδραση *Γνώσης Περιεχομένου και Γνώσης Πλαισίου*. Όσον αφορά το εκπαιδευτικό υλικό 2γ (πίνακας 4), διέπεται και αυτό από την ίδια λογική, δίνοντας έμφαση στην αλληλεπίδραση *Παιδαγωγικής Γνώσης και Γνώσης Πλαισίου*.

Το εκπαιδευτικό υλικό 2 συνάδει με τη σχεδιαστικές αρχές I, II και III.

Εκπαιδευτικό Υλικό 3: Αναστοχασμός

Με το εκπαιδευτικό υλικό 3, οι εκπαιδευτικοί θα αναστοχαστούν πάνω σε δύο δραστηριότητες που θα βιώσουν κατά τη διάρκεια του προγράμματος εκπαίδευσης αναφορικά με το περιεχόμενο της Ν-ΕΤ. Στη διάρκεια αυτών των δραστηριοτήτων οι εκπαιδευτικοί θα συμπληρώσουν φύλλο εργασίας που αναφέρεται στις ιδέες/γνώσεις των μαθητών/εκπαιδευτικών για τη Ν-ΕΤ και την νανοκλίμακα. Ακόμη, οι εκπαιδευτικοί θα συλλέξουν αντικείμενα διαφορετικών μεγεθών και θα τα ταξινομήσουν ανάλογα με το μέγεθος. Στη συνέχεια θα τους ζητηθεί να κατασκευάσουν μια αφίσα με τις αναπαραστάσεις των αντικειμένων (Πίνακας 5).

Πίνακας 5: Εκπαιδευτικό υλικό 3: Αναστοχασμός

«Μπορείτε οι δραστηριότητες 1 και 2 που βιώσατε να αποτελέσουν δραστηριότητες φύλλων εργασίας που θα δοθούν στους μαθητές σας;

Καλείστε να απαντήσετε λαμβάνοντας υπόψη ο κάθε εκπαιδευτικός τους μαθητές της τάξης του και το σχολείο όπου εργάζεται.»

Το εκπαιδευτικό υλικό 3 συνάδει με τη σχεδιαστική αρχή III.

Εκπαιδευτικό Υλικό 4: Εισαγωγή εκπαιδευτικών στην έννοια της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου

Με το εκπαιδευτικό υλικό 4 θα γίνει εισαγωγή των εκπαιδευτικών στην έννοια της π.γ.π. Αφορά γραπτή δραστηριότητα στην οποία περιγράφεται ο σχεδιασμός δύο διδακτικών ωρών από έναν εκπαιδευτικό. Οι εκπαιδευτικοί του προγράμματος θα αναλύσουν την γραπτή δραστηριότητα στα θεμελιώδη συστατικά της π.γ.π., δηλαδή την *Γνώση Περιεχομένου*, την *Παιδαγωγική Γνώση* και την *Γνώση Πλαισίου*. Ως μονάδα ανάλυσης του διδακτικού σχεδιασμού ορίστηκε το τμήμα εκείνο του γραπτού λόγου (από μια λέξη έως φράση/φράσεις) που μπορεί να τοποθετηθεί αποκλειστικά σε μια από τις τρεις σφαίρες γνώσης. Στόχος της δραστηριότητας αυτής είναι να κατανοήσουν οι εκπαιδευτικοί την έννοια της π.γ.π..

Στον πίνακα 6, παρουσιάζεται ένα μέρος του εκπαιδευτικού υλικού 4. Φαίνεται το απόσπασμα από το κείμενο της σχετικής δραστηριότητας 5. Επίσης με υιογράμμιση διακρίνονται οι μονάδες ανάλυσης που αναγνωρίζονται στο απόσπασμα αυτό.

Εκπαιδευτικό Υλικό 5: προώθηση της καινοτομίας στο σχολείο

Σχεδιάστηκε μια δραστηριότητα με την οποία οι εκπαιδευτικοί θα κληθούν να σχεδιάσουν υλικό για την προώθηση μιας καινοτομίας στο σχολείο τους την οποία θα βιώσουν στο 2^ο μάθημα του προγράμματος, συγκεκριμένα την συνεργατική μέθοδο jigsaw. Αυτό σημαίνει ότι θα προσπαθήσουν να ενημερώσουν τους συναδέλφους τους για την εκπαιδευτική καινοτομία συζητώντας μαζί τους και καταγράφοντας τις αντιδράσεις τους (Πίνακας 7). Το εκπαιδευτικό υλικό 5 συνάδει με την σχεδιαστική αρχή IV.

Πίνακας 6: Εκπαιδευτικό υλικό 4: παράδειγμα ανάλυσης των συστατικών της π.γ.π.

Απόσπασμα γραπτής δραστηριότητας 5	«Ένας εκπαιδευτικός προκειμένου να εισάγει τους μαθητές της Ε' δημοτικού στον μικρόκοσμο έκανε επίδειξη και τους περιέγραψε το μικροσκόπιο».
Μονάδα ανάλυσης που αναγνωρίζεται στη σφαίρα της Παιδαγωγικής	«...έκανε <u>επίδειξη</u> και τους <u>περιέγραψε</u> ...»
Μονάδα ανάλυσης που αναγνωρίζεται στη σφαίρα της Γνώσης Πλαισίου	«Ένας εκπαιδευτικός προκειμένου να εισάγει <u>τους μαθητές της Ε' δημοτικού</u> ... <u>το μικροσκόπιο</u> »
Μονάδα ανάλυσης που αναγνωρίζεται στη σφαίρα της Γνώσης Περιεχομένου	«Ένας εκπαιδευτικός προκειμένου να εισάγει <u>τους μαθητές της Ε' δημοτικού στον μικρόκοσμο</u> ...».

Το εκπαιδευτικό υλικό 4 συνάδει με τις σχεδιαστικές αρχές I, II και III.

Πίνακας 7: Εκπαιδευτικό υλικό 5 για την προώθηση της καινοτομίας στο σχολείο

Οι καινοτομίες στην τεχνολογία, όπως ένα καινούργιο κινητό τηλέφωνο, προωθούνται πολύ γρήγορα μέσω της διαφήμισης (αφίσες, φωτογραφίες, διαφημιστικά σποτ, περιοδικά κλπ).

Έστω ότι, το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής σας αναθέτει να ενημερώσετε τους συναδέλφους του σχολείου σας για τη συνεργατική μέθοδο jigsaw, μέσω μιας αφίσας ή οποιουδήποτε άλλου υλικού-

Αφού κατασκευάσετε το υλικό, συζητήστε με τους συναδέλφους και καταγράψτε τις αντιδράσεις τους.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η ρητή διδασκαλία της π.γ.π. στους εκπαιδευτικούς και η μελέτη της ανάπτυξής της είναι ένα αναγκαίο και δύσκολο έργο.

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται η πρώτη φάση, δηλαδή ο σχεδιασμός ενός προγράμματος εκπαίδευσης εκπαιδευτικών που αφορά στην ρητή διδασκαλία των συστατικών της π.γ.π. καθώς και των στοιχείων αυτής για το περιεχόμενο της Ν-ΕΤ. Με βάση τη βιβλιογραφία, διατυπώθηκαν οι 4 σχεδιαστικές αρχές του προγράμματος. Επιπλέον, στη πρώτη φάση, σχεδιάστηκαν τα εκπαιδευτικά υλικά, τα οποία εγκυροποιήθηκαν από δύο ερευνητές. Την περίοδο αυτή υλοποιείται η δεύτερη φάση του προγράμματος κατά την διάρκεια της οποίας θα εξεταστεί περαιτέρω η εγκυρότητα των εκπαιδευτικών υλικών, δηλαδή το αν συνάδουν με τις σχεδιαστικές αρχές στις οποίες βασίστηκαν καθώς και με τους ειδικούς στόχους για τους οποίους έχουν σχεδιαστεί.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abell, S. K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea. *International Journal of Science Education*, 30(10), σσ. 1405-1416.

- Bakkenes, I., Vermunt, J. D., & Wubbels, T. (2010). Teacher learning in the context of educational innovation: Learning activities and learning outcomes of experienced teachers. *Learning and Instruction*(20), σσ. 533-548.
- Baxter, J. A., & Lederman, N. G. (1999). Assessment and Measurement of Pedagogical Content Knowledge. Στο J. Gess-Newsome, & N. G. Lederman (Επιμ.), *PCK and Science Education* (σσ. 147-161). Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- Friedrichsen, P. J., Abell, S. K., Pareja, E. M., Brown, P. L., Lankford, D. M., & Volkmann, M. J. (2009). Does Teaching Experience Matter? Examining Biology Teachers' Prior Knowledge for Teaching in an Alternative Certification Program. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(4), pp. 357–383.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical Content Knowledge: An introduction and orientation. Στο J. Gess-Newsome, & N. G. Lederman (Επιμ.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (σσ. 3-17). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching*, 11(3), σσ. 273-292.
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), σσ. 169-204.
- Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2012). *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge* (2nd εκδ.). The Netherlands: Sense Publishers.
- Loughran, J., Milroy, P., Berry, A., Gunstone, R., & Mulhall, P. (2001). Documenting Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Through PaP-eRs. *Research in Science Education*(31), σσ. 289-307.
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2008). Exploring Pedagogical Content Knowledge in Science Teacher Education. *International Journal of Science*, 30(10), σσ. 1301–1320.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, Sources and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. Στο J. Gess-Newsome, & N. G. Lederman (Επιμ.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (σσ. 95-132). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Morine-Dershimer, G., & Kent, T. (1999). The Complex Nature and Sources of Teachers' Pedagogical Knowledge. Στο J. Gess-Newsome, & N. G. Lederman (Επιμ.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (σσ. 21-50). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Mulhall, P., Berry, A., & Loughran, J. (2003). Frameworks for representing science teachers' pedagogical content knowledge. 4 (2), σσ. 1-25.
- Nilsson, P. (2008). Teaching for Understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education. *International Journal of Science Education*, 30(10), σσ. 1281–1299.

- Otto, C. A., & Everett, S. A. (2013). An Instructional Strategy to Introduce Pedagogical Content Knowledge Using Venn Diagrams. *Journal of Science Teacher Education*, 24(2), σσ. 391-403.
- Park, S., & Chen, Y.-C. (2012). Mapping Out the Integration of the Components of Pedagogical Content Knowledge (PCK): Examples From High School Biology Classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49 (7), σσ. 922–941
- Park, S., & Oliver, S. (2008). Revisiting the Conceptualization of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Res Sci Educ*(38), σσ. 261-284.
- Parker, J., & Heywood, D. (2013). Exploring How Engaging With Reflection on Learning Generates Pedagogical Insight in Science Teacher Education. *Science Education*, 97(3), σσ. 410–441.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations* (5th εκδ.). New York: Free Press.
- Ross, D. D. (1989). First steps in developing a reflective approach. *Journal of Teacher Education*, 40(22), σσ. 22-30.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Research*, 15(2), σσ. 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), σσ. 1-21.
- Sothayapetch, P., Lavonen, J., & Juuti, K. (2013). Primary school teachers' interviews regarding Pedagogical Content Knowledge (PCK) and General Pedagogical Knowledge (GPK). *European Journal of Science and Mathematics Education*, 1(2), σσ. 84-105.
- Tamir, P. (1988). Subject Matter and Related Pedagogical Knowledge in Teacher Education. *Teaching and Teacher Education*, 4(2), σσ. 99-110.
- Van Driel, J. H., & Berry, A. (2012). Teacher Professional Development Focusing on Pedagogical Content Knowledge. *Educational Researcher*, 41(1), σσ. 26-28.
- Van Driel, J. H., Beijaard, D., & Verloop, N. (2001). Professional Development and Reform in Science Education: The Role of Teachers' Practical Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*(38), σσ. 137-158.
- van Driel, J. H., Verloop, N., & de Vos, W. (1998). Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), σσ. 673-695.
- Zeidler, D. L. (2002). Dancing with Maggots and Saints: Visions for Subject Matter Knowledge, Pedagogical Knowledge, and Pedagogical Content Knowledge in Science Teacher Education Reform. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), σσ. 27-42.
- Καριώτογλου, Π. (2006). *Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών*. Θεσσαλονίκη: Γράφημα.
- Κουντουριώτης, Γ., & Μίχας, Π. (2013). Η χρήση των Αναπαραστάσεων Περιεχομένου για την καλλιέργεια της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου υπονηφίων εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. *Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής*

των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, (σσ. 800-811).
Βόλος.

Τζιμογιάννης, Α. (2010). Η Τεχνολογική Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου για τις Φυσικές Επιστήμες: Μια εφαρμογή στην επιμόρφωση επιμορφωτών εκπαιδευτικών. Στο Α. Τζιμογιάννης (Επιμ.), *Πρακτικά Εργασιών 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»*. II, σσ. 295-302. Κόρινθος: Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου.

«Μικροί ερευνητές ήχου»: ένα εκπαιδευτικό σενάριο για την ευαισθητοποίηση στις συνέπειες του θορύβου

**Βασιλεία Χρηστίδου¹, Αναστασία Δημητρίου², Μαρία
Παπαδοπούλου³, Στέργιος Γραμμένος⁴ και Νίκος Μπάρκας⁵**

¹ Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, vchristi@uth.gr, ² Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης στην Προσχολική Ηλικία, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, anadim@otenet.gr, ³ Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, mariapap@uth.gr,

⁴ Διαπολιτισμικό Γυμνάσιο Θεσσαλονίκης, stegram@yahoo.com, ⁵ Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, nbarkas@arch.duth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ηχορρύπανση συνιστά σημαντικότατο περιβαλλοντικό πρόβλημα με σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του πληθυσμού και ιδιαίτερα των παιδιών. Ωστόσο, δεν υπάρχουν συστηματικές εκπαιδευτικές δράσεις ή σχετικό διδακτικό υλικό για την έγκαιρη ευαισθητοποίηση των παιδιών –αλλά και των εκπαιδευτικών- απέναντι στο θόρυβο. Το εκπαιδευτικό σενάριο «Μικροί ερευνητές ήχου» διαρθρώνεται σε 9 κεντρικές δραστηριότητες και αποσκοπεί στην ανάπτυξη πρώιμης κατανόησης των εννοιών ‘ήχος’ και ‘θόρυβος’, αλλά και στην ευαισθητοποίηση των παιδιών μέσα από την ανάδειξη των συνεπειών του θορύβου και στην αναζήτηση πιθανών τρόπων αντιμετώπισης της ηχορρύπανσης. Το εκπαιδευτικό σενάριο σχεδιάστηκε ώστε να αξιοποιεί τις πιθανές εναλλακτικές αντιλήψεις των παιδιών, την πολυτροπικότητα, την ομαδοσυνεργατικότητα, τη διαθεματικότητα, τη διερευνητική μάθηση, την επίλυση προβλημάτων και τις Τ.Π.Ε. Η πιλοτική εφαρμογή του σεναρίου έδειξε ότι το σενάριο ευνοεί εν μέρει την υπέρβαση δυσκολιών στην ανάπτυξη της επίγνωσης του θορύβου ως προβλήματος που αφορά καθημερινή ζωή και των επιπτώσεών του στην υγεία από τα μικρά παιδιά.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Διαθεματικότητα, διερευνητική μάθηση, εναλλακτικές αντιλήψεις, ηχορρύπανση, ήχος, θόρυβος

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ηχορρύπανση είναι ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι σύγχρονες κοινωνίες. Οι επιπτώσεις της έκθεσης των ατόμων σε

οχληρά περιβάλλοντα ποικίλουν και περιλαμβάνουν την απώλεια ακοής, την εμφάνιση ψυχολογικών και νευρολογικών διαταραχών, προβλημάτων σε διαφορετικά οργανικά συστήματα (κυρίως στο γαστρεντερικό, το ενδοκρινικό και στο κυκλοφορικό), ενώ στις επιπτώσεις της ηχορρύπανσης συγκαταλέγονται επίσης προβλήματα αντικοινωνικής και βίαιης συμπεριφοράς (Prasher, 2000; WHO, 2003). Αξίζει μάλιστα να σημειωθεί ότι η ενόχληση από το θόρυβο είναι πολυπαραγοντικό ζήτημα και η ένταση του θορύβου αποτελεί μόνο μέρος της, καθώς και άλλες, μη ακουστικές παράμετροι, όπως οι στάσεις απέναντι στην πηγή του θορύβου, το πληροφοριακό του περιεχόμενο, η υποκειμενική ευαισθησία απέναντι σε αυτόν, οι προσωπικές πεποιθήσεις και ο τρόπος ζωής παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο (Babisch, Schulz, Sewert, & Conrad, 2012).

Τα παιδιά –και ιδιαίτερα αυτά μικρότερων ηλικιών– είναι πιο ευάλωτα από τους ενήλικες στις συνέπειες του θορύβου, γιατί έχουν περιορισμένη ικανότητα να επιλέξουν και να ελέγξουν το ακουστικό τους περιβάλλον (Babisch et al., 2012), να προβλέψουν, να κατανοήσουν και να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα, αλλά και γιατί βρίσκονται σε μια ευαίσθητη φάση της ανάπτυξής τους (Waye, van Kamp, & Dellve, 2013), ενώ ταυτόχρονα τείνουν να υποτιμούν τους κινδύνους από την έκθεση σε θορύβους για την προσωπική τους υγεία (West, 2012). Επιπλέον, η έκθεση των παιδιών στο θόρυβο αποτελεί παράγοντα κινδύνου για την εμφάνιση καταστάσεων άγχους που εκδηλώνεται με σωματικά συμπτώματα και με διαταραχές στη λειτουργία της μνήμης και στη γνωστική ανάπτυξη όπως: αδυναμία συγκέντρωσης, κατανόησης και επικοινωνίας (Prasher, 2000; Shield & Dockrell, 2003). Για τους λόγους αυτούς θεωρείται ότι αποτελούν ομάδα μεγαλύτερου κινδύνου σε σχέση με το γενικό πληθυσμό (Babisch et al., 2012).

Ενώ η έρευνα στη διδακτική των φυσικών επιστημών έχει μελετήσει εκτεταμένα τις αντιλήψεις των παιδιών για μια πλειάδα θεμάτων, όπως οι δυνάμεις, ο ηλεκτρισμός, ή η ενέργεια, οι σχετικές έρευνες για τον ήχο είναι περιορισμένες (Eshach, 2014; Huang, 2009; Lautrey & Mazens, 2004; Takahasi, 2011). Οι έρευνες που αφορούν παιδιά μικρών ηλικιών είναι ελάχιστες, παρόλο που ακόμα και τα μικρά παιδιά διαθέτουν πληθώρα εμπειριών σχετικών με τον ήχο (Huang, 2009; Çalik, Okur, & Taylor, 2011). Παρόμοια, στο πλαίσιο της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, υπάρχει πληθώρα ερευνών για ζητήματα όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση, η μείωση του όζοντος, η κλιματική αλλαγή, ή τα απορρίμματα και η διαχείρισή τους, ωστόσο η ηχορρύπανση έχει αποτελέσει το επίκεντρο ελάχιστων μελετών (Houle & Barnett, 2008). Οι συναφείς έρευνες έχουν εστιάσει κυρίως στο πώς οι μαθητές και οι μαθήτριες αντιλαμβάνονται τη φύση και τα χαρακτηριστικά του ήχου και λιγότερο στο εάν και πώς αντιλαμβάνονται την περιβαλλοντική του διάσταση, δηλαδή το θόρυβο και την ηχορρύπανση ως σημαντικά προβλήματα των σύγχρονων κοινωνιών.

Αναφορικά με την πρώτη ομάδα ερευνών, τα σημαντικότερα ευρήματα συνοψίζονται στα εξής:

- Σε μικρότερες ηλικίες, τα παιδιά συνδέουν την παραγωγή ήχου αποκλειστικά με τις δικές τους ενέργειες (Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 1998), ή θεωρούν τον ήχο ως μέρος ή ιδιότητα του αντικειμένου από το οποίο προέρχεται (Driver et al., 1998; Huang, 2009), εντός του οποίου παραμένει όταν δεν τον ακούμε και

όπου επιστρέφει από τα αφτιά μας αφότου τον ακούσουμε (Piaget, 1971). Ακόμη και μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (11-16 ετών) αντιμετωπίζουν δυσκολία στο να κατανοήσουν ότι ο ήχος διαδίδεται στον αέρα (Driver et al., 1998) και από την πηγή προς το δέκτη του (Eshach, 2014; Piaget, 1971). Συχνά μάλιστα υιοθετούν την αντίληψη ότι για να γίνει αντιληπτός ένας ήχος πρέπει να ανακλαστεί από κάποιο σώμα, κατά τα πρότυπα ίσως της όρασης και της διάχυσης του φωτός (Sözen & Bolat, 2011). Μια σχετική εναλλακτική ιδέα που εμφανίζεται στην ηλικία των 7 ετών είναι ότι ο ήχος κινείται ευθύγραμμα προς όλες τις κατευθύνσεις, ενώ η διάδοσή του μέσω του αέρα (ή ως αέρα) καταγράφεται από τα 11 έτη και μετά (Piaget, 1971).

- Αρκετές έρευνες ανέδειξαν την αντίληψη του ήχου ως υλικής οντότητας με διαστάσεις, η οποία απαιτεί χώρο για να κινηθεί (Driver et al., 1998; Hernandez, Couso, & Pintó, 2012). Έτσι, τα παιδιά τείνουν να πιστεύουν ότι ο ήχος διαδίδεται μέσω οπών ή ρωγμών στα στερεά σώματα—εμπόδια που συναντά, ενώ δυσκολεύονται ιδιαίτερα να συλλάβουν εννοιολογικά τη διάδοσή του ως διάδοση δονήσεων μέσα σε υλικά σώματα (Lautrey & Mazens, 2004). Η αντίληψη αυτή είναι διαδομένη στις πιο μικρές ηλικίες, αλλά και σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, όπου η αντίληψη της διάδοσης του ήχου ως μεταφοράς ύλης φαίνεται να κυριαρχεί έναντι της αντίληψής του ως διαδικασίας μεταφοράς ενέργειας από το ένα μόριο του υλικού μέσου στο άλλο (Eshach, 2014; Houle & Barnett, 2008; Lautrey & Mazens, 2004; Sözen & Bolat, 2011), ακόμα και σε φοιτητές (Huang, 2009; Pejuan, Bohigas, & Periago, 2012; Takahasi, 2011; West & Wallin, 2013).
- Μεγέθη που συνδέονται με τα φυσικά χαρακτηριστικά του ήχου και συγκεκριμένα η συχνότητα και η ένταση, τείνουν να θεωρούνται ταυτόσημα από τα μικρά παιδιά (Butts, Hofman, & Anderson, 1994), ή αλληλοεξαρτώμενα και συμμεταβαλλόμενα από τους ενήλικες (Takahasi, 2011).

Αναφορικά με τη δεύτερη ομάδα ερευνών, μελέτες έχουν εστιάσει στον περιβαλλοντικό θόρυβο που υφίστανται οι μαθητές—και ειδικότερα στο χώρο του σχολείου (Babisch et al., 2012; Bulunuz, 2008; Waye et al., 2013)—και έχουν αναδείξει ότι τα παιδιά, από την προσχολική ακόμα ηλικία, μπορούν να αντιλαμβάνονται τους θορύβους και να περιγράφουν την ενόχληση που αυτοί τους προκαλούν ως συναίσθημα θυμού, αλλά και ως αιτία σωματικών συμπτωμάτων κυρίως στο κεφάλι, στην καρδιά, ή στην κοιλιά (Waye et al., 2013). Τα παιδιά αναφέρουν μεγαλύτερη ενόχληση από το θόρυβο που παράγεται από μέλη της οικογένειάς τους ή στη γειτονιά, απ' ό,τι από την οδική κυκλοφορία (Babisch et al., 2012). Επιπλέον, τα παιδιά είναι σε θέση να προτείνουν ενεργητικούς, αλλά και παθητικούς τρόπους αντιμετώπισης του θορύβου μέσω συμπεριφορών μείωσης ή αποφυγής του αντίστοιχα (Waye et al., 2013).

Άλλες έρευνες, ωστόσο, κατέγραψαν περιορισμένη κατανόηση και ευαισθητοποίηση αναφορικά με την ηχορρύπανση. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές τείνουν να υποτιμούν τις επιπτώσεις του θορύβου στην ακοή, καθώς θεωρούν ότι οι δυνατοί ήχοι δεν είναι βλαβεροί εάν προέρχονται από μουσική που μας αρέσει, εάν είναι παροδικοί, ή εάν δεν προκαλούν πόνο στο αυτί (Bulunuz, 2008; West, 2008).

Επομένως το εάν και πώς τα παιδιά είναι σε θέση να αναπτύσσουν στρατηγικές αντιμετώπισης του θορύβου θεωρείται σημαντικός ερευνητικός στόχος (Waye et al., 2013), αν και παραμελημένος (Harrison, 2005). Η υιοθέτηση στάσεων αδυναμίας απέναντι στο πρόβλημα από τα παιδιά (Bulunuz, 2008) μπορεί να εμποδίσει την ανάπτυξη συμπεριφορών αντιμετώπισής του και αυτό να έχει σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στη μετέπειτα ζωή και στην υγεία τους (Waye et al., 2013). Από την άλλη πλευρά, αν κανείς υιοθετήσει την άποψη ότι κεντρικός σκοπός της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών είναι να προετοιμάσει τους μαθητές να εμπλακούν με έγκυρο και κριτικό τρόπο με αυτές στη μετέπειτα ζωή τους (West, 2012; West & Wallin, 2013), αναγνωρίζει ότι περιβαλλοντικά ζητήματα με επιπτώσεις στην υγεία όπως η ηχορρύπανση και με την ενσωμάτωση υπαίθριων, τοπικών διερευνητικών πρακτικών (Houle & Barnett, 2008) έχουν θέση στα εκπαιδευτικά προγράμματα (Harrison, 2005; West, 2012) και μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην ανάπτυξη του επιστημονικού γραμματισμού (Hernandez et al., 2012). Γίνεται επομένως εμφανής η ιδιαίτερη σημασία της έγκαιρης ευαισθητοποίησης των παιδιών απέναντι στο θόρυβο και τις συνέπειές του.

Παρά ταύτα, ο ήχος και τα σχετικά με αυτόν φαινόμενα συνήθως δεν αποτελούν σημαντικό μέρος των αναλυτικών προγραμμάτων διεθνώς, ούτε τυγχάνουν της προσοχής που τους αξίζει στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Eshach, 2014). Ωστόσο, κατάλληλα σχεδιασμένες διδακτικές παρεμβάσεις μπορούν να έχουν πολύ θετική επίδραση στην κατανόηση του ήχου και του θορύβου ως τεχνο-επιστημονικών ζητημάτων με αναφορές στην καθημερινότητα και την υγεία (Houle & Barnett, 2008). Οι μαθητές – και ακόμη περισσότερο οι μαθήτριες – μετά από τέτοιες παρεμβάσεις τείνουν να υιοθετούν πιο υγιείς επιλογές, αποφεύγοντας τους δυνατούς θορύβους (West, 2012). Τα ευρήματα αυτά υποδεικνύουν ότι η ευαισθητοποίηση σε θέματα ηχορρύπανσης και των επιπτώσεών της στην υγεία θα πρέπει να εισάγεται ως κεντρικός εκπαιδευτικός σκοπός (West, 2012) και μάλιστα από τις μικρές ηλικίες (Bulunuz, 2008).

Τέτοιες παρεμβάσεις προτείνεται να περιλαμβάνουν ποικιλία μαθησιακών εμπειριών: διερευνητικές δραστηριότητες και επιστημονικές πρακτικές σε πραγματικά, καθημερινά για τους μαθητές πλαίσια, ερωτήσεις καθοδήγησης και υποστήριξης που να ενθαρρύνουν τη συζήτηση και να διευκολύνουν τον αναστοχασμό των μαθητών πάνω στις δραστηριότητές τους (Butts et al., 1994; Houle & Barnett, 2008). Επιπλέον, οι οπτικές παραγωγές που προκύπτουν από την επεξεργασία μετρήσεων και καταγραφών των ίδιων των μαθητών αποκτούν νόημα και σημασία για αυτούς και αποτελούν κίνητρο ώστε να κατανοήσουν και να ερμηνεύσουν τα ευρήματα των διερευνήσεών τους, καθώς δημιουργούν γόνιμες συνδέσεις ανάμεσα στις αφηρημένες έννοιες της σχολικής επιστήμης και στις καθημερινές τους εμπειρίες (Houle & Barnett, 2008). Σε αυτή την κατεύθυνση, κρίσιμη θεωρείται επίσης η υποστήριξη των εκπαιδευτικών με σχετικό ενημερωτικό υλικό σχετικά τόσο με τις παιδαγωγικές όσο και με τις επιστημονικές όψεις των διδακτικών παρεμβάσεων (Houle & Barnett, 2008).

Με βάση το σκεπτικό που αναπτύχθηκε παραπάνω σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε πιλοτικά το εκπαιδευτικό σενάριο «Μικροί ερευνητές ήχου» που περιγράφεται στην επόμενη ενότητα.

ΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ «ΜΙΚΡΟΙ ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ ΗΧΟΥ»

Βασικός σκοπός του εκπαιδευτικού σεναρίου (ΕΥΑΙΣΘΟ – Πρόγραμμα Ευαισθητοποίησης για τις Συνέπειες της Έκθεσης στο Θόρυβο, 2014) είναι η ευαισθητοποίηση παιδιών προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας (5-8 ετών) αναφορικά με το θόρυβο και τις συνέπειές του στην υγεία. Κεντρικές επιδιώξεις του εκπαιδευτικού σεναρίου είναι η ανάπτυξη της επίγνωσης των θορύβων στο οικείο περιβάλλον των παιδιών, η αναγνώριση των πηγών θορύβου, η κατανόηση των κινδύνων για την υγεία, η ανάπτυξη αρνητικών στάσεων απέναντι στο θόρυβο και θετικών στάσεων και προτάσεων για τη μείωση της έκθεσής τους σε αυτόν.

Το εκπαιδευτικό σενάριο σχεδιάστηκε με βάση τις παιδαγωγικές αρχές της ομαδοσυνεργατικότητας, της επίλυσης προβλημάτων, της διαθεματικότητας, της βιωματικής παρατήρησης, της διερευνητικής μάθησης και της πολυτροπικότητας. Επιπλέον, κεντρική παιδαγωγική επιλογή στο σχεδιασμό του σεναρίου αποτέλεσε η υιοθέτηση της κοινωνιο-γνωστικής θεώρησης για τη μάθηση και της επιστημονικής μεθόδου διερεύνησης με έμφαση στην έκφραση, τη συζήτηση και την ανάδειξη αντιτιθέμενων αρχικών αντιλήψεων των παιδιών για το θόρυβο, στην εμπλοκή τους σε πειραματικές ερευνητικές δράσεις με την αξιοποίηση της γνωστικής σύγκρουσης όπου αυτό ήταν δυνατό, στη συστηματοποίηση και παρουσίαση των παρατηρήσεων και των μετρήσεων των παιδιών, στην εξαγωγή συμπερασμάτων και στην κοινοποίησή τους στην ευρύτερη κοινότητα του σχολείου (Pruneau, Richard, Langis, Albert, & Cormier, 2005; Ravanis & Bagakis, 1998). Οι πιθανές δυσκολίες και εναλλακτικές αντιλήψεις των παιδιών που λήφθηκαν υπόψη στο σχεδιασμό του σεναρίου ήταν οι εξής (Babisch et al., 2012; Bulunuz, 2008; West, 2008):

- Οι ήχοι συγχέονται με τις πηγές που τους παράγουν
- Θόρυβοι παράγονται μόνο από τους ανθρώπους και τις δραστηριότητές τους
- Θόρυβοι παράγονται μόνο στο αστικό περιβάλλον, όχι στην ύπαιθρο
- Οι θόρυβοι είναι απλώς ενοχλητικοί, δεν βλάπτουν την υγεία του ανθρώπου
- Θόρυβοι είναι οι πολύ δυνατοί ήχοι
- Οι θόρυβοι είναι ίδιοι για όλους τους ανθρώπους ή οι άνθρωποι ενοχλούνται εξίσου από τους ίδιους ήχους κάθε φορά

Οι στόχοι του εκπαιδευτικού σεναρίου αφορούσαν τις μαθησιακές περιοχές των Φυσικών Επιστημών και της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, της Γλώσσας, των Τεχνολογιών Πληροφοριών και Επικοινωνιών (Τ.Π.Ε.), καθώς και την ανάπτυξη ικανοτήτων επιστημονικής σκέψης. Οι στόχοι αυτοί συνοψίζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Οι στόχοι του εκπαιδευτικού σεναρίου αναφορικά με τις επιμέρους περιοχές

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΤΟΧΟΣ
Φυσικές Επιστήμες και Περιβαλλοντική Εκπαίδευση	<ul style="list-style-type: none"> • να κατανοήσουν την έννοια του θορύβου και ότι αυτός δεν παράγεται μόνο από τις ανθρώπινες δραστηριότητες • να διακρίνουν τι είναι ήχος και τι είναι θόρυβος • να διακρίνουν τους ήχους από τις πηγές τους • να κατανοήσουν τα φυσικά χαρακτηριστικά και την υποκειμενική διάσταση του θορύβου • να ευαισθητοποιηθούν αναφορικά με τις συνέπειες από την έκθεση σε οχληρά περιβάλλοντα • να μάθουν να περιορίζουν το θόρυβο με κατάλληλες παρεμβάσεις • να αναπτύξουν θετικές στάσεις για τη μείωση της έκθεσής τους σε θορύβους
Γλώσσα	<ul style="list-style-type: none"> • να κατακτήσουν τεχνικό λεξιλόγιο, να εξοικειωθούν με τη γλώσσα της επιστήμης
ΤΠΕ	<ul style="list-style-type: none"> • να πραγματοποιούν αναζητήσεις σε φυλλομετρητές σχετικά με το θέμα που ερευνούν • να κατασκευάζουν αραχνόγραμμα με ψηφιακό πρόγραμμα (Kidspiration) • να χειρίζονται ψηφιακό ηχόμετρο • να καταγράφουν ήχους με την βοήθεια ψηφιακών μέσων (κινητά τηλέφωνα, βίντεο, κασετόφωνα κ.α.) • να κατασκευάζουν ιστορίες με ψηφιακά μέσα (ενδεικτικά: powerpoint, toonido, photostories κ.α.) όπου συντίθενται εικόνες, γλώσσα (προφορική ή γραπτή) και ήχοι • να χειρίζονται απλές εφαρμογές στον η/υ για την αντιστοίχιση ήχων με εικόνες που αναπαριστούν τις πηγές τους
Ικανότητες επιστημονικής σκέψης	<ul style="list-style-type: none"> • να καλλιεργήσουν την ικανότητα της παρατήρησης με περισσότερες από μία αισθήσεις (έμφαση στην αίσθηση της ακοής). • να καλλιεργήσουν την ικανότητα της ταξινόμησης διαφορετικών ήχων/θορύβων ανάλογα με την προέλευση και την έντασή τους. • να καλλιεργήσουν τις ικανότητες επικοινωνίας και αναπαράστασης πληροφορίας και μηνυμάτων με περισσότερους από έναν τρόπους (μέσω πολυτροπικών κειμένων, απλών διαγραμμάτων κ.ά.). • να καλλιεργήσουν την ικανότητα μέτρησης με απλά όργανα (ηχόμετρο σε μορφή εφαρμογής κινητού τηλεφώνου) • να καλλιεργήσουν την ικανότητα της πρόβλεψης και του ελέγχου προβλέψεων.

Το εκπαιδευτικό σενάριο διαρθρώνεται σε 9 δραστηριότητες που προτείνεται να υλοποιηθούν στη διάρκεια τουλάχιστον 7 ημερών. Στις παραγράφους που ακολουθούν γίνεται περιγραφή των δραστηριοτήτων.

Δραστηριότητα 1: Προσανατολισμός (Ημέρα 1^η)

Παρουσίαση ενός ηχητικού ντοκουμέντου όπου συντίθενται πολλοί διαφορετικοί θόρυβοι (π.χ. φωνές ανθρώπων, γάβγισμα σκύλου, κυκλοφοριακοί θόρυβοι, ένα κομπρεσέρ, δυνατή μουσική σε μπαρ κλπ). Ακολουθεί συζήτηση και τα παιδιά ενθαρρύνονται να ονομάσουν τους ήχους που ακούν, να υποθέσουν από πού προέρχονται, να πουν αν θα τους ήταν ευχάριστο να βρεθούν σε ένα τέτοιο μέρος. Ζητείται να αιτιολογήσουν τις απόψεις και τις στάσεις τους, εντοπίζοντας τι τους ενοχλεί. Τέλος, αναζητείται μία λέξη που να περιγράφει αυτό που ακούστηκε στο ντοκουμέντο. Αν τα παιδιά αναφερθούν στο ‘θόρυβο’, ζητείται να τον ορίσουν.

Δραστηριότητα 2 - Μέρος α': Ήχοι και θόρυβοι - Ποια πράγματα προκαλούν θόρυβο; (Ημέρα 1^η)

Τα παιδιά παροτρύνονται να αφουγκραστούν προσεκτικά τι ακούν από το περιβάλλον μέσα και έξω από την τάξη (π.χ. μια βρύση που στάζει, αυτοκίνητα που περνούν, φωνές άλλων παιδιών). Καταγράφουμε όσους ήχους εντόπισαν σε μορφή αραχνογράμματος¹. Γίνεται προσπάθεια ταύτισης κάθε ήχου που ακούγεται με την πηγή του.

Γίνεται συζήτηση για το κατά πόσο είναι όλοι οι ήχοι που ακούγονται θόρυβοι. Για παράδειγμα, ο ήχος της φωνής του/της εκπαιδευτικού και των παιδιών από τη διπλανή τάξη μπορεί να είναι θόρυβος για εμάς, αλλά όχι για εκείνους. Εισάγεται για προβληματισμό η ερώτηση: τι άλλους ήχους/θορύβους ακούμε καθημερινά; Πού τους ακούμε αυτούς συνήθως; Σκεφτείτε τι σας ενοχλεί στο σχολείο, στο σπίτι, στο δρόμο ή αλλού.

Η/Ο εκπαιδευτικός μοιράζει στα παιδιά ατομικό φύλλο ακουστικής παρατήρησης (βλ. Σχήμα 1) για να συμπληρώσουν ποιους ήχους θα ακούσουν σε μία συγκεκριμένη μέρα στο σπίτι τους. Εάν μπορούν, τα παιδιά καταγράφουν με όποιο τρόπο θεωρούν πιο πρόσφορο –π.χ. ηχογράφηση με κινητό τηλέφωνο- καθημερινούς ήχους.

¹ Το αραχνόγραμμα έχει το πλεονέκτημα ότι α) αναπαριστά μιας μορφής νοητικό μοντέλο που στη συνέχεια μπορεί να εμπλουτίζεται, β) μπορεί να μεταφερθεί εύκολα και να αναπαρασταθεί σε η/υ (π.χ. με το kidspiration) και στους ‘κόμβους’ του να τοποθετηθούν εικονίδια (μαζί με ή αντί για τις λέξεις που αντιστοιχούν στις πηγές του ήχου) για τη διευκόλυνση των παιδιών που δεν έχουν κατακτήσει την ικανότητα της ανάγνωσης γραπτού λόγου.

Σχήμα 1: Το φύλλο ακουστικής παρατήρησης για τους οικιακούς θορύβους

Θόρυβοι που άκουσα στο σπίτι 

Δραστηριότητα 2 - μέρος β': Ήχοι και θόρυβοι - Ποια πράγματα προκαλούν θόρυβο; (Ημέρα 2^η)

Τα παιδιά φέρνουν τις καταγραφές τους και συζητούνται στο σχολείο. Συμπληρώνεται το αρχικό αραχνόγραμμα με τους καθημερινούς ήχους από το σπίτι και τις πηγές τους με βάση τα φύλλα ακουστικής παρατήρησης. Σε ένα χαρτί του μέτρου (όμοιο με το φύλλο ακουστικής παρατήρησης) συγκεντρώνονται οι καταγραφές όλων των παιδιών (πόσες φορές άκουσαν κάθε ήχο). Έτσι προκύπτουν οι συχνότητες εμφάνισης όλων των ήχων (ομιλίες, διαφορετικές ηλεκτρικές συσκευές, τηλέφωνο που χτυπά κ.λπ.). Η συζήτηση στρέφεται στους *ενοχλητικούς* ήχους που καταγράφηκαν. Εξάγεται το συμπέρασμα ότι αυτοί οι ενοχλητικοί ήχοι ονομάζονται θόρυβοι.

Απομονώνονται οι θόρυβοι στα φύλλα ακουστικής παρατήρησης και αναζητείται τρόπος να εκτιμηθεί ποιοι θόρυβοι είναι πιο συχνοί και ποιοι λιγότερο. Η καταγραφή στο χαρτί του μέτρου μπορεί να μετατραπεί σε μορφή ραβδογράμματος. Κάθε ράβδος του

ραβδογράμματος αντιστοιχεί σε μία πηγή θορύβου, ενώ το ύψος της είναι ανάλογο της συχνότητας καταγραφής του κάθε θορύβου (βλ. Σχήμα 2).

Σχήμα 2: Η κατασκευή του ραβδογράμματος με τις συνολικές συχνότητες εμφάνισης κάθε οικιακού θορύβου



Δραστηριότητα 3: Καταγράφουμε ήχους της πόλης (Ημέρα 3^η)

Παρόμοια πορεία ακολουθείται με την καταγραφή ήχων της πόλης στο περιβάλλον του σχολείου. Τα παιδιά βγαίνουν έξω και καταγράφουν ήχους και θορύβους από την κυκλοφορία, από μία λαϊκή αγορά, από μία παιδική χαρά, από καταστήματα (σούπερ μάρκετ, φούρνος κ.ά.). Θα μπορούσαν ακόμα να επισκεφτούν θορυβώδη εργασιακά περιβάλλοντα, αλλά και ένα μη αστικό περιβάλλον (π.χ. ένα χωράφι σε στιγμή γεωργικών δραστηριοτήτων, μια επίσκεψη στη φύση), ώστε να καλύψουν όλους τους τύπους πηγών θορύβου που θα αναδειχθούν στην επόμενη δραστηριότητα. Οι νέες καταγραφές προστίθενται στο χαρτί του μέτρου.

Η δραστηριότητα μπορεί να καταλήξει στο συμπέρασμα ότι *«Θόρυβος είναι κάθε ανεπιθύμητος ήχος που δεν μας αρέσει και μας ενοχλεί»*.

Δραστηριότητα 4: Αναγνώριση και ταξινόμηση διαφορετικών ήχων (Ημέρα 4^η)

Τα παιδιά εξοικειώνονται με περισσότερους ήχους μέσα από ψηφιακά αρχεία powerpoint στα οποία ακούγονται οι ήχοι ενώ ταυτόχρονα απεικονίζεται η πηγή του καθενός. Τα παιδιά ενθαρρύνονται να περιηγηθούν στα αρχεία και να συσχετίσουν ήχους με τις εικόνες των πηγών τους (βλ. Σχήμα 3).

Σχήμα 3: Ενδεικτικές οθόνες των ψηφιακών αρχείων με ήχους συνοδευόμενους από απεικονίσεις των πηγών τους



Ο/Η εκπαιδευτικός ξεκινά μια συζήτηση με τα παιδιά: πού και από ποιες πηγές μπορούμε να ακούσουμε θορύβους; Στόχος είναι να αναδειχθούν οι 4 κατηγορίες:

- φυσικό περιβάλλον (βροχή, κεραυνός, ρυάκια, κραυγές ζώων, κ.λπ.)
- αστικό, ανθρωπογενές περιβάλλον (μηχανές οικιακής χρήσης, αστικές δραστηριότητες, αναψυχή)
- κυκλοφορία αστική ή υπεραστική (μέσα μαζικής μεταφοράς, κορναρίσματα, σειρήνες, επιταχύνσεις σε σηματοδότες)
- βιομηχανικό / αγροτικό / εργασιακό περιβάλλον (μηχανές παραγωγής)

Στη συνέχεια, ακούγονται μικρά ηχητικά αποσπάσματα θορύβων. Τα παιδιά χωρίζονται σε ομάδες των 3-4 ατόμων και η καθεμιά θα έχει στη διάθεσή της το ίδιο υλικό (πλαστικοποιημένες κάρτες με εικόνες που απεικονίζουν τις πηγές όλων των θορύβων των οποίων θα ακούσουν αποσπάσματα). Κάθε φορά που ακούγεται ένας ήχος προσπαθούν να τον αντιστοιχίσουν με την εικόνα της πηγής του, επιλέγοντας την κατάλληλη κάρτα από το σύνολο των εικόνων. Κάθε ομάδα προσπαθεί να βρει όσες περισσότερες κάρτες μπορεί και να τις ταξινομήσει σε δικό της πίνακα που περιλαμβάνει τις 4 κατηγορίες, κάτω από τη σωστή κατηγορία κάθε φορά (Σχήμα 4).

Σχήμα 4: Πίνακας με ενδεικτική ταξινόμηση εικόνων με πηγές θορύβων που αναγνωρίστηκαν από τα αντίστοιχα ηχητικά αποσπάσματα

Φύση	Πόλη	Κυκλοφορία	Εργασιακό περιβάλλον
			
			
			
			

Δραστηριότητα 5: Γιατί είναι ο θόρυβος ενοχλητικός; Τι μας εμποδίζει να κάνουμε; (Ημέρα 4^η)

Με βάση τον πίνακα ταξινόμησης της προηγούμενης δραστηριότητας τα παιδιά καλούνται να σκεφτούν και να εκφράσουν αν και κάτω από ποιες περιστάσεις θα ήταν ο κάθε ήχος ενοχλητικός, σε τι μπορεί να μας ενοχλεί ο κάθε θόρυβος, τι μας εμποδίζει να κάνουμε και πώς νιώθουμε όταν ακούμε θορύβους.

Γίνεται αναφορά σε πιθανά προβλήματα υγείας (πόνος στα αυτιά, νεύρα, πονοκέφαλος, ζαλάδα, ναυτία, κοιλόπνονος, διαταραχή ύπνου) από την έκθεση των ανθρώπων σε θορύβους. Τα παιδιά συζητούν πάνω σε κόμικς που περιγράφουν μικρές αυτοτελείς ιστορίες με ανθρώπους που υφίστανται τις παραπάνω συνέπειες (Σχήμα 5).

Σχήμα 5: Παράδειγμα αυτοσχέδιας ιστορίας σε μορφή κόμικ για συζήτηση στην τάξη



Ο/Η εκπαιδευτικός εξηγεί στα παιδιά ότι κάθε χρόνο έχει θεσπιστεί η Παγκόσμια Ημέρα Ευαισθητοποίησης κατά του Θορύβου (η τελευταία Τετάρτη του Απριλίου), οπότε γίνονται εκδηλώσεις για να ενημερωθούν όλοι πώς να προστατεύονται από τους θορύβους. Ως προοίμιο της τελευταίας, ένατης, Δραστηριότητας γίνεται συζήτηση για το αν θα μπορούσαν και θα ήθελαν και τα παιδιά να οργανώσουν αντίστοιχες εκδηλώσεις για να ενημερώσουν τη σχολική κοινότητα (μαθητές, εκπαιδευτικοί, γονείς). Εφόσον συμφωνήσουν, καλούνται να σκεφτούν σλόγκαν ενάντια στο θόρυβο για την εκδήλωσή τους, που να προκαλούν το ενδιαφέρον του κόσμου.

Δραστηριότητα 6: Χρήση ηχομέτρου και κατασκευή του δικού μας θερμομέτρου ήχου (Ημέρα 5^η)

Εισάγεται το όργανο ‘ηχομέτρο’ που έχει εγκαταστήσει η/ο εκπαιδευτικός σε ένα έξυπνο κινητό τηλέφωνο (smartphone). Καλό είναι η ένταση των ήχων να εκφράζεται με χρωματική κλίμακα και απλή μορφή (‘θερμομέτρον’ –βλ. Σχήμα 6-, ή ραβδογράμματος –βλ. Σχήμα 7) για ευκολότερη ανάγνωση από τα μικρά παιδιά.

Σχήμα 6: Ενδεικτικές οθόνες από την ανοικτή εφαρμογή κινητών τηλεφώνων Noise Moderator



Σχήμα 7: Ενδεικτικές οθόνες από την ανοικτή εφαρμογή κινητών τηλεφώνων Sound Meter



Δραστηριότητα 7: Ο ίδιος ήχος μπορεί άλλοτε να είναι θόρυβος και άλλοτε να μην είναι (Ημέρα 6^η)

Τα παιδιά ακούν έναν ήχο από αυτούς που επεξεργάστηκαν στη διάρκεια της Δραστηριότητας 4 με αυξομειώσεις της έντασης. Προκαλείται συζήτηση ώστε να συσχετιστεί η ενόχληση με την ένταση των ήχων (για παράδειγμα η ίδια μουσική σε μια λογική ένταση μπορεί να μας αρέσει, αλλά σε μια μεγαλύτερη ένταση να μας ενοχλεί).

Τα παιδιά βλέπουν αυτοσχέδια κόμικς με καθημερινές περιστάσεις ενοχλητικών ήχων (θορύβων), καλούνται να τα συσχετίσουν με προσωπικές τους εμπειρίες και να προβληματιστούν αν οι ίδιοι ήχοι μας φαίνονται πάντοτε θόρυβοι, ή όχι. Για παράδειγμα η φωνή ενός οικείου μας προσώπου μπορεί άλλοτε να είναι ευπρόσδεκτη (όταν συζητάμε μαζί του) και άλλοτε ενοχλητική (όταν προσπαθούμε να κάνουμε κάτι άλλο και μας παρενοχλεί).

Δραστηριότητα 8: Πώς μπορούμε να προστατευθούμε από το θόρυβο; (Ημέρα 6^η)

Η δραστηριότητα αυτή ξεκινά με συζήτηση για το πώς μπορούμε να προστατευθούμε από το θόρυβο. Τα παιδιά αναζητούν λύσεις που μπορούν να εφαρμόσουν είτε τα ίδια, είτε οι άλλοι ώστε να μειωθούν τα επίπεδα και οι περιστάσεις θορύβου στο σπίτι, στην τάξη, στην πόλη. Εφόσον μπορούν, ενθαρρύνονται να συμπληρώσουν τα μαλακία ενός κόμικ με τις προτάσεις τους (Σχήμα 9).

Σχήμα 9: Κόμικ διατύπωσης προτάσεων προστασίας από το θόρυβο



Δραστηριότητα 9: Κατασκευή αφίσας/παρουσίασης Powerpoint για την ευαισθητοποίηση κατά του θορύβου (Ημέρα 7^η)

Στο ξεκίνημα αυτής της δραστηριότητας εισάγεται από την/τον εκπαιδευτικό ο προβληματισμός: «Σταματούν ποτέ οι ήχοι;», «Υπάρχει αυτό που λέμε απόλυτη ησυχία;».

Η συζήτηση στρέφεται και πάλι στο τι μπορούμε να κάνουμε για να μην έχουμε τόσο πολύ θόρυβο. Τα παιδιά ανατρέχουν σε θορύβους που έχουν συναντήσει στις

προηγούμενες δραστηριότητες και αναζητούν λύσεις για την η εξάλειψη ή τη μείωσή τους.

Τα παιδιά μπορούν να χωριστούν σε μικρές ομάδες και να κατασκευάσουν υλικό –με τη μορφή αφίσας, ή ψηφιακής παρουσίασης powerpoint- με διαφορετικές θεματολογίες και με βάση τις ιδέες και τα σλόγκαν που σκέφτηκαν κατά τη Δραστηριότητα 5. Ενδεικτικές θεματολογίες για το ενημερωτικό υλικό ευαισθητοποίησης που θα κατασκευάσουν μπορεί να είναι: «*Τα αυτιά μας δεν ξεκουράζονται ποτέ*», ή «*Πώς μπορούμε να μειώσουμε τους θορύβους στην καθημερινή μας ζωή*».

ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

Το εκπαιδευτικό σενάριο «Μικροί ερευνητές ήχου» εφαρμόστηκε πιλοτικά σε μία τάξη Β' Δημοτικού δημόσιου σχολείου του Βόλου. Πριν την εφαρμογή, η εκπαιδευτικός της τάξης συμμετείχε σε επιμορφωτικές δράσεις από την επιστημονική ομάδα του προγράμματος που αφορούσαν το εννοιολογικό πλαίσιο του θορύβου και των σχετικών φαινομένων, αλλά και τις κεντρικές παιδαγωγικές και διδακτικές επιλογές με βάση τις οποίες σχεδιάστηκε το σενάριο.

Η υλοποίηση των δραστηριοτήτων διήρκεσε συνολικά 4 εβδομάδες. Για την αξιολόγηση του σεναρίου πραγματοποιήθηκαν διαδικασίες προ- και μετα-ελέγχου. Συγκεκριμένα, 17 παιδιά (7 αγόρια και 10 κορίτσια) συμμετείχαν σε ατομικές, ημιδομημένες συνεντεύξεις οι οποίες εστίαζαν στους εξής άξονες: κατανόηση της έννοιας του θορύβου και διάκρισή του από τον ήχο, στάσεις απέναντι στο θόρυβο και των ενοχλήσεων που αυτός προκαλεί, επίγνωση των επιπτώσεων του θορύβου στην υγεία και δυνατότητα διατύπωσης προτάσεων για την προστασία από το θόρυβο. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται συνοπτικά τα πρώτα ευρήματα της πιλοτικής αυτής αξιολόγησης του εκπαιδευτικού σεναρίου. Τα ευρήματα αυτά αφορούν τις αναφορές των παιδιών σε ήχους και θορύβους από την καθημερινή τους εμπειρία, σε βιώματα ενόχλησής τους από το θόρυβο, σε επιπτώσεις που εκτιμούν ότι μπορεί να έχει ο θόρυβος στην υγεία και σε προτάσεις που διατυπώνουν για την προστασία από αυτόν.

Πίνακας 2: Συχνότητα αναφορών σε επιμέρους άξονες των συνεντεύξεων

ΑΞΟΝΑΣ		ΠΡΟ- ΕΛΕΓΧΟΣ (N)	ΜΕΤΑ- ΕΛΕΓΧΟΣ (N)
Ήχοι		100	166
Θόρυβοι		131	187
Διάκριση ήχου – θορύβου		4	5
Υποκειμενικότητα του θορύβου		8	9
Ενοχλήσεις από θόρυβο	Ακουστικές	9	13
	Μη ακουστικές	16	14
Επιπτώσεις θορύβου στην υγεία	Ακουστικές	13	21
	Σωματικές	12	25
	Ψυχικές	7	5
Προτάσεις προστασίας	Πρόληψη	5	6
	Αντιμετώπιση	10	10

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, η πιλοτική αξιολόγηση του εκπαιδευτικού σεναρίου «Μικροί ερευνητές ήχου» αναδεικνύει μια διπλή εικόνα. Από τη μία πλευρά, τα παιδιά μετά την υλοποίηση του εκπαιδευτικού σεναρίου βελτίωσαν την επίγνωσή τους αναφορικά με την ύπαρξη ήχων και θορύβων στο άμεσο περιβάλλον τους, καθώς ήταν σε θέση να αναφέρουν περισσότερα παραδείγματα κατά τις συνεντεύξεις του μετα-ελέγχου (9,8 παραδείγματα ήχου και 11 παραδείγματα θορύβου κατά μέσο όρο ανά παιδί) απ' ό,τι κατά τον προέλεγχο (5,9 παραδείγματα ήχου και 7,7 θορύβου κατά μέσο όρο). Είναι μάλιστα ενδεικτικό ότι κατά τον προέλεγχο υπήρχαν παιδιά που δεν μπορούσαν να αναφέρουν κανέναν ήχο ή θόρυβο από την καθημερινότητά τους. Οι θόρυβοι τους οποίους ανέφεραν προέρχονται κυρίως από το αστικό περιβάλλον (φωνές ανθρώπων, ηλεκτρικές συσκευές, κ.λπ.), την κυκλοφορία (αυτοκίνητα, μηχανάκια, σειρήνες ασθενοφόρων κ.ά.), τη φύση (π.χ. ήχοι ζώων, άνεμος, ποτάμια) και λιγότερο από εργασιακά περιβάλλοντα (όπως τα δημόσια έργα). Επιπλέον, βελτιώθηκε η ικανότητά τους να αναγνωρίζουν επιπτώσεις του θορύβου στην υγεία, καθώς αρχικά ανέφεραν 32 συνολικά επιπτώσεις (1,9 κατά μέσο όρο ανά παιδί), με αρκετά παιδιά να αρνούνται ότι ο θόρυβος μπορεί να είναι βλαπτικός («Όχι, [ο θόρυβος δεν μπορεί να μας κάνει να αρρωστήσουμε], μόνο όταν βγαίνουμε έξω και κάνει πολύ κρύο κρυνώνουμε και έχουμε πυρετό. Όπως ο Δημήτρης που έλειπε»). Μετά την παρέμβαση οι σχετικές τους αναφορές αυξήθηκαν σε 51 (3 αναφορές ανά παιδί κατά μέσο όρο). Οι επιπτώσεις στις οποίες αναφέρθηκαν ήταν ακουστικές («...να σπάσει το τύμπανο», «να κουφαθούμε»), αλλά και σωματικές («να μας πονάει το κεφάλι», «να μας πονάει η κοιλιά»).

Από την άλλη πλευρά, τα παιδιά που έδειξαν να κατανοούν επαρκώς την έννοια του θορύβου και τη διάκρισή της από τον ήχο και θορύβου ήταν λίγα (μόλις 4 παιδιά πριν και 5 μετά την παρέμβαση). Από τις συνεντεύξεις φάνηκε ότι τείνουν να θεωρούν ως θορύβους τους πολύ δυνατούς ήχους και ότι λίγα παιδιά (8 πριν και 9 μετά την υλοποίηση

του σεναρίου) αναγνωρίζουν την υποκειμενικότητα του θορύβου –ότι δηλαδή ο ίδιος ήχος άλλοτε μπορεί να είναι θόρυβος και άλλοτε όχι, ανάλογα με την κατάσταση.

Επιπλέον, τα παιδιά ήταν σε θέση να αναφέρουν κάποιες ενοχλήσεις που βιώνουν από το θόρυβο και πριν ακόμη από την παρέμβαση (25 αναφορές συνολικά, ή 1,5 ανά παιδί), ικανότητα που δεν εμφάνισε σημαντική διαφορά μετά από αυτήν (27 αναφορές, ή 1,6 αναφορές κατά μέσο όρο). Οι ενοχλήσεις αυτές μπορεί να είναι ακουστικές («Όταν βλέπω τηλεόραση με ενοχλεί η σκούπα επειδή δεν μπορώ να ακούσω την τηλεόραση») και μη ακουστικές («δεν μπορώ να διαβάσω, δεν μπορώ να συγκεντρωθώ»). Παρόμοια, δεν καταγράφηκε αξιοσημείωτη μεταβολή στις προτάσεις των παιδιών για την προστασία από το θόρυβο, μια και όλα σχεδόν τα παιδιά ήταν σε θέση να προτείνουν κάποια σχετικά μέτρα από την αρχή (συνολικά 15 παιδιά πριν και 16 μετά την παρέμβαση). Τα μέτρα αυτά αφορούσαν είτε την πρόληψη εμφάνισης θορύβων («Να μη χιτίζουν σπία το μεσημέρι ή το απόγευμα»), είτε την αντιμετώπισή τους («να βάλουμε ωτοασπίδες», «να τους πούμε να σταματήσουν να παίζουν μουσική ή να παίζουν άλλη ώρα»).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διεθνής βιβλιογραφία, αν και δεν περιλαμβάνει πλήρη και εκτεταμένη μελέτη των φαινομένων του ήχου και του θορύβου στην εκπαίδευση, συγκλίνει στην αναγκαιότητα της ένταξής τους στα εκπαιδευτικά προγράμματα και μάλιστα από τις μικρές ηλικίες. Αφενός διότι τα φαινόμενα αυτά ανήκουν στο εμπειρικό – βιωματικό πεδίο των παιδιών και επομένως προσφέρονται προς διαπραγμάτευση στη τάξη, αφετέρου διότι τα παιδιά αποτελούν την πιο ευάλωτη πληθυσμιακή ομάδα απέναντι στο θόρυβο και η έγκαιρη ευαισθητοποίησή τους είναι κρίσιμος παράγοντας για τον τρόπο ζωής που θα ακολουθήσουν και τη διασφάλιση της υγείας τους (Babisch et al., 2012; Bulunuz, 2008; West, 2012).

Με γνώμονα τα παραπάνω σχεδιάστηκε το εκπαιδευτικό σενάριο «Μικροί ερευνητές ήχου» για παιδιά μικρής ηλικίας, λαμβάνοντας υπόψη τις πρώιμες αντιλήψεις και πιθανές δυσκολίες τους στην κατανόηση του ζητήματος του θορύβου, την ανάγκη διαθεματικής θεώρησης του ως πραγματικού προβλήματος με ποικιλία διαστάσεων (περιβαλλοντικών, επιστημονικών, κοινωνικών κ.ά.) και την επιλογή της πολυτροπικότητας ως κρίσιμου χαρακτηριστικού στην αναπαράσταση σύνθετων φαινομένων για και από παιδιά μικρών ηλικιών. Επίσης, το εκπαιδευτικό σενάριο υιοθέτησε τις αρχές της επιστημονικής διερεύνησης και ενθάρρυνε τα παιδιά στο να διατυπώνουν και να συγκρίνουν μεταξύ τους διαφορετικές ιδέες, να παρατηρούν με συστηματικό τρόπο, να κάνουν προβλέψεις και να τις ελέγχουν μέσω μετρήσεων (οδηγώντας τα συχνά σε γνωστική σύγκρουση), να διαβάζουν και να κατασκευάζουν ποικίλες αναπαραστάσεις επιστημονικής πληροφορίας, αλλά και μηνυμάτων προώθησης θετικών στάσεων και λύσεων για την αντιμετώπιση του θορύβου. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά επιλέχθηκαν στο πλαίσιο της κοινωνιο-γνωστικής θεώρησης της διδασκαλίας και της μάθησης, καθώς η ενεργός, βιωματική και συστηματική εμπλοκή των παιδιών με περιστάσεις θορύβου στο καθημερινό τους περιβάλλον και με τη διαμεσολάβηση καταρτισμένων εκπαιδευτικών και ειδικά

επιλεγμένων μαθησιακών υλικών αναμένεται να κινητοποιήσει το ενδιαφέρον τους και να ευνοήσει την κατασκευή νέας γνώσης (Pruneau et al., 2005).

Από την πιλοτική υλοποίηση και την πρώιμη αξιολόγηση του σεναρίου φάνηκε καταρχήν ότι τα μικρά παιδιά δεν έχουν αναπτύξει επαρκή επίγνωση του ηχητικού περιβάλλοντος στο οποίο ζουν, δηλ. των ήχων και των θορύβων που τα κατακλύζουν καθημερινά στο σπίτι, στο σχολείο ή στη γειτονιά τους. Επομένως η ανάπτυξη της ικανότητάς τους να παρατηρούν, να αναγνωρίζουν και να ανακαλούν ως τέτοιους διαφορετικούς ήχους και θορύβους από το εμπειρικό τους πεδίο, μπορεί να θεωρηθεί ότι ενθαρρύνθηκε από την υλοποίηση του εκπαιδευτικού σεναρίου. Παρόμοια, θετικά αποτελέσματα είχε η υλοποίηση του σεναρίου στην αναγνώριση από την πλευρά των παιδιών ποικιλίας επιπτώσεων του θορύβου στην ανθρώπινη υγεία.

Παρ' όλ' αυτά, φαίνεται ότι η κατανόηση της έννοιας του θορύβου, των χαρακτηριστικών και κυρίως του υποκειμενικού του χαρακτήρα («κάτι που είναι θόρυβος για μένα μπορεί να μην είναι για τους άλλους») φαίνεται ότι είναι αρκετά σύνθετη για τα μικρά παιδιά. Το ίδιο φαίνεται να συμβαίνει και αναφορικά με την κατανόηση και την διατύπωση προτάσεων αντιμετώπισης του θορύβου. Η κατάκτηση των εννοιών αυτών πιθανότατα απαιτεί πιο ριζικούς μετασχηματισμούς στη σκέψη και στις αντιλήψεις τους απ' ό,τι ο εμπλουτισμός του βιωματικού τους ρεπερτορίου ήχων και θορύβων. Εάν επομένως συνδέεται με βαθύτερη και μεγαλύτερης έκτασης εννοιολογική αλλαγή, απαιτεί σύνθετες διαδικασίες που πιθανότατα απαιτούν περισσότερο χρόνο προκειμένου οι πρώιμες γνωστικές τους δομές να τροποποιηθούν με τρόπο που να επιτρέπει την ενσωμάτωση νέας, συμβατής με την επιστημονική γνώση, πληροφορίας (Pruneau et al., 2005). Το κατά πόσο η υπέρβαση αυτών των δυσκολιών υπόκειται σε αναπτυξιακούς περιορισμούς λόγω της μικρής ηλικίας των παιδιών, ή μπορεί να επιτευχθεί και σε αυτές τις ηλικίες με συστηματικότερη στόχευση και πιο μακροχρόνια εμπλοκή των παιδιών στις μαθησιακές δραστηριότητες, είναι κάτι που θα πρέπει να διερευνηθεί περισσότερο.

Τέλος, τα μικρά παιδιά φαίνεται να έχουν αναπτύξει επιθυμητές στάσεις απέναντι στο θόρυβο, καθώς αναγνωρίζουν την ενόχληση από αυτόν και τη δυνατότητα αντιμετώπισής του. Η ανάπτυξη ωστόσο επαρκούς εννοιολογικής κατανόησης του ζητήματος αποτελεί επίσης απαραίτητη προϋπόθεση προκειμένου οι επιθυμητές τους στάσεις να οδηγήσουν και σε κατάλληλες συμπεριφορές για την προστασία τους από αυτόν.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Babisch, W., Schulz, C., Seiwert, M., & Conrad, A. (2012). Noise annoyance as reported by 8-to 14-year-old children. *Environment and Behavior*, 44(1), 68-86.
- Bulunuz, N. (2008). Noise pollution in Turkish elementary schools: evaluation of noise pollution awareness and sensitivity training. *International Journal of Environmental & Science Education*, 9, 215-234.
- Butts, D. P., Hofman, H. M., & Anderson, M. (1994). Is direct experience enough? A study of young children's views of sounds. *Journal of Elementary Science Education*, 6(1), 1-16.

- Çalik, M., Okur, M., & Taylor, N. (2011). A comparison of different conceptual change pedagogies employed within the topic of “sound propagation”. *Journal of Science Education and Technology*, 20(6), 729-742.
- Driver R., Squires A., Rushworth P., & Wood-Robinson V. (1998). *Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών: Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*, Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Eshach, H. (2014). Development of a student-centered instrument to assess middle school students’ conceptual understanding of sound. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 10(1), 010102. Retrieved from <http://journals.aps.org/prstper/abstract/10.1103/PhysRevSTPER.10.010102>
- ΕΥΑΙΣΘΟ – Πρόγραμμα ευαισθητοποίησης για τις συνέπειες της έκθεσης στο θόρυβο (2014). Ανακτήθηκε 3 Νοεμβρίου, 2014, από <http://www.noiseawareness.gr/node/4>
- Harrison, J. (2005). Science education and health education: Locating the connections. *Studies in Science Education*, 41(1), 51–90.
- Hernandez, M. I., Couso, D., & Pintó, R. (2012). The Analysis of Students’ Conceptions as a Support for Designing a Teaching/Learning Sequence on the Acoustic Properties of Materials. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 702-712.
- Houle, M. E., & Barnett, G. M. (2008). Students’ conceptions of sound waves resulting from the enactment of a new technology-enhanced inquiry-based curriculum on urban bird communication. *Journal of science education and technology*, 17(3), 242-251.
- Huang, T.H. (2009). *Student learning of measurement and sound: examining the impact of teacher professional development* (Doctoral dissertation, University of Pittsburgh). Available from ProQuest Dissertations and Thesis database. (UMI No. 3400489).
- Lautrey, J., & Mazens, K. (2004). Is children’s naive knowledge consistent? A comparison of the concepts of sound and heat. *Learning and Instruction*, 14(4), 399-423.
- Pejuan, A., Bohigas, X., Jaén, X., & Periago, C. (2012). Misconceptions about sound among engineering students. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 669-685.
- Piaget, J. (1971). *Les explications causales*. Paris: PUF.
- Prasher, D. (2000). A European concerted action on noise pollution health effects reduction - NOPHER. *Noise Health*, 2,1-3.
- Pruneau, D., Richard, J. F., Langis, J., Albert, G., & Cormier, M. (2005). The evolution of children's ideas on pollution in the framework of experiential and socioconstructivist activities. *International journal of environment and sustainable development*, 4(1), 17-34.
- Ravanis, K., & Bagakis, G. (1998). Science education in kindergarten: sociocognitive perspective. *International Journal of Early Years Education*, 6(3), 315–327.
- Sözen, M., & Bolat, M. (2011). Determining the misconceptions of primary school students related to sound transmission through drawing. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 15, 1060-1066.

- Takashi, K. (2011). How do university literature students understand the learning contents of sound taught at school? *US-China Education Review*, 8(4), 419-428.
- Shield, B., & Dockrell, J. (2003). The effects of noise on children at school: a review. *Journal of Building Acoustics* 10(2), 97-106.
- Waye, K. P., van Kamp, I. & Delleve, L. (2013). Validation of a questionnaire measuring preschool children's reactions to and coping with noise in a repeated measurement design. *British Medical Journal BMJ Open* 3(5). Retrieved from <http://bmjopen.bmj.com/content/3/5/e002408.full?rss=1>
- West, E. (2008). *Teaching about sound, hearing and health-knowledge base, suggestions for teaching and copying material*. Department of Education, University of Gothenburg. Gothenburg. Retrieved from <https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/18685>
- West, E. (2012). Learning for everyday life: students' standpoints on loud sounds and use of hearing protectors before and after a teaching-learning intervention. *International Journal of Science Education*, 34(16), 2583-2606.
- West, E., & Wallin, A. (2013). Students' learning of a generalized theory of sound transmission from a teaching-learning sequence about sound, hearing and health. *International Journal of Science Education*, 35(6), 980-1011.
- WHO (2003). *WHO Technical Meeting on Exposure-Response Relationships of Noise on Health*. Bonn: World Health Organization - Regional Office for Europe.

***Σχεδιασμός, παραγωγή, χρήση και
αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για τα
μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες
στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση***

Αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για την ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιας ζώνης/νησιωτικού χώρου στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Παναγιώτης Βαγιάννης¹, Γιώργος Τσιρτσής², Βασιλική Βασίλαρου³, Μαρία Κακαρίδου⁴

¹Εσπερινό Επαγγελματικό Λύκειο Μυτιλήνης, ²Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, ³Περιφερειακή Διεύθυνση Πρωτοβάθμιας/Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Βορείου Αιγαίου, ⁴Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο Πανεπιστημίου Αιγαίου - Μυτιλήνη

pvagiannis@sch.gr, gtsir@aegean.gr, vasovasilarou@hotmail.com, kakarimarm@sch.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η έννοια της ολοκληρωμένης διαχείρισης παράκτιας ζώνης/νησιωτικού χώρου (ΟΔΠΖ/ΝΧ) ως συνθετική διαδικασία, δεν περιλαμβάνεται στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Σπουδών/Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (ΔΕΠΠΣ/ΑΠΣ) στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση (ΔΕ). Στόχος της εργασίας ήταν η αξιολόγηση εκπαιδευτικού πακέτου που βασίζεται σε Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ). Το περιεχόμενο του πακέτου έχει σχέση με την εξοικείωση των μαθητών με την έννοια της ΟΔΠΖ/ΝΧ. Επίσης στόχος ήταν να διερευνηθεί η σκοπιμότητα ένταξης ενός λογισμικού για την ΟΔΠΖ/ΝΧ στην δράση αυτή και γενικότερα των ΤΠΕ στην περιβαλλοντική εκπαίδευση (ΠΕ). Στα πλαίσια εκπαιδευτικής έρευνας που διενεργήθηκε για την αξιολόγηση του εκπαιδευτικού πακέτου, δημιουργήθηκαν τρία ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν από μαθητές δύο σχολείων. Η στατιστική επεξεργασία που έγινε στις απαντήσεις, έδειξε σημαντική βελτίωση στο γνωστικό και στο συναισθηματικό επίπεδο των μαθητών. Έτσι έγινε φανερή η αποτελεσματικότητα του διδακτικού πακέτου, που ενσωματώνει καινοτόμες μορφές διδασκαλίας και τεχνικές διδασκαλίας και μάθησης, ειδικότερα δε και η καταλληλότητα του λογισμικού ΟΔΠΖ/ΝΧ για χρήση στην ΔΕ.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ΟΔΠΖ/ΝΧ, εκπαιδευτική έρευνα, νέες μέθοδοι και τεχνικές διδασκαλίας, λογισμικό ΟΔΠΖ.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η περιβαλλοντική εκπαίδευση (ΠΕ) στην δεύτερη βαθμίδα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (ΔΕ), υλοποιείται μέσα από το μάθημα επιλογής Φυσικοί Πόροι που διδάσκεται στην Α' Λυκείου. Ακόμα υλοποιείται και με προγράμματα ΠΕ ή τέλος με το μάθημα Ερευνητική Εργασία. Στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (ΔΕΠΠΣ) και στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (ΑΠΣ) του μαθήματος Φυσικοί Πόροι, γίνεται αναφορά στους υδατικούς πόρους και στην διαχείρισή τους, χωρίς όμως το παράκτιο περιβάλλον και πολύ περισσότερο βέβαια η ολοκληρωμένη διαχείρισή του να αποτελούν ιδιαίτερο αντικείμενο μελέτης. Στα πλαίσια του μαθήματος Φυσικοί Πόροι, αναπτύχθηκε διδακτικό υλικό σχετικό με την ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιας ζώνης/νησιωτικού χώρου (ΟΔΠΖ/ΝΧ) και εντάχθηκε σε μια δράση. Το διδακτικό αυτό υλικό περιλαμβάνει ένα λογισμικό για την ΟΔΠΖ/ΝΧ που αναπτύχθηκε στα πλαίσια μεταπτυχιακής εργασίας (Τσουκαλά, 2013) και τροποποιήθηκε κατάλληλα (Βαγιάννης, 2014), ώστε να είναι δυνατή η χρήση του στην ΔΕ. Ακόμα περιλαμβάνει παρουσίαση διαφανειών με αντίστοιχο λογισμικό, σχέδιο εργασίας με φύλλο εργασίας και φύλλο αξιολόγησης και φύλλα με δεδομένα για διάφορες περιοχές για την εκτέλεση ασκήσεων.

Η εκπαιδευτική έρευνα αποτελεί σημαντικό παράγοντα υποστήριξης και ανατροφοδότησης της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Θέμα της παρούσας εργασίας είναι η διενέργεια εκπαιδευτικής έρευνας που έγινε στα πλαίσια διδακτικής παρέμβασης, για την αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού. Από αυτή καταδείχτηκε η αποτελεσματικότητα του και των τεχνικών που ενσωματώνει. Ιδιαίτερα ενθαρρυντική κρίνεται η χρήση του λογισμικού ΟΔΠΖ/ΝΧ. Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της εκπαιδευτικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, βασίστηκαν σε ανάλογη που έλαβε χώρα στα πλαίσια μεταπτυχιακής διατριβής με τίτλο «*Μικροί εξερευνητές στο μονοπάτι ανακαλύπτουν την φύση και δημιουργούν γεωγραφικά δεδομένα με την χρήση Νέων Τεχνολογιών (GPS και GIS): Δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού*» (Μαρία Τζουρά, 2011), που έγινε στα πλαίσια του Π.Μ.Σ. «Γεωγραφία και Εφαρμοσμένη Γεωπληροφορική» του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Στόχοι εργασίας

Η παρούσα εργασία είχε ως στόχους:

- την αξιολόγηση εκπαιδευτικού πακέτου που βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε λογισμικό για την ΟΔΠΖ/ΝΧ
- την διερεύνηση της σκοπιμότητας χρήσης των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των επικοινωνιών (ΤΠΕ) στην ΠΕ

Επιμέρους ερωτήματα στα οποία απαντά η εκπαιδευτική έρευνα:

- Η ένταξη του εκπαιδευτικού πακέτου σε μια δράση που αφορά την ΠΕ, επιφέρει βελτίωση στο γνωστικό επίπεδο, στο επίπεδο ικανοτήτων και στο συναισθηματικό επίπεδο των μαθητών και κατά συνέπεια είναι σκόπιμη;
- Ο βαθμός δυσκολίας, η σχεδίαση και το είδος των δραστηριοτήτων του λογισμικού ΟΔΠΖ/ΝΧ το καθιστούν κατάλληλο για ένταξη στην ΠΕ, στη ΔΕ (Λύκειο);

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την έρευνα κατασκευάστηκαν τρία ερωτηματολόγια. Στην συνέχεια υλοποιήθηκε η διδακτική παρέμβαση και συμπληρώθηκαν τα ερωτηματολόγια από τους μαθητές. Τέλος έγινε στατιστική επεξεργασία των απαντήσεων στα ερωτηματολόγια.

Ερωτηματολόγια

Αναπτύχθηκαν τρία ερωτηματολόγια με κλειστές και ανοιχτές ερωτήσεις για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της διδακτικής παρέμβασης και κατά συνέπεια και του διδακτικού υλικού, καθώς και για την διερεύνηση σειράς άλλων ερωτημάτων. Το πρώτο ερωτηματολόγιο περιείχε κλειστές ερωτήσεις σχετικά με τα ατομικά στοιχεία των μαθητών και άλλες πληροφορίες. Το δεύτερο ερωτηματολόγιο είχε ως στόχο την διάγνωση του γνωστικού επιπέδου των μαθητών σχετικά με την παράκτια ζώνη και την διαχείρισή της, αλλά και τις δεξιότητες τους στον χειρισμό δεδομένων και λογισμικού. Το συμπλήρωσαν πριν (pre) και μετά (post) την διδακτική παρέμβαση, ώστε να διαγνωστεί η βελτίωση που επήλθε. Το τρίτο ερωτηματολόγιο είχε ως στόχο την αξιολόγηση της παρέμβασης γενικότερα αλλά και πιο ειδικά του εκπαιδευτικού υλικού και του λογισμικού ΟΔΠΖ/ΝΧ που χρησιμοποιήθηκε. Το ερωτηματολόγιο αυτό ακόμα είχε σκοπό να ανιχνεύσει τις αλλαγές που επήλθαν στο συναισθηματικό επίπεδο των συμμετεχόντων.

Στις ανοιχτές ερωτήσεις έγινε ομαδοποίηση των απαντήσεων σε κατηγορίες και στην συνέχεια κωδικοποίηση τους σε κλίμακα διάταξης ανάλογα με το πόσο προσεγγίζει η απάντηση που δόθηκε σε αυτή που θεωρήθηκε σωστή. Στις κλειστές ερωτήσεις χρησιμοποιήθηκε διαβάθμιση απαντήσεων ανάλογα με την προσέγγιση προς την ολοκληρωμένη απάντηση, σύμφωνα με τη μέθοδο Likert (Javeau, 1996).

Λογισμικό ΟΔΠΖ/ΝΧ

Το εκπαιδευτικό λογισμικό υλοποιεί ακριβώς ένα Σύστημα Στήριξης Αποφάσεων (ΣΣΑ) το οποίο χρησιμοποιείται στην ΟΔΠΖ (Τσουκαλά, 2013). Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εισάγει δεδομένα στο λογισμικό που αφορούν οικονομικούς τομείς και κοινωνικούς δείκτες, τα οποία μπορεί να έχει αναζητήσει και βρει ο ίδιος για κάποια περιοχή που έχει επιλέξει, ώστε να διαμορφώσει μια «περιοχή» με τα χαρακτηριστικά που επιθυμεί (εικόνα 1). Το λογισμικό μετά του δίνει τη δυνατότητα να δει συγκριτικά τις τιμές που παίρνουν περιβαλλοντικοί, οικονομικοί και κοινωνικοί δείκτες (εικόνα 2) τόσο μεταξύ των οικονομικών τομέων, όσο και μεταξύ των υποτομέων που αφορούν τον κάθε τομέα. Στην Γεωργία π.χ. υπάρχουν οι υποτομείς Ελαιώνες και Λοιπές Καλλιέργειες.

Είναι ακόμα δυνατή η διαμόρφωση σεναρίων για την εξέλιξη δεικτών σε ορισμένο χρονικό βάθος, στην περίπτωση μας για μια δεκαετία. Τα σενάρια αυτά εισάγονται υπό μορφή αριθμητικών δεδομένων και είναι δυνατή από το λογισμικό η γραφική απεικόνιση της εξέλιξης των δεικτών. Επίσης, το λογισμικό ενσωματώνει πολυκριτηριακή ανάλυση. Ο χρήστης αποδίδει βάρη σε τρία κριτήρια (περιβαλλοντικό, οικονομικό, κοινωνικό), γίνεται ιεράρχηση των σεναρίων και τελικά επιλέγεται το καλύτερο για την διαχείριση μιας παράκτιας περιοχής/νησιωτικού χώρου (εικόνα 3) (Τσιρτσής, 2013). Το καλύτερο σενάριο γενικά δεν είναι αυτό το οποίο βελτιστοποιεί

κάθε κριτήριο μόνο του, αλλά εκείνο που επιτυγχάνει την καλύτερη εξισορρόπηση μεταξύ των διαφόρων κριτηρίων (DITTY Project, 2002).

Εικόνα 1: Παράθυρο διαλόγου για τη δημιουργία περιοχής.

Εισαγωγή δεδομένων Περιοχής/Νησιού

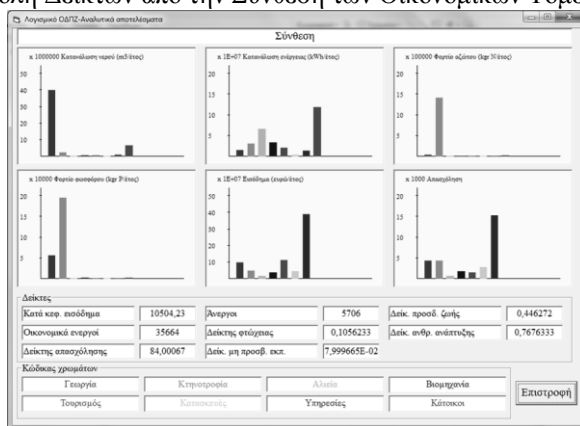
Όνομα Περιοχής/Νησιού

Γεωργία | Κτηνοτροφία | Αλιεία | Βιομηχανία | Τουρισμός | Γενικά στοιχεία

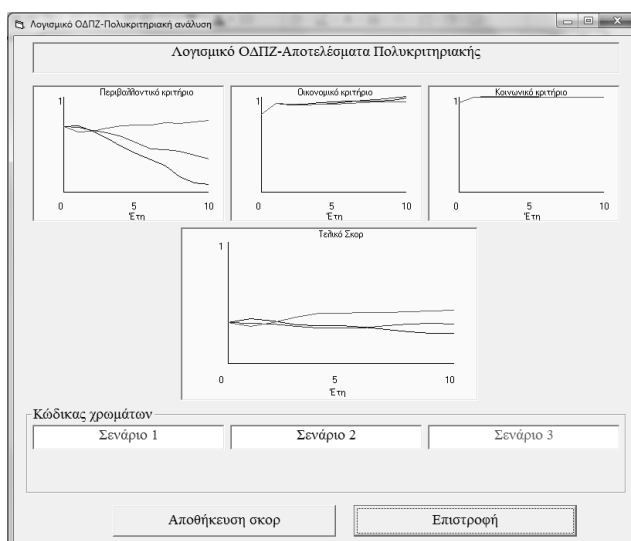
Ελαφίνες (10-500000 στρ)		Λοιπές καλλιέργειες (5000-70000 στρ)	
% ποσιζόμενη έκταση (0-1)		% ποσιζόμενη έκταση (0-1)	
Συντελεστές		Συντελεστές	
Κατανάλωση νερού (m ³ /στρ.έτος)	481	Κατανάλωση νερού (m ³ /στρ.έτος)	564
Κατανάλωση ενέργειας (kWh/έτος)	176	Κατανάλωση ενέργειας (kWh/έτος)	176
Παραγωγή ελαίς (kg/στρ.έτος)	440	Μείση παραγωγή (kg/στρ.έτος)	362
Εισόδημα (ευρώ/kg)	2	Εισόδημα (ευρώ/kg)	0,35

Αποδοχή/Αποθήκευση | Ακύρωση/Επιστροφή

Εικόνα 2: Προβολή Δεικτών από την Σύνθεση των Οικονομικών Τομέων.



Εικόνα 3: Αποτελέσματα Πολυκριτηριακής Ανάλυσης.



Υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης

Η διδακτική παρέμβαση υλοποιήθηκε σε δύο σχολεία στην πόλη της Μυτιλήνης στα πλαίσια του μαθήματος Φυσικοί πόροι της Α' Λυκείου (εικόνα 4). Στο Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο του Πανεπιστημίου Αιγαίου και στο Εσπερινό Γυμνάσιο με Λυκειακές Τάξεις. Η διάρκεια της ήταν πέντε ώρες σε κάθε σχολείο. Το πλήθος των μαθητών στο δείγμα ήταν συνολικά 43 (25 κορίτσια και 18 αγόρια). Οι μαθητές συμπλήρωσαν το πρώτο και το δεύτερο ερωτηματολόγιο πριν (pre) και πάλι το δεύτερο μετά (post) την παρέμβαση. Τότε τους δόθηκε και το τρίτο ερωτηματολόγιο.

Εικόνα 4: Από την διδακτική παρέμβαση στην τάξη και στο εργαστήριο Η/Υ



Στατιστική επεξεργασία των απαντήσεων στα ερωτηματολόγια

Μετά την δράση ακολούθησε η αξιολόγηση της παρέμβασης και του διδακτικού υλικού. Έγινε επεξεργασία και ανάλυση των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές στα ερωτηματολόγια.

Στο δεύτερο πριν (pretest) και μετά (posttest) την διδακτική παρέμβαση, οι απαντήσεις κωδικοποιήθηκαν σε κλίμακα διάταξης, ώστε να είναι δυνατή η εφαρμογή ποσοτικών μεθοδολογιών. Για όλες τις ερωτήσεις του δεύτερου ερωτηματολογίου βρέθηκαν οι διαφορές στις απαντήσεις των μαθητών πριν και μετά την παρέμβαση. Η μηδενική υπόθεση σε κάθε περίπτωση, είναι ότι η μέση τιμή των διαφορών των απαντήσεων σε κάθε ερώτηση είναι ίση με μηδέν. Έγινε χρήση του ελεύθερου στατιστικού λογισμικού R. Οι στατιστικές δοκιμές που εφαρμόστηκαν ήταν:

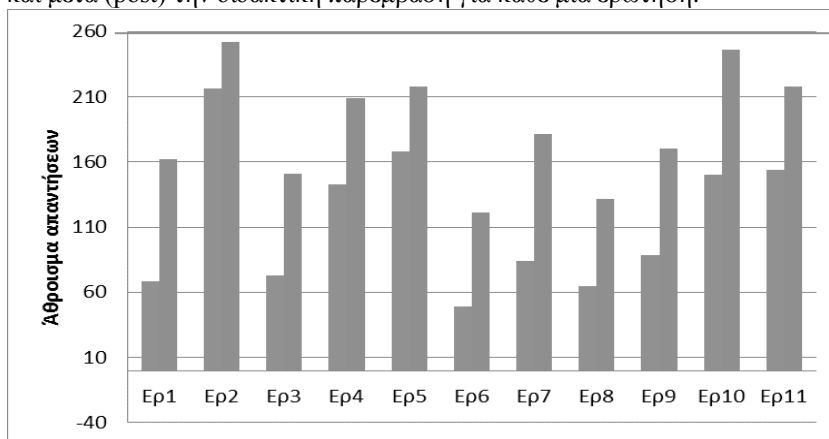
- Η ζευγαρωτή δοκιμή t (paired t-test) για την σύγκριση δυο πληθυσμών, στις ερωτήσεις όπου υπήρχε κανονικότητα και ομοσκεδαστικότητα στις τιμές των απαντήσεων
- Στις υπόλοιπες ερωτήσεις που δεν πληρούσαν την κανονικότητα έγινε μη παραμετρική στατιστική δοκιμή (Paired samples Wilcoxon test).

Προκειμένου να ελεγχθεί και να αναλυθεί το συναισθηματικό επίπεδο της διδακτικής παρέμβασης, κρίθηκε σκόπιμο οι εκπαιδευόμενοι να συμπληρώσουν το τελικό (τρίτο) ερωτηματολόγιο αξιολόγησης. Με αυτό τους δόθηκε η ευκαιρία να αξιολογήσουν την συνολική διαδικασία αλλά και τα επιμέρους στοιχεία της. Με την κατάλληλη επεξεργασία του συλλέχθηκαν αποτελέσματα που ήταν επιστημονικά τεκμηριωμένα. Το ερωτηματολόγιο αυτό περιλαμβάνει δεκατέσσερις (14) κλειστές ερωτήσεις και μία (1) ανοιχτή. Και εδώ οι απαντήσεις κωδικοποιήθηκαν σύμφωνα με τη διαβάθμιση της μεθόδου Likert.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αποτελεσματικότητα της διδακτικής παρέμβασης – διδακτικού υλικού

Αθροίστηκαν οι βαθμολογίες που πήραν οι μαθητές στις έντεκα ερωτήσεις του δεύτερου ερωτηματολογίου, όπως το συμπλήρωσαν πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση. Στο γράφημα 1 φαίνεται το άθροισμα των απαντήσεων για κάθε μια ερώτηση. Γίνεται φανερή η βελτίωση που επήλθε στο γνωστικό επίπεδο σε όλες τις ερωτήσεις. Ο βαθμός βελτίωσης όμως είναι διαφορετικός για κάθε μια. Επίσης έγινε κατάλληλη αναγωγή ώστε σε όλες το βέλτιστο αποτέλεσμα να είναι το ίδιο (258).

Γράφημα 1: Άθροισμα των απαντήσεων των μαθητών στο δεύτερο ερωτηματολόγιο, πριν (pre) και μετά (post) την διδακτική παρέμβαση για κάθε μια ερώτηση.

Στον παρακάτω πίνακα 1, φαίνονται τα αποτελέσματα από τις στατιστικές δοκιμές.

Πίνακας 1: Αποτελέσματα των στατιστικών δοκιμών στις 11 ερωτήσεις του δεύτερου ερωτηματολογίου πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

Ερώτηση	Στατιστικό κριτήριο	Επίπεδο σημαντικότητας
1	780 (v)**	0.000
2	0 (v)*	0.019
3	0 (v)**	0.000
4	0 (v)**	0.000
5	44.5 (v)**	0.000
6	15 (v)**	0.000
7	5.5 (v)**	0.000
8	13 (v)**	0.000
9	-10.2379 (t)**	0.000
10	9.5 (v)**	0.000
11	20.5 (v)**	0.000

* Στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

** Στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα σε επίπεδο 1%

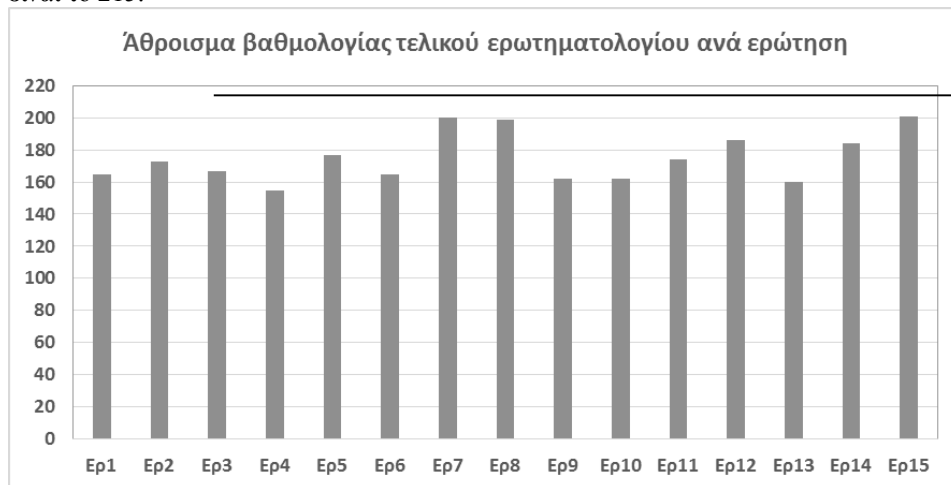
Όπως φαίνεται από τον πίνακα, έχουμε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα σε όλες τις ερωτήσεις σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01, εκτός από την δεύτερη (p-value = 0.019), όπου το αποτέλεσμα είναι στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο 0.05. Η μηδενική υπόθεση σε κάθε περίπτωση, δηλαδή σε κάθε ερώτηση, είναι ότι η μέση τιμή των διαφορών των απαντήσεων των μαθητών είναι ίση με μηδέν (0). Ισχύει επομένως η

εναλλακτική υπόθεση σε όλες τις ερωτήσεις, δηλαδή σε όλες έχουμε σημαντικά καλύτερη βαθμολογία μετά την διδακτική παρέμβαση.

Τελικό ερωτηματολόγιο – οι μαθητές αξιολογούν την διδακτική παρέμβαση και το διδακτικό υλικό

Κατά την διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης οι μαθητές εξέφρασαν αρκετές φορές θετικά συναισθήματα για το νέο πεδίο γνώσεων το οποίο γνώρισαν, για τον τρόπο που έγινε η παρουσίαση, για την δυνατότητα χρήσης του λογισμικού ΟΔΠΖ/ΝΧ προκειμένου να αποτυπωθεί η εικόνα μιας περιοχής και να γίνει ολοκληρωμένη διαχείριση της, αλλά και για το διδακτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε. Επιπλέον απάντησαν στο τρίτο ερωτηματολόγιο. Στο παρακάτω γράφημα 2, μπορούμε να δούμε το άθροισμα των βαθμολογιών στις απαντήσεις για κάθε ερώτηση του τρίτου ερωτηματολογίου.

Γράφημα 2: Ραβδόγραμμα για το άθροισμα των απαντήσεων για κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου αξιολόγησης. Η οριζόντια γραμμή δείχνει το βέλτιστο αποτέλεσμα που είναι το 215.



Όλες οι ερωτήσεις συγκέντρωσαν υψηλή βαθμολογία. Επομένως αξιολόγησαν θετικά την διδακτική παρέμβαση και το υλικό που χρησιμοποιήθηκε.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η διαδικασία αξιολόγησης της διδακτικής παρέμβασης και του διδακτικού υλικού κατέδειξε τα εξής:

- Βελτίωση στο γνωστικό επίπεδο των συμμετεχόντων στην εκπαιδευτική διαδικασία. Πριν από την δράση ο μέσος όρος βαθμολογίας στο δεύτερο ερωτηματολόγιο ήταν 44,4% της βέλτιστης βαθμολογίας. Μετά την δράση έγινε 72,6%

- Βελτίωση στο επίπεδο των ικανοτήτων όπως προέκυψε από την ενασχόληση με το φύλλο εργασίας και το φύλλο αξιολόγησης
- Βελτίωση στο συναισθηματικό επίπεδο. Το υψηλό αποτέλεσμα στην συνολική βαθμολογία για κάθε ερώτηση στο τρίτο ερωτηματολόγιο, απηχεί τις θετικές στάσεις των παιδιών τόσο από την διδακτική παρέμβαση και το διδακτικό υλικό, όσο και από την χρήση του λογισμικού ΟΔΠΖ/NX

Επιπλέον έγινε φανερό από τις απαντήσεις των μαθητών αλλά και από την αποτελεσματικότητα της παρέμβασης ότι:

- Αυτή μπορεί να αποδοθεί σε σημαντικό βαθμό στις καινοτόμες μορφές διδασκαλίας και τεχνικές διδασκαλίας και μάθησης, όπως είναι οι ΤΠΕ, που αξιοποιούνται από το εκπαιδευτικό υλικό. Η χρήση τους προτείνεται σε όλα τα διδακτικά αντικείμενα αλλά και πιο ειδικά στην ΠΕ
- Η ΟΔΠΖ/NX αποτελεί θέμα πρωτότυπο και ελκυστικό για ένταξη στην ΠΕ και για ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού

Για τους λόγους που αναφέρθηκαν πιο πάνω θεωρείται ότι η παρούσα εργασία πέτυχε τους στόχους της και ότι το σχετικό διδακτικό υλικό μπορεί να ενταχθεί σε μια δράση που αφορά την διαχείριση του περιβάλλοντος στη ΔΕ.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κ. Γιώργο Τσιρτσή, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Επιστημών της Θάλασσας του Πανεπιστημίου Αιγαίου για την πολύτιμη βοήθεια του στην προσαρμογή του λογισμικού ΟΔΠΖ και τις παρατηρήσεις του στην στατιστική επεξεργασία των δεδομένων. Ευχαριστίες θα πρέπει ακόμα να αποδοθούν στην κ. Αικατερίνη Κλωνάρη, Επίκουρο Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου, για την πολύτιμη βοήθεια της στον σχεδιασμό των ερωτηματολογίων που ήταν βασικά για την διεξαγωγή της έρευνας, αλλά και γενικότερα για τις πολύτιμες συμβουλές της. Τέλος πρέπει να ευχαριστήσουμε όλους όσους συμμετείχαν στην έρευνα αλλά και στην διεξαγωγή της διδακτικής παρέμβασης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βαγιάννης, Π. (2014). *Ανάπτυξη και Αξιολόγηση Εκπαιδευτικού Υλικού για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης/Νησιωτικού Χώρου στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση*. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Π.Μ.Σ: Διαχείριση Παράκτιων περιοχών.
- DITTY Project, (2002). *Development of a Decision Support System for the management of Southern European lagoons*. *Center for Complex Systems Studies, University of Siena, Siena, Italy*.
- Javeau, C. (1996). *Η έρευνα με ερωτηματολόγιο. Το εγχειρίδιο του καλού ερευνητή*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Τζουρά, Μ. (2011). *Μικροί εξερευνητές στο μονοπάτι – ανακαλύπτουν την φύση και δημιουργούν γεωγραφικά δεδομένα με την χρήση Νέων Τεχνολογιών (GPS και GIS)*:

- Δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού.* Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Γεωγραφίας, Π.Μ.Σ: Γεωγραφία και Εφαρμοσμένη Γεωπληροφορική.
- Τσιρτσής, Γ. (2013). *Σύστημα Στήριξης Αποφάσεων (ΣΣΑ) για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση της Παράκτιας Ζώνης/Νησιωτικού Χώρου.* Σημειώσεις μαθήματος: Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας.
- Τσουκαλά, Α. (2013). *Σύστημα Στήριξης Αποφάσεων για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση της Παράκτιας Ζώνης: Ανάπτυξη εκπαιδευτικού λογισμικού.* Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Π.Μ.Σ: Διαχείριση Παράκτιων περιοχών.

Μαθηματικά Προβλήματα με Επιλογή Δεδομένων

Βασίλης Καραγιάννης

Μαθηματικός, M.Sc. στη Διδακτική και Μεθοδολογία των Μαθηματικών,
Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης
E-mail: vasilis_karagiannis@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εισήγηση προτείνουμε ένα νέο είδος μαθηματικών προβλημάτων τα Προβλήματα με Επιλογή Δεδομένων και παρουσιάζουμε ένα δείγμα τεσσάρων από αυτά. Τα ονομάζουμε έτσι διότι η φύση τους καθορίζεται από την ενσωμάτωση ενός δομικού στοιχείου των πραγματικών προβλημάτων, αυτού της επιλογής δεδομένων.

Τα προτεινόμενα προβλήματα μπορούν να αξιοποιηθούν στη διδασκαλία των μαθηματικών ως εργαλείο μάθησης, διότι:

- Συνεισφέρουν στη μεταγνώση με τη μορφή μετά-δεξιότητων.
- Συμβάλλουν στην εννοιολογική ανάπτυξη.
- Εγγενές χαρακτηριστικό τους είναι οι πολλαπλοί τρόποι επίλυσης. Και οι πολλαπλοί τρόποι επίλυσης συνδέονται με τη μαθηματική δημιουργικότητα.
- Προσθέτουν στις μαθηματικές δραστηριότητες τη διάσταση της διαφοροποίησης μεταξύ των μαθητών.
- Οι πολλαπλοί τρόποι επίλυσης διαβαθμισμένου γνωστικού επιπέδου, επιτρέπουν να αντιμετωπιστεί επιτυχώς το πρόβλημα από ένα ευρύ φάσμα μαθητών.
- Εξυπηρετούν καλύτερα τους διδακτικούς στόχους σε συνθήκες ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Επιλογή δεδομένων, μετά-δεξιότητες, εννοιολογική ανάπτυξη, ομαδοσυνεργατική διδασκαλία.

Η ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Το στοιχείο της επιλογής δεδομένων από τα πραγματικά προβλήματα στα μαθηματικά προβλήματα

Υπάρχει μια ανατροφοδότηση ανάμεσα στη πραγματική ζωή και τη διδασκαλία των μαθηματικών. Από τη μια, οι καταστάσεις της καθημερινότητας τροφοδοτούν με ιδέες το πώς διδάσκουμε μαθηματικά, από την άλλη, το τί μαθηματικά διδάσκονται οι μαθητές,

έχει επίδραση στη δημιουργία βιώσιμων τρόπων προσαρμογής σε τομείς της εμπειρίας τους και στην αντιμετώπιση καθημερινών προβλημάτων, όχι μόνο κατά τη διάρκεια της σχολικής ζωής τους αλλά και μετέπειτα.

Σε πολλά προβλήματα της καθημερινότητας, που η αντιμετώπισή τους δεν απαιτεί απαραίτητα μαθηματική γνώση, ενώ έχουμε στη διάθεσή μας μια σειρά δεδομένων που σχετίζονται με το πρόβλημα, χρησιμοποιούμε μόνο ένα μέρος από αυτά. Το ποια θα χρησιμοποιήσουμε εξαρτάται από τον τρόπο που σχεδιάζουμε να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα. Διαφορετικοί τρόποι αντιμετώπισης απαιτούν διαφορετικό συνδυασμό δεδομένων.

Η ιδέα είναι να μεταφέρουμε και να ενσωματώσουμε στο σχεδιασμό μαθηματικών δραστηριοτήτων το στοιχείο της επιλογής δεδομένων. Στα προβλήματα που προτείνουμε, ορισμένα από τα δεδομένα που απαιτούνται για την επίλυσή τους, επιλέγονται μέσα από ένα σύνολο δεδομένων από τον ίδιο το μαθητή. Τα προς επιλογή δεδομένα είναι τέτοια ώστε διαφορετικοί συνδυασμοί επιλογών, επιτρέπουν διαφορετικές στρατηγικές επίλυσης και μάλιστα κάθε στρατηγική επίλυσης σηματοδοτεί και διαφορετικό επίπεδο μαθηματικής σκέψης.

Το στοιχείο που διαφοροποιεί τα προτεινόμενα προβλήματα είναι η μη επιβεβλημένη χρήση όλων των δεδομένων. Κατά συνέπεια καταργείται η σχέση αντιστοίχισης ανάμεσα στο σύνολο των δεδομένων και τη λύση και παύει να ισχύει ο μονόδρομος που τα συνδέει και που προκαλεί αυτοματοποιημένες ενέργειες των μαθητών. Έτσι δίνεται χώρος για επιλογή και η διαδικασία επιλογής προϋποθέτει ερμηνεία και λήψη απόφασης.

Σύμφωνα με τον Glasersfeld (1983) θα ήταν λάθος να ισχυριστούμε ότι ένας οργανισμός που δρα και αντιδρά χωρίς να αναστοχάζεται, ερμηνεύει. Η ερμηνεία υποδηλώνει αντίληψη περισσότερων της μιας δυνατότητας, περίσκεψη, σκοπιμότητα και ορθολογιστικά ελεγχόμενη επιλογή. Δεν είναι αρκετό να γνωρίζει κανείς τι κάνει, αλλά να ξέρει γιατί αυτό που κάνει είναι σωστό.

Ο νομπελίστας ιατρικής Edelman (1992), υποστηρίζει ότι η διεργασία της επιλογής είναι χαρακτηριστικό του εγκεφάλου και ακριβώς αυτή η δυνατότητα διεργασίας διαφοροποιεί τα υποκείμενα ως προς τη μάθηση. Προτείνει μια επιλεκτική θεωρία της λειτουργίας του εγκεφάλου, τη θεωρία επιλογής νευρωνικών ομάδων (TNGS), –αποκαλείται «Νευρωνικός Δαρβινισμός» – η οποία εξηγεί το συνεχές προσαρμοστικό ταίριασμα των οργανισμών στα γεγονότα του περιβάλλοντος, ακόμα και όταν αυτά τα γεγονότα δεν είναι δυνατόν να προβλεφτούν, δηλαδή ακόμα και όταν συνιστούν νεωτερισμούς του περιβάλλοντος.

Η διεργασία της επιλογής, ως βασικό γνώρισμα της λειτουργίας του εγκεφάλου και ως βασική προϋπόθεση της εκδήλωσης συμπεριφορών, ενισχύει την πρόθεσή μας να δημιουργήσουμε μαθηματικά προβλήματα, που η επίλυσή τους απαιτεί την επιλογή δεδομένων. Η ενσωμάτωση του στοιχείου της επιλογής δεδομένων στα μαθηματικά προβλήματα, αποβλέπει στο να δημιουργήσει καταστάσεις ελέγχου και συντονισμού των γνώσεων, σκόπιμης επιλογής και λήψης αποφάσεων. Στόχος είναι η λύση να παραχθεί μέσω της συνειδητής κατανόησης του τι κάνω και γιατί το κάνω, παρά να σχηματιστεί μέσω ανύσχυρης και αντιστοίχισης αποθηκευμένων γνώσεων. Για τη διδασκαλία που έχει

ως βασικό συστατικό τα προβλήματα με επιλογή δεδομένων, πρωταρχικής σημασίας είναι η επιστημολογική αρχή της προσαρμογής, δηλαδή της επιλογής, παρά της αντιστοίχισης.

Ένα παράδειγμα πραγματικού προβλήματος ως οδηγός

Το ακόλουθο πραγματικό πρόβλημα, θα λειτουργήσει ως οδηγός για τη μετάβαση στα μαθηματικά προβλήματα με επιλογή δεδομένων.

Πραγματικό πρόβλημα

Η προβληματική κατάσταση αφορά την κατασκευή ντουλαπιών στην κουζίνα του σπιτιού μας. Έχουμε ήδη αποφασίσει για το είδος του ξύλου και μετά από έρευνα αγοράς έχουμε στη διάθεσή μας τα εξής δεδομένα:

- *Μέτρηση διαστάσεων της κουζίνας από ειδικό: 50€*
- *Αγορά συναρμολογημένων ντουλαπιών: 1800€*
- *Τοποθέτηση ντουλαπιών από ειδικό: 300€*
- *Αγορά ξυλείας: 800€*
- *Κοπή ξυλείας σε κομμάτια που χρειαζόμαστε: 200€*
- *Μηχανικά εξαρτήματα (μεντεσέδες, πόμολα): 100€*

Περιγράφουμε τον τρόπο αντιμετώπισης τεσσάρων διαφορετικών ατόμων:

- Ο Α εκτιμά ότι μπορεί να μετρήσει τις διαστάσεις της κουζίνας, αλλά ότι δεν έχει την ικανότητα ούτε να κόψει την ξυλεία, ούτε να συναρμολογήσει τα ντουλάπια, ούτε να τα τοποθετήσει, οπότε αποφασίζει να αγοράσει έτοιμα τα ντουλάπια και να πληρώσει τον ειδικό να τα τοποθετήσει, κόστος $1800+300=2100€$.
- Ο Β, αφού εκτίμησε τι μπορεί και τι δεν μπορεί να κάνει, αποφασίζει να αγοράσει την ξυλεία, να τη δώσει για κοπή, να αγοράσει τα μηχανικά εξαρτήματα και να καλέσει τον ειδικό για τοποθέτηση, κόστος $800+200+300+100=1400€$.
- Ο Γ αποφασίζει να αγοράσει τα μηχανικά εξαρτήματα και την ξυλεία και να τη δώσει για κοπή, κόστος $800+200+100=1100€$.
- Ο Δ εκτιμά ότι μπορεί να τα κάνει όλα μόνος του, οπότε αποφασίζει να αγοράσει μόνο την ξυλεία και τα μηχανικά εξαρτήματα, κόστος $800+100=900€$.

Διακρίνουμε τέσσερις διαφορετικές στρατηγικές επίλυσης, με διαφορετικό κόστος για την καθεμία και παρατηρούμε ότι κάθε στρατηγική χρησιμοποιεί διαφορετικό συνδυασμό δεδομένων. Το κόστος για κάθε δεδομένο μπορούμε να το φανταστούμε ως κόστος πρόσβασης, ενώ το κόστος επίλυσης κάθε στρατηγικής ως το άθροισμα από τα κόστη πρόσβασης των δεδομένων που χρησιμοποιεί.

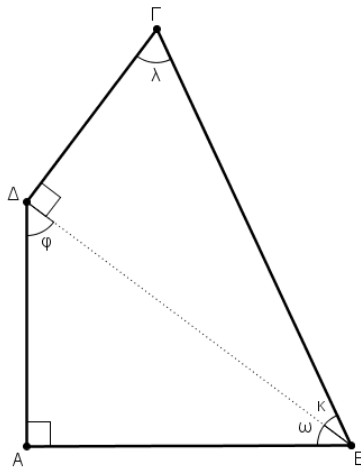
Αν κρίνουμε την ικανότητα κάθε εμπλεκόμενου στην κατασκευή των ντουλαπιών μέσω του τρόπου που αντιμετώπισε το πρόβλημα, παρατηρούμε ότι το επίπεδο ικανότητας σηματοδοτείται από το κόστος της στρατηγικής που υλοποίησε. Όσο μικρότερο είναι το κόστος επίλυσης τόσο υψηλότερο είναι το επίπεδο ικανότητας.

Η μετάβαση στα προβλήματα με επιλογή δεδομένων

Ενσωματώνοντας το στοιχείο της επιλογής δεδομένων και τη σύμβαση του κόστους πρόσβασης, όπως αυτά απορρέουν από το προηγούμενο πραγματικό πρόβλημα, ανασκευάζουμε ένα σύνηθες μαθηματικό πρόβλημα και το μετατρέπουμε σε πρόβλημα με επιλογή δεδομένων ως εξής:

ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΜΕ ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Θέλουμε να περιφράξουμε τον κήπο $AB\Gamma\Delta$ του παρακάτω σχήματος, με συρματόπλεγμα το οποίο πωλείται σε ρολά των 3 μέτρων που το καθένα κοστίζει 25 €. Να υπολογίσετε το κόστος της περιφράξης.



Έχετε τη δυνατότητα να πληροφορηθείτε:

1. Το μήκος της πλευράς $AB = \dots\dots\dots$ (κόστος 4)
2. Το μήκος της πλευράς $AD = \dots\dots\dots$ (κόστος 4)
3. Το μήκος της πλευράς $B\Gamma = \dots\dots\dots$ (κόστος 2)
4. Το μήκος της πλευράς $\Gamma\Delta = \dots\dots\dots$ (κόστος 2)
5. Το μέτρο της γωνίας $\kappa = \dots\dots\dots$ (κόστος 3)
6. Το μέτρο της γωνίας $\lambda = \dots\dots\dots$ (κόστος 3)
7. Το μέτρο της γωνίας $\omega = \dots\dots\dots$ (κόστος 2)
8. Το μέτρο της γωνίας $\varphi = \dots\dots\dots$ (κόστος 2)

Να λύσετε το πρόβλημα με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Για την επίλυση του προβλήματος θα χρησιμοποιήσουμε οπωσδήποτε τα αρχικά δεδομένα, προφανώς όμως δεν είναι αρκετά, χρειαζόμαστε και κάποια από τα προς επιλογή δεδομένα. Για να αποκτήσουμε τη δυνατότητα πρόσβασης σε οποιοδήποτε από αυτά, πρέπει να «επωμιστούμε» το αντίστοιχο «κόστος πρόσβασης». Τα αρχικά δεδομένα μαζί με τα επιλεγμένα αποτελούν τα απαιτούμενα δεδομένα μιας στρατηγικής επίλυσης. Το

άθροισμα από τα κόστη πρόσβασης των επιλεγμένων δεδομένων εκφράζει το «κόστος επίλυσης» της συγκεκριμένης στρατηγικής.

Το μικρότερο κόστος επίλυσης του συγκεκριμένου προβλήματος είναι 6 και αντιστοιχεί σε δύο στρατηγικές: Ζητάμε πρόσβαση σε τρία δεδομένα, στο μήκος των πλευρών ΒΓ και ΓΔ και στο μέτρο της γωνίας ω ή της γωνίας φ . Εφαρμόζουμε πυθαγόρειο θεώρημα στο τρίγωνο ΒΓΔ για να υπολογίσουμε την πλευρά ΒΔ και στη συνέχεια κατάλληλους τριγωνομετρικούς αριθμούς στο τρίγωνο ΑΒΔ για να υπολογίσουμε τις πλευρές ΑΒ και ΑΔ του κήπου.

Συνολικά οι διαφορετικοί τρόποι επίλυσης του συγκεκριμένου προβλήματος είναι 45. Αν τους κατηγοριοποιήσουμε με βάση ποιες βασικές μαθηματικές γνώσεις ή συνδυασμό γνώσεων απαιτεί η εφαρμογή τους, προκύπτουν οι επόμενες τέσσερις κατηγορίες:

1^η: Να ζητήσουμε πρόσβαση στις τέσσερις πλευρές του κήπου και να μη χρησιμοποιήσουμε ούτε πυθαγόρειο θεώρημα, ούτε τριγωνομετρικούς αριθμούς. Ένας τρόπος επίλυσης με κόστος 12.

2^η: Να ζητήσουμε πρόσβαση σε τρεις οποιεσδήποτε πλευρές του κήπου και να χρησιμοποιήσουμε μόνο πυθαγόρειο θεώρημα. Τέσσερις διαφορετικοί τρόποι επίλυσης με ελάχιστο κόστος 8 και μέγιστο 10.

3^η: Να χρησιμοποιήσουμε μόνο τριγωνομετρικούς αριθμούς. Είκοσι διαφορετικοί τρόποι επίλυσης με ελάχιστο κόστος 7 και μέγιστο 10.

4^η: Να χρησιμοποιήσουμε συνδυασμό πυθαγόρειου θεωρήματος και τριγωνομετρικών αριθμών. Είκοσι διαφορετικοί τρόποι επίλυσης με ελάχιστο κόστος 6 και μέγιστο 11.

Για να επιτύχουν οι μαθητές το ελάχιστο κόστος επίλυσης πρέπει, όχι μόνο να κάνουν χρήση πυθαγόρειου θεωρήματος και τριγωνομετρικών αριθμών, αλλά και να τα συνδυάσουν κατάλληλα.

Η ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ

Τα προβλήματα με επιλογή δεδομένων, ως πρόταση για ένα νέο είδος μαθηματικών προβλημάτων και η συνεισφορά τους στην ανάπτυξη της μαθηματικής σκέψης, αποτέλεσαν το αντικείμενο της διπλωματικής μου εργασίας (Καραγιάννης 2013).

Το γενικό ερευνητικό πρόβλημα, σχετικά με τα προτεινόμενα προβλήματα, είναι κατά πόσο συμβάλλουν στην ανάπτυξη της μαθηματικής σκέψης και υπό ποιες συνθήκες διδασκαλίας μπορούν να λειτουργήσουν ως εργαλείο μάθησης των μαθηματικών.

Σκοπός της έρευνας που πραγματοποιήσαμε στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας, ήταν να διερευνήσουμε ορισμένες πτυχές αυτού του ερευνητικού προβλήματος.

Συγκεκριμένα επιχειρήσαμε να απαντήσουμε σε δύο ερωτήματα:

1. Τα προτεινόμενα προβλήματα συνεισφέρουν στην ανάπτυξη μετά-δεξιοτήτων;
2. Τα προτεινόμενα προβλήματα συμβάλλουν στην εννοιολογική ανάπτυξη; Ευνοούν τη μετάβαση από το λειτουργικό στο δομικό επίπεδο κατανόησης;

Η ερμηνεία των ευρημάτων της έρευνας και η εξαγωγή συμπερασμάτων στηρίχθηκε στο παρακάτω θεωρητικό πλαίσιο.

Θεωρητικό πλαίσιο – αποτελέσματα της έρευνας

Σύμφωνα με τον Mayer (1998) η επιτυχής επίλυση προβλημάτων εξαρτάται από τις γνωστικές δεξιότητες, τις μεταγνωστικές δεξιότητες και τη βούληση. Οι γνωστικές δεξιότητες είναι οι βασικές δεξιότητες και αναπτύσσονται στοχευμένα και μεμονωμένα. Οι μεταγνωστικές δεξιότητες είναι η μεταγνώση με τη μορφή μετά-δεξιοτήτων και αφορούν την ικανότητα του μαθητή να ελέγχει και να παρακολουθεί τις γνωστικές διεργασίες του. Είναι κεντρική συνιστώσα στην επίλυση προβλημάτων, διότι υποδηλώνει την ικανότητα διαχείρισης και συντονισμού βασικών δεξιοτήτων.

Δεδομένου ότι στα προτεινόμενα προβλήματα κάθε στρατηγική επίλυσης απαιτεί χρήση διαφορετικών γνωστικών δεξιοτήτων, η ανάπτυξη στρατηγικών επίλυσης προϋποθέτει συντονισμό, έλεγχο και διαχείριση της γνώσης, δηλαδή μεταγνωστική ικανότητα με τη μορφή μετά-δεξιοτήτων. Κατά συνέπεια, τα προβλήματα με επιλογή δεδομένων μπορούν να συνεισφέρουν στον τομέα των μετά-δεξιοτήτων, αρκεί οι μαθητές, στην προσπάθειά τους να μειώσουν το κόστος επίλυσης, να αναπτύξουν όσο το δυνατόν περισσότερες στρατηγικές επίλυσης.

Η έρευνα έδειξε ότι κάθε ομάδα μαθητών, στην προσπάθεια αναζήτησης της βέλτιστης στρατηγικής, ανέπτυξε ικανοποιητικό πλήθος στρατηγικών επίλυσης. Μαθητές με ενεργητική διάθεση μπόρεσαν στη διαδικασία να επιχειρηματολογήσουν και να δικαιολογήσουν την επιλογή τους ή και να κρίνουν τις επιλογές των συμμαθητών τους, να αποστασιοποιηθούν από τη δράση τους και να την εκλάβουν ως αντικείμενο αναστοχασμού (Καραγιάννης 2013, Καραγιάννης 2014).

Μια άλλη θεωρία που μας βοηθά να ερμηνεύσουμε τη σημασία των προτεινόμενων προβλημάτων, είναι το μοντέλο εννοιολογικής ανάπτυξης της Sfard (1992). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, μια μαθηματική έννοια την κατανοούμε σ' ένα αρχικό επίπεδο με βάση τη λειτουργία της, δηλαδή τη βλέπουμε ως σύνολο ενεργειών μιας διαδικασίας, ενώ σ' ένα ανώτερο επίπεδο με βάση τη δομή της, δηλαδή ως ένα πλήρες μαθηματικό αντικείμενο με ιδιαίτερα δομικά χαρακτηριστικά.

Οι μαθητές, στην προσπάθεια αναζήτησης της βέλτιστης στρατηγικής, αναπτύσσουν πολλαπλούς τρόπους επίλυσης, κατά συνέπεια διαχειρίζονται, συντονίζουν και συνδυάζουν μαθηματικές διαδικασίες, προσπαθώντας να κάνουν συγκρίσεις και γενικεύσεις. Αυτή η νοητική διεργασία βοηθάει στο να «δουν» τις διαδικασίες αυτές ως δομή, να τις σκέφτονται με βάση τις σχέσεις εισόδου-εξόδου, κατά συνέπεια ευνοεί τη μετάβαση από το λειτουργικό στο δομικό επίπεδο κατανόησης.

Η έρευνα έδειξε ότι οι μαθητές, στην προσπάθεια αναζήτησης της βέλτιστης στρατηγικής, είχαν την ευκαιρία να διαχειριστούν κατ' εξακολούθηση τις μαθηματικές έννοιες βάσει των δομικών τους χαρακτηριστικών. Ανιχνεύσαμε περίπτωση μαθήτριας που, κατά τη διάρκεια της παρέμβασης, μετακινήθηκε από το λειτουργικό στο δομικό επίπεδο κατανόησης (Καραγιάννης 2013, Καραγιάννης 2014).

Δανειζόμαστε μια έννοια του χώρου λύσεων που προτείνουν οι Leikin και Lev (2007) και την προσαρμόζουμε στα προτεινόμενα προβλήματα ως εξής:

Για ένα πρόβλημα με επιλογή δεδομένων, ο **ατομικός χώρος λύσεων** αφορά τον κάθε μαθητή προσωπικά και χωρίζεται σε δύο υποσύνολα ξένα μεταξύ τους. Τον **διαθέσιμο χώρο λύσεων**, στον οποίο ανήκουν όλες οι στρατηγικές επίλυσης που μπορεί να αναπτύξει ο μαθητής μόνος του και ανεξάρτητα, χωρίς τη βοήθεια του καθηγητή ή των συμμαθητών του και τον **δυναμικό χώρο λύσεων**, στον οποίο ανήκουν όλες οι στρατηγικές επίλυσης που μπορεί να αναπτύξει ο μαθητής με τη βοήθεια του καθηγητή ή των συμμαθητών του, αλλά όχι μόνος του. Οι στρατηγικές αυτές ανταποκρίνονται στην προσωπική ZPD του μαθητή (Vygotsky, 1978).

Ο ατομικός χώρος λύσεων καθορίζεται από όλες τις στρατηγικές που ανέπτυξε ο μαθητής, μέχρι να φτάσει σ' αυτή που τελικά εφάρμοσε. Για τη μαθησιακή διαδικασία έχει μεγάλη σημασία η δημιουργία δυναμικού χώρου λύσεων, διότι οι λύσεις που ανήκουν εκεί, βρίσκονται στη ZPD του μαθητή και καθορίζουν το εν δυνάμει αναπτυξιακό του επίπεδο. Σύμφωνα με τον Lerman (2001) η ZPD δεν είναι κάτι που ο μαθητής φέρει μαζί του, δεν εμφανίζεται πριν την αλληλεπίδραση με τους συμμαθητές του ή τον καθηγητή, η ανάδυσή της μπορεί να προκληθεί μόνο μέσω της επικοινωνίας και της διαπραγμάτευσης. Σύμφωνα με τον Lerman οι ZPD δύο μαθητών μπορούν να περιγραφούν ως επικαλυπτόμενες ζώνες, όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα. Στην κοινή ζώνη που δημιουργείται, όταν δημιουργείται, συντελείται η μάθηση.



Στην περίπτωση των προτεινόμενων προβλημάτων, οι δύο ZPD ταυτίζονται με τους δυναμικούς χώρους στρατηγικών επίλυσης των δύο μαθητών. Στην κοινή ζώνη ανήκουν οι στρατηγικές, που την προκειμένη στιγμή δεν θα μπορούσε κανένας από τους δύο να τις αναπτύξει μόνος του και ανεξάρτητα, αλλά θα μπορούσαν να τις αναπτύξουν σε συνθήκες επικοινωνίας, συνεργασίας και διαπραγμάτευσης μεταξύ τους ή με τον καθηγητή.

Έχει ιδιαίτερη βαρύτητα οι συνθήκες εμπλοκής των μαθητών με τα προτεινόμενα προβλήματα να ευνοούν την ανάπτυξη επικαλυπτόμενων δυναμικών χώρων λύσεων, διότι τότε συντελείται και αναπτύσσεται η μάθηση. Συνεπώς, η ενασχόληση των μαθητών με τα προτεινόμενα προβλήματα γίνεται περισσότερο αποτελεσματική στη μαθησιακή διαδικασία σε συνθήκες ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας.

Στην έρευνα διαπιστώσαμε ξεκάθαρα ότι σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις μαθηματικής επικοινωνίας των μαθητών, επετεύχθη ανάπτυξη επικαλυπτόμενων δυναμικών χώρων λύσεων, δηλαδή στη δημιουργία επικαλυπτόμενων ZPD, που σηματοδοτεί ότι οι μαθητές αυτοί μπήκαν σε διαδικασία μάθησης (Καραγιάννης 2013, Καραγιάννης 2014).

Συμπεράσματα της έρευνας

Η έρευνα ήταν ποιοτική και διενεργήθηκε κατά το σχολικό έτος 2012–13 σ' ένα τυπικό Γυμνάσιο του κέντρου της Αθήνας. Συμμετείχαν οι μαθητές τριών τμημάτων της Α' τάξης και ενός της Β' τάξης.

Βάσει των αποτελεσμάτων της έρευνας (Καραγιάννης 2013, Καραγιάννης 2014), το συμπέρασμα που προέκυψε ήταν ότι η ενασχόληση των μαθητών με τα προτεινόμενα προβλήματα σε συνθήκες ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας, συνεισφέρει τόσο στις μετά-δεξιότητες όσο και στην εννοιολογική ανάπτυξη υπό δύο προϋποθέσεις.

Πρώτον, ο μαθητής πρέπει να κατέχει τις βασικές γνωστικές δεξιότητες που απαιτεί το πρόβλημα. Μαθητές χωρίς τη γνώση των προαπαιτούμενων βασικών μαθηματικών δεξιοτήτων δεν μπορούν να συμμετάσχουν στη μαθηματική επικοινωνία, ως εκ τούτου δεν ωφελούνται διδακτικά. Άλλωστε, τα προτεινόμενα προβλήματα, λόγω της φύσης τους, δεν ενδείκνυνται για την εκμάθηση βασικών μαθηματικών δεξιοτήτων.

Δεύτερον, ο μαθητής πρέπει να έχει τη βούληση να συμμετάσχει σε μαθηματικές δραστηριότητες και μάλιστα σε πρακτικές συνεργατικής μάθησης. Πρέπει να επιδειξει ενεργητική στάση, πνεύμα συνεργασίας και διάθεση να δραστηριοποιηθεί. Οι ενεργά συμμετέχοντες μαθητές ωφελούνται πολλαπλώς από την εμπλοκή τους με τα προτεινόμενα προβλήματα.

Σκέψεις και ερωτήματα

Τα προβλήματα με επιλογή δεδομένων τα δοκιμάσαμε στην πράξη κι' άλλες φορές, πέρα από την έρευνα που αναφέραμε, πάντα σε πραγματική τάξη και σε συνθήκες ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας. Από την εμπειρία αυτή, αλλά και από την ίδια τη φύση των προτεινόμενων προβλημάτων, απορρέουν οι παρακάτω σκέψεις και προβληματισμοί:

- Ένα πλεονέκτημά τους είναι ότι επιτρέπουν στους μαθητές να εμπλακούν με το ίδιο πρόβλημα σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, ώστε κάθε φορά, εφαρμόζοντας τη νέα γνώση να μειώνουν το κόστος επίλυσης. Για παράδειγμα, το πρόβλημα που αναφέραμε, οι μαθητές μπορούν να το επιλύσουν πριν τη διδασκαλία του πυθαγόρειου θεωρήματος με κόστος 12, μετά τη διδασκαλία του πυθαγόρειου θεωρήματος με ελάχιστο κόστος 8, ενώ μετά και τη διδασκαλία των τριγωνομετρικών αριθμών με ελάχιστο κόστος 6. Θεωρούμε ότι αυτή η διδακτική πρακτική, συμβάλλει στη σύνδεση της παλιάς με τη νέα γνώση. Βοηθάει τους μαθητές να δουν τη μία ως συνέχεια της άλλης, και τις δύο ως μέρη μιας ενιαίας μαθηματικής ολότητας και όχι ξεκομμένες και ασυσχέτιστες μεταξύ τους.
- Η εκχώρηση της επιλογής δεδομένων στους ίδιους τους μαθητές, δημιουργεί μια άλλου είδους σχέση ανάμεσα στο μαθητή και την πορεία επίλυσης. Η πορεία επίλυσης δεν προκαθορίζεται από το ίδιο το πρόβλημα, αλλά ο μαθητής, παρεμβαίνοντας μέσω της επιλογής δεδομένων, συμμετέχει ενεργά στον καθορισμό της. Η διαδρομή επίλυσης δεν υπάρχει κάπου «έξω» και «πάνω» από τον μαθητή και ο ίδιος καλείται να την ανακαλύψει, αντίθετα, προσπαθεί να την επινοήσει και να τη χαράξει. Το ερώτημα είναι αν αυτό το πλαίσιο δημιουργεί κίνητρα ενδιαφέροντος, αν ενισχύει τη βούληση του μαθητή να σχοληθεί με μαθηματικά προβλήματα.
- Όσες στρατηγικές επίλυσης αναπτύσσουν οι μαθητές κατά την ενασχόλησή τους με κάποιο προτεινόμενο πρόβλημα, στην ουσία τόσα διαφορετικά προβλήματα εν μέρει κατασκευάζουν και επιλύουν. Τα αρχικά δεδομένα μαζί με κάθε συνδυασμό των προς επίλυση δεδομένων που οδηγεί σε έναν τρόπο επίλυσης, συγκροτούν και ένα διαφορετικό πρόβλημα. Έτσι, η κατασκευή και η επίλυση διενεργούνται ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα,

οι μαθητές να μην τις βλέπουν ως δύο διακριτές διαδικασίες όπως γίνεται συνήθως. Δεν καταπιάνονται μόνο με τη μία, την επίλυση, αλλά και με τις δύο ως αλληλοεξαρτώμενες δικές τους δράσεις.

- Οι πολλαπλοί τρόποι επίλυσης διαβαθμισμένου γνωστικού επιπέδου, επιτρέπουν να αντιμετωπιστεί επιτυχώς το πρόβλημα από ένα ευρύ φάσμα μαθητών. Ανεξάρτητα αν το κόστος επίλυσης είναι μικρό ή μεγάλο, κάθε μαθητής που εντόπισε έναν τρόπο επίλυσης, συνειδητοποιεί ότι έλυσε το πρόβλημα, ότι πέτυχε και όχι ότι απέτυχε. Για ορισμένους μαθητές η αποτυχία στα μαθηματικά είναι καθεστώς. Συνήθως ξεκινάει από διαδοχικές αποτυχίες και εξελίσσεται σε απροθυμία, αδιαφορία και αποστροφή για το ίδιο το μάθημα των μαθηματικών. Γι' αυτούς τους μαθητές ίσως είναι πρωτόγνωρο να λύσουν ένα πρόβλημα, έστω και με υψηλό κόστος επίλυσης. Το ερώτημα είναι αν αυτό μπορεί να λειτουργήσει θετικά, ώστε να δουν με άλλο μάτι και τα μαθηματικά και τις ικανότητές τους στα μαθηματικά.
- Το στοιχείο της επιλογής δεδομένων δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να αντιμετωπίσουν ένα πρόβλημα τέτοιου είδους από εντελώς διαφορετικούς δρόμους, χρησιμοποιώντας διαφορετικές βασικές γνώσεις ή και διαφορετικούς συνδυασμούς γνώσεων. Αυτό έχει ως συνέπεια να παρατηρούμε σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των μαθητών, όταν εμπλέκονται με τα εν λόγω προβλήματα: χρήζει δε ιδιαίτερης σημασίας, διότι προσθέτει στις μαθηματικές δραστηριότητες τη διάσταση της διαφοροποίησης που κατά βάση απουσιάζει.

Σπάνια παρατηρούμε σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των μαθητών που έλυσαν ένα σύνηθες μαθηματικό πρόβλημα, διότι, συνήθως, υπάρχει μόνο ένας δρόμος που οδηγεί στη λύση. Ακόμα και στις ελάχιστες περιπτώσεις προβλημάτων με πολλαπλούς τρόπους επίλυσης, ο μονόδρομος που συνδέει το σύνολο των δεδομένων με οποιονδήποτε από τους δυνατούς τρόπους επίλυσης, υφίσταται και δημιουργεί ένα ασφυκτικό πλαίσιο που δεν επιτρέπει σημαντικές διαφοροποιήσεις.

Όταν οι μαθητές καλούνται να λύσουν ένα σύνηθες μαθηματικό πρόβλημα, κατά βάση χωρίζονται σε δύο μόνο γνωστικά επίπεδα, σ' αυτούς που το έλυσαν και σ' αυτούς που δεν το έλυσαν· επιπλέον δε, η διαφοροποίηση εντός καθενός επιπέδου, είτε απουσιάζει είτε είναι ασήμαντη και καθόλου ευδιάκριτη.

Για τα προτεινόμενα προβλήματα φαίνεται να μην ισχύει το ίδιο. Οι πολλαπλοί τρόποι επίλυσης διαφορετικού γνωστικού επιπέδου, δημιουργούν σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς την ικανότητα διαχείρισης, συντονισμού και εφαρμογής των βασικών μαθηματικών γνώσεων.

Ας υποθέσουμε ότι μαθητές της Β' γυμνασίου που έχουν διδαχθεί και το πυθαγόρειο θεώρημα και τους τριγωνομετρικούς αριθμούς, εμπλέκονται με το πρόβλημα που αναφέραμε. Θυμίζουμε ότι το συγκεκριμένο πρόβλημα έχει 45 διαφορετικούς τρόπους επίλυσης, τους οποίους χωρίσαμε σε 4 κατηγορίες ανάλογα με το ποιες μαθηματικές γνώσεις ή συνδυασμούς γνώσεων απαιτεί η εφαρμογή τους.

Άρα, ένα πρώτο επίπεδο διαφοροποίησης έχει να κάνει με την κατηγορία στην οποία ανήκει ο τρόπος επίλυσης που ο κάθε μαθητής υλοποίησε. Αν ανήκει στην 1^η κατηγορία, τότε ο μαθητής δεν μπορεί να εφαρμόσει καμία από τις δύο νέες μαθηματικές γνώσεις,

μπορεί όμως να λύσει το πρόβλημα εφαρμόζοντας γνώσεις προηγούμενων τάξεων. Αν ανήκει στη 2^η κατηγορία, ο μαθητής μπορεί να εφαρμόσει το πυθαγόρειο θεώρημα, αν ανήκει στην 3^η, μπορεί να εφαρμόσει τους τριγωνομετρικούς αριθμούς, ενώ αν ανήκει στην 4^η, ο μαθητής έχει την ικανότητα και να εφαρμόσει και να συνδυάσει τις δύο αυτές μαθηματικές γνώσεις.

Ένα δεύτερο επίπεδο διαφοροποίησης αφορά τους τρόπους επίλυσης κάθε κατηγορίας ξεχωριστά. Για παράδειγμα, αν ο τρόπος επίλυσης ανήκει στην 4^η κατηγορία στρατηγικών επίλυσης και έχει κόστος 6, τότε ο μαθητής έχει την ικανότητα να συνδυάσει κατάλληλα τις δύο βασικές γνώσεις: αν όμως το κόστος επίλυσης είναι μεγαλύτερο, τότε ο μαθητής μπορεί να τις συνδυάσει αλλά όχι κατάλληλα.

- Μια προοπτική και μια εναλλακτική μορφή των προβλημάτων με επιλογή δεδομένων είναι, τα προς επιλογή δεδομένα να μην προκαθορίζονται εξ' αρχής, αλλά να τα αναζητούν και να τα συλλέγουν οι ίδιοι οι μαθητές χωρίς κανένα περιορισμό. Τέτοιου είδους προβλήματα θα λέγαμε ότι είναι μαθηματικά προβλήματα αναζήτησης και συλλογής δεδομένων.
- Τα προτεινόμενα προβλήματα φαίνεται να είναι πιο κοντά στη φύση των πραγματικών προβλημάτων. Σ' ένα πραγματικό πρόβλημα πάντα τίθεται το ερώτημα, όχι όμως το ποια δεδομένα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε αναγκαστικά για να το αντιμετωπίσουμε. Σε μια καθημερινή προβληματική κατάσταση, συνήθως μας δίνεται η δυνατότητα της επιλογής δεδομένων.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στο βιβλίο «Μαθηματικά Προβλήματα με Επιλογή Δεδομένων» (Καραγιάννης 2015) περιέχονται 50 προβλήματα με επιλογή δεδομένων που αφορούν το σύνολο σχεδόν της ύλης των μαθηματικών Γυμνασίου και Λυκείου. Στην παρούσα εισήγηση παρουσιάζουμε τρία από τα εν λόγω προβλήματα.

1. Κυλιόμενος διάδρομος

Διδακτικός στόχος: Οι μαθητές να ασκηθούν στη διαχείριση της πολυπλοκότητας, στη διάκριση και στην επιλογή για να λύσουν ένα πρόβλημα. Να χρησιμοποιούν διατεταγμένα ζεύγη για να αναπαριστούν πληροφορίες από την καθημερινή ζωή, να ερμηνεύουν τη γραφική παράσταση συνάρτησης για να επιλύσουν ένα πρόβλημα, να αντλούν πληροφορίες από το διάγραμμά της, να τις μεταφράζουν και να τις μετατρέπουν σε δεδομένα μιας πραγματικής κατάστασης και αντίστροφα. Να βοηθηθούν στο να χειρίζονται διαφορετικές αναπαραστάσεις της συνάρτησης – τύπος και γραφική παράσταση – να τις αντιλαμβάνονται ως δύο όψεις του ίδιου μαθηματικού αντικειμένου, της συνάρτησης και να μπορούν να μεταβαίνουν από τη μία στην άλλη. Να αναγνωρίζουν τη σημασία του συντελεστή διεύθυνσης της ευθείας $y = ax$.

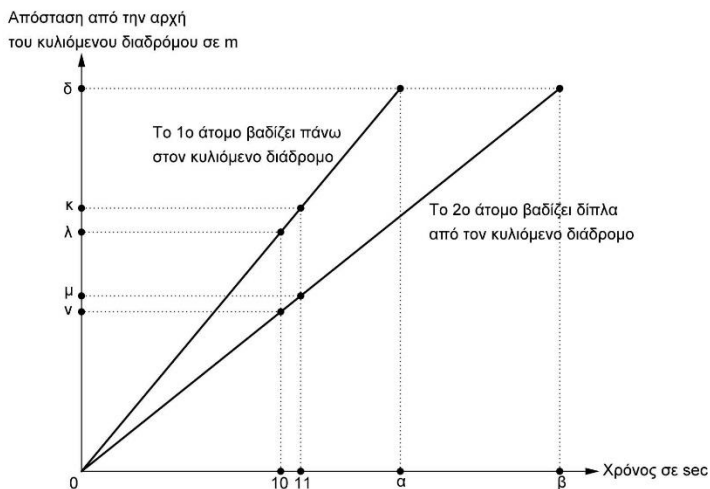
Απευθύνεται: κυρίως σε μαθητές της Β' Γυμνασίου αλλά και της Α' Λυκείου.

Προσπαιτούμενες μαθηματικές γνώσεις: Οι μαθητές πρέπει να γνωρίζουν την έννοια των καρτεσιανών συντεταγμένων, τα βασικά στοιχεία της έννοιας της συνάρτησης και τις ιδιότητες της ευθείας $y=ax$. Να υπολογίζουν την κλίση ευθείας, είτε εφαρμόζοντας το

λόγο μεταβολής (αφορά τους μαθητές της Α΄ Λυκείου), είτε αξιοποιώντας ότι η κλίση εκφράζει τη σταθερή μεταβολή του y για οποιαδήποτε μοναδιαία αύξηση του x .

ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΜΕ ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Το παρακάτω διάγραμμα απόσταση – χρόνος συγκρίνει την κίνηση δύο ατόμων, όταν το 1^ο άτομο βαδίζει πάνω σε έναν κυλιόμενο διάδρομο, ενώ το 2^ο βαδίζει δίπλα από τον κυλιόμενο διάδρομο. Αν τα δύο άτομα βαδίζουν με τον ίδιο «βηματισμό», να υπολογίσετε το χρόνο που χρειάζεται για να φτάσει στο τέλος του διαδρόμου ένα 3^ο άτομο που στέκεται ακίνητο πάνω στον κυλιόμενο διάδρομο.



Έχετε τη δυνατότητα να πληροφορηθείτε:

1. Το μήκος του κυλιόμενου διαδρόμου: (κόστος 5)
2. Το χρόνο του 1^{ου} ατόμου: (κόστος 7)
3. Το χρόνο του 2^{ου} ατόμου: (κόστος 7)
4. Τον αριθμό δ : (κόστος 3)
5. Τον αριθμό α : (κόστος 6)
6. Τον αριθμό β : (κόστος 6)
7. Τον τύπο της ευθείας της κίνησης του 1ου ατόμου: (κόστος 4)
8. Τον τύπο της ευθείας της κίνησης του 2ου ατόμου: (κόστος 4)
9. Τον αριθμό κ : (κόστος 3)
10. Τον αριθμό λ : (κόστος 3)
11. Τη διαφορά $\kappa-\lambda$: (κόστος 2)
12. Τον αριθμό μ : (κόστος 3)
13. Τον αριθμό ν : (κόστος 3)
14. Τη διαφορά $\mu-\nu$: (κόστος 2)

Να λύσετε το πρόβλημα με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Τιμές των προς επιλογήν δεδομένων:

1. Μήκος του κυλιόμενου διαδρόμου: 19,2m
2. Χρόνος του 1^{ου} ατόμου: 16sec
3. Χρόνος του 2^{ου} ατόμου: 24sec
4. $\delta=19,2$
5. $\alpha=16$
6. $\beta=24$
7. Τύπος της ευθείας της κίνησης του 1^{ου} ατόμου: $y=1,2x$
8. Τύπο της ευθείας της κίνησης του 2^{ου} ατόμου: $y=0,8x$
9. $\kappa=13,2$
10. $\lambda=12$
11. $\kappa-\lambda=1,2$
12. $\mu=8,8$
13. $\nu=8$
14. $\mu-\nu=0,8$

Στρατηγικές επίλυσης: Αναφέρουμε ενδεικτικά κάποιες από τις πολλές στρατηγικές επίλυσης:

- Μπορούμε να λύσουμε το πρόβλημα χωρίς να χρησιμοποιήσουμε πληροφορίες από το διάγραμμα με κόστος 19. Ζητάμε το μήκος του κυλιόμενου διαδρόμου, το χρόνο του 1ου ατόμου και το χρόνο του 2ου ατόμου. Υπολογίζουμε την ταχύτητα του 1ου ατόμου: $19,2/16=1,2\text{m/sec}$. Υπολογίζουμε και την ταχύτητα του 2ου ατόμου: $19,2/24=0,8\text{m/sec}$. Η διαφορά των δύο ταχυτήτων είναι $0,4\text{m/sec}$ και εκφράζει την ταχύτητα του κυλιόμενου διαδρόμου, δηλαδή την ταχύτητα του 3ου ατόμου, άρα το 3ο άτομο θα φτάσει στο τέλος του διαδρόμου σε $19,2/0,4=48\text{sec}$.

- Μπορούμε να λύσουμε το πρόβλημα με τον ίδιο τρόπο, αν τις ίδιες πληροφορίες που χρειαστήκαμε πριν, τις αντλήσουμε από το διάγραμμα. Συγκεκριμένα, ζητάμε τους αριθμούς δ , α , β , και το κόστος επίλυσης μειώνεται σε 15.

Οι επόμενοι τρόποι επίλυσης απαιτούν τη χρήση συναρτήσεων.

- Ένας τρόπος επίλυσης με κόστος 11, είναι να ζητήσουμε τους τύπους των δύο συναρτήσεων και τον αριθμό δ . Θέτουμε σε κάθε συνάρτηση στη μεταβλητή y την τιμή του δ , υπολογίζουμε τους αριθμούς α και β , δηλαδή τις ταχύτητες των δύο ατόμων και αναγόμεμαστε στη λύση που περιγράψαμε αρχικά.

- Ένας παρεμφερής τρόπος επίλυσης είναι να προσδιορίσουμε τους τύπους των συναρτήσεων από άλλα δεδομένα. Συγκεκριμένα, χρειαζόμαστε τον αριθμό δ , έναν εκ των αριθμών κ , λ και έναν εκ των αριθμών μ , ν , κόστος επίλυσης 9.

- Για τη βέλτιστη στρατηγική επίλυσης χρειαζόμαστε τον αριθμό δ , και τις διαφορές $\kappa-\lambda$ και $\mu-\nu$, κόστος επίλυσης 7.

Αφού η διαφορά $\kappa-\lambda=1,2$ εκφράζει τη μεταβολή της μεταβλητής y όταν η μεταβλητή x αυξάνεται κατά μία μονάδα, θα ισούται με την κλίση της ευθείας που περιγράφει την

κίνηση του 1ου ατόμου, συνεπώς η ταχύτητα του 1ου ατόμου είναι 1,2m/sec. Εναλλακτικά, μπορούμε να υπολογίσουμε την κλίση χρησιμοποιώντας το λόγο μεταβολής

$$\alpha = \frac{\kappa - \lambda}{11 - 10} = 1,2.$$

Με τον ίδιο τρόπο, βρίσκουμε ότι η ταχύτητα του 2ου ατόμου είναι 0,8m/sec. Η δια-φορά των δύο ταχυτήτων είναι 0,4m/sec και εκφράζει την ταχύτητα του κυλιόμενου διαδρόμου, δηλαδή την ταχύτητα του 3ου ατόμου, άρα το 3ο άτομο θα φτάσει στο τέλος του διαδρόμου σε $19,2/0,4=48$ sec.

2. Προσδιορισμός πολωνύμου

Διδακτικός στόχος: Οι μαθητές να συνδυάσουν κατάλληλα και να εφαρμόσουν έννοιες και θεωρήματα των πολυωνύμων, να κατανοήσουν τη σημασία των θεωρημάτων της διαίρεσης πολυωνύμου με $x-p$ και του θεωρήματος ακεραίων ριζών.

Απευθύνεται: στους μαθητές της Β' Λυκείου.

Προαπαιτούμενες μαθηματικές γνώσεις: Οι μαθητές πρέπει να γνωρίζουν την έννοια του πολυωνύμου, την έννοια της ρίζας, της αριθμητικής τιμής και του παράγοντα πολυωνύμου, τα θεωρήματα της διαίρεσης πολυωνύμου με $x-p$ και το θεώρημα ακεραίων ριζών.

ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΜΕ ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Να προσδιορίσετε το πολυώνυμο 3^{ου} βαθμού $P(x)$ του οποίου η γραφική παράσταση τέμνει τον άξονα $y'y$ στο σημείο $(0,3)$.

Έχετε τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσετε ότι:

1. Το $P(x)$ έχει ακέραιους συντελεστές και έχει ακριβώς μία ακέραια ρίζα η οποία είναι θετικός αριθμός. (κόστος 1)
2. Το πολυώνυμο $x^2 - \frac{3}{2}$ είναι παράγοντας του $P(x)$. (κόστος 7)

Έχετε τη δυνατότητα να πληροφορηθείτε:

3. Την αριθμητική τιμή $P(2) = \dots\dots\dots$ (κόστος 5)
4. Την αριθμητική τιμή $P(-3) = \dots\dots\dots$ (κόστος 5)
5. Την αριθμητική τιμή $P(4) = \dots\dots\dots$ (κόστος 5)
6. Το υπόλοιπο της διαίρεσης $P(x) : (x+1) : \dots\dots\dots$ (κόστος 3)
7. Το υπόλοιπο της διαίρεσης $P(x) : (x+2) : \dots\dots\dots$ (κόστος 3)

Να λύσετε το πρόβλημα με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Τιμές των προς επιλογή δεδομένων:

$$P(2) = 5, \quad P(-3) = -60, \quad P(4) = 87,$$

το υπόλοιπο της διαίρεσης $P(x) : (x+1)$ είναι 2,

το υπόλοιπο της διαίρεσης $P(x) : (x+2)$ είναι -15 .

Στρατηγικές επίλυσης: Έστω ότι $P(x) = ax^3 + bx^2 + \gamma x + \delta$. Από τα αρχικά δεδομένα προκύπτει ότι $P(0) = 3 \Rightarrow \delta = 3$, άρα $P(x) = ax^3 + bx^2 + \gamma x + 3$.

- Μπορούμε να προσδιορίσουμε τους συντελεστές a, b, γ του πολυωνύμου, αν γνωρίζουμε 3 από τα δεδομένα 3, 4, 5, 6, 7. Από αυτή την κατηγορία λύσεων, οι στρατηγική με το μικρότερο κόστος είναι να ζητήσουμε πρόσβαση στα δεδομένα 6, 7 και σε ένα εκ των 3, 4, 5, κόστος επίλυσης 11.

- Το δεδομένο 2 μας πληροφορεί ότι το πολυώνυμο είναι παράγοντας του $P(x)$, άρα οι αριθμοί $\pm \sqrt{\frac{3}{2}}$ είναι ρίζες του, οπότε θα ισχύουν $P\left(\sqrt{\frac{3}{2}}\right) = 0$ και $P\left(-\sqrt{\frac{3}{2}}\right) = 0$. Αυτές οι

δύο σχέσεις, μαζί με ένα από τα δεδομένα 3, 4, 5, 6, 7 μας οδηγούν στον προσδιορισμό του πολυωνύμου. Από αυτή την κατηγορία λύσεων, οι στρατηγικές με το μικρότερο κόστος είναι να χρησιμοποιήσουμε το δεδομένο 2 και να ζητήσουμε πρόσβαση στο δεδομένο 6 ή 7, κόστος επίλυσης 10.

- Μια άλλη στρατηγική επίλυσης είναι να χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα 1, 2, κόστος επίλυσης 8.

Από το δεδομένο 2 καταλήγουμε ότι $\beta = -2$, $\alpha = -\frac{2}{3}\gamma$, δηλαδή ότι το πολυώνυμο γρά-

φεται $P(x) = -\frac{2}{3}\gamma x^3 - 2x^2 + \gamma x + 3$.

Το δεδομένο 1 μας πληροφορεί ότι οι συντελεστές a, b, γ είναι ακέραιοι και επίσης, λόγω του θεωρήματος ακεραίων ριζών, ότι η ακεραία ρίζα του πολυωνύμου θα είναι είτε το 1 είτε το 3. Δηλαδή θα ισχύει είτε $P(1) = 0$ είτε $P(3) = 0$.

Η $P(3) = 0$ δίνει ότι $\alpha = \frac{2}{3}$ και απορρίπτεται. Η $P(1) = 0$ δίνει ότι $\alpha = 2$, δεκτή, απ' την

οποία βρίσκουμε ότι $\beta = -2$ και $\gamma = -3$. Άρα $P(x) = 2x^3 - 2x^2 - 3x + 3$.

- Μια άλλη κατηγορία λύσεων, στην οποία ανήκει και η βέλτιστη στρατηγική επίλυσης, είναι να χρησιμοποιήσουμε το δεδομένο 1 και να ζητήσουμε πρόσβαση σε 2 από τα δεδομένα 3, 4, 5, 6, 7. Η βέλτιστη στρατηγική επίλυσης είναι να προτιμήσουμε το συνδυασμό δεδομένων 1, 6, 7, κόστος επίλυσης 7.

Με τη βοήθεια των σχέσεων $P(-1) = 2$, $P(-2) = -15$, εκφράζουμε τους β, γ συναρτήσει του α και έχουμε: $\beta = 3\alpha - 8$, $\gamma = 2\alpha - 7$.

Οπότε το πολυώνυμο γράφεται στη μορφή $P(x) = ax^3 + (3\alpha - 8)x^2 + (2\alpha - 7)x + 3$.

Λόγω του δεδομένου 1 οι συντελεστές a, b, γ είναι ακέραιοι και επίσης, η ακεραία ρίζα του πολυωνύμου θα είναι ή το 1 ή το 3.

Δηλαδή θα ισχύει ή $P(1) = 0$ ή $P(3) = 0$.

Η $P(3)=0$ δίνει ότι $\alpha = \frac{2}{3}$ και απορρίπτεται.

Η $P(1)=0$ δίνει ότι $\alpha = 2$, δεκτή, απ' την οποία βρίσκουμε ότι $\beta = -2$ και $\gamma = -3$. Άρα

$$P(x) = 2x^3 - 2x^2 - 3x + 3.$$

3. Κίνηση κατά μήκος οριζόντιου άξονα

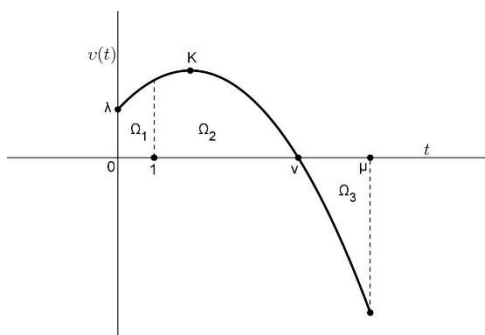
Διδακτικός στόχος: Οι μαθητές να λύσουν ένα πρόβλημα κίνησης ερμηνεύοντας το διάγραμμα ταχύτητας χρόνου και συνδυάζοντας κατάλληλα γνώσεις διαφορικού και ολοκληρωτικού λογισμού.

Απευθύνεται: στους μαθητές της Γ' Λυκείου.

Προαπαιτούμενες μαθηματικές γνώσεις: Οι μαθητές να βρίσκουν την παράγωγο και την παράγουσα συνάρτησης, να γνωρίζουν την έννοια του ορισμένου ολοκληρώματος, το θεμελιώδες θεώρημα ολοκληρωτικού λογισμού και να ξέρουν τα βασικά στοιχεία της παραβολής. Επίσης, να γνωρίζουν ότι η επιτάχυνση, ως ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας, είναι η παράγωγος της ταχύτητας και η ταχύτητα, ως ρυθμός μεταβολής του διαστήματος, είναι η παράγωγος της συνάρτησης θέσης.

ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΜΕ ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Κινητό εκτελεί κίνηση κατά μήκος οριζόντιου άξονα από τη χρονική στιγμή $t=0$ sec έως τη χρονική στιγμή $t=\mu$ sec. Το τμήμα της παραβολής του σχήματος δείχνει τη συνάρτηση της προσημασμένης ταχύτητάς του $v(t)$ σε m/sec, ως προς το χρόνο t . Τη χρονική στιγμή $t=1$ sec το κινητό βρίσκεται στη θέση 0 του άξονα. Να υπολογίσετε την απόσταση της αριστερότερης από τη δεξιότερη θέση που βρέθηκε το κινητό κατά τη διάρκεια της κίνησής του στον άξονα.



Έχετε τη δυνατότητα να πληροφορηθείτε:

1. Τη συνάρτηση της επιτάχυνσης του κινητού, $a(t) = \dots\dots\dots$ (κόστος 5)
2. Την επιτάχυνση του κινητού τη χρονική στιγμή $t=1$ sec, $a(1) = \dots\dots\dots$ (κόστος 2)
3. Την τεταγμένη της κορυφής K της παραβολής: $\dots\dots\dots$ (κόστος 3)
4. Την τεταγμένη της κορυφής K της παραβολής: $\dots\dots\dots$ (κόστος 3)
5. Τον αριθμό μ : $\dots\dots\dots$ (κόστος 2)

6. Τον αριθμό v : (κόστος 2)
7. Τον αριθμό λ : (κόστος 3)
8. Το εμβαδόν του χωρίου Ω_1 : (κόστος 1)
9. Το εμβαδόν του χωρίου Ω_2 : (κόστος 1)
10. Το εμβαδόν του χωρίου Ω_3 : (κόστος 1)

Να λύσετε το πρόβλημα με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Τιμές των προς επιλογή δεδομένων:

1. $\alpha(t) = -t + 2$
2. $\alpha(t) = 1$
3. Τετμημένη του K : 2
4. Τεταγμένη του K : 4,5
5. $\mu = 7$
6. $v = 5$
7. $\lambda = 2,5$
8. $E(\Omega_1) = \frac{10}{3}$
9. $E(\Omega_2) = \frac{40}{3}$
10. $E(\Omega_3) = \frac{22}{3}$

Στρατηγικές επίλυσης:

Ερμηνεύοντας το διάγραμμα συμπεραίνουμε ότι: Στο διάστημα $[0, v]$ η ταχύτητα είναι θετική, άρα το κινητό κινείται προς τα δεξιά, ενώ στο διάστημα $(v, \mu]$ η ταχύτητα είναι αρνητική, άρα το κινητό κινείται προς τα αριστερά. Αν $S(t)$ είναι η συνάρτηση θέσης του κινητού, για να καταλάβουμε ποια είναι η αριστερότερη και ποια η δεξιότερη θέση του, κατά τη διάρκεια της κίνησής του, πρέπει να ξέρουμε τη θέση του τις χρονικές στιγμές 0, v , μ . Δηλαδή, πρέπει να γνωρίζουμε τις τιμές $S(0)$, $S(v)$, $S(\mu)$. Περιγράφουμε, ενδεικτικά, κάποιους από τους δυνατούς τρόπους επίλυσης.

- Ζητάμε πρόσβαση στα δεδομένα 3, 4, 5, 6, 7, κόστος επίλυσης 13.

Έστω ότι $v(t) = pt^2 + qt + r$. Η γραφική της παράσταση διέρχεται από τα σημεία $(0, \lambda)$, K , $(v, 0)$. Αντικαθιστώντας στον τύπο τις συντεταγμένες τους, βρίσκουμε ότι $p = -0,5$,

$q = 2$ και $r = 2,5$, άρα $v(t) = -0,5t^2 + 2t + 2,5$.

$$S'(t) = v(t) \Rightarrow S'(t) = -0,5t^2 + 2t + 2,5 \Rightarrow S(t) = -\frac{t^3}{6} + t^2 + \frac{5}{2}t + c.$$

Από τα αρχικά δεδομένα ισχύει $S(1) = 0 \Rightarrow c = -\frac{10}{3}$, άρα $S(t) = -\frac{t^3}{6} + t^2 + \frac{5}{2}t - \frac{10}{3}$.

Είναι $S(0) = -\frac{10}{3}$, $S(5) = \frac{40}{3}$ και $S(7) = 6$. Η αριστερότερη θέση του κινητού είναι η $-\frac{10}{3}$ και η δεξιότερη η $\frac{40}{3}$. Συνεπώς, η απόστασή τους ισούται με $\left| -\frac{10}{3} - \frac{40}{3} \right| = \frac{50}{3}$ m.

- Ζητάμε πρόσβαση στα δεδομένα 3, 4, 5, 7, κόστος επίλυσης 11.

Η παραβολή $v(t)$ είναι η οριζόντια και κατακόρυφη μετατόπιση της παραβολής $g(x) = pt^2$ κατά x_K δεξιά και κατά y_K επάνω, άρα $v(t) = p(x-2)^2 + 4,5$.

Είναι $v(0) = 2,5 \Rightarrow p = -0,5$, οπότε $v(t) = -0,5(x-2)^2 + 4,5 \Rightarrow v(t) = -0,5t^2 + 2t + 2,5$.

Στη συνέχεια, προσδιορίζουμε την $S(t)$, όπως στον πρώτο τρόπο επίλυσης, και υπολογίζουμε ότι η απόσταση της αριστερότερης από τη δεξιότερη θέση είναι $\frac{50}{3}$ m.

- Άλλος τρόπος επίλυσης είναι να ζητήσουμε πρόσβαση στα δεδομένα 1, 5, 6, κόστος επίλυσης 9.

$$v'(t) = a(t) \Rightarrow v'(t) = -t + 2 \Rightarrow v(t) = -0,5t^2 + 2t + c. \quad v(5) = 0 \Rightarrow c = 2,5.$$

Άρα $v(t) = -0,5t^2 + 2t + 2,5$. Ακολουθώντας τον πρώτο τρόπο επίλυσης, προσδιορίζουμε τη συνάρτηση θέσης $S(t)$ και στη συνέχεια, την απόσταση της αριστερότερης από τη δεξιότερη θέση του κινητού.

- Άλλος τρόπος επίλυσης είναι να ζητήσουμε πρόσβαση στα δεδομένα 2, 5, 6 και σε ένα από τα δεδομένα 8, 9, 10, κόστος επίλυσης 7. Έστω ότι ζητάμε το δεδομένο 9, δηλαδή

$$E(\Omega_1) = \frac{10}{3}.$$

Έστω $v(t) = pt^2 + qt + r$, τότε $a(t) = 2pt + q$. Είναι $a(1) = 1 \Rightarrow q = 1 - 2p$, οπότε η συνάρτηση ταχύτητας γράφεται $v(t) = pt^2 + (1 - 2p)t + r$.

Επίσης, είναι $v(5) = 0 \Rightarrow r = -5 - 15p$. Άρα $v(t) = pt^2 + (1 - 2p)t - 5 - 15p$.

$$E(\Omega_1) = \frac{10}{3} \Rightarrow \int_0^1 v(t) dt = \frac{10}{3} \Rightarrow \int_0^1 (pt^2 + (1 - 2p)t - 5 - 15p) dt = \frac{10}{3} \Rightarrow p = -0,5.$$

Οπότε $v(t) = -0,5t^2 + 2t + 2,5$. Συνεχίζουμε ακολουθώντας τον πρώτο τρόπο επίλυσης.

- Η βέλτιστη στρατηγική επίλυσης είναι να ζητήσουμε πρόσβαση στα δεδομένα 8, 9, 10, κόστος επίλυσης 3.

Η οικογένεια συναρτήσεων $\int_a^t v(x) dx$, με $a \in [0, \mu]$ είναι παράγουσες της συνάρτησης ταχύτητας $v(t)$.

Αφού η θέση του κινητού τη χρονική στιγμή $t=1$ είναι 0, η συνάρτηση θέσης του κινητού είναι $S(t) = \int_1^t v(x) dx$. Άρα, η θέση του κινητού τις χρονικές στιγμές 0, v , μ είναι

$$S(0) = \int_1^0 v(x) dx = -E(\Omega_1) = -\frac{10}{3},$$

$$S(v) = \int_1^v v(x) dx = E(\Omega_2) = \frac{40}{3},$$

$$S(\mu) = \int_1^\mu v(x) dx = \int_1^v v(x) dx + \int_v^\mu v(x) dx = E(\Omega_2) - E(\Omega_3) = \frac{40}{3} - \frac{22}{3} = 6.$$

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η αριστερότερη θέση του κινητού είναι η $-\frac{10}{3}$ και η δεξιότερη η $\frac{40}{3}$. Συνεπώς, η απόστασή τους ισούται με $\left| -\frac{10}{3} - \frac{40}{3} \right| = \frac{50}{3}$ m.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Edelman, G. (1992). *Bright Air, Brilliant Fire*. Basic Books, Inc. (ed.) Για την ελληνική γλώσσα: Εκδόσεις Κάτοπτρο Αθήνα 1996.
- Καραγιάννης Β. (2013). *Μαθηματικές δραστηριότητες με επιλογή δεδομένων και η συμβολή τους στις μετά-δεξιότητες και την εννοιολογική ανάπτυξη*, Διπλωματική εργασία, Διαπανεπιστημιακό - Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Διδακτική και Μεθοδολογία των Μαθηματικών», Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών Τμήμα Μαθηματικών.
- Καραγιάννης Β. (2014). *Μαθηματικά προβλήματα με επιλογή δεδομένων από τους μαθητές*, 5^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ένωσης Ερευνητών Διδακτικής Μαθηματικών (ΕΝΕΔΙΜ), Φλώρινα, Ελλάδα.
- Καραγιάννης Β. (2015). *Μαθηματικά προβλήματα με επιλογή δεδομένων*, Εκδόσεις uPublish Αθήνα 2015.
- Leikin, R., & Lev, M. (2007). Multiple solution tasks as a magnifying glass for observation of mathematical creativity. In J. H. Woo, H. C. Lew, K. S. Park, & D. Y. Seo (Eds.), *Proceedings of the 31st Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 3, pp. 161–168). Seoul, South Korea: PME.
- Lerman, S. (2001). Accounting for accounts of learning mathematics: reading the ZPD in videos and transcripts. In D. Clarke (Ed.), *Perspectives on practice and meaning in mathematics and science classrooms*, (pp. 53-74). Dordrecht: Kluwer.
- Mayer, R. E. (1998). Cognitive, metacognitive, and motivational aspects of problem solving. *Instructional Science* 26: 49-63.

- Sfard, A. (1992). Operational origins of mathematical objects and the quandary of reification-the case of function. In Harel, G. and Dubinsky, E. (Eds.) *The Concept of Function: Aspects of Epistemology and Pedagogy*, MAA Notes 25, pp.59-84, Washington:MAA.
- Von Glasersfeld, E. (1983). Learning as a constructive activity. In: J. C. Bergeron & N. Herscovics (ed.) *Proceedings of the 5th Annual Meeting of the North American Group of Psychology in Mathematics Education*, Vol. 1. Montreal: PME-NA, 41–101.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Συλλογή, Διαμόρφωση και Οργάνωση Διαδικτυακού Εκπαιδευτικού Υλικού στις Φυσικές Επιστήμες για την Αξιοποίηση του στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

**Δρ. Ευστράτιος Καρβέλας, Χριστίνα Μαστή, Άννα Μυρωνάκη, MSc
και Δρ. Στέλιος Ορφανός**

Υπουργείο Παιδείας & Θρησκευμάτων, Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης,
dr.stratoskarvelas@gmail.com, xr.masti@gmail.com, amironaki@gmail.com,
steliosorfanos@sch.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι εκπαιδευτικοί εντάσσουν τις ΤΠΕ στη διδακτική πράξη, όταν διαπιστώσουν μαθησιακό όφελος. Το διαδίκτυο παρέχει έναν τεράστιο αριθμό κινούμενων εικόνων (animations) και βίντεο που μπορούν να ενταχθούν στη διδακτική διαδικασία λειτουργώντας ως καταλύτες στην αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών και στην επεξήγηση και κατανόηση ενός βιολογικού, χημικού ή φυσικού φαινομένου, συνδέοντας τους υπό μελέτη φυσικούς νόμους και έννοιες με τεχνολογικές εφαρμογές και την καθημερινότητα, συμβάλλοντας στην καλύτερη ποιότητα του εκπαιδευτικού έργου. Στην παρούσα εισήγηση μελετάται η συνεργατική διαμόρφωση και οργάνωση διαδικτυακού εκπαιδευτικού υλικού για τις Φυσικές Επιστήμες σε δικτυακό τόπο wiki. Παράλληλα αναφέρονται και στοιχεία από την ενεργό εμπλοκή εκπαιδευτικών στην προσπάθεια αυτή, που έχει βιωματικό επιμορφωτικό χαρακτήρα συμπληρωματικό άλλων επιμορφώσεων. Στον ιστότοπο <https://sites.google.com/site/sciencedodeka/home>, συγκεντρώνεται και δημιουργείται συνεργατικά από εκπαιδευτικούς φυσικών επιστημών εκπαιδευτικό υλικό και διδακτικά σενάρια που αξιοποιούν τις ΤΠΕ. Το εκπαιδευτικό υλικό συνεχώς εμπλουτίζεται ή τροποποιείται. Το εκπαιδευτικό υλικό είναι διαθέσιμο σε μαθητές και εκπαιδευτικούς.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Διαδικτυακό εκπαιδευτικό υλικό, διδακτικά σενάρια, επιμόρφωση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υπάρχουσα κατάσταση στη διαθεσιμότητα και στην αξιοποίηση και εκπαιδευτικού διαδικτυακού υλικού στις Φυσικές Επιστήμες και στην ένταξη των ΤΠΕ από την εκπαιδευτική κοινότητα με βάση εμπειρικές έρευνες περιγράφεται ως εξής:

Το παρατηρητήριο για την κοινωνία της πληροφορίας το 2008 ερεύνησε τη χρήση των νέων τεχνολογιών από τα παιδιά ηλικίας 10-15 ετών, στην Αττική. Η έρευνα ήταν τηλεφωνική όπου τα παιδιά απαντούσαν σε δομημένο ερωτηματολόγιο, μέσης διάρκειας 10 λεπτών. (Παρατηρητήριο για την Κοινωνία της Πληροφορίας 2008). Η συντριπτική πλειοψηφία και ειδικότερα ποσοστό της τάξης του 93% των παιδιών χρησιμοποιεί ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η χρήση Η/Υ είναι επίσης ιδιαίτερα εντατική, καθώς 9 στα 10 παιδιά χρησιμοποιούν Η/Υ τουλάχιστον 1 φορά την εβδομάδα, ενώ τα μισά από αυτά τον χρησιμοποιούν σε καθημερινή ή σχεδόν καθημερινή βάση. Σε ό,τι αφορά τους λόγους χρήσης του Διαδικτύου από τα παιδιά αυτοί κυρίως αφορούν στη διασκέδαση (παίζουν, κατεβάζουν παιχνίδια, φωτογραφίες, κλπ.) και συμμετέχουν σε websites κοινωνικής δικτύωσης. Επιπρόσθετα εναλλακτικά δηλώνουν ότι χρησιμοποιούν το Internet για αναζήτηση πληροφοριών για τα μαθήματα, αλλά και για αποστολή/ λήψη e-mail, (Παρατηρητήριο, 2008).

Κρίνεται ότι είναι αναγκαίο οι μαθητές μέσα από το σχολικό χώρο να ανακαλύψουν ένα τελείως διαφορετικό κόσμο του διαδικτύου, που θα αναδεικνύει τις ανθρώπινες αξίες και θα προάγει το γνωστικό και πνευματικό επίπεδο τους και θα τους κάνει ικανούς να αντιμετωπίσουν ή να αποφύγουν «ευέλικτα» τους πιθανούς κινδύνους, που μπορεί να αντιμετωπίσουν από την έκθεση τους στο διαδίκτυο.

Το πλαίσιο αξιοποίησης των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας (ΤΠΕ) στη διδασκαλία των διαφόρων γνωστικών αντικειμένων εμφανίζεται ως ουσιαστικό ζήτημα γενικότερου προβληματισμού. Η χρήση των ΤΠΕ μπορεί να ωθήσει σε μια πιο αποτελεσματική εφαρμογή των παιδαγωγικών μεθόδων, μπορεί να επιφέρει παραστατικότερη διδασκαλία με πολλαπλές αναπαραστάσεις, ανατροφοδότηση και αφύπνιση εσωτερικών κινήτρων μάθησης για τους μαθητές. Αναδεικνύει την πολυτροπικότητα ως βασικό παράγοντα της διδασκαλίας και φανερώνει διάφορες πτυχές του γνωστικού αντικειμένου. Ως παράδειγμα αναφέρεται η βιολογία, για τη διδασκαλία της στο Γυμνάσιο η χρήση των ΤΠΕ αποτελεί πρόκληση. Η δυσκολία που χαρακτηρίζει τη διδασκαλία της Βιολογίας και συγκεκριμένα στην ενότητα βιολογικά συστήματα του ανθρώπου είναι η μη οπτικοποίηση των εσωτερικών μηχανισμών, καθώς και η μη ορατή εξέλιξη μιας βιολογικής διαδικασίας μέσα στον ανθρώπινο οργανισμό. Αναμφισβήτητα λοιπόν αυτοί οι δύο ξεχωριστοί λόγοι αποτελούν κίνητρο για να δοκιμάσουμε τρόπους αξιοποίησης των ΤΠΕ, (Μυρωνάκη & Ορφανός, 2013).

ΟΙ ΤΠΕ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ

Οι (Κολτσάκης, Πιερράτος & Πολάτογλου, 2007) αξιοποιώντας δεδομένα ερευνών αναφέρουν χαρακτηριστικά για την χρήση των Η/Υ από τους μαθητές: Οι μαθητές χρησιμοποιούν Η/Υ σε μεγάλα ποσοστά, στο σπίτι αλλά και στο σχολείο, κατά κύριο λόγο όμως για ψυχαγωγία και λιγότερο για εργασίες για το σχολείο (Κ.Ε.Ε., 2006), (Νικολοπούλου, 2002).

Παράλληλα, πρόσφατες έρευνες δείχνουν ότι ενώ αυξάνεται η χρήση των Τ.Π.Ε. σε πανελλαδικό καθώς και σε παγκόσμιο επίπεδο, οι μαθητές τις χρησιμοποιούν πολύ λιγότερο στο σχολικό περιβάλλον απ' ότι στο σπίτι, αν και αυτοί που γενικά τις

χρησιμοποιούν φαίνεται να έχουν καλύτερες σχολικές επιδόσεις (OECD, 2006). Από τα παραπάνω προκύπτουν ερωτήματα σχετικά με τη διεύρυνση της αξιοποίησης και της ένταξης των ΤΠΕ στην διδακτική πράξη.

Πώς είναι δυνατόν να διευρυνθεί η ένταξη των νέων τεχνολογιών, ώστε περισσότεροι μαθητές και σε περισσότερα διδακτικά αντικείμενα να ωφεληθούν από τη διδακτική ένταξη των νέων τεχνολογιών; Να αξιοποιηθεί περισσότερο ο μαθητικός χρόνος της χρήσης του Η/Υ ως εργαλείου μάθησης και όχι ως παιχνίδι, που σε αρκετές περιπτώσεις έχει αρνητικές επιδράσεις στην ψυχολογία του παιδιού και του εφήβου. Ερωτήματα που προκύπτουν σήμερα σχετικά με την διεύρυνση της ένταξης των Νέων Τεχνολογιών μπορούν να απαντηθούν σε συνάρτηση με το ερώτημα: Ποιές παρεμβάσεις και με ποιό τρόπο μπορούν να γίνουν, ώστε Διευθυντές, Εκπαιδευτικοί και Μαθητές να επηρεάσουν θετικότερα την ένταξη των νέων τεχνολογιών στη διδασκαλία; Ποιες δράσεις μπορούν να σχεδιαστούν και να υλοποιηθούν ώστε περισσότεροι Διευθυντές σχολείων να έχουν θετικότερη στάση στην αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών, το σύνολο των εκπαιδευτικών να εντάξει στα μαθήματα του την ορθή και αποτελεσματική χρήση των ΤΠΕ και οι μαθητές να χρησιμοποιούν τις νέες τεχνολογίες αποτελεσματικά προς όφελος της μάθησης τους;

Στα παραπάνω ερωτήματα μονοσήμαντη απάντηση είναι ότι κατάλληλη επιμόρφωση των εκπαιδευτικών είναι η παρέμβαση που μπορεί να φέρει ουσιαστικά αποτελέσματα. Επιμόρφωση στη χρήση των εργαλείων, στις μεθόδους διδασκαλίας, που μπορούν να εντάξουν ή καλύτερα να ενσωματώσουν τις ΤΠΕ και στην συλλογή ή τη δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού.

Η ένταξη των νέων τεχνολογιών στη διδασκαλία δεν είναι κάτι επιπλέον, είναι αλλαγή στάσης στη διδασκαλία, η επιτυχής ένταξη των νέων τεχνολογιών στη διδασκαλία μπορεί να είναι αποτελεσματική με σημαντικά μαθησιακά οφέλη για τους μαθητές, στις περιπτώσεις που οι εκπαιδευτικοί ακολουθήσουν μαθητοκεντρικό ή ομαδοσυνεργατικό μοντέλο. Στις περιπτώσεις εκείνες που οι εκπαιδευτικοί προσπαθούν να εντάξουν τις νέες τεχνολογίες χωρίς να ξεφύγουν από το δασκαλοκεντρικό μοντέλο, συνήθως δεν έχουν θετικά αποτελέσματα· γιατί όταν περάσουν οι αρχικές εντυπώσεις του νέου και του διαφορετικού οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές τους καθώς δεν μένουν ικανοποιημένοι από την χρήση των ΤΠΕ απογοητεύονται. Τότε οι εκπαιδευτικοί επιστρέφουν στην παραδοσιακή διδασκαλία, χωρίς να μπορούν να εξηγήσουν τους λόγους που η προσπάθεια τους ένταξης των ΤΠΕ δεν είχε τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Τα επιχειρήματα που συνήθως αναφέρονται ως δικαιολογίες κατά της ένταξης των νέων τεχνολογιών στη διδασκαλία είναι ότι: ι) Το μοντέλο που ακολουθούν (δασκαλοκεντρικό) είναι το καλύτερο για το καθιερωμένο σύστημα εξετάσεων (σύστημα Πανελλαδικών εξετάσεων), ιι) υποστηρίζουν, ότι με τη χρήση νέων τεχνολογιών απαιτείται περισσότερος χρόνος, δεν βγαίνει η διδακτέα ύλη κλπ. Τα παραπάνω επιχειρήματα είναι βαθιά ριζωμένα στην εκπαιδευτική κοινότητα και υποστηρίζονται από μεγάλο μέρος των εκπαιδευτικών. Τα επιχειρήματα αυτά είναι σημαντικά εμπόδια για την ένταξη των ΤΠΕ και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό οποιασδήποτε επιμόρφωσης για τις ΤΠΕ. (Βαρσαμίδου & Ορφανός, 2013).

Πιθανόν και οι μαθητές-υποψήφιοι δεν θέλουν να ξεφύγουν από την ασκησιολογία, έτσι έχουν εκπαιδευτεί πιστεύοντας ότι έτσι θα πετύχουν στις πανελλαδικές εξετάσεις, ενισχύοντας έτσι τα επιχειρήματα των εκπαιδευτικών κατά της ένταξης των ΤΠΕ στη διδασκαλία.

ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ

Στο διαδίκτυο υπάρχει πληθώρα εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία των Φ.Ε., που αναρτάται από εκπαιδευτικούς, εκπαιδευτικά ιδρύματα και κοινότητες εκπαιδευτικών. Η οργάνωση όλου αυτού του πλούτου απαιτεί πολύ χρόνο καθώς και τακτική επικαιροποίηση, ευνόητο είναι πως δεν μπορεί να γίνει από ένα μόνο πρόσωπο.

Ερευνητικό έργο που πραγματοποιήθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες από το ίδρυμα Bill & Melinda Gates Foundation ονομαζόμενο MET, είχε ως βασικό στόχο την κατανόηση της ποιοτικής διδασκτικής (great teaching). Περιελάμβανε έρευνα διάρκειας τριών ετών σε συνεργασία πολλών ερευνητικών ανεξάρτητων ομάδων που συμπεριέλαβε σχεδόν 3000 εκπαιδευτικούς δημόσιων σχολείων από επτά Πολιτείες σε εθελοντική βάση, MET (2013). Στα αποτελέσματα του έργου MET αναφέρεται ότι η διδασκαλία είναι πολύπλοκη, η ποιοτική πρακτική απαιτεί χρόνο και το πάθος του εκπαιδευτικού, υψηλής ποιότητας υποδομές και σχεδιασμένη εξατομικευμένη ανατροφοδότηση για κάθε εκπαιδευτικό με σκοπό να βοηθηθεί για να αναπτυχθεί και να βελτιωθεί. Δηλώνεται καθαρά η αξία των διαγνωστικών, διαμορφωτικών, ανατροφοδοτικών και υποστηρικτικών δομικών στοιχείων στη βελτίωση ενός εκπαιδευτικού συστήματος. Ένα από τα βασικά δομικά συστατικά υποστήριξης ενός εκπαιδευτικού συστήματος είναι το εκπαιδευτικό υλικό.

Σημαντικό ρόλο στη συγκέντρωση στη διάδοση και γενικά στην οργάνωση του διαδικτυακού υλικού μπορούν να διαδραματίσουν οι κοινότητες των εκπαιδευτικών.

Οι διαδικτυακές κοινότητες αποτελούν ένα δυναμικό μέσο επιμόρφωσης για τους εκπαιδευτικούς όπου μέσα από την συμμετοχή τους προσδοκούν είτε επαγγελματική εξειδίκευση και πιστοποίηση, είτε επαγγελματική στήριξη, καθοδήγηση και έμπνευση (Γλέζου & Γρηγοριάδου, 2010), (Παπαδοπούλου & Βασάλα, 2010).

Οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί στην κοινότητα «*eTwinning: Δημιουργική τάξη*» προτείνουν την κοινότητα αυτή σε άλλους εκπαιδευτικούς, οι ίδιοι παραμένουν σε αυτήν, είναι ικανοποιημένοι τόσο από την οργάνωση και τη δομή, όσο και από το παρεχόμενο υλικό και τις προτεινόμενες δραστηριότητες. Ένα μικρό ποσοστό συμβάλλει στην ανάρτηση νέου υλικού, προτεινόμενων δραστηριοτήτων και καλών πρακτικών. Οι εκπαιδευτικοί επισκέπτονται συχνά την κοινότητα αλλά προτιμούν να χρησιμοποιούν το παρεχόμενο υλικό και το υλικό των συναδέλφων τους από το να δίνουν το δικό τους. Η εκτίμηση των συγγραφέων του άρθρου για την εξήγηση της παραπάνω συμπεριφοράς είναι ότι οι εκπαιδευτικοί δεν έχουν εκπαιδευτεί στη διαδικασία διαμοιρασμού υλικού ή, όπως επισημαίνουν αρκετοί, δεν έχουν τον απαιτούμενο χρόνο λόγω συμμετοχής τους σε διάφορες κοινότητες eTwinning και άλλες δραστηριότητες, (Κομνηνού & Πατεράκη, 2004).

Εμπειρικές αρχές σχεδιασμού μια κοινότητας

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται 7 εμπειρικές αρχές σχεδιασμού μια κοινότητας, (Wenger, E., McDermott, R., & Snyder, W., 2002):

1. Σχεδίαση για την εξέλιξη.
2. Διάλογος ανάμεσα στις οπτικές γωνίες του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος της κοινότητας.
3. Πρόσκληση σε διαφορετικά επίπεδα συμμετοχής.
4. Ανάπτυξη δημόσιων και ιδιωτικών χώρων της κοινότητας.
5. Έμφαση στην αξία.
6. Συνδυασμός οικειότητας και ενθουσιασμού.
7. Δημιουργία ρυθμού για την κοινότητα.

Στο ίδιο άρθρο οι συγγραφείς αναφέρουν ότι οι αρχές του σχεδιασμού δεν είναι συνταγές, αλλά μάλλον βοηθούν στην κατανόηση μας για το πώς τα στοιχεία του σχεδιασμού συνδυάζονται μεταξύ τους. Αποκαλύπτουν το σκεπτικό πίσω από ένα σχέδιο.

Χαρακτηριστικά διαδικτυακών κοινοτήτων-Κοινότητα εκπαιδευτικού υλικού για τις Φ.Ε.

Οι περιγραφές για τις διαδικτυακές κοινότητες εστιάζουν σε χαρακτηριστικά όπως: διαμόρφωση διαπροσωπικών σχέσεων, κοινό σκοπό, (Rheingold, 1993), για τις κοινότητες μάθησης και εκπαίδευσης αναφέρεται ότι μοιράζονται ένα κοινό στόχο συνεργάζονται, αντλούν ο ένας από τον άλλον, σέβονται τις διαφορετικές οπτικές, προωθούν ενεργά μαθησιακές ευκαιρίες, δημιουργώντας ένα δραστήριο συνεργατικό περιβάλλον, ενισχύοντας το δυναμικό των μελών, δημιουργώντας νέα γνώση, (Kilpatrick et al., 2003), οι κοινότητες πρακτικής μοιράζονται κοινές ανησυχίες, κοινό σύνολο προβλημάτων ή κοινό πάθος σε κάποιο τομέα ενδιαφέροντος και εμβαθύνουν τις γνώσεις και τις δεξιότητες τους σε αυτόν τον τομέα μέσα από την μεταξύ τους αλληλεπίδραση σε συνεχή βάση, (Wenger et al., 2002).

Οι διαδικτυακές κοινότητες εκπαιδευτικών δυναμικά αποτελούν «χώρο» όπου μπορεί να αξιοποιηθεί η πρακτική γνώση που παράγεται καθημερινά στις διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης και να αποτελέσει τη βάση για την επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών, (Κώστας, Βρατσάλης & Σοφός, 2011).

Το διαδίκτυο αλλά οι τεχνολογίες της πληροφορίας και της επικοινωνίας (ΤΠΕ) αποτελούν ένα γνωστικό εργαλείο. Δεν αποτελούν απλώς ένα αντικείμενο μάθησης αλλά επιδρούν και στον τρόπο με τον οποίο μαθαίνουμε.

Με την ραγδαία εξάπλωση των υπηρεσιών του Web 2.0 προάγεται όχι μόνο η μάθηση αλλά και η συλλογική δημιουργικότητα, αφού οι ηλεκτρονικές κοινότητες αναπτύσσονται συνήθως «από κάτω προς τα πάνω» (bottom-up), επιτρέπουν αποτελεσματικότερη ανταλλαγή γνώσης και αποτελούν μέσο δημιουργίας σχέσεων ατόμων και ομάδων με κοινά ενδιαφέροντα (π.χ. επαγγελματικά). Σε ένα τέτοιο πλαίσιο, μπορεί να υποστηριχθεί η ατομική ανάπτυξη τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο, ενθαρρύνοντας τον εκπαιδευτικό προς μια αυτό-οργανωμένη διαδικασία επαγγελματικής εξέλιξης (Teacher Professional Development - TPD) ως ενδυνάμωση και

εμπλουτισμό της ατομικής και εκπαιδευτικής του υπόστασης, διαμέσου της ευαισθητοποίησης και της διεύρυνσης του γνωσιακού υπόβαθρου του (Darling-Hammond, 1994, όπως αναφέρεται (Κώστας, Βρατσάλης, Σοφός, 2011).

ΣΥΝΕΡΓΑΤΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Ένας εκπαιδευτικός μετά από πολλά χρόνια στην τάξη έχει συγκεντρώσει εκπαιδευτικό υλικό, εμπειρία στην χρήση του και κριτήρια επιλογής του. Η αξιοποίηση των παραπάνω χαρακτηριστικών σε μια εκπαιδευτική κοινότητα με ενδιαφέροντα τη συγκέντρωση και οργάνωση του εκπαιδευτικού υλικού είναι σημαντική. Εξοικονομεί χρόνο για το κάθε μέλος της κοινότητας αναφορικά με το στόχο του εμπλουτισμού της διδασκαλίας σε εκπαιδευτικό υλικό.

Στο χώρο της εκπαίδευσης υπάρχει η ανάγκη ενός διαφορετικού τρόπου “σκέπτεσθαι”. Παράλληλα με την εστίαση στο αντικείμενο της εκπαίδευσης σημαντική είναι η αξιοποίηση της ομάδας, η δημιουργία κατάλληλου κλίματος μέσα στο οποίο καλλιεργείται η μάθηση, η συνεργασία και η εξέλιξη των εκπαιδευτικών και των μαθητών, (Γουρνάς, 2010).

Συνεργατική διαμόρφωση και οργάνωση διαδικτυακού εκπαιδευτικού υλικού για τις Φυσικές Επιστήμες σε δικτυακό τόπο wiki

Οι εκπαιδευτικοί που υπηρετούν στις μικρές σχολικές μονάδες στα μικρά νησιά είναι ολιγάριθμοι και απομονωμένοι, λόγω των δυσκολιών μετακίνησης έχουν πολύ λίγες ευκαιρίες συμμετοχής σε επιμορφώσεις. Έχουν μεγαλύτερη ανάγκη για επιμόρφωση λόγω του ότι ένα μεγάλο μέρος εξ αυτών είναι στην αρχή της εκπαιδευτικής τους καριέρας, διαθέτουν περισσότερο χρόνο για επιμόρφωση, αλλά τους παρουσιάζονται λιγότερες ευκαιρίες.

Η δημιουργία ομάδας εκπαιδευτικών σε μια νησιωτική περιοχή είναι πρόκληση. Στα μεγάλα νησιά π.χ. στη Ρόδο δημιουργούνται επαγγελματικές σχέσεις μεταξύ των εκπαιδευτικών και μπορούν να σχηματιστούν ομάδες ειδικότητας. Το ερώτημα είναι πως θα γίνει εφικτό να ενταχθούν στην ομάδα αυτή και οι εκπαιδευτικοί από τα άλλα νησιά και να συναποτελέσουν κοινότητα.

Η απάντηση στην παραπάνω πρόκληση σήμερα μπορεί να δοθεί από την αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών. Επιλέξαμε ως μέσο την τεχνολογία των wikis για τη συλλογή και την οργάνωση του εκπαιδευτικού. Ένα wiki επιτρέπει τη συγγραφή μιας σελίδας από πολλούς χρήστες. Έτσι αμέσως το υλικό γίνεται διαθέσιμο στην κοινότητα. Η wikipedia δεν θα μπορούσε να ήταν δημιουργία ενός μόνο ανθρώπου.

Τα Wikis είναι ιστοχώροι στους οποίους οι χρήστες, και όχι μόνο ο δημιουργός, επιτρέπεται να προσθέτουν ή να επεξεργάζονται το περιεχόμενο. Η δυνατότητα δημιουργίας ιστοσελίδων wikis είναι ενσωματωμένη στα περισσότερα σύγχρονα, ολοκληρωμένα περιβάλλοντα διαχείρισης περιεχομένου ή διαχείρισης γνώσης. Η δημιουργία και επεξεργασία των ιστοχώρων ή ιστοσελίδων δεν γίνεται έμμεσα, δηλαδή αλλάζοντας τον κώδικα html, αλλά άμεσα, μέσω ενός φυλλομετρητή (web browser). Τα wikis αποτελούν περιβάλλοντα κατάλληλα για τη συνεργατική δημιουργία ιστοσελίδων.

Τα wikis αποτελούν εργαλεία καταλληλότερα μάλλον για τη στήριξη ομαδικών δραστηριοτήτων. Οι σύγχρονες θεωρίες μάθησης που αποδίδουν μεγάλη σημασία στον κοινωνιοπολιτισμικό παράγοντα, συνηγορούν υπέρ της οργάνωσης μαθημάτων στα οποία να ευνοείται η κοινωνική αλληλεπίδραση και η συνεργατική, η ομαδική μάθηση. Ταυτόχρονα, τα περισσότερα σύγχρονα περιβάλλοντα εργασίας προσφέρουν πολλές δυνατότητες για επικοινωνία και συνεργασία, συνεπεξεργασία κειμένων, διαμοίραση ψηφιακών πόρων, συμμετοχή σε ιστολόγια και wikis. Η συμβολή των ΤΠΕ στην εφαρμογή των σύγχρονων διδακτικών μεθόδων, είναι ουσιαστική στο επίπεδο διεκπεραίωσης και οργάνωσης των δεδομένων, πληροφοριών και γενικά των στοιχείων που είναι απαραίτητα για την επεξεργασία ενός θέματος. Για παράδειγμα, αν ένα θέμα πρόκειται για ένα ομαδοσυνεργατικό project, η χρήση σελίδων wikis είναι ίσως πιο ενδεδειγμένη (Ζαγούρας, κ.α, 2013).

Η αξιοποίηση των wikis απαιτεί δύο προϋποθέσεις: α) γνώση της χρήσης της συγκεκριμένης τεχνολογίας και β) κουλτούρα συνεργασίας. Η πρώτη είναι εύκολο να ικανοποιηθεί με βραχύχρονη επιμόρφωση. Η δεύτερη απαιτεί αλλαγή στάσης, πέρασμα από την ατομική προσπάθεια στη συνεργασία. Πολλές γενιές εκπαιδευτικών μέχρι και σήμερα έχουν διδαχθεί μέσα σε ένα δασκαλοκεντρικό εκπαιδευτικό σύστημα που συνήθως το αναπαράγουν. Οι εκπαιδευτικοί καλούνται να ενισχύσουν συνεργατικές δραστηριότητες, μέσα από τις ερευνητικές εργασίες, τις εργαστηριακές δραστηριότητες και την εφαρμογή σεναρίων με τις ΤΠΕ (επιμόρφωση β επιπέδου).

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΑΠΟΘΕΤΗΡΙΟΥ

Είναι σημαντικό οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί να εμπλακούν σε συνεργατικά περιβάλλοντα, να βιώσουν την συνεργασία ώστε να υιοθετήσουν ομαδοσυνεργατικές μεθόδους διδασκαλίας. Παράδειγμα συνεργατικής δραστηριότητας είναι η συγκέντρωση και οργάνωση του εκπαιδευτικού υλικού με την υποστήριξη της τεχνολογίας wiki. Η εύρεση του κατάλληλου οπτικοακουστικού υλικού στο διαδίκτυο είναι χρονοβόρα διαδικασία αν είναι ατομική. Αν όμως Ν εκπαιδευτικοί αναζητούν και συγκεντρώνουν και ταξινομούν σε αποθετήριο ο καθένας από η_i εκπαιδευτικό υλικό, τότε συγκεντρώνεται αθροιστικά όλο αυτό το υλικό ταξινομημένο ανά διδακτική ενότητα διαθέσιμο σε ολόκληρη την κοινότητα των εκπαιδευτικών.

Δημιουργήθηκε ο ιστοχώρος wiki <https://sites.google.com/site/sciencedodeka> για τη συγκέντρωση, δημιουργία και οργάνωση εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση (*Θησαυρός εκπαιδευτικού υλικού για τις Φυσικές Επιστήμες*). Αρχικά ο χώρος ήταν κλειστός ορατός στο διαδίκτυο μόνο για τα μέλη. Η αρχή για το αποθετήριο εκπαιδευτικού υλικού έγινε από την ομάδα των εκπαιδευτικών που υπηρετούν στη Ρόδο, με αρχικό υλικό την ατομική συλλογή. Σε εκπαιδευτική συνάντηση των εκπαιδευτικών που διδάσκουν φυσικές επιστήμες στη Ρόδο έγινε παρουσίαση του αρχικού ενδεικτικού υλικού.

Εμπειρικές αρχές σχεδιασμού της κοινότητας του εκπαιδευτικού υλικού

Η προσθήκη υλικού επιλέχθηκε να είναι προσθήκη συνδέσμων στον ιστοχώρο wiki προς το υλικό, που είναι αναρτημένο στο διαδίκτυο και όχι το ίδιο το υλικό. Ο τρόπος αυτός επιλέχθηκε για να μη υπάρχουν απαιτήσεις σε χωρητικότητα και στα πνευματικά δικαιώματα.

Στη συνέχεια έγινε προσπάθεια η αρχική ομάδα των εκπαιδευτικών, που πρόσθετε εκπαιδευτικό υλικό στο αποθετήριο, να μετασχηματιστεί σε διαδικτυακή κοινότητα εκπαιδευτικών με την προσθήκη μελών και από τα άλλα νησιά. Τα νέα μέλη προστέθηκαν μετά από εκπαιδευτικές ενημερωτικές συναντήσεις εκπαιδευτικών. Μετά από τη δοκιμαστική περίοδο και αφού προστέθηκε υλικό για ικανό αριθμό διδακτικών ενοτήτων, το αποθετήριο *θησαυρός εκπαιδευτικού υλικού για τις φυσικές επιστήμες* έγινε ορατό στο διαδίκτυο. Διατηρήθηκε ο περιορισμός δικαιωμάτων τροποποίησης προσθήκης και διαγραφής υλικού μόνο για τα μέλη της διαδικτυακής κοινότητας.

Ο εκπαιδευτικός κατά τη προετοιμασία της διδασκαλίας μιας διδακτικής ενότητας έχει την δυνατότητα να βρει το εκπαιδευτικό υλικό που είναι ταξινομημένο στο αποθετήριο (τοποθετημένο από εκείνον ή άλλο μέλος της κοινότητας) χωρίς να χάνει χρόνο με αναζήτηση σε όλο το διαδίκτυο. Το εκπαιδευτικό υλικό έχει οργανωθεί σύμφωνα με τα περιεχόμενα των σχολικών βιβλίων του μαθητή. Οι σύνδεσμοι που δεν έχουν οργανωθεί σύμφωνα με τα περιεχόμενα των βιβλίων συνοδεύονται από τα εξής μεταδεδομένα:

- α) Μάθημα/ σχολική τάξη/κεφάλαιο/ενότητα/υποενότητα.
- β) Περίληψη του υλικού.

Η ύπαρξη υλικού στο αποθετήριο σε περισσότερες διδακτικές ενότητες είναι συνάρτηση της καλής λειτουργίας της κοινότητας. Από το 2007 έως και το 2014 εντοπίστηκαν 310 σύνδεσμοι οπτικοακουστικού υλικού για το μάθημα της φυσικής. Το οπτικοακουστικό υλικό αρχικά ήταν δύο κατηγοριών α) Πειράματα (1,2,3,4), β) Σύνδεση της επιστήμης με τη καθημερινή ζωή (5,6).

1) Πειράματα που πρακτικά είναι αδύνατον να γίνουν στην τάξη. Ως παραδείγματα σε αυτή τη κατηγορία αναφέρονται η χρήση υγρού αζώτου [[link1](#),[link2](#)], η χρήση μεγάλης ποσότητας υδραργύρου (τοξικό υλικό) [[link3](#),[link4](#)] καθώς και επικίνδυνες χημικές αντιδράσεις [[link5](#)]. (Οι *link-σύνδεσμοι περιγράφονται στο παράρτημα*).

2) Πειράματα ή γεγονότα που πρακτικά είναι αδύνατον να γίνουν στην τάξη όπως ελεύθερη πτώση στη σελήνη, διατήρηση ορμής/στροφορμής στο διάστημα [[link6](#),[link7](#)], πτώση γέφυρας λόγω συντονισμού [[link8](#)], Βόρειο Σέλας [[link9](#)], γεγονότα που γίνονται πολύ αργά: περιστροφή των αστεριών στο νυχτερινό ουρανό [[link10](#)], ή Γεγονότα που γίνονται πολύ γρήγορα: σύγκρουση σφαίρας με γρανίτη [[link11](#)].

3) Τρισδιάστατα μοντέλα με τη χρήση H/Y, όπως ο μηχανισμός αντιγραφής του DNA [[link12](#)]

4) Πειράματα που θα μπορούσαν να γίνουν στην τάξη. Υπάρχουν στο διαδίκτυο πειράματα που μπορούν να λειτουργήσουν ως παραδείγματα ώστε να γίνουν στην τάξη με μικρό κόστος, όπως η συντριβή μεταλλικού κουτιού αναψυκτικού με τη χρήση της ατμοσφαιρικής πίεσης [[link13](#),[link14](#)].

5) Βίντεο που έχουν σχέση με την ασφάλεια όπως η εργαστηριακά ελεγχόμενη σύγκρουση αυτοκινήτου χρησιμοποιώντας κούκλες που αναπαριστούν γυναίκα με μωρό στην αγκαλιά [link15] ή η σύγκριση δύο συγκρούσεων με κούκλες: η μια με ενεργοποιημένη τη ζώνη ασφαλείας και η άλλη χωρίς ζώνη [link16]. Η ζώνη και ο αερόσακος δεν σώζει σε συγκρούσεις με τοίχο στα 200 Km/h [link17].

6) Βίντεο που παρουσιάζουν τεχνολογικές εφαρμογές των φυσικών νόμων όπως συγκόλληση μετάλλων χρησιμοποιώντας την τριβή [link18] ή η επιθεώρηση κτιρίων με την χρήση υπέρυθρων ακτίνων [link19].

Στη συνέχεια το εκπαιδευτικό υλικό εμπλουτίστηκε με διδακτικά σενάρια, διαγωνίσματα, υλικό για τις συνθετικές εργασίες/βιοματικές δράσεις συνδέσμων με ιστοσελίδες εκπαιδευτικών κλπ.

ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ SITE

Οι επισκέπτες στον ιστοχώρο διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: α) *επισκέπτες αναγνώστες* που μπορούν να δουν και να αξιοποιήσουν το εκπαιδευτικό υλικό και τις πληροφορίες και β) *επισκέπτες διαμορφωτές* του υλικού που έχουν επιπλέον δικαιώματα να διαμορφώσουν τον ιστοχώρο (προσθέσουν/αφαιρέσουν υλικό και σελίδες). Φυσικά υπάρχει και ο/οι διαχειριστής/ές της ιστοσελίδας. Οι επισκέπτες διαμορφωτές ενημερώνονται μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου για τις αλλαγές που γίνονται στην ιστοσελίδα και μπορούν να επισκεφθούν με ένα κτύπημα (κλικ) τη σελίδα με το νέο υλικό.

Στα πλαίσια έρευνας για τον εντοπισμό των θετικών και αρνητικών σημείων τη βελτίωση και τον εμπλουτισμό του ιστοχώρου καθώς και τη δημιουργική εμπλοκή σε αυτό από περισσότερους εκπαιδευτικούς πραγματοποιήσαμε έρευνα. Η έρευνα έγινε με δύο εργαλεία: α) με ανώνυμο ερωτηματολόγιο σε ηλεκτρονική μορφή. Το ερωτηματολόγιο εστάλη στους εκπαιδευτικούς κλάδου ΠΕ04 που υπηρετούν στη Δωδεκάνησο, απάντησαν 62 εκπαιδευτικοί. β) Μελέτη των στατιστικών στοιχείων από τις επισκέψεις του ιστοχώρου με τη βοήθεια του εργαλείου google analytics.

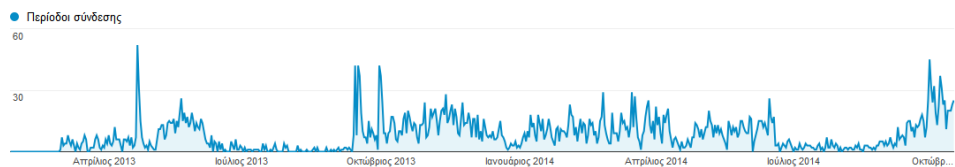
Μελετώντας τα ευρήματα της έρευνας για το αποθετήριο *θησαυρός εκπαιδευτικού υλικού στις φυσικές επιστήμες* επιβεβαιώνονται δεδομένα των βιβλιογραφικών αναφορών. Το Διαδίκτυο εξακολουθεί πρωτίστως να αντιμετωπίζεται από τους περισσότερους χρήστες ως ένα μεγάλο αποθετήριο περιεχομένου και δευτερευόντως ως ένα περιβάλλον συνεργασίας. Οι χρήστες επίσης προτιμούν κυρίως να κατεβάζουν περιεχόμενο από τις ιστοσελίδες από το να ανεβάζουν περιεχόμενο, (Κώστας, Βρατσάλης & Σοφός, 2011).

Τα αποτελέσματα της έρευνας είναι ενδεικτικά, μπορούν να αξιοποιηθούν ως βάση για βαθύτερη μελέτη. Ορισμένα ευρήματα δημιουργούν ερωτήματα που θεωρούμε ότι θα ήταν χρήσιμο να διερευνηθούν εκτενέστερα. Παράλληλα προκύπτουν και συμπεράσματα για τη βελτίωση του ιστοχώρου ως προς την οργάνωση του υλικού καθώς και ενδείξεις για δημιουργική εμπλοκή περισσότερων μελών της κοινότητας.

Αποτελέσματα της έρευνας

Στο γράφημα 1, παρουσιάζονται οι περίοδοι σύνδεσης στον ιστοχώρο. Η τάση είναι να χρησιμοποιείται ο ιστοχώρος κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς και όχι την περίοδο των διακοπών.

Γράφημα 1. Περίοδοι σύνδεσης



Στο γράφημα 2, παρουσιάζονται οι περίοδοι σύνδεσης στον ιστοχώρο, η λεγόμενη αφοσίωση. Ένα σημαντικό ποσοστό περίπου το 1/3 των συνδέσεων έχει μείνει στη ιστοσελίδα ένα σεβαστό χρόνο.

Γράφημα 2. Αφοσίωση

Περίοδοι σύνδεσης

5.019

% του συνόλου: 100,00% (5.019)

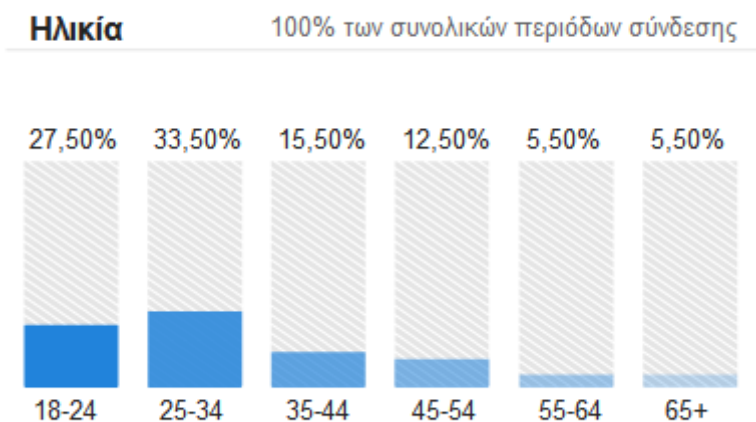
Προβολές σελίδας

16.465

% του συνόλου: 100,00% (16.465)

Διάρκεια περιόδου σύνδεσης	Περίοδοι σύνδεσης	Προβολές σελίδας
0-10 δευτερόλεπτα	2.679	2.894
11-30 δευτερόλεπτα	354	1.014
31-60 δευτερόλεπτα	431	1.642
61-180 δευτερόλεπτα	627	3.353
181-600 δευτερόλεπτα	558	3.876
601-1800 δευτερόλεπτα	309	2.567
1801+ δευτερόλεπτα	61	1.119

Η πλειοψηφία των επισκεπτών είναι Έλληνες (στους οποίους και απευθύνεται η σελίδα) και περίπου ένα 3% Κύπριοι.

Γράφημα 3. Ηλικία επισκεπτών

Καθώς η ηλικία των χρηστών αυξάνεται φαίνεται να χρησιμοποιείται λιγότερο το διαδίκτυο ως πηγή υλικού για τον εμπλουτισμό της διδασκαλίας και η έλλειψη εξοικείωσης με τις νέες τεχνολογίες, Γράφημα 3.

Στην ερώτηση αν βρήκαν χρήσιμο υλικό, ένα ποσοστό 77% απάντησε ότι βρήκε χρήσιμο υλικό, ένα ποσοστό 8% όχι και ένα 15% δεν απάντησε.

Από τις απαντήσεις στην ερώτηση αν χρησιμοποιούν τις νέες τεχνολογίες στη διδασκαλία, φάνηκε ότι όλοι έχουν κάνει προσπάθεια να ενσωματώσουν τις νέες τεχνολογίες στη διδασκαλία τους. Από αυτούς οι μισοί περίπου κάνουν χρήση των νέων τεχνολογιών συχνά και οι υπόλοιποι μερικές φορές καθώς αρκετοί από αυτούς αντιμετωπίζουν πρακτικές δυσκολίες.

Στην ερώτηση αν βρίσκουν πρακτικό τον τρόπο ανάρτησης με βάση τα περιεχόμενα του βιβλίου ένα μεγάλο ποσοστό απάντησε ότι το βρίσκει πρακτικό αφού έτσι γίνεται εύκολη η αναζήτηση, τονίζοντας ότι αρκεί το περιεχόμενο να μην αλλάξει. Τέλος κατατέθηκαν και προτάσεις από τους εκπαιδευτικούς για την καλύτερη οργάνωση του εκπαιδευτικού υλικού.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το διαδίκτυο και οι τεχνολογίες της πληροφορίας και της επικοινωνίας (ΤΠΕ) αποτελούν γνωστικά εργαλεία, επιδρούν και στον τρόπο με τον οποίο μαθαίνει κανείς. Η αξιοποίησή τους είναι βασικό δομικό στοιχείο στη βελτίωση ενός εκπαιδευτικού συστήματος. Σημαντικό ρόλο στη συγκέντρωση στη διάδοση και γενικά στην οργάνωση του

διαδικτυακού υλικού και διδακτικών σεναρίων μπορούν να διαδραματίσουν οι κοινότητες των εκπαιδευτικών. Στόχος μας είναι το αποθετήριο *θησαυρός εκπαιδευτικού υλικού στις φυσικές επιστήμες* να αποτελέσει μια διαρκή υποστηρικτική δομή προς τους εκπαιδευτικούς βασισμένη στο διαδίκτυο και τις δυνατότητές του

Γύρω από το λογισμικό προσομοίωσης Phet Colorado δραστηριοποιούνται σήμερα 50 εκατομμύρια εκπαιδευτικοί. Φυσικά οι δικές μας φιλοδοξίες δεν είναι αυτού του μεγέθους. Οι επισκέπτες επιμορφώνονται α) με τη μορφή της αυτοεπιμόρφωσης με νέες πληροφορίες ή αξιοποιώντας πηγές πληροφόρησης που παρέχονται ανεβάζοντας ή αξιοποιώντας εκπαιδευτικό υλικό του αποθετηρίου, β) μέσω της συμμετοχής στην κοινότητα που δραστηριοποιείται γύρω από το αποθετήριο και γ) στις διαζώσεις συναντήσεις για εκείνους που ανήκουν στην εκπαιδευτική περιφέρεια της Δωδεκανήσου.

Ενδειξη των οφελειών της κοινότητας που δραστηριοποιείται γύρω από τον ιστοχώρο είναι ότι οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί αξιοποιούν παράλληλα και το υλικό του διαδραστικού βιβλίου που λειτουργεί υπό την Αιγίδα του Υπουργείου Παιδείας. Σημαντικές διαφορές του αποθετηρίου *θησαυρός εκπαιδευτικού υλικού στις φυσικές επιστήμες* είναι ότι τα μέλη της κοινότητας εμπλουτίζουν το εκπαιδευτικό υλικό, το υλικό συνεχώς εμπλουτίζεται και ότι ανεβαίνουν και διδακτικά σενάρια από τους εκπαιδευτικούς αντίστοιχα με τις προδιαγραφές επιμόρφωσης του Β επιπέδου στις ΤΠΕ.

Θεωρούμε ότι χρειάζεται να αναπτυχθούν και οι άλλες αρχές για την καλλιέργεια της κοινότητας, από αυτές που αναφέρθηκαν στην υποενότητα *Εμπειρικές αρχές σχεδιασμού μια κοινότητας*. Οι αρχές που θεωρούμε ότι χρειάζεται να αναπτυχθούν είναι: α) η ανάπτυξη και ιδιωτικού χώρου στο αποθετήριο και β) η ενίσχυση του ρυθμού της επικοινωνίας των μελών της κοινότητας. Οι αρχές της ανάπτυξης και ιδιωτικού χώρου παράλληλα με τον δημόσιο. Η κοινότητα πέρασε από τον ιδιωτικό στο δημόσιο χώρο χωρίς να διατηρήσει κάποιο τμήμα του ιστοχώρου ιδιωτικό. Μέσα από την επικοινωνία στον ιδιωτικό χώρο θα υπάρξει η ανατροφοδότηση από τα μέλη της κοινότητας και η διατήρηση ενός τακτικού ρυθμού επικοινωνίας των μελών. Η ενίσχυση του ρυθμού επικοινωνίας μπορεί να γίνει μέσω των διαζώσεων εκπαιδευτικών συναντήσεων και διαδικτυακά μέσω προσθήκης εργαλείου αλληλεπίδρασης των μελών στον ιστοχώρο. Το εργαλείο να παρέχει τη δυνατότητα χαρακτηρισμού-βαθμολόγησης ή σχολιασμού των αναρτήσεων ως προς τον βαθμό χρησιμότητας, ιδιαίτερα εκείνων των αναρτήσεων που δημιουργούν τα μέλη της κοινότητας, όπως είναι: πρόταση διδασκαλίας, διαγώνισμα, χρήσιμη άσκηση, πειραματική διάταξη. Μια τέτοια δυνατότητα μπορεί να δώσει επιπλέον ιδέες ή να προτείνει ορισμένο υλικό, που έχει μεγάλη απήχηση στα μέλη της κοινότητας για τους τρόπους αξιοποίησης του ήδη αναρτημένου εκπαιδευτικού υλικού.

Η κοινότητα οργάνωσης του εκπαιδευτικού υλικού στο αποθετήριο *Θησαυρός εκπαιδευτικού υλικού για τις Φυσικές Επιστήμες*, ως κοινότητα που τα μέλη της ανήκουν στον οργανισμό της Εκπαίδευσης (σχ. σύμβουλους, διευθυντές σχολικών μονάδων, Επιμορφωτές Β, εκπαιδευτικούς) έχουν κοινούς στόχους: τη βελτίωση της διδακτικής πρακτικής και καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα μέσω του εκπαιδευτικού υλικού. Σύμφωνα με τους (Wenger, McDermott and Snyder 2002) προσεγγίζεται από τους εκπαιδευτικούς (στη δική μας περίπτωση) το ίδιο θέμα μέσα από διαφορετικούς ρόλους

ως μέλη του Οργανισμού της Εκπαίδευσης και ως μέλη της κοινότητας. Οι ρόλοι είναι συμπληρωματικοί και τελικά η κοινότητα μέσα από τις υπηρεσίες της προσθέτει αξία και στο θεσμικό ρόλο κάθε μέλους και στον ίδιο τον εκπαιδευτικό οργανισμό. Το συνολικό αποτέλεσμα είναι η βελτίωση του μαθησιακού αποτελέσματος.

Μέσα από την οπτική αυτή μπορούν να εξεταστούν τα οφέλη της διαδικτυακής κοινότητας στον εκπαιδευτικό οργανισμό και στο κάθε μέλος της. Η ανάδειξη αυτής της προσφοράς της κοινότητας μπορεί να ενισχύσει την κοινότητα και την αλλαγή στάσης αναφορικά με την ενίσχυση και παροχή κινήτρων συνεργατικής συγκέντρωσης εκπαιδευτικού υλικού, πλέον της αξιοποίησης της ως αποθετήριο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Darling-Hammond, L. (1994). *Professional Development Schools: schools for developing a profession*. New York: Teachers' College Press.
- Forte, A., & Bruckman, A. (2006). *From Wikipedia to the classroom: exploring online publication and learning*. Paper presented at the Proceedings of the 7th international conference on Learning sciences. Ανασύρθηκε την 5/9/2014 από τη διεύθυνση: <http://www.cc.gatech.edu/~asb/papers/conference/forte-bruckman-icls06.pdf>.
- Hars, A., & Ou, S. (2002). Working for free? Motivations of participating in open source projects. *International Journal of Electronic Commerce*, 6(3), 25-39.
- Kilpatrick, S., Barratt, M. and Jones, T. (2003). Defining learning communities. Ανακτήθηκε 1/11/2010 www.crlra.utas.edu.au/files/discussion/2003/D1-2003.pdf.
- MET (2013), <http://www.metproject.org> (προσπελάστηκε στις 18/11/2013).
- OECD (2006). Are Students Ready for a Technology-Rich World?: What PISA Studies Tell Us. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2003/arestudentsreadyfortechnology-richworldwhatpisastudiestellus.htm> (ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 20-1-2013).
- Rheingold, H. (1993). *The Virtual Community. Homesteading on the electronic frontier*. New York: Addison-Wesley.
- Wenger, E., McDermott, R., & Snyder, W. (2002). Seven Principles for Cultivating Communities of Practice. Ανασύρθηκε την 5/9/2014 από τη διεύθυνση: http://rcel.enl.uoa.gr/togather/wp-content/uploads/2014/06/7Principles_Community-of-Practice.pdf.
- Wenger, Etienne C., McDermott, Richard, and Snyder, Williams C., (2002). *Cultivating Communities of Practice: A Guide to Managing Knowledge*, Harvard Business School Press, Cambridge, USA.
- Βαρσαμίδου Α., Ορφανός Σ. (2013). Διεύρυνση της παιδαγωγικής ένταξης των ΤΠΕ σε Νησιωτικές περιοχές, στο *Αξιοποίηση των τεχνολογιών της πληροφορίας και της επικοινωνίας στη διδακτική πράξη*, 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο των εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ Σύρος, υπό έκδοση πρακτικά.
- Γλέζου, Κ., Γρηγοριάδου, Μ. (2010). Ελληνικά Διαδικτυακά Εκπαιδευτικά Κοινωνικά Δίκτυα. Στο: Α. Κολτσάκης, Γ. Σαλονικίδης & Μ. Δοδοντσής (Επ.), *Πρακτικά 2ου*

Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Ημαθίας "Ψηφιακές και Διαδικτυακές εφαρμογές στην εκπαίδευση" (σσ. 1665-1677). Βέροια-Νάουσα, 23-25 Απριλίου 2010.

- Γουρνάς Γ., (2010) Η αλλαγή μέσα από τη σχέση. Ένα Διεπιστημονικό μοντέλο για την αξιοποίηση της ομάδας στην Εκπαίδευση. Επιμορφωτικό υλικό. *Μείζον πρόγραμμα επιμόρφωσης τόμος Δ*, σελ.87-97 Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: http://www.e-yliko.gr/Lists/List42/Attachments/744/sxeseis_sxolikh_taxh.pdf, (ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 11/1/2013).
- Ζαγούρας, Χ., Δαγδιλέλης, Β., Κόμης, Β., Κουτσογιάννης, Δ., Κυνηγός, Χ., Ψύλλος, Δ., (2013). Επιμόρφωση Εκπαιδευτικών για την Αξιοποίηση και Εφαρμογή των ΤΠΕ στη Διδακτική Πράξη, ΙΤΥΕ Διόφαντος, Επιμορφωτικό υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στα Κέντρα Στήριξης Επιμόρφωσης, τ.χ 1: γενικό μέρος, γ' έκδοση, Πάτρα, Μάρτιος 2013.
- Κ.Ε.Ε. (2006), Έρευνες. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: http://www.kee.gr/html/research_main.php (ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 6/7/2006)
- Κολτσάκης Ε., (2006), «Διερεύνηση των περιορισμών και των δυνατοτήτων μιας σχολικής μονάδας και των εκπαιδευτικών της σχετικά με την παιδαγωγική αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. - μια μελέτη περίπτωσης», Θεσσαλονίκη 2006, Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: http://edu4adults.blogspot.gr/2011/01/blogpost_4313.html #axzz2IA0pZITO, (ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 11-1-2013).
- Κολτσάκης, Ε., Πιερράτος, Θ., Πολάτογλου, Χ. (2007). *Αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. στη διδακτική των Φ.Ε. στο Σ.Ε.Φ.Ε. – μια μελέτη περίπτωσης*. Εισήγηση στο 10^ο κοινό συνέδριο των Ενώσεων Ελλήνων και Κυπρίων Φυσικών.
- Κομνηνού Ι., & Πατεράκη Ε., (2011). Κοινότητα eTwinning: Δημιουργική τάξη. Κ. Γλέζου & Ν. Τζιμόπουλος (Επιμ.), Πρακτικά Εργασιών 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη», σ. 1-5 Σύρος.
- Κώστας Α, Βρατσάλης Κ., Σοφός Α., (2011), Διαδικτυακές Κοινότητες: Διερεύνηση προσδοκιών εκπαιδευτικών & χρήσης υπηρεσιών *ΕΝΤΑΞΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΤΠΕ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ* 2ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ - ΠΑΤΡΑ 28-30/4/2011.
- Νικολοπούλου, Κλεοπάτρα (2002). Χρήση Υπολογιστή στο Σπίτι από Έφηβους Μαθητές και Μαθήτριες. Οι Τ.Π.Ε. στην Εκπαίδευση, Τόμος Β, Επιμ. Α. Δημητρακοπούλου, Πρακτικά 3ου Συνεδρίου ΕΤ.Π.Ε., Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος, Καστανιώτης, 315-320.
- Μυρωνάκη Α., Ορφανός Σ., (2013), Βιολογία Γ' Γυμνασίου: διδακτική προσέγγιση της έννοιας «ανοσία» αξιοποιώντας τις ΤΠΕ, στο *Αξιοποίηση των τεχνολογιών της πληροφορίας και της επικοινωνίας στη διδακτική πράξη*, 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο των εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ Σύρος, Πρακτικά συνεδρίου, Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <http://www.e-diktyo.eu/files/2013/tomosb.pdf>
- Παπαδοπούλου Ρ., Βασάλα Π. (2010). Εξ Αποστάσεως Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών μέσω Ηλεκτρονικών Κοινοτήτων Μάθησης. Στο: Α. Κολτσάκης, Γ. Σαλονικίδης &

Μ. Δοδοντσής (Επ.), *Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Ημαθίας «Ψηφιακές και Διαδίκτυακές εφαρμογές στην εκπαίδευση»* (σσ.1390-1405). Βέροια-Νάουσα, 23-25 Απριλίου 2010.

Παρατηρητήριο για την Κοινωνία της Πληροφορίας <http://www.observatory.grpage/default.asp?la=1&id=183>. Έρευνα για τη χρήση των νέων τεχνολογιών από τα παιδιά Χρονική Περίοδος: 2008.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Σύνδεσμοι σε οπτικοακουστικό υλικό

Link 1. Στον σύνδεσμο <https://www.youtube.com/watch?v=ZvrJgGhnmJo> παρουσιάζεται η επίδραση της θερμοκρασίας σε ιδανικό αέριο βυθίζοντας σε υγρό άζωτο μπαλόνια.

Link 2. Στον σύνδεσμο https://www.youtube.com/watch?v=XxBn_Wzm0aI παρουσιάζεται η επίδραση της θερμοκρασίας σε μεταλλικό ηλεκτρικό αγωγό βυθίζοντας σε υγρό άζωτο καλώδιο.

Link 3. Στον σύνδεσμο <https://www.youtube.com/watch?v=Rm5D47nG9k4> παρουσιάζεται η επίπλευση μπάλας κανονιού σε υγρό υδράργυρο.

Link 4. Στον σύνδεσμο <https://www.youtube.com/watch?v=Z7Πxsu-JIY> παρουσιάζεται η διάλυση αλουμινίου σε υδράργυρο.

Link 5 Στον σύνδεσμο <https://www.youtube.com/watch?v=uixxJtJPVXk> παρουσιάζεται η αντίδραση των αλκαλίων (Li,Na,K,Rb,Cs) με το νερό

Link 6 Στον σύνδεσμο <https://www.youtube.com/watch?v=4IYDb6K5UF8> παρουσιάζεται η διατήρηση της ορμής σε περιβάλλον μηδενικής βαρύτητας.

Link 7 Στον σύνδεσμο https://www.youtube.com/watch?v=I3S-c_s_syY παρουσιάζεται η διατήρηση της στροφορμής σε περιβάλλον μηδενικής βαρύτητας.

Link 8 Στον σύνδεσμο <https://www.youtube.com/watch?v=nFzu6CNtqec> παρουσιάζεται η πτώση γέφυρας λόγω συντονισμού.

Link 9 Στον σύνδεσμο <https://www.youtube.com/watch?v=Lc3FxBXjBs0> παρουσιάζεται το Βόρειο Σέλας (Finnish Lapland 2011)

Link 10 Στον σύνδεσμο <https://www.youtube.com/watch?v=QfFoMyMoiX4> παρουσιάζεται η περιστροφή του ουράνιου θόλου με 1262 φωτογραφίες μία κάθε 30 δευτερόλεπτα.

Ανάλυση σχολικών εγχειριδίων: μια συγκριτική μελέτη Ελλάδας και Ηνωμένων Πολιτειών

Γιάννης Μαραβέλης¹, Βασίλης Κουλαϊδής² και Κώστας Δημόπουλος³

¹ Γυμνάσιο Λ. Αιδηψού,² Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, ³ Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
¹maravelis@sch.gr, ²koulaidi@uop.gr, ³dimop@uop.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το άρθρο αυτό στοχεύει να αναδείξει τις παιδαγωγικές πρακτικές που ενσωματώνουν τα Σχολικά Εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών Ελλάδας και Ηνωμένων Πολιτειών, χωρών που αν και αποτελούν δυο διαφορετικούς πολιτισμικούς χώρους, βρίσκονται σχετικά κοντά στον πίνακα κατάταξης για τις Φυσικές Επιστήμες της PISA. Χρησιμοποιήθηκε ένα πλέγμα ανάλυσης που επιτρέπει την κατηγοριοποίηση των εικόνων σύμφωνα με το βαθμό συμφωνίας τους με την ανθρώπινη οπτική αντίληψη και σύμφωνα με τη λειτουργία τους. Επιτρέπει επίσης τη διερεύνηση του βαθμού εξειδίκευσης του περιεχομένου των εικόνων, τη διερεύνηση του βαθμού συγκρότησης επεξεργασίας και συνολικής οργάνωσης του χρησιμοποιούμενου απεικονιστικού κώδικα, σε συνδυασμό με τον έλεγχο των παιδαγωγικών σχέσεων που διαμορφώνονται από το κάθε βιβλίο, την έννοια της περιχάραξης. Από την ανάλυση παρατηρούμε την ομαλή μετάβαση του μαθητή από το απλό, το γνώριμο και το γενικό, στο επιστημονικό, το υψηλό και το εξειδικευμένο.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Αναπλαισίωση, ταξινόμηση, τυπικότητα, περιχάραξη.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις μέρες μας η εικονογράφηση έχει ενισχύσει τη θέση της έναντι του γραπτού κειμένου καθώς νέες τεχνολογίες επιτρέπουν την εύκολη λήψη, αναπαραγωγή, επεξεργασία και ενσωμάτωση των εικόνων στα διάφορα είδη κειμένων. Η έμφαση στις απεικονίσεις στα σχολικά εγχειρίδια οφείλεται στο ότι θεωρούνται αποτελεσματικές για την μετάδοση περίπλοκων τεχνο-επιστημονικών εννοιών σε μη ειδικούς. (Κουλαϊδής κ.α., 2002). Στα εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών η αναπαράσταση των εννοιών επιτυγχάνεται με την αλληλεπίδραση διαφορετικών καναλιών επικοινωνίας (γραπτού και εικονιστικού: μαθηματικές εκφράσεις, διαγράμματα, χάρτες, πίνακες δεδομένων, σκίτσα και φωτογραφίες, καθώς και της τυπικότητας του απεικονιστικού κώδικα: ποικιλία χρωμάτων, διαβαθμίσεις χρώματος, απεικόνιση φόντου, στοιχεία του επιστημονικού

κώδικα) με την μεταφερόμενη πληροφορία είναι ισοδύναμη ή συμπληρωματική. (Κουλαϊδής κ.α., 2002).

Οι απεικονίσεις είναι αυτόνομα επικοινωνιακά συστήματα που δεν αναπαράγουν απλά την πραγματικότητα αλλά παράγουν εικόνες της πραγματικότητας που είναι συνδεδεμένες με συγκεκριμένες συμβάσεις στη δομή τους. Αυτές οι συμβάσεις αναδιαμορφώνουν το εννοιολογικό περιεχόμενο των απεικονίσεων και δημιουργούν συγκεκριμένους τύπους λειτουργίας, σχέσεων και ταυτοτήτων εντός της παιδαγωγικής. Επιπλέον οι μαθητές αξιολογούν τις απεικονίσεις των σχολικών εγχειριδίων των Φυσικών Επιστημών με διαφορετικό τρόπο από ότι το γραπτό κείμενο. Τα δε νοούμενα από την οπτική σύνταξη προκαλούν σοβαρές δυσκολίες στην ερμηνεία των απεικονίσεων από τους μαθητές, δυσκολίες τις οποίες αγνοούν εντελώς οι καθηγητές των Φυσικών Επιστημών. Τόσο η εικονογράφηση, όσο και η σύνθεση της σελίδας ως διαφορετικά συστήματα επικοινωνίας, το καθένα μεταφέρει το δικό του αυτόνομο μήνυμα και διαμορφώνει τις δικές του σχέσεις με το μαθητή. (Koulaidis & Ogborn, 1995, Koulaidis & Tsatsaroni, 1996, Koulaidis et al, 1997; 2001; 2002, Dimopoulos et al, 2003; 2005).

Οι εικόνες των εγχειριδίων εξετάζονται ως προς το αν δημιουργούν προνομακική ή όχι θέση για τους μαθητές, αν τους μεταφέρουν το δικό τους αυτόνομο μήνυμα, εάν τους βοηθούν να κατανοήσουν έννοιες. Αναδεικνύονται οι παιδαγωγικές πρακτικές που ενσωματώνουν τα Σχολικά Εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών στην Ελλάδα και στις Ηνωμένες Πολιτείες, χωρών που αν και αποτελούν δυο διαφορετικούς πολιτισμικούς χώρους, βρίσκονται κοντά στον πίνακα κατάταξης για τις Φυσικές Επιστήμες της PISA. Για να πετύχουμε το σκοπό μας, μελετήθηκε ο μετασχηματισμός που υφίσταται η γνώση, όταν μεταφέρεται από το πρωτογενές πεδίο παραγωγής της στο σχολικό πλαίσιο αναπαραγωγής της, με βάση τη χρήση πόρων όπως το είδος των κωδικών (εικονικά μέσα) και η σύνθεση σελίδας.

Το εμπειρικό υλικό συγκροτείται από την ανάλυση των Σχολικών Εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών Μέσης Εκπαίδευσης Ελλάδας και Ηνωμένων Πολιτειών. Το γνωστικό αντικείμενο αυτών των βιβλίων συνδέεται με τα γνωστικά αντικείμενα των άλλων επιστημών με τα οποία ασχολείται τα σχολεία, αλλά και με τη βιομηχανία, το περιβάλλον, την καθημερινή ζωή. Έτσι επιδιώκεται από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, οι καινούριες γνώσεις που παρέχονται στους μαθητές, να έχουν κάποιο νόημα γι' αυτούς, χωρίς να αποτελούν στεγνές γνώσεις που παρατίθενται η μια δίπλα στην άλλη. Στην επιδίωξη αυτή συντελεί και η πλούσια εικονογράφηση.

Η επιλογή της μέσης εκπαίδευσης ως βαθμίδας για τη μελέτη των διδακτικών βιβλίων, δικαιολογείται από το αυξημένο ειδικό εκπαιδευτικό αλλά και πολιτικό βάρος που αυτή η βαθμίδα έχει αποκτήσει στα περισσότερα εκπαιδευτικά συστήματα του κόσμου, έτσι ώστε να καθίσταται σημείο του εκπαιδευτικού συστήματος στο οποίο εκδηλώνονται τα βασικά χαρακτηριστικά αλλά και όλες οι συγκρούσεις για τη συνολική φυσιογνωμία του (Κουλαϊδής και Δημόπουλος, 2009).

Το άρθρο αυτό θα συμβάλλει σε επίπεδο προσαρμογών που συνεισφέρουν στην διαμόρφωση των σχολικών εγχειριδίων για τις Φυσικές Επιστήμες (επίπεδο συγγραφέων), απόλυτα απαραίτητο, γνωρίζοντας το κεντρικό ρόλο των σχολικών εγχειριδίων στην

παιδαγωγική διαδικασία και ιδιαίτερα στην Ελλάδα που επιτρέπεται μόνο ένα σχολικό εγχειρίδιο ανά μάθημα, αλλά και σε επίπεδο καθηγητών που τα χρησιμοποιούν ώστε να αποκτήσουν τα αντανακλαστικά στις παιδαγωγικές τους επιπτώσεις. Οι επιπτώσεις αφορούν τον τρόπο που μαθητές και καθηγητές προσεγγίζουν τα σχολικά εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών καθώς και τους ρόλους που παίρνουν από τα εσωτερικευμένα παιδαγωγικά μηνύματα των σχολικών εγχειριδίων καθώς και από τους τρόπους που γράφονται. (Koulaidis & Ogborn, 1995, Koulaidis & Tsatsaroni, 1996, Koulaidis et al, 1997; 2001; 2002, Dimopoulos et al, 2003; 2005).

Ο όρος «μηνύματα» δεν υπονοεί σκοπιμότητα από την μεριά των συγγραφέων. Τα μηνύματα πηγάζουν από τα γλωσσικά και οπτικά χαρακτηριστικά των σχολικών εγχειριδίων και διαμορφώνουν την θέση των αναγνωστών τόσο σε σχέση με το εσώτερο εξειδικευμένο γνωστικό πεδίο, όσο και ως κοινωνικών υποκειμένων τα οποία συμμετέχουν στη συγκεκριμένη παιδαγωγική διαδικασία. Τα γλωσσικά στοιχεία των απεικονίσεων μπορούν να γίνουν προσिता στους καθηγητές των Φυσικών Επιστημών μέσα από την προετοιμασία τους και την επαγγελματική τους εξέλιξη έτσι ώστε να υπερνικήσουν την κρατούσα πεποιθήση περί της ρηχής κατανόησης των απεικονίσεων και του συμπληρωματικού ρόλου στην εννοιολογική ανάπτυξη των μαθητών. (Koulaidis & Ogborn, 1995, Koulaidis & Tsatsaroni, 1996, Koulaidis et al, 1997; 2001; 2002, Koulaidis & Dimopoulos, 2003; 2005; 2006, Dimopoulos et al, 2003; 2005).

Το νέο που φέρνει αυτό το άρθρο, σε σχέση με άλλα με ανάλογο περιεχόμενο, είναι η σύγκριση των παιδαγωγικών πρακτικών που προωθούν τα Σχολικά Εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών στην Ελλάδα κι στις Ηνωμένες Πολιτείες.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Σχολικό εγχειρίδιο είναι το βιβλίο που χρησιμοποιείται ως πηγή γνώσεων και αποτελεί βοήθημα επεξεργασίας της διδακτέας ύλης τόσο στο σχολείο όσο και στο σπίτι. (Σκλαβενίτη, 2003α). Απευθύνεται στους μαθητές, στους εκπαιδευτικούς και στους άμεσα ή έμμεσα εμπλεκόμενους με την εκπαιδευτική διαδικασία. Αποτελεί κεντρικό συστατικό της εκπαιδευτικής διεργασίας και είναι σημείο αναφοράς για εκπαιδευτικούς και μαθητές καθώς υπέχει θέση αυθεντίας σε σχέση με το γνωστικό αντικείμενο και αποτελεί βάση της διδακτικής καθοδήγησης. (Κουλαϊδής κ.α., 2002). Το σχολικό εγχειρίδιο σε σχέση με τα άλλα εκπαιδευτικά μέσα πλεονεκτεί καθώς δίνει την ευκαιρία στο μαθητή για ενεργητική μάθηση, αφού μπορεί να επιλέγει ο ίδιος τον τόπο, τον χρόνο και το ρυθμό που θα το χρησιμοποιήσει. Το σχολικό εγχειρίδιο αποτελεί το κυριότερο εργαλείο της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών στην επιδίωξή μας για εξοικείωση των μαθητών με την επιστημονική οπτική αντιμετώπισης των προβλημάτων, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα την απαραίτητη επικοινωνία ανάμεσα στον εκπαιδευτικό και στο μαθητή και την ανάπτυξη διαπροσωπικών σχέσεων μέσα στην τάξη. Αποτελεί την ορατή πλευρά του αναλυτικού προγράμματος, και τα δύο μαζί αποτελούν τα μέσα εφαρμογής της εκπαιδευτικής πολιτικής. (Καψάλης & Χαραλάμπους, 1995).

Ο σχεδιασμός και η δόμηση του σχολικού εγχειριδίου δεν διαμορφώνει μόνο το γνωστικό περιεχόμενο αλλά καθορίζει σημαντικά και τον τρόπο ανάγνωσής του κειμένου,

συγκροτώντας και το μήνυμα και τους αποδέκτες. Επηρεάζει την παιδαγωγική σχέση και διαμορφώνει τις θέσεις εκπαιδευτικού και μαθητή (περιχάραξη). (Κουλαϊδής κ.α., 2002, Τσατσαρώνη & Κουλαϊδής, 2001α). Θεωρείται βασικός πολιτισμικός αναμεταδότης, δηλαδή κείμενο το οποίο συγκροτεί και εν συνεχεία νομιμοποιεί συγκεκριμένου τύπου διποκειμενικότητες και άρα συντελεί στην παραγωγή διάφορων μορφών συνείδησης και ταυτότητας στους συμμετέχοντες στην εκπαιδευτική διαδικασία (Κουλαϊδής & Δημόπουλος, 2009).

Η επικέντρωση στα επιφανειακά χαρακτηριστικά των σχολικών εγχειριδίων δεν επιτρέπει τον εντοπισμό των αρχών με βάση τις οποίες η επιστημονική γνώση μετασχηματίζεται, και μας στερεί τη δυνατότητα μιας συνολικής θεώρησης, με τις ανάλογες παιδαγωγικές επιπτώσεις. Επιπλέον, η αντιμετώπιση του γνωστικού περιεχομένου του σχολικού εγχειριδίου ως προκατασκευασμένου δεν μας επιτρέπει να μελετήσουμε τις παιδαγωγικές σχέσεις που προωθούνται κατά τη χρήση του. Επομένως ένα πλέγμα ανάλυσης των διδακτικών βιβλίων για τις Φυσικές Επιστήμες θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του και να συνυπολογίζει δυο βασικά ζητήματα: το μετασχηματισμό της φυσικο-επιστημονικής γνώσης στα σχολικά εγχειρίδια και το ρόλο του εγχειριδίου στη διαμόρφωση της παιδαγωγικής σχέσης. (Κουλαϊδής κ.α., 2002).

Τα τρία διακριτά σώματα γνώσεων -γνωστικά πλαίσια- που εμπλέκονται κατά τη συγγραφή των σχολικών εγχειριδίων είναι: η φυσικό-επιστημονική γνώση, η σχολική της εκδοχή και η πρακτικό-βιωματική γνώση. Η σχολική γνώση είναι διαφορετική από την φυσικό-επιστημονική και διαμορφώνεται μέσω της διαδικασίας της αναπλαισίωσης. (Κουλαϊδής, 2001, Κουλαϊδής κ.α., 2002). Στα σχολικά εγχειρίδια, η επιστημονική γνώση μετασχηματίζεται επιλεκτικά και αναπλαισιώνεται. (Bernstein, 1991). Με τον όρο αναπλαισίωση εννοούμε τον επιλεκτικό μετασχηματισμό της φυσικό-επιστημονικής γνώσης όταν μεταφέρεται στο πλαίσιο του σχολείου, διαδικασία που επηρεάζεται από τις αντιλήψεις για τη φύση της επιστημονικής γνώσης, από τις κυρίαρχες παιδαγωγικές θέσεις και τις αντίστοιχες κοινωνικές επιλογές (Σκλαβενίτη, 2003α, Σκλαβενίτη, 2003β).

Για τη διερεύνηση του μετασχηματισμού που υφίσταται η φυσικό-επιστημονική γνώση ως προς το γνωστικό περιεχόμενο, κατά τη συγκρότηση της σχολικής εκδοχής της χρησιμοποιείται η έννοια της ταξινόμησης. Η ταξινόμηση είναι η ισχύς του συνόρου μεταξύ διαφόρων κατηγοριών και αναφέρεται στην εξουσία που ορίζει τι μπορεί να τεθεί μαζί με τι, συγκροτώντας μια κατηγορία, και πόσο ισχυρή είναι η διάκριση μιας κατηγορίας από την άλλη. (Bernstein, 1991). Ισχυρή ταξινόμηση σημαίνει ισχυρά σύνορα μεταξύ των κατηγοριών. Ασθενής ταξινόμηση σημαίνει ότι τα σύνορα μεταξύ των περιεχομένων των κατηγοριών είναι χαλαρά, η μόνωση μεταξύ των περιεχομένων των κατηγοριών είναι χαλαρή. (Bernstein, 1991, Κουλαϊδής κ.α., 2002, Τσατσαρώνη & Κουλαϊδής, 2001β; 2001γ). Οι κατηγορίες αυτές μπορεί να είναι: γνωστικά αντικείμενα, μορφές γνώσεις, κ.ά.

Η έννοια της περιχάραξης χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των σχέσεων μεταξύ διδάσκοντος και διδασκόμενου και αναφέρεται στην ισχύ του συνόρου μεταξύ αυτού που μπορεί και αυτού που δεν μπορεί να μεταδοθεί στην παιδαγωγική σχέση. (Τσατσαρώνη & Κουλαϊδής, 2001β; 2001γ). Η ισχύς της περιχάραξης προσδιορίζει τον βαθμό ελέγχου που κατέχουν ο δάσκαλος και ο μαθητής αντίστοιχα πάνω στους διδακτικούς

κανόνες, δηλαδή στην επιλογή περιεχόμενου, στην οργάνωση, στο βηματισμό (ποιος φαίνεται να ρυθμίζει το ρυθμό διδασκαλίας), στη χρονική διάταξη (ποιος φαίνεται να οργανώνει την αλληλουχία των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων), στα κριτήρια αξιολόγησης της γνώσης (είναι ρητά τα κριτήρια αξιολόγησης;) η οποία μεταδίδεται και προσλαμβάνεται κατά την παιδαγωγική επικοινωνία. Ρυθμίζει επίσης την κοινωνική συμπεριφορά και την επικοινωνία, δηλαδή τους κανόνες ιεραρχίας. (Bernstein, 1991). Ισχυρή περιχάραξη συνεπάγεται μεμονωμένες επιλογές, ασθενής περιχάραξη συνεπάγεται ένα φάσμα επιλογών.

Με τον όρο τυπικότητα εννοούμε τον καθορισμό του βαθμού συγκρότησης, επεξεργασίας και συνολικής οργάνωσης των εκφραστικών κωδικών (γλωσσικού και απεικονιστικού). Ανάλογα με το βαθμό τυπικότητας διαμορφώνεται ένας κώδικας εικονογράφησης που μπορεί να είναι επεξεργασμένος ή μη επεξεργασμένος. Επεξεργασμένος είναι όταν απεικονίζει την πραγματικότητα με τη χρήση συμβατικής γλώσσας, που διαμορφώνει με φυσικότητα την εικόνα χρησιμοποιώντας υψηλή τυπικότητα. Ο μη επεξεργασμένος κώδικας απεικονίζει την πραγματικότητα με βάση την οπτική μας αντίληψη και η τυπικότητά του είναι χαμηλή. Το εκφραστικό μέσο υψηλής τυπικότητας επιτρέπει την κατά το δυνατόν αμφιμονοσήμαντη σχέση σημαίνοντος – σημαίνόμενου και συνεπώς την ακριβέστερη και αποτελεσματικότερη απόδοση των επιστημονικών εννοιών. (Κουλαϊδής κ.α., 2002).

Για να επιτευχθεί αποτελεσματικά η αναπλαισίωση κατά τη δημιουργία των σχολικών εγχειριδίων και να επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών, γίνεται χρήση των σημειωτικών συστημάτων επικοινωνίας. Λειτουργία των σημειωτικών συστημάτων είναι μετάδοση πληροφοριών (απεικόνιση ιδεών και αντικειμένων) και η δημιουργία σχέσεων επικοινωνίας μεταξύ πομπού και δέκτη. Μπορούμε λοιπόν να ισχυριστούμε ότι διαμορφώνει το μήνυμα και συγχρόνως επηρεάζει τον δέκτη. (Κουλαϊδής κ.α., 2002). Η επιλογή του κώδικα επηρεάζεται τόσο από τα διαθέσιμα υλικά μέσα, όσο και από τις επικρατούσες κοινωνικές συμβάσεις στο πλαίσιο παραγωγής και λήψης του σήματος. Οι επιλογές που κάνει ο κατασκευαστής του σήματος αποκτούν σημασία από τη στιγμή που υπάρχει η δυνατότητα επιλογής του κώδικα μετάδοσης. (Κουλαϊδής κ.α., 2002). Τα βασικά σημειωτικά συστήματα που λειτουργούν στα εγχειρίδια είναι ο γραπτός λόγος και η εικονογράφηση. Παράλληλα, η σύνθεση της σελίδας, ο τρόπος δηλαδή που συνδυάζεται η εικονογράφηση με το γραπτό κείμενο, διαμορφώνει το δικό του αυτόνομο μήνυμα και επηρεάζει ανάλογα τον αναγνώστη. (Κουλαϊδής κ.α., 2002).

Μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τις εικόνες των σχολικών εγχειριδίων ανάλογα με το βαθμό συμφωνίας με την ανθρώπινη οπτική αντίληψη σε: ρεαλιστικές απεικονίσεις, συμβατικές απεικονίσεις, απεικονίσεις υβρίδια. (Κουλαϊδής κ.α., 2002, Dimopoulos et al, 2003, Σκλαβενίτη, 2003α). Οι απεικονίσεις ανάλογα με την οπτική τους δομή μπορούν να αναπαριστούν αντικείμενα ή γεγονότα αλλά και σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων ή την εξέλιξη των γεγονότων στο χώρο ή το χρόνο. Μπορούν λοιπόν οι εικόνες να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τη λειτουργία τους σε απεικονίσεις: αφηγηματικές, ταξινομητικές, αναλυτικές, μεταφορικές.

Η σύνθεση της σελίδας, ο τρόπος δηλαδή που συνδυάζονται οι εικόνες με το κείμενο, ως ένα επιπλέον σημειωτικό σύστημα επικοινωνίας μεταφέρει το δικό της μήνυμα και συνδιαμορφώνει τις παιδαγωγικές σχέσεις. Οι σχέσεις διακρίνονται σε: ισχύος που διαμορφώνονται από τη γραμμικότητα των σελίδων και συμμετοχής που καθορίζονται από τη συνέπεια και την ομοιομορφία της συνολικής εμφάνισης της σελίδας (Κουλαϊδής κ.α., 2002).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Τα δυο βασικά σημειωτικά συστήματα που λειτουργούν στα σχολικά εγχειρίδια είναι ο γραπτός λόγος και η εικονογράφηση. Η εικονογράφηση είναι ένα ιδιαίτερο σημειωτικό σύστημα επικοινωνίας που μεταφέρει τα δικά του μηνύματα στους μαθητές και δημιουργεί τις δικές του σχέσεις με αυτούς.

Αναλυτικά, η έρευνα θέτει τους εξής επιμέρους στόχους:

- Να μελετηθεί ο μετασχηματισμός που υφίσταται η γνώση, όταν μεταφέρεται από το πρωτογενές πεδίο παραγωγής της στο σχολικό πλαίσιο αναπαραγωγής της, με βάση τη χρήση πόρων όπως το είδος των κωδίκων (εικονικά μέσα) και η σύνθεση σελίδας, σε τρεις διαστάσεις:

Τη σχέση του εξειδικευμένου περιεχομένου που προβάλλεται και που αντιστοιχεί σε κάθε μια περιοχή του Αναλυτικού Προγράμματος, αφενός μεν με το περιεχόμενο της καθημερινής πρακτικοβιοματικής γνώσης, και αφετέρου με τα περιεχόμενα άλλων μορφών εξειδικευμένης γνώσης που επίσης εκπροσωπούνται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα. Η σχέση αυτή αποτελεί τη λειτουργική μετάφραση, για τις ανάγκες της ανάλυσης αυτής, την έννοια της ταξινόμησης.

Τον έλεγχο των παιδαγωγικών σχέσεων που διαμορφώνονται από το κάθε βιβλίο, την έννοια της περιχάραξης. Οι παιδαγωγικές σχέσεις αντιμετωπίζονται ως σχέσεις ισχύος και συμμετοχής.

Το βαθμό επεξεργασίας και εξειδίκευσης των εκφραστικών μέσων με τα οποία εκφέρεται το περιεχόμενο των βιβλίων συγκριτικά με τον καθημερινό Λόγο, την έννοια της τυπικότητας.

- Τη σύνθεση των επιμέρους αποτελεσμάτων της ανάλυσης και εν συνεχεία σύγκριση των παιδαγωγικών πρακτικών που προωθούν τα Σχολικά Εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών στην Ελλάδα κι στις Ηνωμένες Πολιτείες.
- Τη διατύπωση προτάσεων σχετικά με την εικονογράφηση σχετικών σχολικών εγχειριδίων.

Η επιστημονική γνώση πριν προσφερθεί στους μαθητές πρέπει να αναπλαισιωθεί. Η κατάλληλη εικονογράφηση συμβάλλει στην επιτυχία της αναπλαισίωσης και βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν ορθολογικότερα τις Φυσικές Επιστήμες. Οι εικόνες του εγχειριδίου ξετάστηκαν ως προς το αν δημιουργούν προνομιακή ή όχι θέση για τους μαθητές, αν τους μεταφέρουν το δικό τους αυτόνομο μήνυμα, εάν τους βοηθούν να κατανοήσουν έννοιες. Διατυπώνονται γενικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των εικόνων και τη σύγκριση των εκπαιδευτικών πρακτικών που ενσωματώνουν τα διδακτικά βιβλία Φυσικών Επιστημών Ελλάδας και USA. Εντοπίζονται οι περιορισμοί

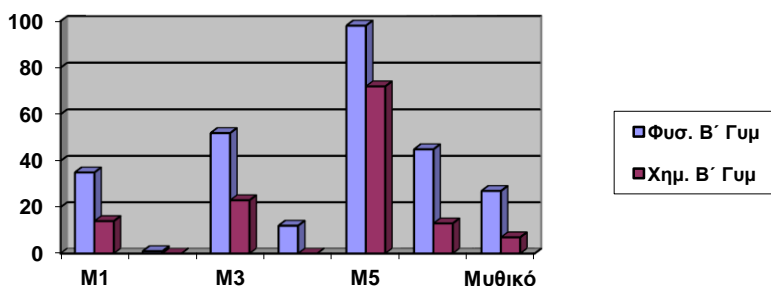
της παρούσας έρευνας και γίνονται προτάσεις με τις ανάλογες προϋποθέσεις για διερεύνηση και επέκταση του προβληματισμού γύρω από το σχολικό εγχειρίδιο στην εκπαιδευτική πράξη.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Συγκριτική Ανάλυση αποτελεσμάτων μεταξύ μαθημάτων κατά τάξη

Από την ανάλυση προκύπτει ότι ως προς τα Πεδία Παιδαγωγικής Πρακτικής παρατηρούμε και στα δύο εγχειρίδια της Β' Γυμνασίου να επικρατεί το Προοδευτικό Δημόσιο ακολουθούμενο από το Προοδευτικό Μεταφορικό και το Προοδευτικό Εσωτερικό, όπως φαίνεται στο γράφημα 1.

Γράφημα 1: Κατανομή των εικόνων των εγχειριδίων της Β' Γυμνασίου στα Πεδία Παιδαγωγικής Πρακτικής



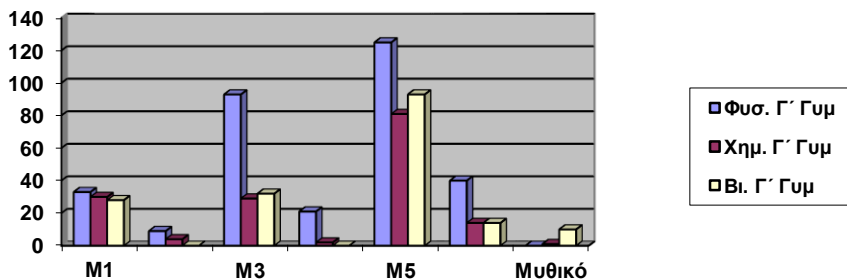
Ως προς τις παιδαγωγικές σχέσεις που διαμορφώνει η σύνθεση των σελίδων παρατηρούμε: 1) τον γραμμικό τρόπο ανάγνωσης του εγχειριδίου της Φυσικής της Β' Γυμνασίου αντίθετα με το εγχειρίδιο της Χημείας όπου επικρατεί η μη γραμμικότητα, 2) αλλά και την συνέπεια και την ομοιομορφία της συνολικής εμφάνισης της σελίδας και για τα δύο εγχειρίδια της Β' Γυμνασίου, όπως φαίνεται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1: Παιδαγωγικές σχέσεις που διαμορφώνει η σύνθεση της σελίδας των εγχειριδίων της Β' Γυμνασίου

Παιδαγωγικές σχέσεις		
Γνωστικό Αντικείμενο και τάξη	Περιχάραξη ισχύος	Περιχάραξη συμμετοχής
Φυσική Β' Γυμνασίου	Ισχυρή	Χαλαρή
Χημεία Β' Γυμνασίου	Μέτρια	Χαλαρή

Ως προς τα Πεδία Παιδαγωγικής Πρακτικής παρατηρούμε και στα τρία εγχειρίδια της Γ' Γυμνασίου να επικρατεί το Προοδευτικό Δημόσιο ακολουθούμενο από το Προοδευτικό Μεταφορικό και το Προοδευτικό Εσωτερικό, όπως φαίνεται στο γράφημα 2.

Γράφημα 2: Κατανομή των εικόνων των εγχειριδίων της Γ' Γυμνασίου στα Πεδία Παιδαγωγικής Πρακτικής



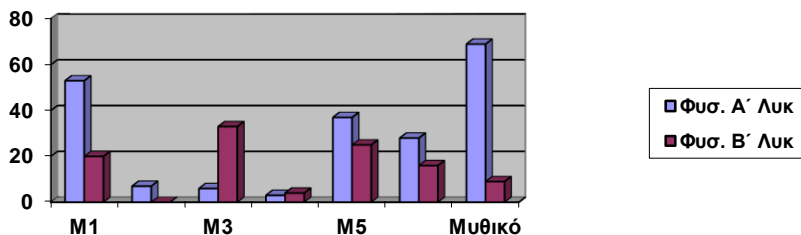
Ως προς τις παιδαγωγικές σχέσεις που διαμορφώνει η σύνθεση των σελίδων παρατηρούμε: 1) τις μη γραμμικές σελίδες των εγχειριδίων Χημείας και Βιολογίας Γ' Γυμνασίου αντίθετα με το εγχειρίδιο Φυσικής όπου επικρατεί η γραμμικότητα και 2) την συνέπεια και την ομοιομορφία της συνολικής εμφάνισης της σελίδας και για τα τρία εγχειρίδια της Γ' Γυμνασίου, όπως φαίνεται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2: Παιδαγωγικές σχέσεις που διαμορφώνει η σύνθεση της σελίδας των εγχειριδίων της Γ΄ Γυμνασίου

Γνωστικό Αντικείμενο και τάξη	Παιδαγωγικές σχέσεις	
	Περιχάραξη ισχύος	Περιχάραξη συμμετοχής
Φυσική Γ΄ Γυμνασίου	Ισχυρή	Χαλαρή
Χημεία Γ΄ Γυμνασίου	Χαλαρή	Χαλαρή
Βιολογία Γ΄ Γυμνασίου	Χαλαρή	Χαλαρή

Ως προς τα Πεδία Παιδαγωγικής Πρακτικής παρατηρούμε στη Φυσική της Α΄ Λυκείου να επικρατεί το Προοδευτικό Εσωτερικό ακολουθούμενο από το Προοδευτικό Δημόσιο. Σημαντικό είναι το ποσοστό του Μυθικού πεδίου. Στη Χημεία της Α΄ Λυκείου επικρατεί το Προοδευτικό Μεταφορικό ακολουθούμενο από το Προοδευτικό Δημόσιο και το Προοδευτικό Εσωτερικό, όπως φαίνεται στο γράφημα 3.

Γράφημα 3: Κατανομή των εικόνων των εγχειριδίων της Α΄ Λυκείου στα Πεδία Παιδαγωγικής Πρακτικής



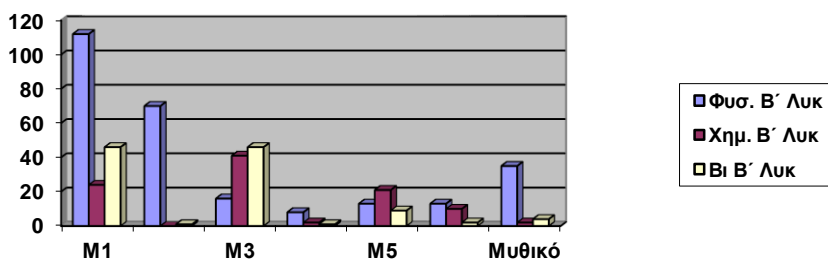
Ως προς τις παιδαγωγικές σχέσεις που διαμορφώνει η σύνθεση των σελίδων παρατηρούμε: 1) τον γραμμικό τρόπο ανάγνωσης και 2) την συνέπεια και την ομοιομορφία της συνολικής εμφάνισης της σελίδας και για τα δύο εγχειρίδια της Α΄ Λυκείου, όπως φαίνεται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3: Παιδαγωγικές σχέσεις που διαμορφώνει η σύνθεση της σελίδας των εγχειριδίων της Α΄ Λυκείου

Παιδαγωγικές σχέσεις		
Γνωστικό Αντικείμενο και τάξη	Περιγράραξη ισχύος	Περιγράραξη συμμετοχής
Φυσική Α΄ Λυκείου	Ισχυρή	Χαλαρή
Χημεία Α΄ Λυκείου	Ισχυρή	Χαλαρή

Ως προς τα Πεδία Παιδαγωγικής Πρακτικής παρατηρούμε στη Φυσική της Β΄ Λυκείου να επικρατεί το Προοδευτικό Εσωτερικό ακολουθούμενο από το Συντηρητικό Εσωτερικό. Στη Χημεία της Β΄ Λυκείου επικρατεί το Προοδευτικό Μεταφορικό ακολουθούμενο από το Προοδευτικό Εσωτερικό και το Προοδευτικό Δημόσιο. Στη Βιολογία της Β΄ Λυκείου επικρατούν το Προοδευτικό Εσωτερικό και το Προοδευτικό Μεταφορικό, όπως φαίνεται στο γράφημα 4.

Γράφημα 4: Κατανομή των εικόνων των εγχειριδίων της Β΄ Λυκείου στα Παιδαγωγικά Μοντέλα



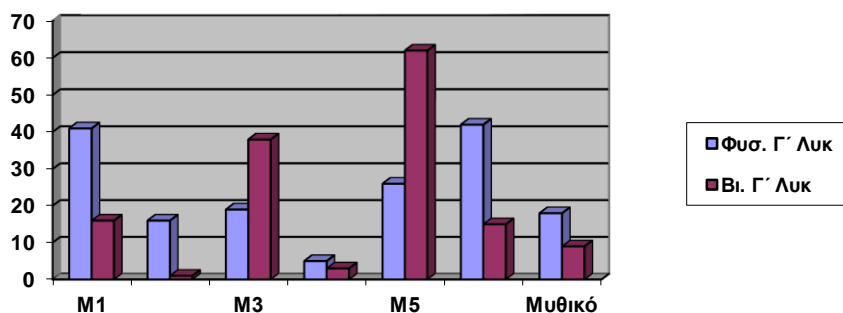
Ως προς τις παιδαγωγικές σχέσεις που διαμορφώνει η σύνθεση των σελίδων παρατηρούμε: 1) τον γραμμικό τρόπο ανάγνωσης των εγχειριδίων της Φυσικής και της Χημείας της Β΄ Λυκείου αντίθετα με το εγχειρίδιο της Βιολογίας όπου επικρατεί η μη γραμμικότητα, 2) αλλά και την συνέπεια και την ομοιομορφία της συνολικής εμφάνισης της σελίδας και για τα τρία εγχειρίδια της Β΄ Λυκείου, όπως φαίνεται στον πίνακα 4.

Πίνακας 4: Παιδαγωγικές σχέσεις που διαμορφώνει η σύνθεση της σελίδας των εγχειριδίων της Β' Λυκείου

Παιδαγωγικές σχέσεις		
Γνωστικό Αντικείμενο και τάξη	Περιγράραξη ισχύος	Περιγράραξη συμμετοχής
	Φυσική Β' Λυκείου	Ισχυρή
Χημεία Β' Λυκείου	Ισχυρή	Χαλαρή
Βιολογία Β' Λυκείου	Μέτρια	Χαλαρή

Ως προς τα Πεδία Παιδαγωγικής Πρακτικής παρατηρούμε στη Φυσική της Γ' Λυκείου να επικρατεί το Συντηρητικό Δημόσιο ακολουθούμενο από το Προοδευτικό Ε-σωτερικό. Στη Βιολογία της Γ' Λυκείου επικρατεί το Προοδευτικό Δημόσιο ακολουθούμενο από το Προοδευτικό Μεταφορικό, όπως φαίνεται στο γράφημα 5.

Γράφημα 5: Κατανομή των εικόνων των εγχειριδίων της Γ' Λυκείου στα Πεδία Παιδαγωγικής Πρακτικής



Ως προς τις παιδαγωγικές σχέσεις που διαμορφώνει η σύνθεση των σελίδων παρατηρούμε: 1) τον γραμμικό τρόπο ανάγνωσης και 2) την συνέπεια και την ομοιομορφία της συνολικής εμφάνισης της σελίδας και για τα δύο εγχειρίδια της Γ' Λυκείου, όπως φαίνεται στον πίνακα 5.

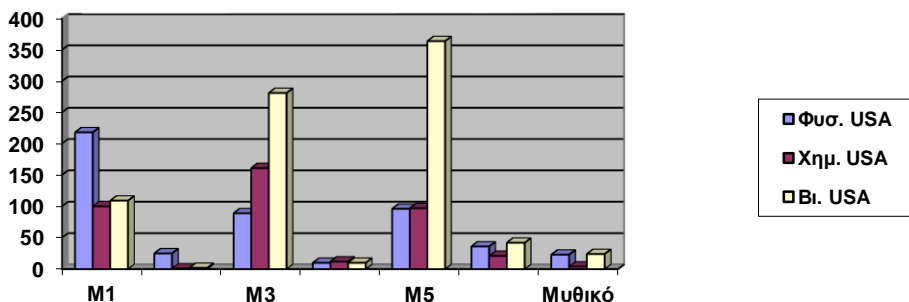
Πίνακας 5: Παιδαγωγικές σχέσεις που διαμορφώνει η σύνθεση της σελίδας των εγχειριδίων της Γ΄ Λυκείου

Παιδαγωγικές σχέσεις		
Γνωστικό Αντικείμενο και τάξη	Περιχάραξη ισχύος	Περιχάραξη συμμετοχής
	Φυσική Γ΄ Λυκείου	Ισχυρή
Βιολογία Γ΄ Λυκείου	Ισχυρή	Χαλαρή

Συγκριτική Ανάλυση αποτελεσμάτων μεταξύ μαθημάτων κατά U.S.A.

Ως προς τα Πεδία Παιδαγωγικής Πρακτικής παρατηρούμε στη Φυσική (U.S.A.) να επικρατεί το Προοδευτικό Εσωτερικό ακολουθούμενο από το Προοδευτικό Μεταφορικό και το Προοδευτικό Δημόσιο. Στη Χημεία (U.S.A.) επικρατεί το Προοδευτικό Μεταφορικό ακολουθούμενο από το Προοδευτικό Εσωτερικό και το Προοδευτικό Δημόσιο. Στη Βιολογία (U.S.A.) επικρατεί το Προοδευτικό Δημόσιο ακολουθούμενο από το Προοδευτικό Μεταφορικό και το Προοδευτικό Εσωτερικό, όπως φαίνεται στο γράφημα 6.

Γράφημα 6: Κατανομή των εικόνων των εγχειριδίων των U.S.A. στα Πεδία Παιδαγωγικής Πρακτικής



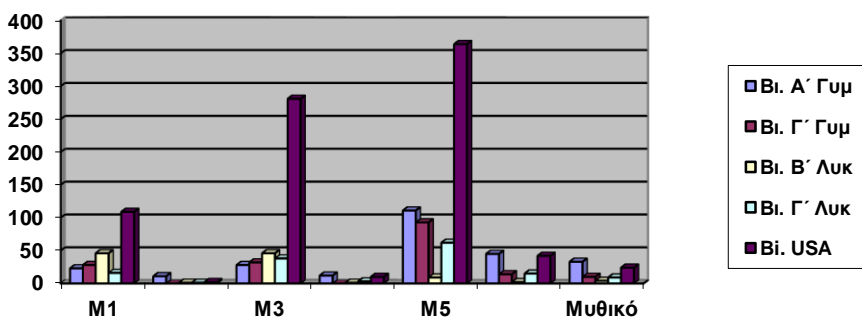
Ως προς τις παιδαγωγικές σχέσεις που διαμορφώνει η σύνθεση των σελίδων παρατηρούμε: 1) τον γραμμικό τρόπο ανάγνωσης στο εγχειρίδιο της Βιολογίας (U.S.A.) αντίθετα με τα εγχειρίδια της Φυσικής (U.S.A.) και της Χημείας (U.S.A.) όπου δεν είναι σαφής ο γραμμικός ή μη τρόπος ανάγνωσης, 2) την συνέπεια και την ομοιομορφία της συνολικής εμφάνισης της σελίδας και για τα τρία εγχειρίδια των U.S.A, όπως φαίνεται στον πίνακα 6.

Πίνακας 6: Παιδαγωγικές σχέσεις που διαμορφώνει η σύνθεση της σελίδας των εγχειριδίων των U.S.A.

Παιδαγωγικές σχέσεις		
Γνωστικό Αντικείμενο και τάξη	Περιγράραξη ισχύος	Περιγράραξη συμμετοχής
	Φυσική U.S.A.	Μέτρια
Χημεία U.S.A.	Μέτρια	Χαλαρή
Βιολογία U.S.A.	Ισχυρή	Χαλαρή

Συγκριτική Ανάλυση αποτελεσμάτων κατά μάθημα ανά τάξη και ανά χώρα

Ως προς τα Πεδία Παιδαγωγικής Πρακτικής παρατηρούμε στα δύο εγχειρίδια της Βιολογίας του Γυμνασίου και στη Βιολογία της Γ΄ Λυκείου να επικρατεί το Προοδευτικό Δημόσιο. Η εικόνα καλεί σε έντονη συμμετοχή το μαθητή και αυξάνει τη διαπραγματευτική του ικανότητα ενώ γίνεται προσπάθεια να κατανοηθεί η επιστήμη βάσει της καθημερινής γνώσης. Στο βιβλίο της Βιολογίας της Β΄ Λυκείου επικρατεί το Προοδευτικό Μεταφορικό. Και εδώ η εικόνα καλεί σε έντονη συμμετοχή το μαθητή και αυξάνει τη διαπραγματευτική του ικανότητα αλλά παράλληλα επιτρέπει την αναγνώριση των δραστηριοτήτων ως φυσικο-επιστημονικών. Σ' αυτό των USA επικρατεί το Προοδευτικό Δημόσιο ακολουθούμενο από το Προοδευτικό Μεταφορικό, όπως φαίνεται στο γράφημα 7.

Γράφημα 7: Κατανομή των εικόνων των εγχειριδίων Βιολογίας στα Πεδία Παιδαγωγικής Πρακτικής

Ως προς τις παιδαγωγικές σχέσεις που διαμορφώνει η σύνθεση των σελίδων παρατηρούμε: 1) την σταδιακή μεταβολή από τις μη γραμμικές σελίδες των εγχειριδίων της

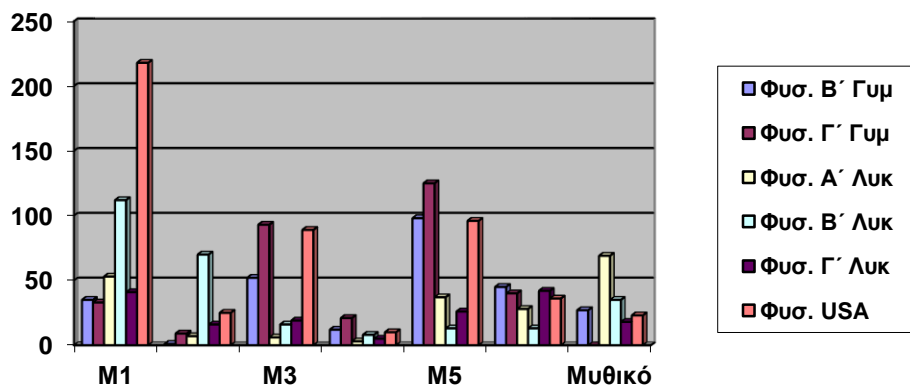
Βιολογίας του Γυμνασίου στον γραμμικό τρόπο ανάγνωσης των εγχειριδίων της Βιολογίας του Λυκείου και της αντίστοιχης των USA, 2) αλλά και την συνέπεια και την ομοιομορφία της συνολικής εμφάνισης της σελίδας στο σύνολο των εγχειριδίων της Βιολογίας, όπως φαίνεται στον πίνακα 7.

Πίνακας 7. Παιδαγωγικές σχέσεις που διαμορφώνει η σύνθεση της σελίδας των εγχειριδίων Βιολογίας

Γνωστικό Αντικείμενο και τάξη	Παιδαγωγικές σχέσεις	
	Περιχάραξη ισχύος	Περιχάραξη συμμετοχής
Βιολογία Α΄ Γυμνασίου	Χαλαρή	Χαλαρή
Βιολογία Γ΄ Γυμνασίου	Χαλαρή	Χαλαρή
Βιολογία Β΄ Λυκείου	Μέτρια	Χαλαρή
Βιολογία Γ΄ Λυκείου	Ισχυρή	Χαλαρή
Βιολογία (USA)	Ισχυρή	Χαλαρή

Ως προς τα Πεδία Παιδαγωγικής Πρακτικής παρατηρούμε στα δύο εγχειρίδια της Φυσικής του Γυμνασίου να επικρατεί το Προοδευτικό Δημόσιο ακολουθούμενο από το Προοδευτικό Μεταφορικό και λιγότερο από το Προοδευτικό Εσωτερικό. Στο βιβλίο της Φυσικής της Α΄ Λυκείου επικρατεί το Προοδευτικό Εσωτερικό ακολουθούμενο από το Προοδευτικό Μεταφορικό και λιγότερο από το Συντηρητικό Μεταφορικό. Σημαντικά όμως εδώ είναι και τα ποσοστά του μυθικού πεδίου. Στο βιβλίο της Φυσικής της Β΄ Λυκείου επικρατεί το Προοδευτικό Εσωτερικό ακολουθούμενο από το Συντηρητικό Εσωτερικό και στο βιβλίο της Φυσικής της Γ΄ Λυκείου επικρατεί το Προοδευτικό Εσωτερικό ακολουθούμενο από το Συντηρητικό Μεταφορικό και το Προοδευτικό Μεταφορικό. Σ΄ αυτό των USA επικρατεί το Προοδευτικό Εσωτερικό πεδίο πρακτικής, όπως φαίνεται στο γράφημα 8.

Γράφημα 8: Κατανομή των εικόνων των εγχειριδίων Φυσικής στα Πεδία Παιδαγωγικής Πρακτικής



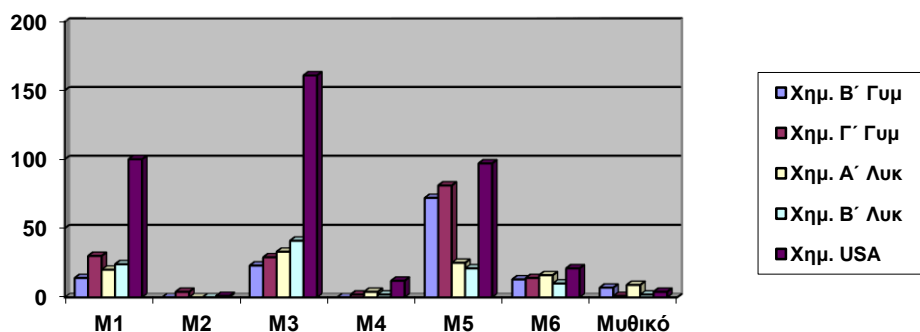
Ως προς τις παιδαγωγικές σχέσεις που διαμορφώνει η σύνθεση των σελίδων παρατηρούμε: 1) τον γραμμικό τρόπο ανάγνωσης στα ελληνικά εγχειρίδια Φυσικής σε αντίθεση με το αντίστοιχο των USA, 2) την συνέπεια και την ομοιομορφία της συνολικής εμφάνισης της σελίδας, στο σύνολο των εγχειριδίων της Φυσικής, όπως φαίνεται στον πίνακα 8.

Πίνακας 8. Παιδαγωγικές σχέσεις που διαμορφώνει η σύνθεση της σελίδας των εγχειριδίων Φυσικής

Γνωστικό Αντικείμενο και τάξη	Παιδαγωγικές σχέσεις	
	Περιχάραξη ισχύος	Περιχάραξη συμμετοχής
Φυσική Β΄ Γυμνασίου	Ισχυρή	Χαλαρή
Φυσική Γ΄ Γυμνασίου	Ισχυρή	Χαλαρή
Φυσική Α΄ Λυκείου	Ισχυρή	Χαλαρή
Φυσική Β΄ Λυκείου	Ισχυρή	Χαλαρή
Φυσική Γ΄ Λυκείου	Ισχυρή	Χαλαρή
Φυσική (USA)	Μέτρια	Χαλαρή

Ως προς τα Πεδία Παιδαγωγικής Πρακτικής παρατηρούμε στα δύο εγχειρίδια της Χημείας του Γυμνασίου να επικρατεί το Προοδευτικό Δημόσιο. Στο βιβλίο της Χημείας της Α΄ Λυκείου επικρατεί το Προοδευτικό Μεταφορικό ακολουθούμενο από το Προοδευτικό Δημόσιο και το Προοδευτικό Εσωτερικό. Στο βιβλίο της Χημείας της Β΄ Λυκείου και στο αντίστοιχο των USA επικρατεί το Προοδευτικό Μεταφορικό ακολουθούμενο από το Προοδευτικό Εσωτερικό και το Προοδευτικό Δημόσιο, όπως φαίνεται στο γράφημα 9.

Γράφημα 9: Κατανομή των εικόνων των εγχειριδίων Χημείας στα Πεδία Παιδαγωγικής Πρακτικής



Ως προς τις παιδαγωγικές σχέσεις που διαμορφώνει η σύνθεση των σελίδων παρατηρούμε: 1) τη σταδιακή μεταβολή από τις μη γραμμικές σελίδες των εγχειριδίων της Χημείας του Γυμνασίου στον γραμμικό τρόπο ανάγνωσης των εγχειριδίων της Χημείας του Λυκείου σε αντίθεση με το αντίστοιχο των USA, 2) αλλά και την συνέπεια και την ομοιομορφία της συνολικής εμφάνισης της σελίδας στο σύνολο των εγχειριδίων της Χημείας, όπως φαίνεται στον πίνακα 9.

Πίνακας 9. Παιδαγωγικές σχέσεις που διαμορφώνει η σύνθεση της σελίδας των εγχειριδίων Χημείας

Γνωστικό Αντικείμενο και τάξη	Παιδαγωγικές σχέσεις	
	Περιχάραξη ισχύος	Περιχάραξη συμμετοχής
Χημεία Β΄ Γυμνασίου	Μέτρια	Χαλαρή
Χημεία Γ΄ Γυμνασίου	Χαλαρή	Χαλαρή
Χημεία Α΄ Λυκείου	Ισχυρή	Χαλαρή
Χημεία Β΄ Λυκείου	Ισχυρή	Χαλαρή
Χημεία (USA)	Μέτρια	Χαλαρή

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρατηρούμε την σταδιακή μετάβαση, περνώντας από το Γυμνάσιο στο Λύκειο, από το Προοδευτικό Δημόσιο στο Προοδευτικό Μεταφορικό και στο Προοδευτικό Εσωτερικό. Η ίδια σταδιακή μετάβαση παρατηρείται από το Prentice Hall Biology, (2008), ISBN of the student's edition, στο Holt Chemistry, California Edition, (2007), ISBN of the student's edition και τέλος στο Glencoe Science, Physics California Edition: Principles and Problems. Επιπλέον η μετάβαση αυτή στα εγχειρίδια της Φυσικής συνδυάζεται και με ισχυρή περιχάραξη.

Γίνεται λοιπόν μια προσπάθεια να κατανοηθεί η επιστήμη βάσει της καθημερινής γνώσης, δημιουργώντας όμως μια μη προνομιακή θέση για το μαθητή, αφού οι αρχές οργάνωσης της δραστηριότητας που καλείται να συμμετάσχει δεν είναι ρητά διατυπωμένες και επομένως μη άμεσα διαθέσιμες σε αυτόν. Το δημόσιο πεδίο πρακτικής δεν βοηθάει το μαθητή στην παιδαγωγική διαδικασία. Του δημιουργεί παρανοήσεις και δεν τον βοηθά να απαγκιστρωθεί από την πρακτικο-βιωματική γνώση. Έτσι η μη ρητή διατύπωση των αρχών οργάνωσης της διαδικασίας στην οποία καλείται να συμμετέχει, τον αποκλείει στην πραγματικότητα από αυτή. Οι εικόνες του μεταφορικού πεδίου πρακτικής απομακρύνουν με ομαλό τρόπο τους μαθητές από την πρακτικο-βιωματική γνώση και τους οδηγούν στην επιστημονική των εικόνων που ανήκουν στο εσωτερικό πεδίο. Το εσωτερικό πεδίο πρακτικής προάγει την αναπλαισίωση απαλλάσσοντας τα εγχειρίδια από απλουστεύσεις και πιθανές παρανοήσεις και συγχύσεις.

Στα βιβλία της Βιολογίας και της Χημείας παρατηρούμε την σταδιακή μεταβολή από τις μη γραμμικές σελίδες των εγχειριδίων του Γυμνασίου στον γραμμικό τρόπο ανάγνωσης των εγχειριδίων του Λυκείου, ενώ στα βιβλία της Φυσικής του Γυμνασίου και του Λυκείου παρατηρούμε διατήρηση του γραμμικού τρόπου ανάγνωσης. Αντίστοιχη σταδιακή μεταβολή (μη γραμμικές → γραμμικές) παρατηρούμε από τα: Glencoe Science,

Physics California Edition: Principles and Problems και Holt Chemistry, California Edition, (2007) στο Prentice Hall Biology, (2008), ISBN of the student's edition. Όμως ως προς την συνέπεια και την ομοιομορφία της συνολικής εμφάνισης της σελίδας παρατηρούμε ενίσχυση του ενδιαφέροντος και αύξηση της συμμετοχής του μαθητή και στα δέκα τρία ελληνικά εγχειρίδια και στα: Prentice Hall Biology, (2008), ISBN of the student's edition, Holt Chemistry, California Edition, (2007), ISBN of the student's edition, Glencoe Science, Physics California Edition: Principles and Problems.

Η σύγκριση των εκπαιδευτικών πρακτικών που ενσωματώνουν τα διδακτικά βιβλία Φυσικών Επιστημών Ελλάδας και USA, στηρίχθηκε:

- στη συνδυαστική μελέτη των εικόνων ως προς την ισχύ της ταξινόμησης, το βαθμό της τυπικότητας και την ισχύ της περιχάραξης του απεικονιστικού τους κώδικα. Εδώ διαπιστώθηκε η σταδιακή μετάβαση, περνώντας από το Γυμνάσιο στο Λύκειο, από το Προοδευτικό Δημόσιο στο Προοδευτικό Μεταφορικό και στο Προοδευτικό Εσωτερικό. Η ίδια σταδιακή μετάβαση παρατηρείται από το Prentice Hall Biology, (2008), ISBN of the student's edition, στο Holt Chemistry, California Edition, (2007), ISBN of the student's edition και τέλος στο Glencoe Science, Physics California Edition: Principles and Problems. Επιπλέον η μετάβαση αυτή στα εγχειρίδια της Φυσικής συνδυάζεται και με κάποια ισχυρή περιχάραξη.

- στην περιχάραξη στις σχέσεις ισχύος που εγκαθιστά η μορφή της σελίδας και η περιχάραξη στις σχέσεις συμμετοχής. Στα βιβλία της Βιολογίας και της Χημείας παρατηρούμε την σταδιακή μεταβολή από τις μη γραμμικές σελίδες των εγχειριδίων του Γυμνασίου στον γραμμικό τρόπο ανάγνωσης των εγχειριδίων του Λυκείου, ενώ στα βιβλία της Φυσικής του Γυμνασίου και του Λυκείου παρατηρούμε διατήρηση του γραμμικού τρόπου ανάγνωσης. Αντίστοιχη σταδιακή μεταβολή (μη γραμμικές → γραμμικές) παρατηρούμε από τα: Glencoe Science, Physics California Edition: Principles and Problems και Holt Chemistry, California Edition, (2007) στο Prentice Hall Biology, (2008), ISBN of the student's edition. Όμως ως προς την συνέπεια και την ομοιομορφία της συνολικής εμφάνισης της σελίδας παρατηρούμε ενίσχυση του ενδιαφέροντος και αύξηση της συμμετοχής του μαθητή και στα δέκα τρία ελληνικά εγχειρίδια και στα: Prentice Hall Biology, (2008), ISBN of the student's edition, Holt Chemistry, California Edition, (2007), ISBN of the student's edition, Glencoe Science, Physics California Edition: Principles and Problems.

Οι διαπιστώσεις αυτές επιτρέπουν τη διατύπωση των ακόλουθων συμπερασμάτων σε σχέση με τα μελετώμενα συγγράμματα: Η επικράτηση των εικόνων που αντιστοιχούν στο Προοδευτικό Δημόσιο πεδίο δεν προάγει τη φυσικο-επιστημονική γνώση, έχει τον κίνδυνο δημιουργίας παρανοήσεων και δεν βοηθά στην απαγκίστρωση από την πρακτικο-βιοματική γνώση. Γίνεται μια προσπάθεια να κατανοηθεί η επιστήμη βάσει της καθημερινής γνώσης, δημιουργώντας όμως μια μη προνομιακή θέση για το μαθητή, αφού οι αρχές οργάνωσης της δραστηριότητας που καλείται να συμμετάσχει δεν είναι ρητά διατυπωμένες και επομένως μη άμεσα διαθέσιμες σε αυτόν. Αυτό όμως δεν βοηθάει το μαθητή στην παιδαγωγική διαδικασία. Έτσι η μη ρητή διατύπωση των αρχών οργάνωσης της διαδικασίας στην οποία καλείται να συμμετέχει, τον αποκλείει στην πραγματικότητα από αυτή. Οι εικόνες του Προοδευτικού Μεταφορικού πεδίου πρακτικής

απομακρύνουν με ομαλό τρόπο τους μαθητές από την πρακτικο-βιωματική γνώση και τους οδηγούν στην επιστημονική γνώση των εικόνων που ανήκουν στο Προοδευτικό Εσωτερικό πεδίο.

Το Προοδευτικό Εσωτερικό πεδίο πρακτικής προάγει την αναπλαισίωση απαλλάσσοντας τα εγχειρίδια από απλουστεύσεις και πιθανές παρανοήσεις και συγχύσεις. Έτσι η θέση του μαθητή γίνεται περισσότερο προνομιακή, αφού προάγεται η αναπλαισίωση της επιστημονικής γνώσης και είναι περισσότερο κατανοητή και προσληψίμη απαλλαγμένη από πιθανές απλουστεύσεις και συγχύσεις. Στην ισχυρή περιχάραξη το μεγαλύτερο μέρος του ελέγχου της εκπαιδευτικής διαδικασίας στερείται από το μαθητή-αναγνώστη και ο έλεγχος της επικοινωνίας ανήκει στο μεταδότη. Αντίθετα στην χαλαρή περιχάραξη δεν είναι φανερό ποιος έχει τον έλεγχο της επικοινωνίας και ο δέκτης φαίνεται να έχει μεγαλύτερη δυνατότητα ελέγχου των κανόνων.

Βάσει των συμπερασμάτων αυτών θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί ότι στα σχολικά εγχειρίδια που κατατάχθηκαν στο Προοδευτικό Δημόσιο πεδίο το εγχείρημα της αναπλαισίωσης δε στέφθηκε με επιτυχία, αφού θέτουν το μαθητή σε θέση μη προνομιακή.

Όμως προτού διατυπώσουμε συμπεράσματα για την επιτυχή ή μη αναπλαισίωση της επιστημονικής γνώσης, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας όχι μόνο τα αποτελέσματα των κρίσιμων μετρήσιμων κριτηρίων που τέθηκαν αλλά και άλλες παραμέτρους. Θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι τα σχολικά εγχειρίδια είναι εκτός από παιδαγωγικά εργαλεία πολυπαραμετρικά και πολυτροπικά. Η συνεκτίμηση των στοιχείων της έρευνάς μας με άλλα ερευνητικά δεδομένα που σχετίζονται με το κείμενο, την αξιολόγηση κ.λ.π. θα μπορούσαν να σκιαγραφήσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια και πληρότητα τα χαρακτηριστικά του βιβλίου. Κάτι τέτοιο όμως, οπωσδήποτε αποτελεί αντικείμενο άλλων περαιτέρω εργασιών.

Αντίθετα πιστεύουμε ότι η σταδιακή μετάβαση των σχολικών εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών, περνώντας από το Γυμνάσιο στο Λύκειο, από το Προοδευτικό Δημόσιο στο Προοδευτικό Μεταφορικό και στο Προοδευτικό Εσωτερικό, οδηγεί στην ομαλή μετάβαση του μαθητή από το απλό, το γνώριμο και το γενικό, στο επιστημονικό, το υψηλό και το εξειδικευμένο. Η ίδια λογική χαρακτηρίζει και την μετάβαση από το Προοδευτικό Δημόσιο στο Προοδευτικό Μεταφορικό και στο Προοδευτικό Εσωτερικό που παρατηρούμε από το Prentice Hall Biology, (2008), ISBN of the student's edition, στο Holt Chemistry, California Edition, (2007), ISBN of the student's edition και τέλος στο Glencoe Science, Physics California Edition: Principles and Problems. Αυτό εξάλλου φαίνεται πολύ πιο καθαρά στην σύγκριση που κάναμε ανά θεματική ενότητα. Εκεί βλέπουμε ότι η συσχέτιση των εικόνων, όπου αυτό έχει γίνει, με το Προοδευτικό Δημόσιο πεδίο και ακολούθως από το Προοδευτικό Μεταφορικό ότι δεν αποτελεί αδυναμία αλλά επιλογή για αντιστάθμιση της μη προνομιακής θέσης του μαθητή από την παροχή καθαρής επιστημονικής γνώσης από τη διασύνδεση της παρεχόμενης γνώσης με την καθημερινή ζωή.

Θα εμφάνιζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον η συγκριτική ανάλυση των συγκεκριμένων σχολικών εγχειριδίων ως πολυτροπικών. Επίσης θα μπορούσε να υπάρξει άλλη έρευνα, που θα μελετήσει τη συμβολή στην αποτελεσματική μεταφορά των μηνυμάτων

(καταδηλούμενων και συμπαραδηλούμενων) και στην κατανόηση των φυσικών εννοιών από τους μαθητές, που αποτελούν επιλογές της αναπλαισίωσης στον κώδικα εικονογράφησης των συγκεκριμένων σχολικών εγχειριδίων.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ τους καθηγητές μου, κ.κ. Κουλαϊδή Βασίλη και Δημόπουλο Κώστα για την καθοριστική συμβολή και υποστήριξή τους σε κάθε μου προσπάθεια, όπως και στην παρούσα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αλμήςης, Δ. (2000). Η γραφική αναπαράσταση της κίνησης και οι δυσκολίες κατανόησής της από τους μαθητές. *Επιθεώρηση Φυσικής*, τ31.
- Arnheim, R. (2000). μτφρ. Ποταμιανός, Ι., *Τέχνη και Οπτική Αντίληψη. Η ψυχολογία της Δημιουργικής Όρασης*. Αθήνα:Θεμέλιο.
- Bernstein, B. (1991). μτφρ. Σολομών, Ι., *Παιδαγωγικοί Κώδικες και Κοινωνικός Έλεγχος*. Αθήνα: Αλεξάνδρεια.
- Dimopoulos, K., Koulaidis, V., & Sklaveniti, S. (2003). Towards an Analysis of Visual Images in School Science Textbooks and Press Articles about Science and Technology. *Research in Science Education*, 33. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Dimopoulos, K., Koulaidis, V., & Sklaveniti, S. (2005). Towards a Framework of Socio-Linguistic Analysis of Science Textbooks: The Greek Case. *Research in Science Education*, 35. Springer.
- Καψάλης, Α., & Χαράλάμπους, Δ. (1995). *Σχολικά Εγχειρίδια, Θεσμική Εξέλιξη και Σύγχρονη Προβληματική*. Αθήνα: Έκφραση.
- Koulaidis, V., & Ogborn, J. (1995). Science teachers' philosophical assumptions: how well do we understand them? *International Journal of Science Education*, 17(3).
- Koulaidis, V., & Tsatsaroni, A. (1996). Analysis of science textbooks: How can we proceed? *Research in Science Education*, 26(1).
- Koulaidis, V., Hatzinikita, V., Kokkotas, P., & Vlachos, I. (1997). *Pedagogical analysis of science textbooks: Changes of matter*. First International Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Rome, 2-6 September 1997.
- Κουλαϊδής, Β. (2001). Διδακτική των φυσικών επιστημών: Αντικείμενο και αναγκαιότητα. *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Τόμος Α΄*. Πάτρα: ΕΑΠ
- Koulaidis, V., Dimopoulos, K., & Sklaveniti, S. (2001). Analyzing the Texts of Science and Technology: School Science Textbooks and Daily Press Articles in the Public Domain. *Learning for the future. Proceeding of the Learning Conference 2001*. Australia: Common Ground Publishing Pty Ltd.
- Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος, Κ., Σκλαβενίτη, Σ., & Χρηστίδου, Β. (2002). *Τα κείμενα της Τεχνο-επιστήμης στο Δημόσιο Χώρο..* Αθήνα: Μεταίχιμο.

- Koulaidis, V., Dimopoulos, K., & Maliatos, S. (2002). Science and technology centres as “Texts”. *Proceedings of the ninth learning conference*. Beijing, University of Beijing.
- Koulaidis, V., & Dimopoulos, K. (2003). Science Education in Primary and Secondary Level. An Analysis of the Discursive Transitions across Different Modalities of the Pedagogic Discourse. *International Journal of Learning*, 10. Australia: Common Ground Publishing Pty Ltd.
- Koulaidis, V., & Dimopoulos, K. (2005). The Pedagogic Discourse of the Greek School Science Textbooks of Primary and Lower Secondary Level. Horsley, M., & McCall, J., *Peace, Democratization and Reconciliation in Textbooks and Educational Media*. IARTEM: Ninth International Conference on Textbooks and Educational Media. <http://www.iartem.no/documents/9thIARTEMConferenceVolume.pdf> (26/05/2011)
- Koulaidis, V., & Dimopoulos, K. (2006). *The Co-deployment of Visual Representations and Written Language as Resources for Meaning Making in Greek Primary School Science Textbooks*, *International Journal of Learning*, Vol. 12, Issue 10. Melbourne: Common Ground Publishing Pty Ltd.
- Κουλαϊδής, Β., & Δημόπουλος, Κ. (2009). e-Εκπαιδευτικό Υλικό: Παιδαγωγικοί όροι και προϋποθέσεις για την ένταξή του στην εκπαιδευτική διαδικασία. *Το βήμα των Κοινωνικών Επιστημών*, 48.
- Kress, G., & Van Leeuwen, Th. (1996). *Reading Images. The Grammar of visual Design*. London: Routledge.
- Μπονιδής, Κ. (2004). *Το περιεχόμενο του σχολικού βιβλίου ως αντικείμενο έρευνας. Διαχρονική εξέταση της σχετικής έρευνας και μεθοδολογικές προσεγγίσεις*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Noye, D., & Riveteau, J. (1999). *Πρακτικός Οδηγός του Εκπαιδευτή*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Σκλαβενίτη, Σ. (2003α). Ένα πλαίσιο ανάλυσης σχολικών εγχειριδίων των Φυσικών Επιστημών. Διδακτορική Διατριβή, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Σκλαβενίτη, Σ. (2003β). Νέες Τεχνολογίες και Σχολικά Εγχειρίδια. *Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην κοινωνία της Πληροφορίας, Πρακτικά 1^ο Πανελληνίου Συνεδρίου, Αθήνα 18-21 Απριλίου 2002*. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.
- Τσατσαρώνη, Α., & Κουλαϊδής, Β. (2001α). Επιστημονική γνώση και σχολική φυσικό-επιστημονική γνώση: απλοποίηση ή αναπλαισίωση; *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, τόμος Α΄*. Πάτρα: ΕΑΠ.
- Τσατσαρώνη, Α., & Κουλαϊδής, Β. (2001β). Ταξινόμηση και περιχάραξη: ένα εννοιολογικό πλαίσιο για την εξέταση της σχολικής γνώσης. *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, τόμος Β΄*. Πάτρα: ΕΑΠ.
- Τσατσαρώνη, Α., & Κουλαϊδής, Β. (2001γ). Τα χαρακτηριστικά των σχολικών εγχειριδίων και του παιδαγωγικού κειμένου. *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, τόμος Β΄*. Πάτρα: ΕΑΠ.

Η σχέση θεωρίας και υλικού στο σχεδιασμό μιας πρότασης για τη διδασκαλία του Πυθαγορείου Θεωρήματος

Ανδρέας Μούτσιος-Ρέντζος

Τμήμα Μαθηματικών, Πανεπιστήμιο Αθηνών
moutsiosrent@math.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή την εργασία μελετώνται οι σχέσεις του θεωρητικού πλαισίου και του χρησιμοποιούμενου διδακτικού υλικού για το σχεδιασμό μια διδακτικής πρότασης. Ειδικότερα, επικεντρωνόμαστε σε μια διδασκαλία με στόχο την επανα-ενεργοποίηση της εξαντικειμενίκευσης του ορθογωνίου τριγώνου σε μαθητές και μαθήτριες της Β' Γυμνασίου. Ο αναστοχασμός στα στάδια σχεδιασμού της διδακτικής πρότασης ανέδειξε τις κρίσιμες αποφάσεις σχετικά με την θεωρητική τεκμηρίωση της επιλογής του υλικού και της ένταξής του στη διδασκαλία. Μέσα από μια ελικοειδή διαδικασία – που περιλαμβάνει το ενσώματο βίωμα, το χειρισμό του υλικού και τη λεκτική επικοινωνία– η θεωρία και η διδακτική πρόταση βρίσκονται σε μια σχέση συνεχούς αλληλεπίδρασης και συν-ανάπτυξης που επιτρέπει τις συναγωγές για την εκπαιδευτική αποτελεσματικότητα και τη συνάφειά τους.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Πυθαγόρειο Θεώρημα, φαινομενολογία, εξαντικειμενίκευση

ΑΠΟ ΤΟ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑΚΑ ΒΙΟΥΜΕΝΟ ΣΤΟ ΛΟΓΙΚΟΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΑΝΑΠΟΔΡΑΣΤΟ

Το Πυθαγόρειο Θεώρημα είναι ίσως το πιο γνωστό θεώρημα των μαθηματικών στο ευρύτερο κοινό, ενώ το διαχρονικά έντονο ενδιαφέρον της μαθηματικής κοινότητας είναι φανερό στο πλήθος των διαφορετικών αποδείξεων του θεωρήματος που έχουν κατά καιρούς προταθεί και ακόμη προτείνονται (Maor, 2007). Επιπροσθέτως, το θεώρημα έχει ιδιαίτερη σημασία για την επιστήμη των μαθηματικών, καθώς σε αυτό συγκλίνουν πολλές από τις διαστάσεις που συνθέτουν το μαθηματικό οικοδόμημα (Davis, 2007· Stillwell, 2010). Στο Πυθαγόρειο Θεώρημα συναντιούνται ο γεωμετρικός κόσμος με τον κόσμο των αριθμών, υπό την άδηλη εννοιολογία ενός ‘εν ενεργεία’ απείρου (και όχι απλά ‘εν δυνάμει’) στο οποίο οδηγεί η ‘ανακάλυψη’ των αρρήτων αριθμών. Ταυτόχρονα, έχουμε ίσως για πρώτη φορά την κατασκευή ενός μαθηματικού αντικειμένου (των αρρήτων) που προκύπτει από τις λογικο-μαθηματικές δεσμεύσεις του θεωρήματος και όχι μόνο από αφαιρέσεις κάποιου αισθητηριακού βιώματος.

Η γνώση ότι τριάδες αριθμών αντιστοιχούν στα μήκη πλευρών ορθογώνιου τριγώνου δεν είναι αποκλειστική γνώση των Αρχαίων Ελλήνων και των Πυθαγορείων. Υπάρχουν ιστορικά και αρχαιολογικά ευρήματα (για παράδειγμα, η πινακίδα ‘YBC 7289’, η πινακίδα Plimpton 322, ο πάπυρος του Rhind, το κείμενο Zhou Bi Suan Jing) τα οποία καθιστούν σαφές ότι η γνώση των λεγόμενων *Πυθαγόρειων Τριάδων* ήταν κοινός τόπος σε διάφορους πολιτισμούς συμπεριλαμβανομένων των Βαβυλωνίων, των Αιγυπτίων, των Ινδών και των Κινέζων (Katz, 2000· Maor, 2007· van der Waerden, 2000). Όμως, στην αρχαία Ελλάδα αυτή η γνώση αντιμετωπίζεται ως ιδιότητα της κατηγορίας που ορίζει ένα μαθηματικό αντικείμενο (το ορθογώνιο τρίγωνο): *τα (αριθμητικά) μήκη των πλευρών ενός ορθογώνιου τριγώνου (α, β, γ) ικανοποιούν τη σχέση $a^2 = \beta^2 + \gamma^2$, αλλά και κάθε τριάδα θετικών αριθμών (κ, λ, μ) που ικανοποιεί τη $\kappa^2 = \lambda^2 + \mu^2$ σχέση αντιστοιχεί σε ένα ορθογώνιο τρίγωνο του οποίου η υποτείνουσα έχει (αριθμητικό) μήκος όσο ο μεγαλύτερος από τους τρεις αριθμούς (‘κ’)*. Είναι αυτή ακριβώς η γενικότητα της ικανής και αναγκαίας συνθήκης που ενέχει η αναφορά στην κατηγορία η οποία επέτρεψε στην αριθμητική-γεωμετρική σχέση να ‘αποκαλύψει’ ότι κάποια μέλη αυτής της σχέσης δεν είχαν έως τότε αναγνωριστεί ως υπαρκτά. Ο οντολογικός μετασχηματισμός του ‘κανόνα’ σε ‘θεώρημα’, του αλγορίθμου (που συμβολικά και συνοπτικά περιγράφει το αισθητό και τη δράση σε αισθητά αντικείμενα) σε μια ιδιότητα ενός νοητικού αντικειμένου λογικά οριζόμενο και καθοριζόμενο, μετατόπισε τις νοητικές αναζητήσεις από τον κόσμο των αισθήσεων στον κόσμο των λογικών δεσμεύσεων και φανέρωσε τους έως τότε αδύνατο να φανούν άρρητους. Με αυτό τον τρόπο, το αισθητηριακό βίωμα της δράσης μέτρησης αντικειμένων και καταστάσεων σχήματος ορθογώνιου τριγώνου, αντιστοιχίστηκε νοητικά στη γεωμετρική αναγκαιότητα της αριθμητικής σχέσης των μηκών η οποία *μέσω* της λογικο-μαθηματικής δέσμευσης του θεωρήματος οδήγησε στην αριθμητική αναγκαιότητα της ύπαρξης των αρρήτων. Μάλιστα, η αναγκαιότητα της ύπαρξης των αρρήτων διασφαλίστηκε μέσω των ίδιων λογικο-μαθηματικών δεσμεύσεων που παρήγαγαν το θεώρημα, μια διασφάλιση που υπερέβη τον ηγεμονικό λόγο του κοινωνικο-πολιτισμικού πλαισίου σχετικά με την έννοια του απείρου (ως δυνατότητα, παρά ως πραγματικότητα).

Σε αυτή την εργασία, θα συζητήσουμε το ρόλο του χρησιμοποιούμενου υλικού σε μια διδασκαλία του Πυθαγορείου Θεωρήματος που βασίστηκε στην μετάβαση από το αισθητηριακό βίωμα της καθετότητας στην εύρεση και διατύπωση της σχέσης του θεωρήματος με μαθητές και μαθήτριες της Β΄ Γυμνασίου (Moutsios-Rentzos, Spyrou & Peteinara, 2014). Η εν λόγω διδασκαλία είναι ο εντοπισμός ενός ευρύτερου διδακτικού πλαισίου, απόρροια σύνθεσης Επιστημολογίας και Διδακτικής των Μαθηματικών. Στον πυρήνα αυτής της σύνθεσης βρίσκεται η *υπερβατολογική φαινομενολογία* του Husserl με την οποία ο επιχειρείται η αντιμετώπιση της αντίφασης μεταξύ της «υποκειμενικότητας του γνωρίζειν και της αντικειμενικότητας του γνωστικού περιεχομένου» (Husserl, 2001, σελ. 2) και ειδικά της έννοιας της *αποβλεπτικότητας* που συνδέεται με αυτή την επιστημολογία, καθώς και η ανάπτυξη της *εσωτερικής αναγκαιότητας* των μαθητών/μαθητριών για την κατασκευή μαθηματικών αντικειμένων. Μέσα από μια αναστοχαστική μελέτη στην προτεινόμενη διδασκαλία (Moutsios-Rentzos, Spyrou & Peteinara, 2014), θα υποστηριχθεί ότι το υλικό, η διδακτική του ενσωμάτωση και ο

χειρισμός του *αλληλεπιδρούν* καθοριστικά με το σχεδιασμό και την αξιολόγηση μιας διδασκαλίας η οποία τεκμηριώνεται εντός ενός διδακτικού πλαισίου στο οποίο επαναπροσδιορίζονται διδακτικά η μαθηματική αποβλεπτικότητα και αναγκαιότητα των μαθητών/μαθητριών.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ: ΣΥΝΘΕΤΟΝΤΑΣ ΤΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Βίωμα, αναπαραστάσεις, σημειωτική και γενικεύσεις

Στη Διδακτική των Μαθηματικών ερευνητές έχουν αναπτύξει, υιοθετήσει ή/και προσαρμόσει φαινομενολογικές θεωρίες (Freudenthal, 1983· Radford, 2003), ενώ η ιδέα της αφαίρεσης/γενίκευσης ως γενεσιουργός διαδικασία του μαθηματικού αντικειμένου βρίσκεται στον πυρήνα πολλών θεωρητικών πλαισίων (Harel & Tall, 1991).

Η οπτική των *ρεαλιστικών μαθηματικών*, αντλώντας από τη διδακτική φαινομενολογία του Freudenthal (1983), προτείνει διδακτικές οργανώσεις του πραγματικού βιώματος των μαθητών/μαθητριών με στόχο την *καθοδηγούμενη επανα-επινόηση* των μαθηματικών ιδεών (Gravemeijer, 1994). Σύμφωνα με αυτή την οπτική, το ‘πραγματικό’ μπορεί να αναφέρεται σε οποιοδήποτε αισθητηριακό ή νοητικό βίωμα το οποίο ‘ανήκει’ στον κόσμο των μαθητών/μαθητριών. Με αυτό τον τρόπο, η όποια προβληματική, προς αντιμετώπιση και επίλυση, κατάσταση είναι ‘πραγματική’ και, συνεπώς, οι δράσεις και οι μετασχηματισμοί αποκτούν ουσιαστικό νόημα. Μέσα από ελικοειδείς διαδικασίες *μαθηματικοποίησης* –από τον πραγματικό κόσμο στον μαθηματικό κόσμο (οριζόντια μαθηματικοποίηση), αλλά και εντός του μαθηματικού κόσμου (κατακόρυφη μαθηματικοποίηση)– με την καθοδήγηση του/της εκπαιδευτικού, οι μαθητές και οι μαθήτριες επανα-επινοούν μαθηματικά εργαλεία και ιδέες με ουσιαστικό νόημα καθώς πηγάζουν από την πραγματικότητα που βιώνουν. Διαφαίνεται λοιπόν ο ρόλος της εσωτερικής αναγκαιότητας στην κατασκευή μαθηματικών ιδεών και η κρίσιμη διαμεσολάβηση της αντιλαμβανόμενης ως πραγματικής αναφορικότητας των βιούμενων, ενώ άδηλα τονίζεται η ανάγκη ‘μεταφράσεων’ και μετασχηματισμών τόσο μεταξύ των δύο κόσμων, όσο και εντός του μαθηματικού κόσμου.

Σχετικά με τους μετασχηματισμούς εντός του μαθηματικού κόσμου, ο Duval (2006) τονίζει ότι το μαθηματικό αντικείμενο αναδύεται στις σχέσεις των αναπαραστάσεών του χωρίς να ταυτίζεται με κάποια από αυτές. Ο Radford (2003) υιοθετώντας μια σημειωτικό-πολιτισμική οπτική μελέτησε τις διαδικασίες μαθητών και μαθητριών όταν σκέφτονται μοτίβα που οδηγούν σε αριθμητικές-αλγεβρικές γενικεύσεις αντιπαραθέτοντας τις *προσυμβολικές* γενικεύσεις με τις *συμβολικές* γενικεύσεις τονίζοντας ότι σε μια συμβολική γενίκευση η σχέση μεταξύ του υποκειμένου και του αντικειμένου της γνώσης έχει μετατοπιστεί, καθώς έχει χαθεί η χωροχρονική αναφορά των γενικεύσεων. Με αυτό τον τρόπο το αλγεβρικό μαθηματικό αντικείμενο καταδεικνύεται ανεξάρτητα από τις όποιες υποκειμενικές χωροχρονικά δεσμευμένες δράσεις που οδήγησαν σε αυτό.

Ειδικά στη γεωμετρία, ο Duval (2006) υπογραμμίζει ότι «είναι απαραίτητο να συνδυάσουμε τη χρήση τουλάχιστον δύο αναπαραστασιακών συστημάτων, ένα για την

λεκτική έκφραση των ιδιοτήτων ή την αριθμητική έκφραση του μεγέθους και ένα για την οπτικοποίηση» (σελ. 108). Συνεπώς, στις διαδικασίες κατακόρυφης μαθηματοποίησης γεωμετρικής αναφοράς χρειάζονται μεταφράσεις και μετασχηματισμοί που δεν είναι απαραίτητο να είναι αναγκαίοι στην αλγεβρική οργάνωση ενός φαινομένου. Επιπροσθέτως, ο Duval διακρίνει το μαθηματικό ‘βλέπει’ από το καθημερινό ‘βλέπει’, με το πρώτο να επιτρέπει την νοητική ανα-οργάνωση ενός γεωμετρικού σχήματος με τρόπους που να εμφανίζουν τις κρίσιμες σχέσεις μεταξύ των μερών του που το χαρακτηρίζουν ως τέτοιο. Δηλαδή, το κατά Peirce ενδεικτικό (‘indexical’) μαθηματικό ‘βλέπει’ εμφανίζει το αναλλοίωτο που χαρακτηρίζει την κατηγορία, διαφοροποιούμενο σαφώς από το εικονικό (‘iconic’) καθημερινό ‘βλέπει’. Συνεπώς, η αποβλεπτικότητα στο τρόπο που βιώνεται το φαινόμενο σχετίζεται με καθοριστικό τρόπο με την μαθηματική ή μη οργάνωση ενός φαινομένου.

Βασιζόμενοι στα ανωτέρω και υπό μια Χουσερλιανή οπτική, οι Moutsios-Rentzos, Spyrou και Peteinara (2014) συζήτησαν τη σχέση των σχηματικών (‘figural’) και αριθμητικών γεωμετρικών σημείων όπως εξελίσσεται μέσω μιας αλληλουχία τεσσάρων επιπέδων γενικεύσεων: α) Στο πρώτο επίπεδο, το σχήμα είναι εικονικό σημείο της αισθητηριακής εμπειρίας τριγωνικού σχήματος αντικειμένων, ενώ ο αριθμός είναι ενδείκτης μιας δράσης μέτρησης των πλευρών αυτών των αντικειμένων. Σε αυτό το επίπεδο, η αριθμητική αναπαράσταση απαιτεί τη σχηματική αναπαράσταση για να νοηματοδοτηθεί γεωμετρικά. β) Στο δεύτερο επίπεδο και οι δύο αναπαράστασεις των σχέσεων είναι ενδείκτες ενός γενικού, αλλά και εμπράγματος στα μάτια των μαθητών γεωμετρικού αντικειμένου (επέκταση του αισθητηριακού βιώματος). γ) Στο τρίτο επίπεδο, η αλγεβρική αξιωματική δομή έχει επιβληθεί στη σχηματική δομή, αλλά συνεχίζει να τη χρειάζεται για να είναι γεωμετρικό σημείο. Το σχηματικό σημείο έχει γίνει συμβολικό, αλλά το αριθμητικό σημείο είναι σε προ-συμβολικό στάδιο. Η προ-συμβολική γενίκευση κατά την οποία ένα συμβολικό σημείο διαμεσολαβεί για ένα σημείο άλλου τύπου έτσι ώστε να καταδεικνύει ένα γεωμετρικό αντικείμενο ονομάζεται *διαμεσολαβημένη γενίκευση*. δ) Στο τέταρτο επίπεδο, η σχηματική και η αριθμητική αναπαράσταση συγχωνεύονται σε μια μαθηματική δομή (π.χ. αλγεβρική τοπολογία) που καταδεικνύει το γεωμετρικό αντικείμενο χωρίς την αναγκαιότητα της σχηματικής αναπαράστασης (όλες οι γενικεύσεις είναι συμβολικές).

Στοιχεία της φαινομενολογίας του Husserl

Το προτεινόμενο διδακτικό πλαίσιο πηγάζει από τη φαινομενολογία του Husserl στην οποία κεντρική θέση έχει η ρήση «πίσω στα ‘πράγματα καθ’αυτά» (Husserl, 2001, σελ. 168), διαχωρίζοντας τις *υποκειμενικές εμπειρίες* του φαινομένου από τις *διποκειμενικές εμπειρίες*, αλλά και από την *υπερβατολογική υποκειμενικότητα* η οποία καταδεικνύει την επίγνωση της ύπαρξης του φαινομένου πέραν των όποιων υποκειμενικών εμπειριών. Για τον Husserl, «η συνείδηση είναι αποβλεπτική ως κατευθυνόμενη προς ένα αντικείμενο» (Smith & Smith, 1995, σελ. 11). Η απόβλεψη αναφέρεται στη «συνειδητή σχέση που έχουμε με ένα αντικείμενο» (Sokolowski, 2000, σελ. 8) και συνεπώς το φαινομενολογικά περιγεγραμμένο δοθέν αντικείμενο (‘νόημα’ και ‘νοηματικό’) διαφοροποιείται σαφώς

από την αποβλεπτική δραστηριότητα ('νόηση' και 'νοητικό'). Η Χουσερλιανή *φυσική στάση* αναφέρεται στον καθημερινό 'φυσικό' τρόπο που αλληλεπιδρούμε και διαλεγόμαστε με τον καθημερινά βιούμενο κόσμο (τον 'κόσμο της ζωής'). Η φυσική στάση διαφοροποιείται από την *φαινομενολογική στάση* κατά την οποία μέσα από μια αναστοχαστική οπτική γίνεται απόπειρα ανατάραξης της ιζηματοποιημένης (στη φυσική στάση) αποβλεπτικής ιστορίας των αντικειμένων. Η φαινομενολογική *αναγωγή (εποχή)* επιτρέπει την ανάπτυξη της *ρητής σκέψης* και την επανα-βίωση των *αποβλεπτικής γέννησης* των αντικειμένων (Audi, 1999· Klein, 1940). Υποστηρίζεται ότι κατά την 'εποχή' κατά-δεικνύεται και ανα-δεικνύεται «η υπερβατολογική στιγμή όπου αναστέλλεται η φυσική στάση, δεικνύοντας την επανα-ενεργοποίηση μιας ιζηματοποιημένης ιστορίας προς μια αποβλεπτική ιστορία» (Moutsios-Rentzos, Spyrou & Peteinara, 2014).

Ο Husserl περιγράφει ένα κόσμο *κατασκευασμένων μαθηματικών ιδεατοτήτων* που δεν αποτελούν Πλατωνική 'ανάμνηση' ή ατομικές, ιδιοσυγκρατικές κατασκευές. Τα μαθηματικά αντικείμενα προέρχονται από τον κόσμο της ζωής, έχουν ανθρωπολογικό χαρακτήρα, και μέσω της γλώσσας εξαντικειμενικεύονται εντός ενός κοινωνικοπολιτισμικού πλαισίου σε υπερβατολογικές ιδεατότητες, υπερβαίνοντας με αυτό τον τρόπο το πρωταρχικό υποκειμενικό βίωμα. Ο *λόγος* συνιστά γενεσιουργό μέσο εξαντικειμενίκευσης των υποκειμενικών βιωμάτων προς την κατασκευή μαθηματικών ιδεών και ως εκ τούτου είναι κρίσιμη διδακτικά η κατάλληλη διαμεσολάβηση μέσω δράσεων και αλληλεπιδράσεων με καταστάσεις και εργαλεία.

Ειδικότερα στη διαδικασία εξαντικειμενίκευσης των γεωμετρικών ιδεών, οι Lappas και Spyrou (2006) αναγνώρισαν δύο επίπεδα εξαντικειμενίκευσης (αριθμητικό και αλγεβρικό) σε αντιστοιχία με το σημειωτικό και το σχεσιακό πλαίσιο στο οποίο εξαντικειμενικεύονται. Για παράδειγμα, στο πρώτο επίπεδο εξαντικειμενίκευσης η εμπράγματη γνώση ότι τρία συγκεκριμένα κομμάτια ξύλου ή σχοινού τα οποία συγκροτούν ένα πλαίσιο σχήματος ορθογωνίου τριγώνου εξαντικειμενικεύεται μέσω δράσεων μέτρησης μήκους σε αριθμητικές τριάδες. Στο δεύτερο επίπεδο εξαντικειμενίκευσης, τα υπάρχοντα, συνήθως επαγωγικά, συναγόμενα αρχετυπικά αποτελέσματα ενσωματώνονται μέσω της μαθηματικής απόδειξης σε μια μαθηματική θεωρία, οπότε η αριθμητική στο πρώτο επίπεδο σχέση $a^2 = b^2 + \gamma^2$ τριών *συγκεκριμένων κάθε φορά* μηκών α, β, γ , μετουσιώνεται σε μια αλγεβρική σχέση εντός μιας αλγεβρικής δομής με αναφορά σε όλη την κατηγορία.

Διδακτικό πλαίσιο, διδακτικές αρχές και υλικό

Στα σχολικά μαθηματικά αποκρύπτεται ότι "οι μοντέρνοι μαθηματικοί υιοθετούν αξιώματα ή υποθέσεις χωρίς να τις αντιλαμβάνονται ως καταφανείς ή ως απόλυτα αληθείς" (Zaslavsky, Nickerson, Stylianides, Kidron & Winicki-Landman, σελ. 218-219), επιτείνοντας μια στερεοτυπική αντίληψη ότι τα μαθηματικά είναι 'εξωτερικά' εκπορευόμενα ή/και μόνο για κάποιους και κάποιες που διαθέτουν το 'χάρισμα'. Η συζήτηση στις προηγούμενες ενότητες έκανε φανερό ότι είναι σημαντικό το διδακτικό πλαίσιο να προάγει και να ενσωματώνει λειτουργικά την εσωτερική αναγκαιότητα

κατασκευής μαθηματικών ιδεών μέσω κατάλληλης μαθηματικής αποβλεπτικότητας. Είδαμε ότι η οπτική των ρεαλιστικών μαθηματικών πρόβαλε την αναγκαιότητα ως επέκταση καθημερινών δραστηριοτήτων. Τα μαθηματικά κατασκευάζονται μέσα από μαθηματικές δράσεις και δραστηριότητες. Το προτεινόμενο σε αυτή την εργασία διδακτικό πλαίσιο συνθέτει την αναγκαιότητα και την αποβλεπτικότητα ως γενεσιουργά αίτια κινητοποίησης των νοητικών διεργασιών για την επανα-ενεργοποίηση της εξαντικειμενίκευσης μιας μαθηματικής ιδέας. Οι μαθητές/μαθήτριες πρέπει να βιώσουν την πρακτική, καθημερινή χρήση των μαθηματικών ιδεών, να 'διακρίνουν' τα μαθηματικά στον κόσμο της ζωής.

Σε αυτό το πλαίσιο, η Τζεκάκη (2011α), υπό την οπτική της θεωρίας της δραστηριότητας, διευκρινίζει ότι η μαθηματική δραστηριότητα αποτελείται από πλήθος μαθηματικών δράσεων που περιλαμβάνουν: «αναζήτηση ιδιοτήτων και σχέσεων, κανονικοτήτων και κοινών δομών, ανάλυση και σύνθεση σε μέρη και μοναδιαία τμήματα, δημιουργία συνδέσεων, σύνδεση με παραστάσεις, σήματα και σύμβολα, εξήγηση/δικαιολόγηση, αναστοχαστική δράση και δράση γενίκευσης» (σ. 58). Το διδακτικό υλικό είναι στην καρδιά της μαθηματικής δραστηριότητας (Σκουμπουρδή, 2012). Για το ρόλο των εργαλείων, ο Engeström (2001) βασίζεται στον Vygotsky προτείνοντας ότι τα συστήματα δραστηριότητας (που περιλαμβάνουν το εργαλείο) αλληλεπιδρούν για το σχηματισμό εννοιών μέσω μιας αλληλουχίας αμοιβαίων πλάγιων μετατοπίσεων (πλάγια κατευθυντικότητα) που προκαλεί η ένταση μεταξύ δηλούμενης και βιούμενης έννοιας. Ο ρόλος του υλικού στη μαθηματική δραστηριότητα είναι κρίσιμος αφού είναι το έναυσμα και ο αποδέκτης χειρισμών και δράσεων στο κάθε σύστημα δραστηριότητας. Όμως, δεν αρκεί η δράση για να κατασκευασθεί μια μαθηματική έννοια: είναι ο *αναστοχασμός πάνω στη δράση* που επιτρέπει την κατασκευή της (Τζεκάκη, 2011β). Για την ανάπτυξη λοιπόν του μαθηματικού 'βλέπειν' είναι κρίσιμος ο *αναστοχασμός πάνω στο καθημερινό 'βλέπειν'* με χρήση κατάλληλου υλικού.

Όπως επισημάνθηκε, το υλικό θα πρέπει να διευκολύνει το σύνθετο γεωμετρικό 'βλέπειν' που απαιτεί την συν-ανάπτυξη γενικεύσεων σε δύο τουλάχιστον σημειωτικά συστήματα: στο αριθμητικό-αλγεβρικό και στο σχηματικό. Χρειάζεται λοιπόν η επιλογή κάποιου υλικού που βοηθάει τις σημειωτικές μεταφράσεις και μεταβάσεις, αλλά ιδιαίτερα τους σημειωτικούς μετασχηματισμούς των σχέσεων αναδεικνύοντας τα αναλλοίωτα που χαρακτηρίζουν την γεωμετρική ιδέα. Για παράδειγμα, οι σχηματικοί αριθμοί των Πυθαγορείων συνιστούν γεωμετρική και αριθμητική αναπαράσταση ενός αριθμού και, συνεπώς, καθιστούν πιθανή την ύπαρξη της ενδεχομενικότητας μιας μη πεπερασμένης γλωσσικής (σημειωτικής) επικοινωνίας του βιώματος που είναι κρίσιμη στη εννοιακή μετατόπιση από το υποκειμενικό, στο δυοκειμενικό, στο υπερβατολογικό. Όλες οι δράσεις και οι αναστοχασμοί είναι σημαντικό να υπερβαίνουν το υποκείμενο και να γίνονται μέσω του λόγου κοινός τόπος της κοινότητας της ομάδας, της τάξης. Η επικοινωνία, ο έλεγχος και η καταγραφή αναστοχασμών και συναγωγών μέσω της γραπτής γλώσσας καθιστά εφικτή την κατασκευή ενός μαθηματικού αντικειμένου που συνεχίζει να υπάρχει πέραν των χωροχρονικών δεσμεύσεων: τόσο των εμπράγματων, όσο και των νοητικών δράσεων των υποκειμένων.

Για την ενεργοποίηση κατάλληλων αποβλέψεων μέσω των γλωσσικών καταγραφών κρίσιμο ρόλο παίζει κάποια ελάχιστη κοινή αναφορικότητα. Για αυτό το σκοπό, προτείνεται η σωματικότητα, το ενσώματο βίωμα του φαινομένου, ως βιολογικό αναλλοίωτο του ανθρώπινου είδους. Θα πρέπει να τονιστεί ότι δεν γίνεται αναφορά στην κοινωνικοπολιτισμικά εδραζόμενη ερμηνεία του ενσώματου βιώματος, αλλά στο ίδιο το αισθητηριακό ερέθισμα όπως βιώνεται από τον ανθρώπινο οργανισμό. Αντλώντας από αντίστοιχες θεωρήσεις (Merleau-Ponty, 1974· Lakoff & Núñez, 2000· Varela, Thompson & Rosch, 1991), γίνεται η υπόθεση ότι το ενσώματο βίωμα αποτελεί κατά το δυνατόν ευρύτατης αναφοράς πραγματικότητα, επιτρέποντας το ευρύτερο βίωμα μιας εκλαμβανομένης ως προβληματικής ενσώματης κατάστασης και την εσωτερίκευση της αναγκαιότητας οργάνωσής της. Σε αυτό το πλαίσιο, οι Spyrou και Moutsios-Rentzos (2013) υποστηρίζουν ότι οι κοινές έννοιες των *Στοιχείων* ουσιαστικά πηγάζουν από κοινά αισθητηριακά προσλαμβανόμενα ερεθίσματα τα οποία μέσω μιας εξαντικειμενικευμένης συλλογιστικής που περιλαμβάνει την ποσοτικοποίηση ποιοτήτων ομο-λογούνται ως ‘κοινές έννοιες’ εντός μιας λογικο-παραγωγικού τύπου δομής. Συνεπώς, ένα ‘πραγματικό’ πρόβλημα με ενσώματες αναφορές ενδεχομένως να διευκολύνει τα νοητικά ‘παχνίδια’, και να μεγιστοποιεί την αποδοχή των μαθηματικών επιχειρημάτων (τόσο κατά την οριζόντια, όσο και την κατακόρυφη μαθηματικοποίηση) και άρα την κατασκευή του μαθηματικού αντικειμένου.

Σύμφωνα με τη Χουσερλιανή οπτική, η επανα-ενεργοποίηση των διαδικασιών εξαντικειμενίκευσης απαιτούν τη φαινομενολογική αναγωγή και τη ρητή σκέψη έτσι ώστε να αναδειχθεί η αποβλεπτική ιστορικότητα της ιδέας. Αντλώντας από έρευνες της Διδακτικής των Μαθηματικών (Fried, 2001· Tzanakis & Arcavi, 2000), υποστηρίζεται ότι για αυτό το σκοπό η ανάγνωση της ιστορικής εξέλιξης της έννοιας μπορεί να αποκαλύψει τις κρίσιμες ιδέες οι οποίες κατάλληλα ενσωματωμένες σε μια διδασκαλία μπορεί να βοηθήσουν στην επανα-επινόηση της έννοιας. Είναι σαφές ότι η επιλογή του κατάλληλου υλικού είναι κρίσιμη, καθώς βρίσκεται στο επίκεντρο της μαθηματικής δραστηριότητας και οι νοητικές δράσεις συμβαίνουν στην αλληλεπίδραση με αυτό. Προκύπτει λοιπόν ότι το επιλεγθέν υλικό θα πρέπει να είναι συμβατό με την κατασκευή προ-κατανοήσεων της έννοιας, χωρίς να προϋποθέτει η κατασκευή του την ύπαρξη της μαθηματικής ιδέας (για παράδειγμα, η χρήση ενός γνώμονα σχήματος ορθογωνίου τριγώνου δεν είναι κατάλληλη επιλογή). Ταυτόχρονα, δεν θα πρέπει να εθελουφλούμε στο γεγονός ότι ο κόσμος της ζωής των παιδιών συνήθως περιλαμβάνει τις ιδέες που θέλουμε να διδάξουμε (για παράδειγμα, ζούμε σε έναν κόσμο με ορθές γωνίες). Συνεπώς, το υλικό θα πρέπει να βοηθά στο βίωμα της πραγματικότητας ωσάν η ιδέα να μην είναι δεδομένη (‘εποχή’), να βοηθά στον *αναστοχαστικό επαναπροσδιορισμό της οπτικής γωνίας* που βιώνεται το φαινόμενο έτσι ώστε να αποκαλύπτεται η αποβλεπτική του ιστορία. Με αυτό το στόχο, η ανάγνωση της ιστορίας μπορεί να προτείνει διδακτικά υλικά που προϋπήρχαν της πρωτο-κατασκευής της έννοιας (για παράδειγμα, οι ψηφίδες των Πυθαγορείων ή η αρπεδόνη των Αιγυπτίων).

Τα ανωτέρω συνοψίζονται στο παρακάτω *σύστημα πέντε διδακτικών αρχών* που συγκροτούν ένα διδακτικό πλαίσιο *αναγκαιότητας* και *αποβλεπτικότητας* προς μια

διδασκαλία εξαντικειμενίκευσης μιας γεωμετρικής ιδέας (Moutsios-Rentzos, Spyrou & Peteinara, 2014).

Αλληλουχία κατάλληλων γενικεύσεων. Αντλώντας από το Radford και τον Duval παρουσιάστηκε μια σειρά γενικεύσεων που οδηγεί στην εξαντικειμενίκευση μιας γεωμετρικής ιδέας. Η προτεινόμενη διδασκαλία μέσω κατάλληλα επιλεγμένου υλικού πρέπει να βοηθά στην κατασκευή προ-κατανοήσεων οι οποίες να είναι συμβατές με το επόμενο στάδιο γενίκευσης.

Σωματική εμπειρία. Το ενσώματο, αισθητηριακό βίωμα όπως βιώνεται στη διδακτική κατάσταση υποστηρίζεται ότι μπορεί να βοηθήσει στην ευρύτερη αποδοχή της αναγκαιότητας και στην ανάπτυξη του κοινού λόγου που είναι κρίσιμος για την υιοθέτηση μιας απόβλεψης προς την υπερβατολογική εννοιακή επέκταση της αισθητηριακά αντιλαμβανόμενης πραγματικότητας

Επικοινωνία. Η γλώσσα, ο λόγος, είναι στο επίκεντρο της Χουσερλιανής οπτικής. Επιπροσθέτως, είδαμε ότι ειδικά το γεωμετρικό αντικείμενο απαιτεί στην κατάδειξή του πολλαπλά σημειωτικά συστήματα. Συνεπώς, είναι σημαντικό στη διδασκαλία να προάγεται η εξωτερίκευση και η δημοσίευση των εσωτερικών, προσωπικών λόγων σε διαφορετικά σημειωτικά συστήματα με στόχο την κατασκευή ενός γεωμετρικού αντικειμένου εντός ενός κοινού λόγου που υπερβαίνει τα μέσα εκφοράς του, αλλά και όποιον και όποια τον εκφέρει.

Προ-επιστημονικά υλικά. Αναφέρθηκε η αναγκαιότητα ανατάραξη της ιζηματοποιημένης πραγματικότητας, της φυσικής στάσης και σχέσης των παιδιών με τον βιούμενο κόσμο. Με αυτό το σκοπό, είναι σημαντική η χρήση υλικών που, από τη μια, δεν προϋποθέτουν την ύπαρξη της ιδέας που διδάσκεται και, από την άλλη, επιτρέπουν την ανάπτυξη των χαρακτηριστικών που έπονται των υπόλοιπων τεσσάρων διδακτικών αρχών.

Εφικτότητα. Κάθε διδασκαλία συμβαίνει σε μια δεδομένη σχολική πραγματικότητα, όπως αυτή ορίζεται τόσο από ενδογενείς παράγοντες που αφορούν τη συγκριμένη σχολική μονάδα, τη συγκριμένη τάξη και το συγκεκριμένο τμήμα (π.χ. υλικοτεχνική υποδομή, μαθητές/μαθήτριες, εκπαιδευτικοί), όσο και εξωγενείς που διατρέχουν το σύνολο των σχολείων (π.χ. Αναλυτικό Πρόγραμμα, διάρκεια σχολικής ώρας). Συνεπώς, κάθε διδακτική παρέμβαση πρέπει να χαρακτηρίζεται από πραγματισμό που στο ελάχιστο των απαιτήσεων θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του εξωγενείς παράγοντες, καθώς μόνο έτσι υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής της. Στο προτεινόμενο διδακτικό πλαίσιο στόχος είναι ο σχεδιασμός διδασκαλιών που να είναι εφικτό να πραγματοποιηθούν στο δεδομένο Αναλυτικό Πρόγραμμα και στην ευρύτερη σχολική πραγματικότητα. Βάσει αυτού, οι αποφάσεις που συνάγονται από τις υπόλοιπες τέσσερις αρχές θα πρέπει, ανάμεσα σε άλλα, να είναι συμπληρωματικές του υπάρχοντος αναλυτικού προγράμματος, να είναι οικονομοτεχνικά και υλικοτεχνικά εφικτές στην πλειοψηφία των πραγματικοτήτων, να μπορούν να υλοποιηθούν στο δεδομένο χρόνο των σχολικών ωρών, να μπορούν να πραγματοποιηθούν σε τάξεις 20-25 παιδιών με θρανία των δύο ατόμων, με πίνακα κιμωλίας ή/και μαρκαδόρων κ.ά.

Η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΥΛΙΚΟ

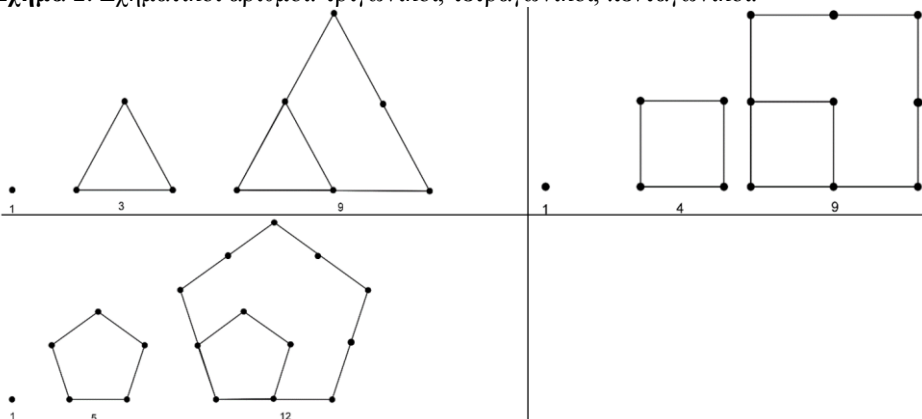
Το προαναφερθέν σύστημα διδακτικών αρχών εντοπίστηκε σε μια διδασκαλία του Πυθαγορείου Θεωρήματος στη Β΄ Γυμνασίου (Moutsios-Rentzos, Spyrou & Peteinara, 2014). Η τεσσάρων σταδίων διδακτική πρόταση για τη διδασκαλία του Πυθαγορείου Θεωρήματος στη Β΄ Γυμνασίου αποτελείται από έξι φάσεις (συμπεριλαμβάνοντας την προτεινόμενη από το Αναλυτικό Πρόγραμμα) οργανωμένες σε τρία διδακτικά στάδια (πέντε φάσεις) και ένα στάδιο αξιολόγησης της πρότασης. Τα τρία διδακτικά στάδια συνοπτικά είναι: α) μια εισαγωγική δραστηριότητα διάρκειας δέκα λεπτών στην αρχή της σχολικής χρονιάς (ως μέρος της επανάληψης των αριθμών που γνωρίζουν), β) η διδακτική παρέμβαση διάρκειας μιας διδακτικής ώρας αμέσως πριν την προτεινόμενη από το Αναλυτικό Πρόγραμμα διδασκαλία, και γ) η προτεινόμενη από το Αναλυτικό Πρόγραμμα διδασκαλία.

Διδακτικό Στάδιο Α: Σχηματικοί αριθμοί

Στον πυρήνα της προτεινόμενης διδασκαλίας βρίσκονται οι Πυθαγόρειοι σχηματικοί αριθμοί (τρίγωνοι, τετράγωνοι, πεντάγωνοι κτλ· βλ. Σχήμα 1) που ιστορικά έχουν συνδεθεί με πρωταρχικές μορφές εξαντικεμενίκευσης της σχέσης της αριθμητικής έκφρασης των μηκών των πλευρών ενός ορθογωνίου τριγώνου.

Η δραστηριότητα ‘Σχηματικοί αριθμοί’ αποτελείται από ένα φύλλο εργασίας (βλ. Σχήμα 2), διαρκεί περίπου 10 λεπτά και εντάσσεται συμπληρωματικά στο ευρύτερο πλαίσιο της επανάληψης των φυσικών αριθμών στην αρχή της Β΄ Γυμνασίου. Οι σχηματικοί αριθμοί παρουσιάζονται ως μια ιστορικά καταγεγραμμένη εναλλακτική αναπαράσταση κάποιων φυσικών αριθμών. Σε έναν πίνακα έχει σχηματιστεί ο ‘4’ και ο ‘9’ με ψηφίδες, αναγράφεται το πλήθος των ψηφίδων τους και η αλγεβρική μορφή τους. Ζητείται η εύρεση των δύο επόμενων τετραγωνικών αριθμών και η διατύπωση της σχέσης τετραγωνικού αριθμού με το πλήθος ψηφίδων. Στόχος της δραστηριότητας είναι η ένταξη αυτών των αριθμών στην εργαλειοθήκη της κοινότητας της τάξης, έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα αυθόρμητης ανάκλησης από τους μαθητές και τις μαθήτριες σε όποια οργάνωση φαινομένου κρίνουν απαραίτητο και ειδικότερα στην παρέμβασή μας που έχει σχεδιαστεί να συμβεί περίπου έξι εβδομάδες μετά.

Σχήμα 1: Σχηματικοί αριθμοί: τριγωνικοί, τετραγωνικοί, πενταγωνικοί.



Σχήμα 2: Φύλλο εργασίας ‘Σχηματικοί αριθμοί’.

Με την ευκαιρία της επανάληψης στους ακέραιους και ρητούς αριθμούς, ας επιστρέψουμε στους φυσικούς αριθμούς και σε κάποιες αναπαραστάσεις τους. Οι Πυθαγόρειοι παρατήρησαν ότι κάποιοι φυσικοί αριθμοί μπορούν να αναπαρασταθούν με τη μορφή κάποιου γνωστού γεωμετρικού σχήματος, καθώς και ότι κάποια γνωστά γεωμετρικά σχήματα αναπαριστούν κάποιους αριθμούς. Αυτή την γεωμετρική παράσταση των φυσικών αριθμών την ονόμασαν ‘σχηματικούς αριθμούς’.

Για παράδειγμα, ο αριθμός 3 μπορεί να παρασταθεί ως ένα τρίγωνο που σχηματίζεται με 3 ψηφίδες. Έτσι, ο αριθμός 3 μπορεί να παρασταθεί ως ένας τριγωνικός αριθμός.



Με τον ίδιο τρόπο, ο αριθμός 4 μπορεί να παρασταθεί ως ένα τετράγωνο που σχηματίζεται με 4 ψηφίδες. Έτσι, ο αριθμός 4 μπορεί να παρασταθεί ως ένας τετραγωνικός αριθμός (πλευράς 2 ψηφίδων).

Δραστηριότητα

Μπορείτε να βρείτε τους δύο επόμενους φυσικούς αριθμούς που μπορούν να παρασταθούν με τη βοήθεια τετραγωνικών αριθμών και να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα:

Φυσικός αριθμός που μπορεί να παρασταθεί ως τετραγωνικός αριθμός	4	9		
Τετραγωνικός αριθμός				
Πλήθος ψηφίδων πλευράς τετραγωνικού αριθμού	2	3		
Πλήθος ψηφίδων τετραγωνικού αριθμού	4	9		
Σχέση τετραγωνικού αριθμού με το πλήθος ψηφίδων	2^2			

Μπορείτε να συμπληρώσετε την παρακάτω πρόταση:

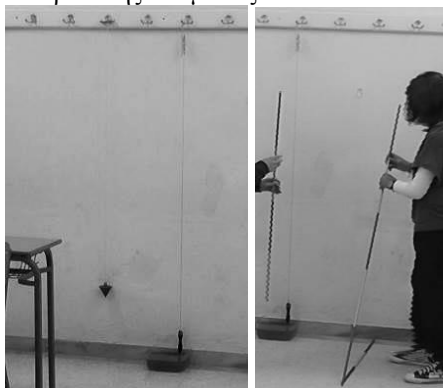
«Για να βρω το πλήθος των ψηφίδων ενός τετραγωνικού αριθμού βρίσκω το ψηφίδων της πλευράς του τετραγωνικού αριθμού και την στο»

Διδακτικό Στάδιο Β ‘Η διδακτική παρέμβαση’, το υλικό

Η διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε αμέσως πριν την προτεινόμενη από το Αναλυτικό Πρόγραμμα διδασκαλία του Πυθαγορείου Θεωρήματος. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν χωρίζονται σε αυτά που συνιστούν το κοινό βίωμα αναφορά της τάξης και σε αυτά που βρίσκονται στο κάθε θρανίο και αφορούν την κάθε ομάδα-θρανίο. Τα

υλικά για την τάξη είναι (βλ. Σχήμα 3): α) ένα μπόλ γυάλινο με χρωματισμένο υγρό, β) νήμα της στάθμης, γ) 3 ξύλινες ράβδοι εναλλάξ χρωματισμένες κόκκινο-‘φυσικό’ (ξύλου) ανά 30 cm ‘ανθρώπινης’ κλίμακας αναπαριστώντας μια τριάδα μηκών (3-4-5) η οποία είναι μια Πυθαγόρεια Τριάδα. Στο κάθε θρανίο υπάρχουν (βλ. Σχήμα 4): α) 10 ξύλινες ράβδοι εναλλάξ ανά 5 cm χρωματισμένες άσπρο-μαύρο (από 1 έως 10), τετραγωνικής διατομής (0,3 cm πλευρά), β) βαθμολογημένοι χάρακες, γ) ένα φύλλο εργασίας το οποίο θα παρουσιάσουμε και συζητήσουμε σε κάθε φάση του Σταδίου Β. Διευκρινίζεται ότι σε προηγούμενη προσέγγιση της διδασκαλίας χρησιμοποιήθηκαν χάρτινες ψηφίδες σε συμφωνία με την ιστορική χρήση ψηφίδων από τους Πυθαγόρειους (Σχήμα 4). Όμως, στην πράξη φάνηκε ότι εκείνο το υλικό είχε πρακτικές δυσκολίες χειρισμού οι οποίες απέτρεπαν την εφαρμογή του σχεδιασμού, ενώ η διακριτή φύση του υλικού δεν βοηθούσε στις εννοιακές μεταφορές που αφορούν συμβατές με συνεχή υλικά έννοιες (μήκος, γωνία, εμβαδό κτλ)· δηλαδή, δεν βοηθούσε στην μετάβαση από τους φυσικούς αριθμούς στους θετικούς πραγματικούς. Έτσι, επιλέχθηκαν οι ξύλινες ράβδοι για το κάθε θρανίο. Στόχος της ύπαρξης υλικού τόσο για την τάξη όσο και για την ομάδα είναι να ενεργοποιηθεί η παράλληλη ανάπτυξη λόγων στην τάξη αμεσότερα συνδεδεμένων με το υποκειμενικό βίωμα, οι οποίοι όμως με αναφορά στο κοινό ενσώματο βίωμα, στο κοινό ανά θρανίο υλικό, αλλά και στο βίωμα του κοινού για την τάξη υλικού εικάζεται ότι θα επιτρέψουν τη σύγκλιση και την ανάπτυξη κοινού λόγου οργάνωσης του φαινομένου.

Σχήμα 3: Μπόλ με χρωματισμένο υγρό που ηρεμεί, νήμα της στάθμης, τρεις ράβδοι ‘ανθρώπινης’ κλίμακας.



Σχήμα 4: Οι δέκα ράβδοι στο κάθε θρανίο και το απορροφθέν υλικό (ψηφίδες) προηγούμενης προσέγγισης.



Διδακτικό Στάδιο Β, ‘Φυσική καθετότητα’

Σε αυτή τη φάση της διδασκαλίας τα παιδιά αισθητηριακά βιώνουν μια ‘φυσική’ καθετότητα (επιφάνεια υγρού που ηρεμεί και νήμα της στάθμης) η οποία βρίσκεται σε άμεση οπτική αντιπαραβολή με μια ‘τεχνητή’ καθημερινή καθετότητα (τοίχος-πάτωμα).

Τα παιδιά καλούνται με χρήση τριών ‘ανθρώπινης’ κλίμακας ράβδων να σχηματίσουν ένα τριγωνικό πλαίσιο το οποίο οπτικά να ταιριάζει με τη φυσική καθετότητα. Διαπιστώνουν ότι σχηματίζεται το κατάλληλο τριγωνικό πλαίσιο σε οποιοδήποτε σχηματισμό. Ταυτόχρονα, στο κάθε θρανίο καλούνται να επιλέξουν τις αντίστοιχες μικρές ράβδους (3-4-5) και να σχηματίσουν τριγωνικά πλαίσια. Στη συνέχεια, με τις μεγάλες ράβδους, καλούνται να σχηματίσουν ένα πλαίσιο που να ταιριάζει με τη ‘φυσική καθετότητα’ (βλ. Σχήμα 5). Όλες οι κατασκευές και όλα τα επιχειρήματα που εκφέρονται έχουν ως ‘κριτή’ το οπτικά κοινά αποδεκτό ερέθισμα: ταιριάζει ή όχι με τη ‘φυσική’, υπαρκτής πέραν της ανθρώπινης παρέμβασης, καθετότητα. Με αυτό τον τρόπο, τα παιδιά κατασκευάζουν μια κατανόηση ότι το συγκεκριμένο τριγωνικό πλαίσιο 3-4-5 επιτρέπει την μεταφορά της αισθητηριακής, ποιοτικής σχέσης της καθετότητας από τον τοίχο στο πάτωμα (ή ενδεχομένως και όπου αλλού), ενώ διαφαίνεται ότι το κρίσιμο χαρακτηριστικό δεν είναι το απόλυτο μέγεθος των ράβδων (αφού εργάζονται τόσο με τις μεγάλες ράβδους, όσο και με τις μικρές), διευκολύνοντας την αναζήτηση κάποιου άλλου αναλλοίωτου (ενδεχομένως, της σχέσης των μηκών τους 3-4-5).

Στη συνέχεια, τα παιδιά καλούνται με παράλληλη εργασία στις μεγάλες και στις μικρές ράβδους να συνειδητοποιήσουν ότι η στρέβλωση της ορθής γωνίας του πλαισίου προκαλεί αντίστοιχη στρέβλωση στην απέναντι πλευρά (βλ. Σχήμα 6): α) ορθή γωνία \Rightarrow απέναντι πλευρά $= 5$, β) οξεία γωνία \Rightarrow απέναντι πλευρά < 5 (‘περισσεύει’), γ) αμβλεία γωνία \Rightarrow απέναντι πλευρά > 5 (‘δεν φτάνει’).

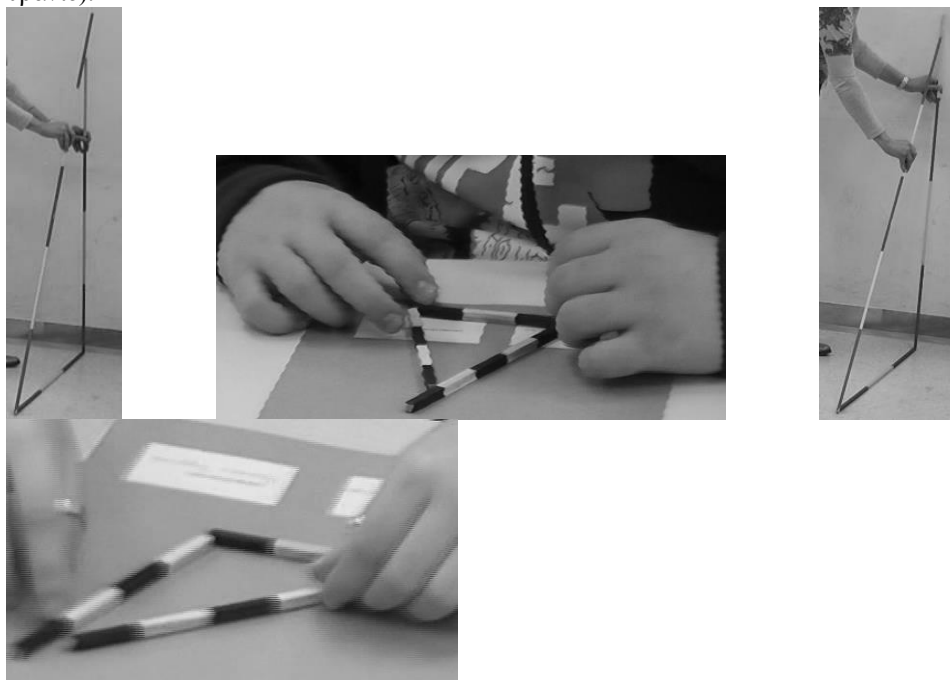
Με αυτές τις δραστηριότητες, το διυποκειμενικό βίωμα απελευθερώνεται από τις αισθήσεις και τη φύση, ενσωματώνεται και μεταφέρεται στη *σχέση* των μηκών τριών

ράβδων την οποία οι μαθητές/μαθήτριες καλούνται να καταγράψουν σε μια αποδεκτή από την κοινότητα περίοδο λόγου (βλ. Σχήμα 7).

Σχήμα 5: Στον τοίχο, στο πάτωμα, στο θρανίο, στον τοίχο.



Σχήμα 6: Σχέση μηκών πλευρών τριγώνου και περιεχόμενης γωνίας (στον τοίχο – στο θρανίο).



Σχήμα 7: Καταγραφή της σχέσης μηκών και γωνίας.

Με βάση αυτά που συζητήσαμε, να συμπληρώσετε τις παρακάτω φράσεις με τις λέξεις: «ΙΣΗ με», «ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ από», «ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ από»,

Αν έχω τρίγωνο με δύο πλευρές με μήκος 3 και 4 και την περιεχόμενη γωνία ΟΡΘΗ, τότε η τρίτη πλευρά είναι

.....5

Αν έχω τρίγωνο με δύο πλευρές με μήκος 3 και 4 και την περιεχόμενη γωνία ΟΞΕΙΑ, τότε η τρίτη πλευρά είναι

.....5

Αν έχω τρίγωνο με δύο πλευρές με μήκος 3 και 4 και την περιεχόμενη γωνία ΑΜΒΛΕΙΑ, τότε η τρίτη πλευρά είναι

.....5

Αν έχεις ένα τρίγωνο και οι πλευρές του έχουν μήκος 3, 4 και 5, τότε το τρίγωνο είναι και η ορθή γωνία βρίσκεται από την πλευρά μήκους 5, που είναι η πλευρά του τριγώνου.

Διδακτικό Στάδιο Β, ‘Πυθαγόρειες Τριάδες’

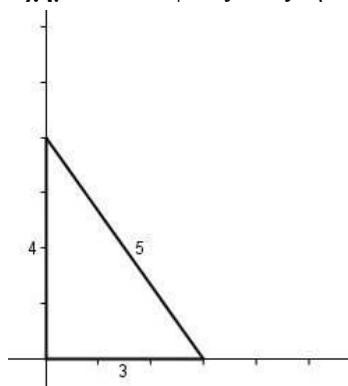
Σε αυτό το στάδιο της διδασκαλίας τα παιδιά καλούνται να σκεφτούν διαφορετικά μήκη που μπορούν να σχηματίζουν ορθογώνιο τρίγωνο: «Διαπιστώσαμε ότι ένα τρίγωνο με πλευρές (3, 4, 5) είναι ορθογώνιο τρίγωνο. Μπορείς να μαντέψεις άλλη τριάδα μηκών που

να σχηματίζουν ορθογώνιο τρίγωνο; Ποιά; Πώς το σκέφτηκες; Απέναντι από ποιά πλευρά θα είναι η ορθή γωνία;».

Σε αυτή τη διαδικασία ζητείται να διατυπώσουν εικασίες και να ελέγξουν την εγκυρότητά τους με χρήση του υλικού που έχουν στα θρανία τους. Σε αυτή τη διαδικασία διαπιστώνεται ότι οι μικρές ράβδοι περιορίζουν τους νοητικούς πειραματισμούς, καθώς, για παράδειγμα, δεν αναπαριστούν άμεσα αριθμούς μεγαλύτερους του '10'. Με αυτό τον τρόπο γίνεται μια ομαλή λόγω αναγκαιότητας μετάβαση στο χαρτί. Στο φύλλο εργασίας υπάρχει ένα σχηματισμός με δύο άξονες και ένα τρίγωνο 3-4-5 (βλ. Σχήμα 8). Αρχικά γίνεται συζήτηση για την γωνία των αξόνων η οποία επιβεβαιώνεται με συζήτηση ότι είναι ορθή αφού οπτικά ταιριάζει με την περιεχομένη γωνία των 3-4 σε ένα τρίγωνο 3-4-5. Με αυτό τον τρόπο, γίνεται η νοητική ισοδυναμία του ποιοτικού βιώματος της καθετότητας με την απτική-αριθμητική σχέση των ράβδων και την αριθμητική-σχηματική σχέση στο χαρτί.

Μέσα από μια διαδικασία εικασιών, πειραματισμού και συζήτησης συνάγεται ότι το αναλλοίωτο της τριάδας 3-4-5 που διατηρεί τη γεωμετρική σχέση του ορθογωνίου τριγώνου είναι τα πολλαπλάσιά της και όχι, για παράδειγμα, το γεγονός ότι είναι διαδοχικοί αριθμοί. Η δραστηριότητα κλείνει με το ερώτημα αν αυτό το αναλλοίωτο περιγράφει όλα τα ορθογώνια τρίγωνα. Για αυτό το σκοπό προτείνονται δύο παράλληλες δραστηριότητες: α) σχηματισμός τυχαίου ορθογωνίου τριγώνου στο δοθέν φύλλο εργασίας (Σχήμα 8) και μέτρηση των πλευρών με τον βαθμολογημένο γνώμονα, και β) διερεύνηση αν το τρίγωνο 5-12-13 είναι ορθογώνιο. Έτσι, διαπιστώνεται η ανάγκη αναζήτησης κάποιου άλλου κανόνα.

Σχήμα 8: Διασφαλίζοντας την αναγκαιότητα μετάβασης από τις ράβδους στο χαρτί.



Διδακτικό Στάδιο Β, 'Βρες τον κανόνα'

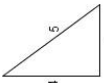
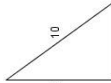
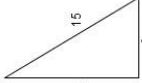
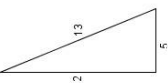
Σε αυτή τη φάση, τα παιδιά καλούνται να βρουν έναν κανόνα εύρεσης κατάλληλων αριθμητικών τριάδων οι οποίες να αντιστοιχούν σε μήκη που ορίζουν πλευρές ορθογωνίου τριγώνου. Μέσω συζήτησης ή/και της καθοδήγησης τους/της εκπαιδευτικού «Μήπως μπορείτε να θυμηθείτε διαφορετικές αναπαραστάσεις αριθμών;», αναμένεται η ανάκλιση

των σχηματικών αριθμών. Όταν οι σχηματικοί αριθμοί ανακληθούν ως εργαλείο ήδη εγκαθιδρυμένο στα μαθηματικά εργαλεία της κοινότητας, ζητείται να συμπληρωθεί ένας πίνακας στο φύλλο εργασίας (Σχήμα 9). Σε αυτό τον πίνακα επιχειρείται η σύνδεση των δύο αναπαραστάσεων (αριθμητικής και σχηματικής αναπαράστασης) μέσω της διττής αναπαράστασης που ενέχουν οι σχηματικοί αριθμοί.

Με αυτό τον τρόπο, αναμένεται να διευκολυνθεί η νοητική ‘επίθεση’ των γεωμετρικών μοτίβων στις αριθμητικές τους εκφράσεις με στόχο την διατύπωση ενός αριθμητικού κανόνα που αντιστοιχεί σε γεωμετρική επιβεβαίωση και νοηματοδότηση, επιτυγχάνοντας την απαραίτητη για την κατάδειξη ενός γεωμετρικού αντικειμένου ισοδυναμία: Αριθμητική επιβεβαίωση \Leftrightarrow Γεωμετρική επιβεβαίωση. Τονίζεται ότι στην παρούσα διδακτική πρόταση η επιβεβαίωση περιορίζεται στο σύνολο των φυσικών, αλλά μέσω των τετραγωνικών αριθμών έχει κατασκευαστεί συμβατή προκατανόηση για τους θετικούς πραγματικούς με τα εμβαδά (όπως θα εισαχθεί αργότερα σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα).

Η διδακτική παρέμβαση ολοκληρώνεται με τη ρητή διατύπωση και καταγραφή του ‘γενικού’ (στο δοθέν αριθμητικό πλαίσιο) κανόνα από όλα τα παιδιά με στόχο να παγιωθεί ένας κοινός λόγος έκφρασης και επικοινωνίας των νοητικών διεργασιών που οδήγησαν στην εύρεσή του. Με αυτό τον τρόπο, οι υποκειμενικές ποιότητες έχουν αποκτήσει διυποκειμενικό χαρακτήρα και ταυτόχρονα έχουν τεθεί ως αποδεκτές οι επικοινωνιακές συμβάσεις και δεσμεύσεις που μπορούν να οδηγήσουν σε επόμενα επίπεδα εξαντικειμενίκευσης του ορθογωνίου τριγώνου.

Σχήμα 9: Βρίσκοντας τον κανόνα.

Τρίγωνο	Πλευρά τριγώνου	Τετραγωνικός αριθμός που ταυρίζεται με την πλευρά του τριγώνου	Πλάτος ψηφίων τετραγωνικού αριθμού
	3 4		
	6 8		
	9 12		
	5 12		

Διδακτικό Στάδιο Γ, ‘Το Πυθαγόρειο Θεώρημα στο σχολικό βιβλίο’

Αυτό το στάδιο της διδακτικής πρότασης είναι η προτεινόμενη από το σχολικό βιβλίο διδασκαλία (Βλάμος, Δρούτσας, Πρέσβης & Ρεκούμης, 2012, σελ. 128). Το θεώρημα εισάγεται μέσω εμβαδών σε συμφωνία με τα Στοιχεία του Ευκλείδη (βλ. Σχήμα 10). Αποτελείται από τρεις διδακτικές ώρες (δύο κατανόησης & μια προβλήματα/εφαρμογές). Ζητείται ο υπολογισμός των εμβαδών οκτώ ίσων ορθογωνίων τριγώνων (α-β-γ) και ο σχηματισμός δύο τετραγώνων πλευράς (β+γ). Αφού διατυπωθεί το θεώρημα, γίνεται αναφορά στην Αρχαία Αίγυπτο και διατυπώνεται το αντίστροφο του. Το μάθημα περιλαμβάνει δραστηριότητες, ερωτήσεις κατανόησης, ασκήσεις, μία δραστηριότητα «για διασκέδαση» και ένα σύντομο ιστορικό σημείωμα για τον Πυθαγόρα και το θεώρημα.

Σχήμα 10: Το Πυθαγόρειο Θεώρημα στο σχολικό βιβλίο της Β΄ Γυμνασίου (Βλάμος κ.ά., 2012, σελ. 127-128).

1.4. Πυθαγόρειο θεώρημα

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1

Δίνονται οκτώ ίσα ορθογώνια τρίγωνα με κάθετες πλευρές β, γ και υποτείνουσα α και τρία τετράγωνα με πλευρές α, β, γ αντίστοιχα.

α) Να υπολογίσετε τα εμβαδά ε₁, E, E₂ των διπλανών τριγώνων και τετραγώνων.

β) Να τοποθετήσετε κατάλληλα τα τρίγωνα και τετράγωνα, ώστε να σχηματιστούν δύο νέα τετράγωνα, πλευρές (β + γ).

Λύση

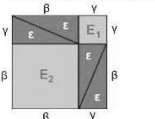
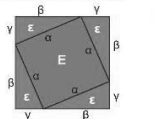
α) Έχουμε ότι: $\epsilon = \frac{\beta \cdot \gamma}{2}$

$E = \alpha^2$
 $E_1 = \gamma^2$
 $E_2 = \beta^2$

β) Αρκεί να τα τοποθετήσουμε όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα. Παρατηρούμε ότι μπορούμε να γράψουμε το εμβαδόν των ίσων τετραγώνων πλευρές (β + γ) με δύο διαφορετικούς τρόπους:

1ος τρόπος: $E_1 + E_2 + 4\epsilon$ από το πρώτο τετράγωνο που αποτελείται από 4 τρίγωνα και τα δύο τετράγωνα πλευρές β, γ αντίστοιχα.

2ος τρόπος: $E + 4\epsilon$ από το δεύτερο τετράγωνο που αποτελείται πάλι από 4 τρίγωνα και το τετράγωνο πλευράς α.

Επομένως, θα ισχύει ότι: $E_1 + E_2 + 4\epsilon = E + 4\epsilon$ ή $E_1 + E_2 = E$

$\beta^2 + \gamma^2 = \alpha^2$

Η σχέση αυτή, που συνδέει τις κάθετες πλευρές με την υποτείνουσα ενός τριγώνου, εκφράζει το Πυθαγόρειο θεώρημα, δηλαδή ισχύει:

128 Μέρ. Β΄ - 1.4. Πυθαγόρειο θεώρημα

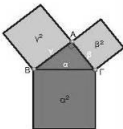
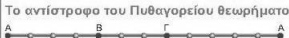
ΠΥΘΑΓΟΡΕΙΟ ΘΕΩΡΗΜΑ

Σε κάθε ορθογώνιο τρίγωνο το άθροισμα των τετραγώνων των δύο κάθετων πλευρών είναι ίσο με το τετράγωνο της υποτείνουσας.


Παραίτηται.

Στο επόμενο σχήμα το τρίγωνο ΑΒΓ είναι ορθογώνιο στο Α. Σύμφωνα με το Πυθαγόρειο θεώρημα ισχύει ότι: $\alpha^2 = \beta^2 + \gamma^2$, δηλαδή το εμβαδόν του μεγάλου παρακάτω τετραγώνου είναι ίσο με το άθροισμα των εμβαδών των δύο πρώτων τετραγώνων.

Το αντίστροφο του Πυθαγορείου θεωρήματος

Στην Αρχαία Αίγυπτο για την κατασκευή ορθών γωνιών χρησιμοποιούσαν το σκάνι του παραπάνω σχήματος. Όπως βλέπουμε, το σκάνι έχει 13 κόμπος σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους που σχηματίζουν 12 ίσα ευθύγραμμα τρίγωνα.

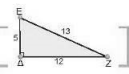


Κρατώντας τους ακραίους κόμπος ενωμένους και τεντώνοντας το σκάνι στους κόκκινους κόμπος, σχηματίζεται το τρίγωνο ΑΒΓ, το οποίο οι αρχαίοι Αιγύπτιοι πίστευαν ότι είναι ορθογώνιο με ορθή γωνία στην κορυφή Β. Μεταγενέστερα, οι αρχαίοι Έλληνες επαληθεύσαν τον ισχυρισμό αυτό αποδεικνύοντας την επόμενη γενική πρόταση, που είναι γνωστή ως το αντίστροφο του Πυθαγορείου θεωρήματος:

Αν σε ένα τρίγωνο, το τετράγωνο της μεγαλύτερης πλευράς είναι ίσο με το άθροισμα των τετραγώνων των δύο άλλων πλευρών, τότε η γωνία που βρίσκεται απέναντι από τη μεγαλύτερη πλευρά είναι ορθή.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 1

Να επαληθεύσετε το Πυθαγόρειο θεώρημα στο τρίγωνο του διπλανού σχήματος.



Λύση: Στο τρίγωνο ΔΕΖ οι κάθετες πλευρές έχουν μήκη 5 και 12, οπότε το άθροισμα των τετραγώνων των κάθετων πλευρών είναι $5^2 + 12^2 = 25 + 144 = 169$. Επομένως, η υποτείνουσα έχει μήκος 13 και το τετράγωνό της ισούται με: $13^2 = 169$. Επομένως, ισχύει το Πυθαγόρειο θεώρημα, αφού: $5^2 + 12^2 = 13^2$.

Στάδιο ‘Αξιολόγηση’

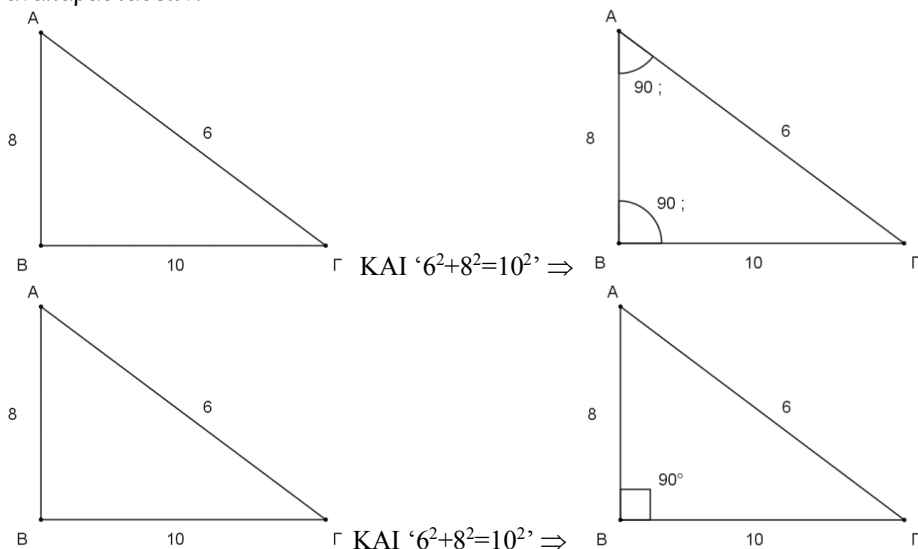
Το τελευταίο στάδιο της διδακτικής πρότασης είναι η αξιολόγηση. Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει τόσο διαμορφωτική αξιολόγηση, όσο και αθροιστική αξιολόγηση. Η διαμορφωτική αξιολόγηση επικεντρώνεται στους λόγους που διατυπώνονται στην τάξη κατά τη διάρκεια της παρέμβασης και στις μετατοπίσεις που συμβαίνουν στις λεκτικές

554

οργανώσεις των φαινομένων. Συγκεκριμένα, διακρίνονται δύο πόλοι στο φάσμα των διατυπώσεων στις επικοινωνίες των παιδιών (Moutsios-Rentzos, Spyrou & Petinara, 2014): *εγωκεντρικές επικοινωνίες* (στις οποίες τα υποκείμενα είναι σημειωτικά παρόντα στις διατυπώσεις τους, φανερώνοντας μια ισχυρή σχέση μεταξύ του Χουσερλιανού ‘νοητικού’ και ‘νοηματικού’) προς *από-υποκειμενοποιημένες επικοινωνίες* (στις οποίες οι ‘νοητικοί’–‘νοηματικοί’ δεσμοί είναι εξασθενημένοι και οι διατυπώσεις είναι απρόσωπες, συζητώντας το φαινόμενο αφ’ εαυτού).

Η αθροιστική αξιολόγηση έγινε σε δύο στάδια (ερωτηματολόγιο και συνεντεύξεις) με στόχο να αναδειχθούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των κατανοήσεων που έχουν κατασκευάσει τα παιδιά. Στην παρούσα εργασία, γίνεται αναφορά μόνο σε ένα έργο το οποίο στοχεύει στην διερεύνηση των συνδέσεων μεταξύ διαφορετικών αναπαραστασιακών συστημάτων που έχουν αναπτύξει οι μαθητές/μαθήτριες (βλ. Σχήμα 11). Στο συγκεκριμένο έργο υπάρχει σύγκρουση μεταξύ της σχηματικής αναπαράστασης και της αριθμητικής αναπαράστασης. Το τρίγωνο $AB\Gamma$ είναι ορθογώνιο, όπως καταδεικνύεται εικονικά (σχηματικά) και συμβολικά (μέσω του θεωρήματος). Όμως, ενώ η ορθή γωνία εικονικά είναι η B , από το θεώρημα συνάγεται ότι είναι η A (απέναντι από την μεγαλύτερη πλευρά). Το βίωμα (ή μη) αυτής της σύγκρουσης δηλώνει ξεκάθαρα την ανάπτυξη (ή μη) των επιθυμητών συνδέσεων και, άρα, των προ-κατανοήσεων που είναι κρίσιμες για την εξαντικεμενίκευση του πολύπλοκου όλου των σχέσεων που συνθέτουν το ορθογώνιο τρίγωνο, καθώς η βιούμενη σύγκρουση καταδεικνύει τη γεωμετρική εννοιοποίηση της αριθμητικής/αλγεβρικής σχέσης του θεωρήματος μέσω της ανάπτυξης συνδέσεων μεταξύ σχηματικών και εικονικών αναπαραστάσεων.

Σχήμα 11: Βιούμενη σύγκρουση (πάνω) ή μη βιούμενη σύγκρουση (κάτω) δύο αναπαραστάσεων.



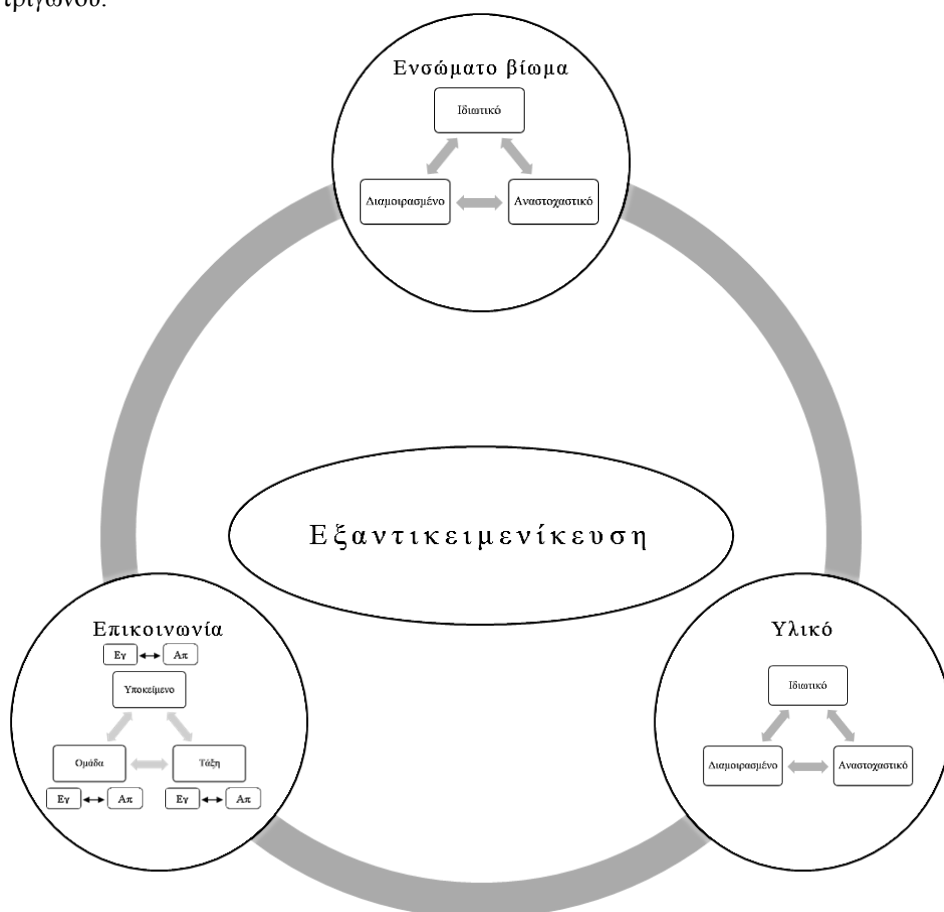
ΑΝΤΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ: ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΜΟΣ ΣΤΗ ΔΙΑΛΕΚΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΟΥ

Στην παρούσα διδακτική πρόταση στόχος είναι η επανα-ενεργοποίηση της εξαντικειμενίκευσης του ορθογωνίου τριγώνου. Διδακτικά αυτό προσεγγίστηκε πολυδιάστατα με το υλικό να είναι στο επίκεντρο των κρίσιμων μετατοπίσεων, μετασχηματισμών και μεταβάσεων. Συνέπεια αυτού του σχεδιασμού είναι η κατασκευή του θεωρήματος ως λειτουργική αριθμητική σχέση με γεωμετρική σημασία. Το είδος του υλικού, ο τρόπος ένταξης του στην διδασκαλία (χρόνος, χειρισμός) και ιδιαίτερα η επικοινωνία (διατύπωση και καταγραφή) των δράσεων και των αναστοχασμών επί των δράσεων (ατομικές, ομαδικές, τάξης) είναι κρίσιμοι άξονες αποφάσεων και αλληλεπιδράσεων προς την επανα-ενεργοποίηση της εξαντικειμενίκευσης (μέσω κατάλληλων γενικεύσεων). Οι αλληλεπιδράσεις με το υλικό διευκολύνουν τον επαναπροσδιορισμό των αποβλέψεων των παιδιών σχετικά με την εμπειρία, την νοηματοδότηση και την επικοινωνία των φαινομένων, ενεργοποιώντας διαδικασίες γενίκευσης και από-υποκειμενικοποίησης.

Στο Σχήμα 12 αποτυπώνονται διαγραμματικά αυτές οι ιδέες σε ένα μοντέλο διδακτικο-μαθησιακής αλληλεπίδρασης. Το Υλικό, το Ενσώματο βίωμα και η Επικοινωνία συνθέτουν ένα πολύπλοκο όλον στο οποίο αναδύεται αλληλεπιδραστικά η επανα-ενεργοποίηση της εξαντικειμενίκευσης του ορθογωνίου τριγώνου. Σε αυτή την αλληλεπίδραση, κρίσιμο ρόλο διαδραματίζει η διάκριση επιπέδων ('ιδιωτικό' – 'διαμοιρασμένο' – 'αναστοχαστικό') στο Ενσώματο βίωμα, αλλά και αντίστοιχων

επιπέδων στην επιλογή και χειρισμό του Υλικού. Επιπροσθέτως, διακρίνονται επίπεδα στην Επικοινωνία (‘υποκείμενο’ – ‘ομάδα’ – ‘τάξη’), αλλά και οι επιμέρους ανά επίπεδο μετατοπίσεις στο φάσμα ‘εγωκεντρικών’ – ‘από-υποκειμενοποιημένων’ επικοινωνιών (‘Εγ’ και ‘Απ’ στο Σχήμα 1). Οι όποιες εντάσεις και συγκρούσεις μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων εμπειριών και διατυπώσεων υπόκεινται σε συνεχή διαπραγμάτευση επιτυγχάνοντας τη σύγκλιση σε έναν κοινό λόγο συμπύκνωσης νοημάτων και εμπειριών. Σε αυτή τη σύγκλιση λόγων, το ενσώματο βίωμα και το υλικό φαίνεται να μπορούν να λειτουργήσουν ως κοινή αναφορικότητα αποβλέψεων και αναγκαιοτήτων.

Σχήμα 12: Προς την επανα-ενεργοποίηση της εξαντικειμενίκευσης του ορθογωνίου τριγώνου.



Συμπερασματικά, υποστηρίζεται ότι μέσα από μια ελικοειδή διαδικασία –που περιλαμβάνει την θεωρητική τεκμηρίωση, τον σχεδιασμό και την εφαρμογή των υλικών στη διδακτική πρόταση– η θεωρία και η διδακτική πρόταση βρίσκονται σε μια σχέση συνεχούς αλληλεπίδρασης και συν-ανάπτυξης που επιτρέπει τις συναγωγές για την εκπαιδευτική αποτελεσματικότητα και συνάφειά τους. Για παράδειγμα, η φύση του γεωμετρικού αντικειμένου καθιστά αναγκαία την κατάδειξη μέσα από τη σχέση σημείων διαφορετικών αναπαραστασιακών συστημάτων (σχήματα και αριθμοί) και, συνεπώς, είναι κρίσιμη η χρήση εκπαιδευτικού υλικού που επιτρέπει την ανάδειξη αυτής της σχέσης. Δίνοντας έμφαση στη *σχέση* (αναπαραστάσεων, καταδείξεων, σημειώσεων, δομών κτλ), είναι δυνατό να ληφθούν αποφάσεις σχετικά με τον συμβατό με το θεωρητικό πλαίσιο τρόπο ένταξης του υλικού στο σχεδιασμό, καθώς και της αξιολόγησης των όποιων αποφάσεων. Ειδικότερα, συζητήθηκε ο κρίσιμος ρόλος του υλικού στην γνωστική πορεία των μαθητών από μια ιζηματοποιημένη, δεδομένη καθημερινά, γνώση προς μια φαινομενολογική στάση η οποία ενεργοποιεί την ‘ρητή’ σκέψη. Από την μία, το διδακτικό πλαίσιο που πηγάζει από τη φαινομενολογία του Husserl παρέχει τους όρους συζήτησης, τεκμηρίωσης και αξιολόγησης των όποιων αποφάσεων σχεδιασμού, συμπεριλαμβανομένης της ένταξης του υλικού. Από την άλλη, το υλικό επιτρέπει την εμπειρική διερεύνηση της διδακτικής συνάφειας του θεωρητικού πλαισίου βοηθώντας με αυτό τον τρόπο στην αναδιτύπωση και ενδεχομένως στην αναδιαπραγμάτευση πτυχών του με στόχο την εγκυρότερη συζήτηση των ιδιαιτεροτήτων της προκειμένης διδακτικής πρότασης. Τέλος, η συζήτηση των προαναφερθέντων ιδεών συνοψίστηκε διαγραμματικά σε ένα μοντέλο διδακτικο-μαθησιακής αλληλεπίδρασης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βλάμος, Π., Δρούτσας, Π., Πρέσβης, Γ., & Ρεκούμης, Κ. (2012). *Μαθηματικά Β΄ Γυμνασίου*. Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β
- Audi, R. (Ed.). (1999). *Cambridge dictionary of philosophy*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Fried, M. N. (2001). Can mathematics education and history of mathematics coexist? *Science & Education, 10*, 391–408.
- Davis, D. (2007). *Η φύση και η δύναμη των μαθηματικών*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics, 61*, 103-131.
- Engeström, Y. (2001). Expansive learning at work: Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work, 14*(1), 133-156.
- Freudenthal, H. (1983). *Didactical phenomenology of mathematical structures*. Dordrecht: Kluwer.
- Gravemeijer, K. (1994). *Developing realistic mathematics education*. Utrecht: CD-b Press.
- Harel, G., & Tall, D. (1991). The general, the abstract, and the generic in advanced mathematics. *For the Learning of Mathematics, 11*(1), 38-42.

- Husserl, E. (2001). *Logical investigations* (J. N. Findlay, Trans.). London & New York: Routledge.
- Katz, V. (Ed.) (2000). *Using history to teach mathematics—an international perspective*, *MAA Notes* (Vol. 51). Washington, DC: The Mathematical Association of America.
- Klein, J. (1940). Phenomenology and the history of science. In Marvin Farber (Ed.), *Philosophical essays in memory of Edmund Husserl* (pp. 143-163). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Lakoff, G., & Núñez, R. (2000). *Where mathematics comes from*. New York: Basic Books.
- Lappas, D., & Spyrou, P. (2006). A Reading of Euclid's elements as embodied mathematics and its educational implications. *The Mediterranean Journal for Research in Mathematics Education*, 5(1), 1-16.
- Maor, E. (2007). *The Pythagorean Theorem: a 4000 year history*. Princeton & Oxford: Princeton University Press.
- Merleau-Ponty, M. (1974). *Phenomenology of perception* (Trans. Colin Smith). London: Routledge & Kegan Paul.
- Moutsios-Rentzos, A., & Spyrou, P. (2013). The need for proof in geometry: A theoretical investigation through Husserl's phenomenology. *Proceedings of the 37th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 3, pp. 329-336). Kiel, Germany: PME.
- Moutsios-Rentzos, A., Spyrou, P., & Peteinara, A. (2014). The objectification of the right-angled triangle in the teaching of the Pythagorean Theorem: an empirical investigation. *Educational Studies in Mathematics*, 85 (1), 29-51.
- Radford, L. (2003). Gestures, Speech and the Sprouting of Signs: A Semiotic-Cultural Approach to Students' Types of Generalization. *Mathematical Thinking and Learning*, 5(1), 37-70.
- Smith, B. & Smith, D. W. (Eds.). (1995). *The Cambridge companion to Husserl*. New York: Cambridge University Press.
- Sokolowski, R. (2000). *Introduction to phenomenology*. New York: Cambridge University Press.
- Stillwell, J. (2010). *Mathematics and its history*. New York: Springer.
- Σκουμπουρδή, Χ. (2012). *Σχεδιασμός ένταξης υλικών και μέσων στη μαθηματική εκπαίδευση των μικρών παιδιών*. Αθήνα: Παττάκης.
- Σπύρου, Π., & Μούτσιος-Ρέντζος, Α. (2011). Η εξαντικειμενίκευση του ορθογωνίου τριγώνου σε μια διδασκαλία του Πυθαγορείου Θεωρήματος. Στο Μ. Καλδρυμίδου & Ξ. Βαμβακούση (Επ.), *Πρακτικά του 4^{ου} Συνεδρίου της Ένωσης Ερευνητών της Διδακτικής των Μαθηματικών* (σελ. 459-468). Ιωάννινα: ΕνΕΔΙΜ- Παν. Ιωαννίνων.
- Tzanakis, C., & Arcavi, A. (2000). Integrating history of mathematics in the classroom: An analytic survey. In J. Fauvel, & J. van Maanen (Eds.), *History in mathematics education* (pp. 201-240, Chapter 7). The ICMI Study. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Τζεκάκη, Μ. (2011α) *Μαθηματική δραστηριότητα και μαθηματικά έργα*. Στο Μ. Καλδρυμίδου & Ξ. Βαμβακούση (Επ.), *Πρακτικά του 4^{ου} Συνεδρίου της Ένωσης*

- Ερευνητών της Διδακτικής των Μαθηματικών (σελ. 51-66). Ιωάννινα, Ελλάδα: Εν.Ε.Δι.Μ.- Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Τζεκάκη, Μ. (2011β). *Μαθηματική εκπαίδευση για την προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία*. Θεσσαλονίκη: Ζυγός.
- van der Waerden, B. (2000). *Η απόπνιση της επιστήμης* (μτφρ. Γ. Χριστιανίδης). Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Zaslavsky, O., Nickerson, S. D., Stylianides, A. J., Kidron, I., & Winicki-Landman, G. (2012). The need for proof and proving: mathematical and pedagogical perspectives. In G. Hanna and M. de Villiers (Eds.), *Proof and proving in mathematics education* (pp. 215-230). New York: Springer.
- Varela, F., Thompson, E. & Rosch, E. (1991). *The embodied mind: cognitive science and human experience*. Cambridge, MA: MIT Press.

Όψεις της απόδειξης στο σχολικό βιβλίο της Άλγεβρας της Α΄ Λυκείου

Ανδρέας Μούτσιος-Ρέντζος & Διονυσία Πιτσιλή-Χατζή

Τμήμα Μαθηματικών, Πανεπιστήμιο Αθηνών
moutsiosrent@math.uoa.gr & dpitshatzi@math.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή την εργασία, εξετάζουμε τον τρόπο παρουσίασης της απόδειξης, στο διδασκόμενο σχολικό βιβλίο της Άλγεβρας της Α΄ Λυκείου. Μέσα από τη σύνθεση της σχετικής βιβλιογραφίας, θεωριών λόγου και συστημικής αναπτύχθηκε μια πολυδιάστατη προσέγγιση στην ανάλυση των κειμένων του σχολικού βιβλίου. Φανερώθηκε αφενός η σαφής επικέντρωση στην απόδειξη ως προϊόν παρά ως διαδικασία, και αφετέρου ο περιορισμός σε συγκεκριμένες μεθόδους απόδειξης, τόσο σε επίπεδο θεωρίας, όσο και ασκήσεων, παραβλέποντας με αυτόν τον τρόπο τις πολύπλευρες όψεις των μαθηματικών αποδείξεων. Στη 'θεωρία' ο τρόπος παρουσίασης καθιστά ασαφή ζητήματα σχετικά με την έννοια της απόδειξης, του αποδείξιμου, αλλά και σχετικά με τους λόγους που αποδεικνύουμε, αφήνοντας περιθώρια για σύγχυση και παρερμηνείες. Στις 'ασκήσεις' φανερώθηκαν ποιοτικές διαφοροποιήσεις που άδηλα σχετίζονται με την μαθηματική επίδοση: η απόδειξη αφορά κυρίως (ή ίσως και μόνο) όποιους και όποιες είναι υψηλότερης μαθηματικής επίδοσης.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: απόδειξη, σχολικό βιβλίο, θεωρία λόγου, συστημική θεωρία

ΣΧΟΛΙΚΟ ΒΙΒΛΙΟ, ΣΥΣΤΗΜΙΚΗ ΚΑΙ ΛΟΓΟΙ

Το σχολικό βιβλίο ορίζει μία από τις όψεις της επίσημης εκπαιδευτικής πραγματικότητας που υπερβαίνει την τάξη, τους εκπαιδευτικούς, τους εκπαιδευόμενους και την σχολική μονάδα, όντας κοινός τόπος αναφοράς όλων των σχολικών μονάδων στις οποίες χρησιμοποιείται. Μην παραβλέποντας τη σημασία του τρόπου χρήσης και αξιοποίησης του βιβλίου στην κάθε τάξη είναι σημαντικό να αποτυπωθεί η επιλεχθείσα από τη θεσμική εξουσία πραγματικότητα που γνωστοποιείται και προάγεται μέσω του σχολικού βιβλίου, καθώς αποτελεί μία από τις κρίσιμες κατασκευές της σχολικής πραγματικότητας που βιώνουν οι πρωταγωνιστές της μαθησιακής διαδικασίας (μαθητές και μαθήτριες, εκπαιδευτικοί, γονείς κτλ).

Υπό μια *συστημική οπτική*, οι πρωταγωνιστές βιώνουν τρεις τουλάχιστον κατασκευές, πραγματικότητες, εντός του συστήματος σχολική μονάδα (Μούτσιος-Ρέντζος & Καλαβάσης, 2013): α) *Συμβολικό/κανονιστικό* (οι αντιλαμβανόμενες επίσημες

οδηγίες), β) *Πραγματιστικές αναπαραστάσεις* (οι αντιλαμβανόμενες τρέχουσες πρακτικές στις σχολικές μονάδες), και γ) *Επιθυμητές/Προτιθέμενες δράσεις* (οι προσωπικές, υποθετικές δράσεις, δεδομένης της εξουσίας και δυνατότητας πραγματοποίησής τους). Αυτές οι τρεις κατασκευές συνυπάρχουν σε ασύμβατα μεταξύ τους επίπεδα συνυφαίνοντας την πολυπλοκότητα του κάθε πρωταγωνιστή. Το σχολικό εγχειρίδιο εντάσσεται σαφώς στους κρίσιμους παράγοντες διαμόρφωσης των κατασκευών σχετικών με το συμβολικό/κανονιστικό επίπεδο που αφορά ένα σχολικό μάθημα' στην περίπτωση μας, τα 'επίσημα' σχολικά μαθηματικά και ειδικότερα τις 'επίσημες' όψεις της σχολικής απόδειξης. Το σχολικό βιβλίο αποτελεί υποσύστημα του συστήματος 'θεσμικό εκπαιδευτικό πλαίσιο' (μαζί με το ευρύτερο αναλυτικό πρόγραμμα, το βιβλίο του καθηγητή κτλ) υπηρετώντας τους στόχους του, ενώ ταυτόχρονα αποτελείται από υποσυστήματα (θεωρία, ασκήσεις) με επιμέρους διαφοροποιημένους στόχους. Στην παρούσα έρευνα προσπαθούμε να φανερώσουμε τους επιμέρους και συνολικούς στόχους του σχολικού βιβλίου σχετικά με την έννοια της απόδειξης όπως αυτό επικοινωνείται στους πρωταγωνιστές της μαθησιακής διαδικασίας.

Για το σκοπό αυτό, προτείνεται η συζήτηση του βιβλίου ως λόγος ('discourse') ο οποίος "σχηματίζει συστηματικά τα αντικείμενα για τα οποία μιλάει" (Foucault, 1987, σελ. 77). Υπό το μανδύα του επίσημου, αντικειμενικού και αλάνθαστου λόγου αποκτά ισχύ κυρίαρχου λόγου εντός της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Ο λόγος του βιβλίου, όντας εκ των προτέρων *ηγεμονικός*, διαλέγεται ή απλώς διαπλέκεται με τους λοιπούς λόγους που υπεισέρχονται στη μαθησιακή διαδικασία, συγκροτώντας τα μαθηματικά αντικείμενα, τη σημασία τους και τις σχέσεις των μετεχόντων/μετεχουσών στο εκπαιδευτικό πεδίο με αυτά. Ειδικότερα, ο λόγος για την απόδειξη που υιοθετεί το βιβλίο συν-διαμορφώνει την απόδειξη ως αντικείμενο και τους αποδεκτούς τρόπους επιχειρηματολογίας, παγιώνοντας τι είναι μαθηματικά αληθές ή ψευδές. Ο τρόπος που οι μαθητές/ μαθήτριες εμπλέκονται στο λόγο περί απόδειξης διαμορφώνει τις ταυτότητες τους, όσον αφορά στην παραγωγή απόδειξης και επιχειρηματολογίας.

Οι Stylianides και Silver (2004) επισημαίνουν ότι «η επιχειρηματολογία και η απόδειξη πρέπει να αποτελούν κεντρικά στοιχεία των μαθηματικών εμπειριών όλων των μαθητών/μαθητριών» (σελ. 612). Ως εκ τούτου, έχει αναπτυχθεί το ενδιαφέρον των ερευνητών της Διδακτικής των Μαθηματικών για τη θέση της απόδειξης στα σχολικά εγχειρίδια και ειδικότερα για τις ευκαιρίες εμπλοκής που τα σχολικά βιβλία παρέχουν στους μαθητές και στις μαθήτριες σχετικά με την αποδεικτική διαδικασία.

Δεδομένου του ιδιαίτερου και κεντρικού ρόλου της απόδειξης στα μαθηματικά, σε αυτή την εργασία διερευνούμε τους τρόπους που εννοιοποιείται η έννοια της απόδειξης στο σχολικό βιβλίο της Άλγεβρας της Α' Λυκείου (Ανδρεαδάκης, κ.α., 2014). Με αυτόν τον τρόπο χαρτογραφείται συστηματικά το κανονιστικό πλαίσιο μέσα στο οποίο η επίσημη πραγματικότητα σχετικά με την απόδειξη επικοινωνείται, βιώνεται και κατασκευάζεται.

ΑΠΟΔΕΙΞΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΗΣ ΑΠΟΔΕΙΞΗΣ

Ο Hersh (2006) σημειώνει ότι ο όρος “μαθηματική απόδειξη” έχει δύο σημασίες. Η πρώτη αντιλαμβάνεται την απόδειξη ως “μια αλληλουχία τυπικά εκφρασμένων δηλώσεων, εκκινώντας από μη αποδεδειγμένες δηλώσεις για μη ορισμένους όρους και προχωρώντας με βήματα επιτρεπτά από πρώτης τάξης κατηγορηματικό λογισμό”. Η δεύτερη αντιλαμβάνεται την απόδειξη ως “ένα επιχείρημα που γίνεται δεκτό ως πειστικό από τη μαθηματική κοινότητα”. Επιπροσθέτως, η απόδειξη τόσο για τη μαθηματική επιστήμη όσο και στη μαθηματική εκπαίδευση επιτελεί μια σειρά λειτουργιών (de Villiers, 1990· Tall, 1989) συμπεριλαμβανομένων των *επαλήθευση, εξήγηση, συστηματοποίηση, ανακάλυψη, επικοινωνία, νοητική πρόκληση, και αισθητική*.

Η διάκριση του Hersh σχετίζεται με τη διάκριση μεταξύ της *απόδειξης ως προϊόντος* και της *απόδειξης ως διαδικασίας* όπως αυτή έχει καταδειχθεί στην βιβλιογραφία (Moutsios-Rentzos & Simpson, 2011· Weber, 2005). Η αποδεικτική διαδικασία ενός θεωρήματος μπορεί να διαρκέσει χρόνια και μπορεί να περιλαμβάνει ποικίλες προσεγγίσεις, ορισμένες εκ των οποίων δύναται να είναι αποτυχημένες (για παράδειγμα, οι πολλαπλές προσπάθειες του Wiles για την απόδειξη του θεωρήματος του Fermat). Ωστόσο, η πλούσια αυτή μαθηματική δραστηριότητα δεν αποτυπώνεται στην απόδειξη που θα αποτελέσει το προϊόν της αποδεικτικής διαδικασίας (Heinze, 2004). Ο Weber (2005) επισημαίνει ότι η αποδεικτική διαδικασία αποτελεί μια διαδικασία επίλυσης προβλήματος, καθώς –όπως ακριβώς στην επίλυση ενός προβλήματος– οι επιτρεπτές ενέργειες είναι πολλές, ελάχιστες όμως από αυτές θα οδηγήσουν στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Η οπτική αυτή αποκτά σημασία, διότι συνεκτιμά την παράμετρο του τρόπου κατασκευής μιας απόδειξης και των ευρετικών τεχνικών που χρησιμοποιούνται κατά την αποδεικτική διαδικασία.

Η διδασκαλία της απόδειξης, για να είναι ουσιαστική, οφείλει κατά το δυνατόν να αντικατοπτρίζει τον πλούτο της απόδειξης στην μαθηματική πρακτική. Ως εκ τούτου, τα αναλυτικά προγράμματα δεν θα πρέπει να περιορίζονται στη διδασκαλία της απόδειξης μόνο ως προϊόν. Αντιθέτως, θα πρέπει να κοινωνούν στους μαθητές και στις μαθήτριες τις τεχνικές της αποδεικτικής διαδικασίας, καθώς και να προβλέπουν η απόδειξη εντός των σχολικών τάξεων να κατέχει λειτουργίες αντίστοιχες αυτών που έχει στην μαθηματική πρακτική.

Η ΑΠΟΔΕΙΞΗ ΣΤΑ ΣΧΟΛΙΚΑ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΑ

Η απόδειξη ως κυρίαρχο στοιχείο της μαθηματικής πρακτικής θα έπρεπε να αποτελεί κεντρικό στοιχείο της μαθηματικής εκπαίδευσης, πράγμα που προϋποθέτει την παροχή αντίστοιχων ευκαιριών από τα προγράμματα σπουδών (Senk, Thompson & Johnson, 2008· Stylianides & Silver, 2004). Ωστόσο, η Hanna (2000) εντοπίζει και αποδομεί τρεις οπτικές που οδηγούν στον περιορισμό της απόδειξης από τα προγράμματα σπουδών και κατ’ επέκταση από τα σχολικά εγχειρίδια: α) η απόδειξη διδάσκεται στους μαθητές και στις μαθήτριες που επιδιώκουν να αποκτήσουν πανεπιστημιακή εκπαίδευση, β) τα ευρετικά επιχειρήματα είναι ικανότερα της απόδειξης όσον αφορά στην ανάπτυξη επιχειρηματολογίας και δικαιολόγησης, και γ) η δυναμική, οπτική, σχετιζόμενη με την

αυξανόμενη χρήση των νέων τεχνολογιών προσέγγιση θεωρείται αποτελεσματικότερη της απόδειξης όσον αφορά στη μαθηματική αιτιολόγηση.

Οι Hanna και de Bruyn (1999) μελέτησαν δύο σχολικά βιβλία του Ontario σχετικά με τη συχνότητα και το είδος αποδείξεων, των συζητήσεων για την απόδειξη και των αποδεικτικών ασκήσεων. Βρήκαν ότι το είδος των αποδείξεων είναι μη αντιπροσωπευτικό του πλούτου της μαθηματικής πρακτικής σχετικά με την απόδειξη τόσο ως προϊόν όσο και ως διαδικασία, ενώ ευκαιρίες για μάθηση της απόδειξης παρέχονται μόνο στη Γεωμετρία. Παρόμοια φαίνεται να είναι τα ευρήματα και σε εγχειρίδια που σχετίζονται με *μεταρρυθμιστικά αναλυτικά προγράμματα*, στα οποία *διακηρυκτικά* δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στην αποδεικτική διαδικασία και στην ένταξη διαδικασιών πρόδρομων της απόδειξης στις μαθηματικές εμπειρίες των μαθητών. Οι Davis, Smith, Roy και Bilgic (2014), αναλύοντας δύο μεταρρυθμιστικά βιβλία της Άλγεβρας των ΗΠΑ, βρήκαν ότι στην *πραγματικότητα* των σχολικών εγχειριδίων η παραγωγή εικασιών δεν αποτελεί συχνή διαδικασία, ενώ η αναγνώριση μοτίβων συνήθως δεν συνδέεται με ανάπτυξη εικασιών ή επιχειρημάτων. Αντίστοιχο χάσμα μεταξύ αναλυτικού προγράμματος και εγχειριδίων αναγνωρίστηκε στην Ιρλανδία, όπου οι διαδικασίες επιχειρηματολογίας που ζητούνται από τους μαθητές είναι φτωχές στην ποικιλία και αναντίστοιχες της μαθηματικής πρακτικής (Davis, 2013).

Επιπροσθέτως, υπάρχει διαφορετική προσέγγιση της απόδειξης στην ενότητα της “θεωρίας” απ’ ότι στις “ασκήσεις”. Οι Otten, Gilberstone, Males και Clark (2011) εντόπισαν ότι η πλειοψηφία των αποδεικτικών *ασκήσεων* επικεντρώνεται σε *ειδικά επιχειρήματα* (περιορισμένης γενικευσιμότητας), ενώ η *θεωρία* κατά κύριο λόγο περιλαμβάνει *γενικά επιχειρήματα* (αφορούν όλη την κατηγορία αναφοράς). Σε αντίστοιχα αποτελέσματα για τις ασκήσεις κατέληξαν και οι Senk, Thompson και Johnson (2008) οι οποίοι εκτιμούν ότι το γεγονός αυτό μπορεί να παράγει σύγχυση σχετικά με το τι καθιστά μια επιχειρηματολογία για μια γενική πρόταση επαρκή.

Επιπλέον, οι έρευνες επί των σχολικών εγχειριδίων ανέδειξαν την άδηλη σχέση μεταξύ της διδασκαλίας της απόδειξης και της μαθηματικής επίδοσης των μαθητών στους οποίους απευθύνεται η διδασκαλία. Οι Nordström και Löfwall (2005) κρίνουν ότι τα σχολικά βιβλία της Σουηδίας είναι δομημένα με τρόπο που υπονοεί ότι οι συγγραφείς τους θεωρούν την απόδειξη προσβάσιμη μόνο από μαθητές που έχουν ήδη κίνητρα και υψηλό επίπεδο. Στην ίδια κατεύθυνση, τα ερευνητικά συμπεράσματα του Davis (2013) υποδεικνύουν ότι στην Ιρλανδία τα βιβλία που απευθύνονται σε μαθητές ‘ψηλότερου επιπέδου’ δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στην απόδειξη από τα υπόλοιπα.

Συνοψίζοντας, η έρευνα φανερώνει ότι η απόδειξη στα σχολικά εγχειρίδια είναι μη αντιπροσωπευτική της μαθηματικής πρακτικής, με τις περισσότερες δυνατότητες για εκμάθηση της απόδειξης να εμφανίζονται στη Γεωμετρία και την απόδειξη να εννοιοποιείται με διαφορετικό τρόπο στη θεωρία και στις ασκήσεις. Γίνεται λοιπόν ρητή η ελλειμματική διαπερατότητα του συστήματος ‘μαθηματικά ως επιστήμη’ με το σύστημα ‘μαθηματικά ως σχολικό μάθημα’. Μάλιστα, τα ζητήματα αυτά δε μεταβάλλονται στα βιβλία που υλοποιούν τα μεταρρυθμιστικά αναλυτικά προγράμματα, παρότι διακηρυκτικά εκτιμώνται ως προβληματικά. Επιπροσθέτως, αναγνωρίζεται μια τάση σύνδεσης

(συνειδητή ή ασυνειδητή) των ποιοτικών χαρακτηριστικών της διδασκαλίας (ή της μη διδασκαλίας) της απόδειξης με τη μαθηματική επίδοση των διδασκόμενων. Επομένως, ο ηγεμονικός λόγος της απόδειξης στο σχολείο υλοποιεί μια *διαιρητική πρακτική* που στηρίζεται στο διαχωρισμό ‘μαθηματικά ικανός’ και ‘μαθηματικά μη ικανός’ μέσω της οποίας αντικειμενοποιούνται τα υποκείμενα (Foucault, 1991).

ΣΕ ΑΥΤΗ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ

Σε αυτή την εργασία αναλύουμε το λόγο περί απόδειξης που υιοθετεί το σχολικό βιβλίο της Άλγεβρας της Α΄ Λυκείου (Ανδρεαδάκης, κ.α., 2014). Αρχικά, εξετάζουμε τον τρόπο που εννοιοποιείται η απόδειξη στο πλαίσιο της θεωρίας και των ασκήσεων. Αναζητάμε πόσες και τι τύπου ευκαιρίες εμπλοκής στην αποδεικτική διαδικασία δίνονται στους μαθητές, ενώ μελετάμε τι συνιστά σύμφωνα με το λόγο του βιβλίου απόδειξη και τι αποδείξιμο, καθώς και γιατί κάνουμε αποδείξεις. Επιπροσθέτως, διερευνούμε τους επιδιωκόμενους τρόπους εμπλοκής των μαθητών και των μαθητριών στο λόγο περί απόδειξης και το πώς αυτός συμβάλλει στην διαμόρφωση των ταυτοτήτων τους σχετικά με την απόδειξη και τα μαθηματικά.

ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ

Υλικό

Μελετήσαμε το σχολικό βιβλίο «Άλγεβρα και Στοιχεία Πιθανοτήτων» του οποίου ο κύριος κορμός διδάσκεται στα ελληνικά σχολεία από το 1991 και αναθεωρήθηκε το 2010 (Ανδρεαδάκης κ.α., 2013). Όσον αφορά στις οδηγίες των καθηγητών, αυτές δεν περιέχονται σε ειδικά σχεδιασμένο εγχειρίδιο, παρά έχουν ενσωματωθεί σε ΦΕΚ (Απόφαση 59614/Γ2, 2011), οι οδηγίες του οποίου λήφθηκαν υπόψη κατά την κωδικοποίηση. Αναλύσαμε εκείνα τα αποσπάσματα του βιβλίου, τα οποία προτείνεται να διδαχθούν στους μαθητές, από τη σχετική οδηγία του Υπουργείου για την σχολική χρονιά 2014-2015 (Αρ. Πρωτοκόλλου 152504/Γ2).

Μονάδα ανάλυσης

Στην παρουσίαση της *θεωρίας*, ως μονάδες ανάλυσης λήφθηκαν τα *θεωρήματα*, όρος με τον οποίο θα αναφερόμαστε στο εξής σε κάθε θεώρημα ή πρόταση ή πόρισμα (δηλαδή γενικό επιχείρημα), του οποίου την αλήθεια ισχυρίζεται το σχολικό βιβλίο. Επιπροσθέτως, καταγράψαμε τα *σχόλια* που συνοδεύουν το θεώρημα και αναφέρονται στην ισχύ του ή στην απόδειξη του. Μονάδα ανάλυσης αποτέλεσε κάθε νοηματικά άρτιο κομμάτι κειμένου (λέξη, φράση, πρόταση ή σύνολο προτάσεων) που συνοδεύει ένα θεώρημα και αναφέρεται στα παραπάνω. Σημειώνεται ότι έκαστο εκ των θεωρημάτων του σχολικού βιβλίου συνοδεύεται από το πολύ ένα σχόλιο. Στις ασκήσεις ως μονάδα ανάλυσης χαρακτηρίστηκε κάθε ξεχωριστό ερώτημα το οποίο απευθύνεται στους μαθητές (κάθε άσκηση μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερα του ενός ερωτήματα).

Μέθοδος κατηγοριοποίησης

Τα *θεωρήματα* αρχικά κατηγοριοποιήθηκαν, ανάλογα με το αν αποδεικνύονται ή όχι. Όσα αποδεικνύονται στη συνέχεια κατηγοριοποιήθηκαν ως προς το είδος της απόδειξης με βάση μια τροποποιημένη εκδοχή της κατηγοριοποίησης των Hanna και de Bruyn (1999). Παραλείψαμε την 'Ευθεία απόδειξη με επαγωγή' (δεν εμφανίζεται στο βιβλίο), ενώ οι 'λοιπές περιπτώσεις ευθείας απόδειξης' εξειδικεύτηκαν στην κατηγορία του *αντιπαραδείγματος* και της *εύρεσης λάθους σε δοσμένη απόδειξη*. Τελικά:

- *Βασική ευθεία απόδειξη*: πρόκειται για εκείνες τις αποδείξεις, κατά τις οποίες το βιβλίο, μην παρέχοντας πλάνο ή ανάλυση, ξεκινά από τα δεδομένα και καταλήγει στα ζητούμενα.
- *Ευθεία απόδειξη με ανάλυση*: περιλαμβάνονται οι αποδείξεις, κατά τις οποίες είτε παρέχεται πλάνο της απόδειξης, είτε η απόδειξη ξεκινά από τα ζητούμενα και με ισοδυναμίες καταλήγει στα δεδομένα.
- *Ευθεία υπαρξιακή ή κατασκευαστική απόδειξη*: σε αυτόν τον τύπο απόδειξης κεντρικό ρόλο παίζει το αντικείμενο που πρέπει να κατασκευαστεί ή να αποδειχθεί η ύπαρξη του.
- *Αντιπαραδείγμα*.
- *Εύρεσης λάθους σε δοσμένη απόδειξη*.
- *Εις άτοπο απαγωγή*.

Όσον αφορά στα *σχόλια*, αφού εντοπίσαμε κάθε *νοηματικά άρτιο κομμάτι* κειμένου που σχετίζεται με την ισχύ ή την απόδειξη ενός θεωρήματος εκπονήσαμε τη μεθοδολογία *ανάλυσης λόγου* ('discourse analysis') όπως προτείνεται από το Δοξιάδη (2008), ακολουθώντας τέσσερις άξονες: 1) Ο *άξονας των αντικειμένων*, στο πλαίσιο του οποίου εξετάζουμε τα αντικείμενα στα οποία αναφέρεται ο λόγος και τη σχέση του λόγου με τα αντικείμενα, το πώς δηλαδή αναφέρεται σε αυτά. 2) Ο *άξονας των τρόπων εκφοράς*, που εξετάζει τους τρόπους που εμπλέκονται τα υποκείμενα (το υποκείμενο που εκφέρει το λόγο και τα υποκείμενα στα οποία ο λόγος αναφέρεται) στους εκφερόμενους λόγους. Διακρίνονται δύο σκέλη. Στο πρώτο σκέλος θεωρούμε τις *εξωτερικές συνθήκες εκφοράς*, δηλαδή το πλαίσιο εντός του οποίου αρθρώνεται ο λόγος. Σε ό,τι μας αφορά, στο σκέλος αυτό συνυπολογίζουμε το γεγονός ότι το βιβλίο είναι το επίσημο διδακτικό εγχειρίδιο που έχει εγκριθεί από το Υπουργείο Παιδείας και απευθύνεται στα σχολεία που ακολουθούν το ελληνικό πρόγραμμα σπουδών. Ως δεύτερο σκέλος θεωρούμε τις *εσωτερικές συνθήκες εκφοράς*, στις οποίες περιλαμβάνονται το ύφος της ομιλίας, το πώς ο/η αφηγητής/αφηγήτρια εντάσσει τον εαυτό του/της στο λόγο, πώς σχετίζεται με τα υπόλοιπα υποκείμενα του λόγου κ.ο.κ. 3) Ο *άξονας των εννοιών*, που μελετά πώς διαμορφώνονται οι έννοιες, το πώς δηλαδή τελικά σχετίζεται ο υπό ανάλυση λόγος με άλλους λόγους. 4) Ο *άξονας των θεματικών* που εξετάζει τη σχέση του λόγου με την εξουσία. Αναζητά, δηλαδή, τον τρόπο ή τους τρόπους που το κείμενο αναπαράγει, συνειδητά ή ασυνειδητά, μια ιδεολογία, μια αναπαράσταση δηλαδή της κοινωνικής πραγματικότητας, η οποία καθοδηγεί το πράττειν.

Επιπροσθέτως, καταγράψαμε τη συχνότητα εμφάνισης κάθε κατηγορίας σχολίων, με στόχο τη σύνθεση μιας ευρύτερης εικόνας για τον τρόπο που τα σχόλια συντελούν στην εννοιοποίηση της απόδειξης εντός του σχολικού βιβλίου.

Όσον αφορά στις *ασκήσεις*, ως αποδεικτικά κατηγοριοποιήθηκαν τα ερωτήματα στα οποία περιλαμβάνονται οι φράσεις «να δείξετε» ή «να αποδείξετε». Στη συνέχεια, οι αποδεικτικές ασκήσεις κατηγοριοποιήθηκαν με βάση τις «Υποδείξεις-Απαντήσεις» (Ανδρεαδάκης κ.ά., 2013) και τις «Λύσεις ασκήσεων» (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2010), σύμφωνα με την προαναφερθείσα κατηγοριοποίηση των Hanna και de Bruyn (1999).

Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί ότι οι προαναφερθείσες διαδικασίες κατηγοριοποίησης έγιναν ανεξάρτητα από τους δύο συγγραφείς και στη συνέχεια έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων (έλεγχος αξιοπιστίας), χωρίς να παρατηρηθεί διαφορά στις αποδιδόμενες κατηγορίες.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η απόδειξη ως αντικείμενο διδασκαλίας

Στην Ενότητα §2.1. του σχολικού βιβλίου περιέχεται μία υποενότητα έκτασης δύο σελίδων υπό τον τίτλο «Μέθοδοι Απόδειξης», περιλαμβάνοντας δύο γενικές μεθόδους απόδειξης: η ευθεία και η εις άτοπον απαγωγή. Η παρουσίαση εκάστης εξ αυτών ξεκινά με τη φράση «Έστω ότι θέλουμε να αποδείξουμε (πρόταση)» και ακολουθεί η απόδειξη της πρότασης και ένας αναστοχασμός για τη μεθοδολογία που υιοθετήθηκε. Η μέθοδος της ευθείας απόδειξης συνοδεύεται από τρία σχόλια. Το πρώτο επισημαίνει ότι η εν λόγω μέθοδος χρησιμοποιήθηκε στο Γυμνάσιο για την απόδειξη των ταυτοτήτων, ενώ τα δύο επόμενα εισάγουν τη μέθοδο της απόδειξης με ανάλυση και το αντιπαράδειγμα αντίστοιχα ως υποπεριπτώσεις της ευθείας απόδειξης. Για τη μέθοδο της εις άτοπο απαγωγής επισημαίνεται ότι αυτή χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τους Αρχαίους Έλληνες. Η υποενότητα αυτή λοιπόν επιδιώκει να κοινωνήσει στους μαθητές και στις μαθήτριες τις συντακτικές προδιαγραφές που πρέπει να πληροί μία απόδειξη.

Εντούτοις, το σχολικό βιβλίο δεν αναφέρει πουθενά ρητά τι είναι απόδειξη, ποιες προτάσεις χρήζουν απόδειξης ή για ποιο λόγο κάνουμε αποδείξεις. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι το βιβλίο θεωρεί εκ των προτέρων δεδομένο τι είναι η απόδειξη και ποιες είναι οι λειτουργίες της.

Τέλος, αξίζει να σημειώσουμε ότι στο βιβλίο προηγούνται της παραγράφου «Μέθοδοι Απόδειξης» παραθέσεις αποδείξεων και αποδεικτικές ασκήσεις (Κεφάλαιο 1). Πρόκειται για μια εσωτερική αντίφαση του βιβλίου που αναδεικνύει ότι στο πλαίσιο του η διδασκαλία της απόδειξης δεν θεωρείται προϋπόθεση για την μάθηση ή την πραγματοποίηση αποδείξεων.

Θεωρήματα

Το πλήθος όλων των θεωρημάτων ανά κεφάλαιο, το πλήθος των θεωρημάτων που αποδεικνύονται, το πλήθος των θεωρημάτων που δηλώνεται ρητά ότι αποδεικνύονται και το πλήθος των θεωρημάτων των οποίων η απόδειξη είναι εντός διδακτέας ύλης φαίνονται στον Πίνακα 1.

Από το σύνολο των θεωρημάτων που είναι εντός διδακτέας ύλης, το 36,7% αποδεικνύονται εντός του σχολικού βιβλίου, ενώ το 63,3% δεν αποδεικνύονται. Κάποιες αποδείξεις είναι εκτός διδακτέας ύλης, εντούτοις υπάρχουν στο σχολικό βιβλίο. Κάποιες

από τις αποδείξεις που υπάρχουν στο σχολικό βιβλίο φέρουν τον τίτλο ‘Απόδειξη’ ή συνοδεύονται από κάποιο σχόλιο που δηλώνει ρητά ότι υλοποιήθηκε απόδειξη (π.χ. «Αποδείξαμε λοιπόν ότι»). Οι αποδείξεις αυτές κατηγοριοποιήθηκαν ως ρητές αποδείξεις και αφορούν το 57,5% των αποδεικνύομενων θεωρημάτων, αλλά [αφορούν] μόλις το 21,1% των διδασκόμενων θεωρημάτων. Το ένα τρίτο (32%) των θεωρημάτων που διδάσκονται και εννέα στα δέκα των θεωρημάτων (87,2%) που αποδεικνύονται περιλαμβάνουν απόδειξη η οποία προτείνεται να διδαχθεί. Επομένως, το σχολικό βιβλίο δε θεωρεί προϋπόθεση της διδασκαλίας ενός θεωρήματος τη διδασκαλία της απόδειξης του, ενώ το γεγονός ότι μόνο το 57,5% των αποδείξεων που περιλαμβάνει το βιβλίο ονομάζονται ρητά ως τέτοιες υποδηλώνει ότι η απόδειξη έχει δευτερεύουσα σημασία σε σχέση με το θεώρημα. Τα ευρήματα αυτά αναδεικνύουν ότι δίνεται βαρύτητα στη γνωστοποίηση σημαντικών μαθηματικών θεωρημάτων έναντι της πραγμάτευσης του πώς τα θεώρημα αυτά προέκυψαν, γιατί ισχύουν ή ποια είναι η θέση τους στο μαθηματικό οικοδόμημα. Επίσης, η μη ρητή παρουσίαση αρκετών αποδείξεων ενέχει τον κίνδυνο της μη αναγνώρισής τους ως τέτοιων από τους μαθητές και τις μαθήτριες.

Πίνακας 1: Οι αποδείξεις των θεωρημάτων.

	ΠΛΗΘΟΣ	%
Σύνολο θεωρημάτων	128	100
Δεν αποδεικνύονται	81	63,3
Αποδεικνύονται	47	36,7
Διδάσκονται οι αποδείξεις	41	32,0/87,2 ^α
Δηλώνεται ρητά ότι αποδεικνύονται	27	21,1/57,5 ^α

^α: επί του συνόλου των θεωρημάτων/επί του πλήθους των θεωρημάτων που αποδεικνύονται

Κατόπιν, εξετάσαμε το είδος των αποδείξεων που παρατίθενται (βλ. Πίνακα 2). Παρατηρούμε ότι ο βασικός τύπος απόδειξης που παρατίθεται στη θεωρία είναι η βασική ευθεία απόδειξη, ενώ ακολουθεί η απόδειξη με ανάλυση. Σημειώνουμε ότι οι αποδείξεις με τη μέθοδο του αντιπαραδείγματος δεν κατονομάζονται ποτέ ως αποδείξεις. Συνεπώς, οι αποδείξεις που παρουσιάζονται στους μαθητές είναι φτωχές ως προς την ποικιλία και αναντίστοιχες προς την πολυδιάστατη μαθηματική πρακτική η οποία περιλαμβάνει όπως ήδη αναφέραμε την απόδειξη τόσο ως προϊόν όσο και ως διαδικασία, καθώς και την πολλαπλότητα των λειτουργιών της (επικοινωνία, επαλήθευση κ.ά.).

Πίνακας 2: Κατηγοριοποίηση των αποδείξεων.

	ΠΛΗΘΟΣ	%
Σύνολο	47	100
Βασική ευθεία απόδειξη	34	72,3
Απόδειξη με ανάλυση	7	14,9
Αντιπαράδειγμα	2	4,3
Εις άτοπο απαγωγή	2	4,3
Συνδυασμός μεθόδων	2	4,3

Στη συνέχεια, εξετάσαμε τι εμφανίζεται στο σχολικό βιβλίο ως πρόδρομος της απόδειξης (Πίνακας 3). Στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων δεν υπάρχει κάποιος πρόδρομος της απόδειξης. Συγκεκριμένα, η μορφή παρουσίασης που υιοθετεί το βιβλίο είναι είτε παράθεση του θεωρήματος και στη συνέχεια παράθεση της απόδειξης είτε αντίστροφα. Τα ευρήματα αυτά μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η απόδειξη εννοιοποιείται στο σχολικό βιβλίο ως προϊόν και όχι ως διαδικασία. Και σε αυτή την περίπτωση, η διαδικασία στην οποία υποβάλλονται οι μαθητές και οι μαθήτριες είναι αναντίστοιχη της μαθηματικής πρακτικής.

Πίνακας 3: Πρόδρομοι της απόδειξης.

	ΠΛΗΘΟΣ	%
Σύνολο	47	100
Παράδειγμα	2	4,3
Τίποτα	45	95,7

Τέλος, εξετάσαμε τα θεωρήματα τα οποία δεν αποδεικνύονται και εντοπίσαμε τα υποστηρικτικά επιχειρήματα που παρέχει το βιβλίο για την ισχύ τους, στην περίπτωση που αυτά υπάρχουν. Αναζητήσαμε αποκλειστικά «υλικά» δεδομένα για την ισχύ ενός θεωρήματος, αγνοώντας σχόλια, που μπορεί να επιτελούν τον προαναφερθέν ρόλο. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, δεν παρέχεται κανενός τέτοιου είδους τεκμήριο, ενώ όταν αυτό υπάρχει είναι παράδειγμα.

Πίνακας 4: Υποστηρικτικά επιχειρήματα.

	ΠΛΗΘΟΣ	%
Σύνολο	81	100
Παράδειγμα	17	21
Παράδειγμα και σχήμα	2	2,5
Τίποτα	62	76,5

Συνοψίζοντας, υποστηρίζεται ότι το βιβλίο δίνει μεγαλύτερη βαρύτητα στην καθιέρωση ως αληθή κάποιων θεωρημάτων, παρά στην ανάδειξη της διαδικασίας με την οποία αυτά αποδείχθηκαν ή στην παράθεση της απόδειξης τους. Πιο συγκεκριμένα, οι διαδικασίες που προηγούνται της απόδειξης -διαδικασίες, που αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της αποδεικτικής διαδικασίας- αποκρύπτονται πλήρως και η απόδειξη εμφανίζεται μόνο ως προϊόν. Ακόμα όμως και στις περιπτώσεις που παρατίθενται αποδείξεις, αυτές είναι δύο κυρίως τύπων, η βασική ευθεία απόδειξη και η απόδειξη με ανάλυση, σκιαγραφώντας μια αποδεικτική πραγματικότητα σαφώς αναντίστοιχη του πλούτου της μαθηματικής πρακτικής.

Σχόλια

Από την καταγραφή των σχολίων και την ανάλυση λόγου που πραγματοποιήθηκε σε καθένα ξεχωριστά προέκυψαν κάποια επαναλαμβανόμενα μοτίβα. Καταγράφηκαν πέντε κατηγορίες σχολίων και μια κατηγορία έλλειψης σχολίων (βλ. Πίνακα 5).

Κανένα σχόλιο. Η απουσία σχολίου δεν μπορεί αφ εαυτής να θεωρηθεί λόγος. Στις περιπτώσεις αυτές, λοιπόν, ο υπό ανάλυση λόγος είναι το θεώρημα και η απόδειξη του (εφόσον υπάρχει), σε σχέση με το γεγονός ότι δεν συνοδεύονται από σχόλια. Το κείμενο του βιβλίου αναφέρεται αποκλειστικά στο θεώρημα και (εφόσον υπάρχει) την απόδειξη του, ως προϊόντα. Δεν υπάρχει δηλαδή καμία αναφορά στις διαδικασίες που απαιτήθηκαν, ώστε αυτά να καθιερωθούν ως αποτελέσματα εντός της μαθηματικής κοινότητας. Το ύφος του βιβλίου είναι απρόσωπο, χωρίς να απευθύνεται στις εμπειρίες ή στις προηγούμενες γνώσεις των μαθητών/μαθητριών και χωρίς να τους/τις εμπλέκει με οποιονδήποτε τρόπο. Στις περιπτώσεις αυτές, η ζητούμενη αλήθεια του θεωρήματος καθιερώνεται κυρίως από το γεγονός ότι αυτό αναφέρεται εντός του σχολικού βιβλίου. Αυτό συμβαίνει ακόμα και στις περιπτώσεις που το θεώρημα συνοδεύεται από απόδειξη (19,1% των αποδεδειγμένων στο βιβλίο θεωρημάτων), δεδομένου ότι συχνά οι μαθητές και οι μαθήτριες δεν έχουν ξεκαθαρίσει την επαληθευτική λειτουργία αυτής. Με βάση τα παραπάνω, το βιβλίο αναπαράγει την αντίληψη πως ό,τι παρουσιάζεται στο πλαίσιο του είναι ορθό, καθιστώντας τον εαυτό του κάτοχο μιας αλήθειας που δεν έχει κοινωνικές, πολιτισμικές ή ιστορικές διαστάσεις. Σε ό,τι αφορά το ζήτημα της απόδειξης, στις περιπτώσεις που η απόδειξη δεν συμπεριλαμβάνεται στο σχολικό βιβλίο, η ανυπαρξία σχολίων (σε 9,9% των περιπτώσεων) δύναται να δημιουργήσει την αντίληψη ότι η απόδειξη δεν είναι απαραίτητη για την επαλήθευση του εν λόγω θεωρήματος. Η ορθότητα του θεωρήματος πηγάζει είτε από αυθεντίες, είτε από την προφάνειά του. Οι μαθητές και οι μαθήτριες καλούνται να χρησιμοποιήσουν το θεώρημα, καθώς αυτό υπάρχει στο σχολικό βιβλίο. *Η επερώτηση της ισχύος του δεν είναι ενέργεια που εντάσσεται στο επιδιωκόμενο πράττειν.*

Σχόλια που υποδεικνύουν την γνώση του θεωρήματος από το Γυμνάσιο. Για παράδειγμα: «Ισχύουν οι ακόλουθες ιδιότητες που είναι γνωστές από το Γυμνάσιο» (σελ. 45). Τα συγκεκριμένα σχόλια συναντώνται στο Κεφάλαιο 2, όπου συνοδεύουν το 21% των θεωρημάτων που δεν αποδεικνύονται. Αναφέρονται στο θεώρημα και στο ότι η αλήθεια του έχει πιστοποιηθεί ήδη στο πλαίσιο προηγούμενων μαθηματικών εμπειριών

των μαθητών/μαθητριών. Ωστόσο, δεν αναφέρονται στον τρόπο που αυτό έχει συμβεί και στο αν έχει διδαχθεί η απόδειξη. Οι μαθητές/μαθήτριες εμπλέκονται μέσω των εμπειριών και των γνώσεων τους, με τρόπο που τους/τις καλεί να θυμηθούν όσα ήδη γνωρίζουν. Σε αυτό το πλαίσιο, κατασκευάζεται η αντίληψη ότι τα εν λόγω αποτελέσματα είναι αληθή, διότι οι μαθητές/μαθήτριες τα έχουν ήδη διδαχθεί, ανεξάρτητα από το αν υπάρχουν επιπλέον επιχειρήματα για την ισχύ του θεωρήματος (είτε παραδείγματα, είτε μη ρητή απόδειξη). Έτσι, επιδιωκόμενη ενέργεια από πλευράς μαθητών/μαθητριών είναι να θυμηθούν τα θεωρήματα και να τα χρησιμοποιούν και όχι να αναζητούν τους λόγους που τα καθιστούν αληθή.

Σχόλια που κάνουν ρητή την απουσία μιας απόδειξης ή τους περιορισμούς της απόδειξης που παρατίθεται. Τέτοια είναι για παράδειγμα: «Οι κανόνες αυτοί θα αποδειχθούν στην περίπτωση που τα απλά ενδεχόμενα είναι ισοπίθανα. Αποδεικνύεται όμως ότι ισχύουν και στην περίπτωση που τα απλά ενδεχόμενα δεν είναι ισοπίθανα» (σελ. 32) ή «Αποδεικνύεται ότι...» (σελ. 72). Τα σχόλια αυτά (αφορούν το 8,5% των θεωρημάτων που αποδεικνύονται και 8,6% αυτών που δεν αποδεικνύονται) αναφέρονται σε θεωρήματα των οποίων οι αποδείξεις θεωρούνται δύσκολες (νόμος μεγάλων αριθμών, κανόνες λογισμού πιθανοτήτων, ιδιότητες δυνάμεων με ρητό εκθέτη). Αναφορά γίνεται στο θεώρημα, στην απόδειξη που πιθανώς παρατίθεται και στον κόσμο της μαθηματικής πρακτικής. Τα υποκείμενα που εμπλέκονται στο λόγο είναι οι μαθηματικοί που έχουν αποδείξει τα υπό μελέτη θεωρήματα. Οι μαθητές/μαθήτριες είτε δεν εμπλέκονται καθόλου, είτε εμπλέκονται σε μια υποπερίπτωση του υπό πραγμάτευση ζητήματος. Σε αυτό το πλαίσιο, διαμορφώνεται ως έννοια η ύπαρξη ενός κόσμου μαθηματικών ερευνητών που διαφέρει από το μαθηματικό κόσμο που διδάσκεται στο σχολείο. Στον κόσμο των μαθηματικών ερευνητών παράγονται μαθηματικά αποτελέσματα που είναι ορθά, αλλά δεν αφορούν όλους και όλες, καθώς είναι δύσκολο να γίνουν κατανοητά από όλους και όλες. Οι μαθητές/μαθήτριες μπορούν να χρησιμοποιούν τα αποτελέσματα της μαθηματικής κοινότητας (εφόσον παρατίθενται στο βιβλίο), χωρίς να τίθεται ζήτημα αμφισβήτησης της ισχύος τους. Μια τέτοια διαδικασία αμφισβήτησης θα ήταν *α-νόητη* και σε κάθε περίπτωση δεν αφορά τους/τις μαθητές/μαθήτριες: ζητούμενο είναι οι εφαρμογές των αποτελεσμάτων.

Σχόλια που υποδεικνύουν ότι ένα θεώρημα προκύπτει κατά προφανή τρόπο ή υποδεικνύουν από πού προκύπτει. Για παράδειγμα, «Είναι εύκολο να δούμε» (σελ. 23) ή «Προκύπτει άμεσα ότι» (σελ. 31). Τα σχόλια αυτά συναντώνται στο 8,1% των θεωρημάτων που αποδεικνύονται και στο 32,1% των θεωρημάτων που δεν αποδεικνύονται. Παρότι η κατηγορία αυτή σχετίζεται άμεσα με την απόδειξη, δεν χρησιμοποιείται ο όρος απόδειξη ή κάποιο παράγωγο του, για να την περιγράψει. Σε αυτές τις περιπτώσεις, τα σχόλια αναφέρονται στο υπό μελέτη θεώρημα και, ανάλογα με την περίπτωση, στο θεώρημα από το οποίο αυτό προκύπτει. Οι τρόποι εκφοράς διακρίνονται σε: *τρίτο ενικό πρόσωπο* και *πρώτο πληθυντικό πρόσωπο*. Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιείται το 'τρίτο ενικό πρόσωπο' (π.χ. "Προκύπτει") το πλαίσιο εκφοράς είναι ασαφές και περιλαμβάνει με έμμεσο τρόπο την κοινωνία και τους ανθρώπους. Επίσης, δεν εντάσσεται στο λόγο το υποκείμενο μαθητής/μαθήτρια. Όταν χρησιμοποιείται 'πρώτο

πληθυντικό πρόσωπο' (π.χ. "Μπορούμε να δούμε"), οι μαθητές/μαθήτριες και ο/η εκπαιδευτικός εντάσσονται στο λόγο. Όσον αφορά στον άξονα των εννοιών, κατασκευάζεται μια κοινή λογική, στο πλαίσιο της οποίας ορίζεται, με ενιαίο τρόπο, το εύκολο και το δύσκολο. Επίσης, κατασκευάζεται μια έννοια για το μαθηματικό οικοδόμημα, χωρίς όμως να τονίζεται ο ρόλος της απόδειξης για την κατασκευή του. Οι μαθητές/μαθήτριες διαμορφώνουν ταυτότητες διαμέσου κάποιας εξωγενούς 'αλήθειας'. Παρότι συμπεριλαμβάνονται στο λόγο μέσω του πρώτου πληθυντικού προσώπου (στις περιπτώσεις που αυτό υπάρχει), εάν δεν μπορούν να αντιληφθούν την προφάνεια του λόγου αποκλείονται από τη μαθηματική πρακτική.

Σχόλια επιτελεστικά της ισχύος του θεωρήματος. Για παράδειγμα: «Ισχύει...» (σελ. 63) ή «Επομένως, θα είναι...» (σελ. 161). Σημειώνουμε ότι το σχολικό βιβλίο δεν αναφέρει τις λέξεις *θεώρημα* ή *πόρισμα*. Η πιστοποίηση των θεωρημάτων ως τέτοιων επιτελείται μόνο μέσω των εν λόγω σχολίων και της εικαστικής πλαισίωσης των προτάσεων αυτών μέσα στο κείμενο. (π.χ. *μπλε πλαίσιο* ή *έντονη γραμματοσειρά*) Τα σχόλια αυτής της κατηγορίας αναφέρονται αποκλειστικά στο υπό μελέτη *θεώρημα*. Οι μαθητές/μαθήτριες, οι εκπαιδευτικοί και οι συγγραφείς του βιβλίου δεν εμπλέκονται στο λόγο. Μέσω αυτών των σχολίων καθιερώνεται η ισχύς των θεωρημάτων, ενώ οι μαθητές/μαθήτριες αναμένεται να δεχτούν την αλήθεια του θεωρήματος και να είναι σε θέση να το χρησιμοποιήσουν. Η ύπαρξη σχολίων αυτής της κατηγορίας συναντάται στο 31,9% των θεωρημάτων που αποδεικνύονται στο σχολικό βιβλίο και στο 28,4% των θεωρημάτων που δεν αποδεικνύονται.

Σχόλια επιτελεστικά της αποδεικτικής διαδικασίας. Για παράδειγμα: «Θα δείξουμε ότι» (σελ. 154) και «Αποδείξαμε λοιπόν ότι» (σελ. 134). Σε αυτή την κατηγορία σχολίων (αφορά το 34% των θεωρημάτων που αποδεικνύονται) γίνεται αναφορά στο υπό μελέτη *θεώρημα* και στην *απόδειξη* του. Οι μαθητές/μαθήτριες εμπλέκονται στο λόγο μέσω του *α* πληθυντικού, χωρίς όμως να εμπλέκονται σε αυτό στο οποίο ο λόγος αναφέρεται, καθώς δεν έχουν οι ίδιοι/ίδιες να αποδείξουν κάτι. Μέσω αυτών των σχολίων εννοιοποιείται το τι είδους συλλογισμοί συνιστούν *αποδείξεις*, καθώς επίσης ότι οι μαθητές/μαθήτριες είναι *ικανοί/ικανές* να τις παράγουν. Οι μαθητές/μαθήτριες λοιπόν επιδιώκεται να είναι σε θέση να παράγουν αντίστοιχου τύπου *αποδείξεις*. Οι πιθανές δυσκολίες που θα αντιμετωπίσουν σε κάτι τέτοιο συντελούν στην οικοδόμηση μιας ταυτότητας που τους θέτει εκτός της αποδεικτικής διαδικασίας.

Επισημαίνεται ότι δεν υπήρχαν σχόλια ως προς την αποδεικτική διαδικασία ή ως προς τη μεθοδολογία των αποδείξεων, ενώ δεν αιτιολογείται το γεγονός ότι κάποια *θεωρήματα* δεν αποδεικνύονται.

Πίνακας 5: Σχόλια.

ΣΧΟΛΙΑ	ΑΠΟΔΕΙΞΗ		ΣΥΝΟΛΟ (%)
	Όχι (%)	Ναι (%)	
Σύνολο	81 (100) ^α	47 (100) ^β	128 (100) ^γ
Κανένα σχόλιο	8 (9,9)	9 (19,1)	17 (13,3)
Γνώση από το Γυμνάσιο	17 (21)	0 (0)	17 (13,3)
Ρητά η απουσία ή οι περιορισμοί	7 (8,6)	4 (8,5)	11 (8,6)
Προφανή ή υπόδειξη	26 (32,1)	3 (8,1)	29 (22,7)
Επιτελεστικά της ισχύος	23 (28,4)	15 (31,9)	38 (30,0)
Επιτελεστικά της αποδεικτικής διαδικασίας	0 (0)	16 (34,0)	16 (12,5)

^α: Συχνότητα (Ποσοστά επί του συνόλου των θεωρημάτων που αποδεικνύονται).

^β: Συχνότητα (Ποσοστά επί του συνόλου των θεωρημάτων που δεν αποδεικνύονται).

^γ: Συχνότητα (Ποσοστά επί του συνόλου των θεωρημάτων).

Συνοψίζοντας, τα σχόλια του σχολικού βιβλίου δεν σχετίζονται με την αποδεικτική διαδικασία, παρά περιορίζονται στην ισχύ των θεωρημάτων και στην απόδειξη τους. Η αλήθεια του θεωρήματος πηγάζει κυρίως από το γεγονός ότι αυτό βρίσκεται στο σχολικό βιβλίο και δευτερευόντως από την ύπαρξη της απόδειξης του σε αυτό. Η απόδειξη για τους μαθητές/μαθήτριες τόσο ως γενεσιουργός κατασκευή, όσο και ως εκτέλεση μιας διαδικασίας αγνοείται. Ο λόγος αυτός επηρεάζει το πράττειν των μαθητών/μαθητριών είτε αποκλείοντας ('διαιρετική πρακτική'), είτε καθιερώνοντας την αντίληψη ότι το υποκείμενο που κάνει μαθηματικά δεν εμπλέκεται απαραίτητα στη διαδικασία που μια μαθηματική αλήθεια γίνεται αποδεκτή. Η σημασία των σχολίων είναι επομένως κρίσιμη διότι συντελούν στη διαμόρφωση των ταυτοτήτων των μαθητών/μαθητριών σε σχέση με την απόδειξη και τα μαθηματικά.

Ασκήσεις

Στον Πίνακα 6 καταγράφεται η συχνότητα των αποδεικτικών ασκήσεων που προτείνεται να διδαχθούν από το αναλυτικό πρόγραμμα, ενώ στον Πίνακα 7 καταγράφεται το είδος της απόδειξης που ζητείται στο σύνολο των ερωτημάτων των ασκήσεων.

Πίνακας 6: Πλήθος αποδεικτικών ασκήσεων.

	Α΄ ΟΜΑΔΑ (%)	Β΄ ΟΜΑΔΑ (%)	ΣΥΝΟΛΟ
Σύνολο	453 (100)	189 (100)	642 (100)
Αποδεικτικές Ασκήσεις	32 (7,1)	39 (20,6)	71 (11,1)
Μη αποδεικτικές Ασκήσεις	421 (92,9)	150 (79,4)	571 (88,9)

Πίνακας 7: Κατηγοριοποίηση των αποδείξεων στις ασκήσεις (ερωτήματα).

	ΠΛΗΘΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΩΝ	(%)
Σύνολο	71	100
Βασική ευθεία απόδειξη	53	74,6
Απόδειξη με ανάλυση	15	21,1
Εις άτοπο απαγωγή	2	2,8
Εύρεση λάθους σε δοσμένη απόδειξη	1	1,4

Παρατηρούμε ότι οι αποδεικτικές ασκήσεις αποτελούν μόλις το 11,1% του συνόλου των ασκήσεων, γεγονός που καθιστά την κατασκευή αποδείξεων δευτερεύουσα συνιστώσα της μαθηματικής πρακτικής των μαθητών/μαθητριών. Επιπροσθέτως, γίνεται φανερό ότι τα αποδεικτικά ερωτήματα συναντώνται με πολύ μεγαλύτερη συχνότητα στη Β΄ Ομάδα ($p < 0,001$ · ακριβής έλεγχος Fischer). Δεδομένου ότι η Β΄ Ομάδα φέρεται να περιλαμβάνει πιο δύσκολες ασκήσεις από την Α΄, η απόδειξη εννοιοποιείται ως δύσκολη εντός του σχολικού βιβλίου και ως μια διαδικασία που δεν αφορά όλους τους μαθητές και όλες τις μαθήτριες. Επιπροσθέτως, οι αποδεικτικές μέθοδοι είναι περιορισμένες ποικιλίας και αναντίστοιχες του πλούτου της μαθηματικής πρακτικής (π.χ. δε ζητείται απόδειξη με αντιπαράδειγμα). Συνεπώς, ελλοχεύει ο κίνδυνος οι μαθητές/μαθήτριες να ταυτίσουν την απόδειξη με τη βασική ευθεία απόδειξη.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ

Από την ανάλυση του βιβλίου προέκυψε ότι πέραν της παράθεσης αποδείξεων και αποδεικτικών ασκήσεων, η βαρύτητα σχετικά με την αποδεικτική διαδικασία δίνεται μόνο στον τρόπο παρουσίασης μιας απόδειξης. Πιο συγκεκριμένα, στο βιβλίο δε ζητείται αναγνώριση μοτίβου, κατασκευή ή έλεγχος εικασιών· πράξεις που σχετίζονται με την κατασκευή των αποδείξεων και ως τέτοιες αποτελούν βασικά συστατικά της αποδεικτικής διαδικασίας (Davis, 2013). Δε δίνεται λοιπόν βαρύτητα στο πώς ένα άτομο επιχειρήματα που περιέχει τους λόγους που ισχύει ένα θεώρημα μπορεί να μετατραπεί σε απόδειξη· δε δίνεται σημασία στο πώς θα φτάσει ο μαθητής να κατασκευάσει μια απόδειξη, αλλά στο ποιες προδιαγραφές πρέπει να πληροί αυτό που θα κατασκευάσει.

Επιπροσθέτως, το είδος των αποδείξεων που παρουσιάζονται και ζητούνται από τους/τις μαθητές/μαθήτριες είναι μικρής ποικιλίας, με έμφαση στη βασική ευθεία απόδειξη και δευτερευόντως στην απόδειξη με ανάλυση. Εάν υποθέσουμε ότι οι μαθητές και οι μαθήτριες διαβάζουν τη θεωρία και κάνουν τις ασκήσεις, το είδος των μαθηματικών

εμπειριών είναι τόσο φτωχό μεθοδολογικά, ώστε να είναι σαφώς αναντίστοιχο της μαθηματικής πρακτικής. Πρόκειται για μία τάση που εμφανίζεται να είναι κυρίαρχη στα αναλυτικά προγράμματα διάφορων χωρών (Hanna & de Bruyn, 1999· Nordström & Löfwall, 2005).

Δεδομένων των μεγάλων διαφορών στη συχνότητα των αποδεικτικών ασκήσεων μεταξύ Α' και Β' Ομάδας, τίθενται ερωτήματα σχετικά με το πόσοι/πόσες και ποιου/ποιες μαθητές/μαθήτριες τελικά ασχολούνται με τις αποδεικτικές ασκήσεις. Οι ασκήσεις της Β' Ομάδας θεωρούνται πιο δύσκολες και ως εκ τούτου κρίνουμε ότι αφορούν λιγότερους/λιγότερες μαθητές/μαθήτριες και μάλιστα τους/τις 'πετυχημένους'/'πετυχημένες' μαθητές/μαθήτριες. Υπονοώντας και αναπαράγοντας ότι οι αποδείξεις είναι δύσκολες, το βιβλίο στερεί από τους «μη πετυχημένους» στα μαθηματικά την εμπειρία της μαθηματικής απόδειξης και επιβεβαιώνει μια ιεραρχία μεταξύ των μαθητών/μαθητριών, κατάσταση που αναγνωρίζεται από τους ερευνητές σε διάφορα εκπαιδευτικά συστήματα (Davis, 2013· Nordström & Löfwall, 2005).

Η πραγμάτευση της απόδειξης αποκλειστικά σε συντακτικό επίπεδο δίνει τη δυνατότητα απόφασης βάσει μόνο αυτής τη διάστασης σχετικά με το τι στοιχειοθετεί ένα συλλογισμό ως απόδειξη. Τα πορίσματα του βιβλίου (χωρίς να καταδεικνύονται ως τέτοια) προκύπτουν κατά 'προφανή' τρόπο από προηγούμενα θεωρήματα και δεν 'αποδεικνύονται' κατά προφανή τρόπο, γεγονός που γεννά το ερώτημα κατά πόσο μία απόδειξη που περιέχει ένα μόνο επιχείρημα ή μία απόδειξη μιας προφανούς πρότασης, συνιστά για τους/τις μαθητές/μαθήτριες απόδειξη. Η πιθανή μη αναγνώριση αποδείξεων ως τέτοιων, μπορεί να οδηγήσει σε σύγχυση σχετικά με το ποιες προτάσεις είναι αποδείξιμες.

Οι σχέσεις μαθητών/μαθητριών με το σχολικό βιβλίο, ειδικά ως σχέσεις εξουσίας κατά τη Φουκωική προσέγγιση, δεν είναι ευμετάβλητες λόγω του ότι η αμφισβήτηση του λόγου του βιβλίου είναι διαδικασία που βρίσκεται εκτός του μαθησιακού συμβολαίου. Μη όντας επιτρεπτή στα υποκείμενα η στρατηγική τροποποίηση των εν λόγω σχέσεων, αυτές παγιώνονται και αποκτούν μια εξαναγκαστική δυναμική, κατάσταση που κατά τον Foucault συνιστά κατάσταση κυριαρχίας (Πεχτελίδης, 2011).

Έχει λοιπόν σημασία να αναλογιστούμε τον τρόπο που το βιβλίο εννοιοποιεί την απόδειξη για έναν ακόμη λόγο, πέρα από το ότι η εννοιοποίηση αυτή επηρεάζει το είδος και το επίπεδο των μαθηματικών που θα διδαχθούν οι μαθητές/μαθήτριες. Διαμέσου αυτής της εννοιοποίησης, οι μαθητές διαμορφώνουν ταυτότητες που σχετίζονται με τη σχέση τους με την απόδειξη και τα μαθηματικά.

Ο λόγος που χρησιμοποιεί το βιβλίο αναπαράγει ότι η απόδειξη δεν αφορά όλους τους μαθητές/μαθήτριες, καθώς 'δεν μπορούν όλοι οι μαθητές/μαθήτριες να τα καταφέρουν'. Αναπαράγοντας μια εκδοχή της ιδεολογίας του χαρίσματος, αποκλείει μαθητές/μαθήτριες από την αποδεικτική και ενδεχόμενα από τη μαθηματική διαδικασία. Όπως σημειώνουν οι Otten κ.α. (2011, σελ. 354):

Ναι, είναι σημαντικό να καθιερώσουμε τα σημαντικά αποτελέσματα σε ένα συλλογικό χώρο, αλλά είναι επίσης σημαντικό να αναλογιστούμε το πώς η

διαδικασία της καθιέρωσης των αποτελεσμάτων μπορεί να επηρεάσει τις αντιλήψεις των μαθητών/μαθητριών σχετικά με το ποιος έχει τη δυνατότητα να παράγει μαθηματική γνώση.

Αξιοσημείωτο είναι ότι αυτός ο διαχωρισμός δε γίνεται στη βάση της ίδιας της μαθηματικής πρακτικής. Οι μαθητές/μαθήτριες που επιτυγχάνουν στο να αναπαράγουν τις αποδείξεις των θεωρημάτων που έχουν διδαχθεί ή στο να παράγουν βασικές ευθείες αποδείξεις, είναι καλοί/καλές σε κάτι που είναι χρήσιμο μόνο στο σχολικό πλαίσιο.

Ο λόγος λοιπόν που αναπτύσσεται στο συμβολικό/κανονιστικό πλαίσιο εννοιοποιεί την απόδειξη με τρόπο διαφορετικό από αυτόν που η απόδειξη εννοιοποιείται στη μαθηματική πρακτική. Επιπροσθέτως, τα υποκείμενα επιδιώκεται να ενταχθούν σε συγκεκριμένες μόνο διαστάσεις της αποδεικτικής πρακτικής, με τρόπο μάλιστα που δεν είναι ενιαίος για όλους τους μαθητές και όλες τις μαθήτριες. Η εν λόγω διαιρετική πρακτική είναι ιδιαίτερα βαρύνουσας σημασίας, διότι συν-διαμορφώνει τα όρια τόσο των πραγματιστικών αναπαραστάσεων όσο και των επιθυμητών/ προτιθέμενων δράσεων εντός της σχολικής μονάδας.

Στην εργασία αυτή ασχοληθήκαμε με τον τρόπο που εννοιοποιείται η απόδειξη στο σχολικό βιβλίο της Άλγεβρας της Α΄ Λυκείου. Προσπαθήσαμε να δούμε πόσες και τι τύπου ευκαιρίες εμπλοκής στην αποδεικτική διαδικασία δίνονται στους μαθητές, καθώς επίσης επικεντρωθήκαμε στην παρουσίαση ζητημάτων που αφορούν το τι είναι απόδειξη, τι αποδείξιμο και γιατί κάνουμε αποδείξεις. Για το σκοπό αυτό συνθέσαμε οπτικές συστημικής θεωρίας και θεωρίας λόγου με στόχο την εγκυρότερη ανάδειξη των πολύπλοκων όψεων της απόδειξης όπως αυτή επικοινωνείται στο σχολικό βιβλίο. Αναλύσαμε τα θεωρήματα που παραθέτει το βιβλίο και τον τρόπο επιχειρηματολογίας υπέρ της ισχύος τους, λαμβάνοντας υπόψη τα σχόλια που συνοδεύουν τα θεωρήματα, καθώς επίσης τις αποδεικτικές ασκήσεις που προτείνονται στους μαθητές. Συμπεράναμε ότι οι ευκαιρίες για εμπλοκή στην αποδεικτική διαδικασία είναι περιορισμένες, καθώς έμφαση δίνεται στον τρόπο σύνταξης μιας απόδειξης και μάλιστα σε πολύ συγκεκριμένες μορφές αυτής. Επίσης εντοπίσαμε ότι οι «πετυχημένοι» στα μαθηματικά μαθητές έχουν περισσότερες ευκαιρίες εκπόνησης αποδεικτικών θεμάτων, γεγονός που κρίνουμε ότι αναπαράγει την ιεραρχία μεταξύ των μαθητών με βάση τις επιδόσεις τους στα μαθηματικά. Τέλος, το βιβλίο είναι δυνατό να παράγει σύγχυση όσον αφορά στο τι στοιχειοθετεί ένα συλλογισμό ως απόδειξη, στο ποια είναι η χρησιμότητα της απόδειξης, καθώς και στο τι τελικά είναι αποδείξιμο και από ποιον.

Συμπερασματικά, υποστηρίζεται ότι η επιλεχθείσα ερευνητική/μεθοδολογική οπτική βοήθησε αφενός στην κατανόηση των τρόπων που ο λόγος του σχολικού βιβλίου συμβάλλει στην κατασκευή της απόδειξης ως αντικειμένου εντός των σχολικών τάξεων και αφετέρου στη σκιαγράφηση των τρόπων που, διαμέσου αυτού του λόγου για την απόδειξη, διαμορφώνουν ταυτότητες οι μαθητές/μαθήτριες. Το σχολικό βιβλίο αποτελεί ηγεμονικό λόγο εντός του συμβολικού/ κανονιστικού πλαισίου της τάξης των μαθηματικών και, ως τέτοιο, αναμένεται να επικοινωνεί την τριαδική κατασκευή του συστήματος της μαθηματικής επιστήμης (συμβολικό/κανονιστικό πλαίσιο, πραγματιστικές αναπαραστάσεις, επιθυμητές/προτιθέμενες δράσεις). Ωστόσο, η παρούσα

ερευνητική μελέτη ανέδειξε ότι ο λόγος του βιβλίου δε συνάδει με τη βιούμενη από τη μαθηματική κοινότητα αποδεικτική πραγματικότητα. Το συμπέρασμα αυτό έχει ιδιαίτερη αξία δεδομένου ότι το βιβλίο δύναται –μέσω των διαιρετικών πρακτικών και των υποκειμενοποιήσεων που, συνειδητά ή ασυνειδητά, επιδιώκει– να επηρεάζει με καθοριστικό τρόπο τόσο τις πραγματιστικές αναπαραστάσεις, όσο και τις επιθυμητές/προτιθέμενες δράσεις της σχολικής μονάδας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ανδρεαδάκης, Σ., Κατσαργύρης, Β., Παπασταυρίδης, Σ., Πολύζος, Γ., Σβέρκος, Α., Αδαμόπουλος, Λ., Δαμιανού, Χ. (2014). *Άλγεβρα και στοιχεία πιθανοτήτων Α΄ Γενικού Λυκείου*. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων “Διόφαντος”.
- Davis, J. (2013). Examining reasoning-and-proving in the treatment of complex numbers in Irish secondary mathematics textbooks. *Irish mathematical society bulletin*, 71, 41-57.
- Davis, J., Smith, O., Roy, A., & Bilgic, Y. (2014). Reasoning-and-proving in algebra: the case of two reform-oriented U.S. textbooks. *International journal of educational research*, 64, 92-106.
- de Villiers, M. (1990). The role and function of proof in mathematics. *Pythagoras*, 24, 17-24.
- Δοξιάδης, Κ. (2008). *Ανάλυση λόγου: Κοινωνικο-φιλοσοφική θεμελίωση*. Αθήνα: Πλέθρον.
- Foucault, M. (1987). *Η αρχαιολογία της γνώσης*. Αθήνα: Εξάντας.
- Foucault, M. (1991). *Η μικροφυσική της εξουσίας*. Αθήνα: Ύψιλον.
- Hanna, G. (2000). A critical examination of three factors in the decline of proof. *Interchange*, 31(1), 21-33.
- Hanna, G., & De Bruyn, Y. (1999). Opportunity to learn proof in Ontario grade twelve mathematics texts. *Ontario mathematics gazette*, 37(4), 23-29.
- Hersh, R. B. (Επ.) (2006). *18 unconventional essays on the nature of mathematics*. New York: Springer.
- Heinze, A. (2004). The proving process in the mathematics classroom – methods and results of a video study. In M. J. Hoines & A. B. Fuglestad (Eds.), *Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 3, pp. 41-48). Bergen, Norway: PME.
- Μούτσιος-Ρέντζος, Α., & Καλαβάσης, Φ. (2013). Σχολείο, κρίση και συγκριτική τοποθέτηση των μαθημάτων στο σχολικό χωροχρόνο: μια συστημική προσέγγιση ‘εν δυνάμει’ εκπαιδευτικών στελεχών για τα μαθηματικά. Στο Α. Κοντάκος & Φ. Καλαβάσης (Επ.). *Θέματα Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού 5 «Κρίση και Διακυβέρνηση Εκπαιδευτικών Συστημάτων»* (σελ. 167-187). Αθήνα: Διάδραση.
- Moutsios-Rentzos, A., & Simpson, A. (2011). University mathematics students and exam-style proving questions: The A-B-Δ strategy classification scheme. *International*

- journal for mathematics in education*, 3, 45-64.
- Nordström, K., & Löfwall, C. (2005). Proof in Swedish upper secondary school mathematics textbooks - the issue of transparency. In M. Bosch (Ed.), *Proceedings of the 4th congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME4)* (pp. 448-457). Spain: ERME.
- Otten, S., Gilberstone, N., Males, L., & Clark, L. (2011). Reasoning-and-proving in geometry textbooks: what is being proved? In L. R. Wiest & T. Lamberg (Eds.), *Proceedings of the 33rd Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of the Mathematics Education* (pp. 347-355). Reno, Nevada: University of Nevada, Reno
- Πεχτελίδης, Γ. (2011). *Κυριαρχία και αντίσταση: Μεταδομιστικές αναλύσεις της εκπαίδευσης*. Αθήνα: Εκκρεμές.
- Senk, S., Thompson, D., & Johnson, G. (2008, July). *Reasoning and proof in high school textbooks from the U.S.A.* Paper presented in ICME 11 (TSG 18). Ανακτήθηκε Φεβρουάριος 3, 2014, από <http://tsg.icme11.org/tsg/show/19>.
- Stylianides, G., & Silver, E. (2004). The place of reasoning and proof in school mathematics curricula: the case of middle grades. In D. E. McDougal & J. A. Ross (Eds.), *North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 612-620). Toronto: OISE/UT.
- Tall, D. O. (1989). The nature of mathematical proof. *Mathematics teaching*, 127, 28-32.
- Weber, K. (2005). Problem-solving, proving and learning: The relation between problem-solving processes and learning opportunities in the activity of proof construction. *Journal of mathematical behavior*, 24, 351-360.

Ανάλυση ερωτήσεων σχολικών εγχειριδίων Φυσικής Β΄ Γυμνασίου ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές

Λεμονιά Σαπουντζή¹ και Μιχαήλ Σκουμιάς²

¹ Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, lemonia18@yahoo.gr,

² ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, skoumios@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας είναι η ανάλυση των ερωτήσεων δυο σχολικών εγχειριδίων Φυσικής της Β΄ τάξης του Γυμνασίου ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές. Αναλύθηκαν συνολικά 841 ερωτήσεις από δυο σχολικά εγχειρίδια Φυσικής (317 από το σχολικό εγχειρίδιο Φυσικής που διδάσκεται σήμερα στη Β΄ τάξη του Γυμνασίου και 524 από το σχολικό εγχειρίδιο που διδάσκονταν πριν από δώδεκα έτη στην ίδια τάξη). Η ανάλυση των ερωτήσεων ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το πλαίσιο ανάλυσης των Overman, Vermunt, Meijer, Bulte και Brekelmans (2013). Η ανάλυση των δεδομένων επέτρεψε να αποτυπωθεί η κατανομή των ερωτήσεων κάθε σχολικού εγχειριδίου σε κατηγορίες και να μελετηθούν οι διαφοροποιήσεις που παρουσιάζονται στις κατηγορίες των ερωτήσεων των δυο σχολικών εγχειριδίων. Πρόέκυψε ότι και στα δυο σχολικά εγχειρίδια κυριαρχούν ερωτήσεις χαμηλού γνωστικού επιπέδου, ενώ είναι περιορισμένες οι ερωτήσεις υψηλού γνωστικού επιπέδου. Επίσης, δεν εντοπίστηκαν ερωτήσεις που να ενεργοποιούν μεταγνωστικές μαθησιακές δραστηριότητες στους μαθητές. Επιπρόσθετα, διαπιστώθηκε η ύπαρξη συσχετίσεων ανάμεσα στις κατηγορίες των ερωτήσεων στα δύο σχολικά εγχειρίδια.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ανάλυση σχολικών εγχειριδίων, διδασκαλία Φυσικών Επιστημών, ερωτήσεις, μαθησιακές δραστηριότητες

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα σχολικά εγχειρίδια εξακολουθούν, παρά τη ραγδαία ανάπτυξη των νέων τεχνολογιών, να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία (Davis, 2006; Dimopoulos, Koulaïdis & Sklaveniti, 2005; Pizzini, Shepardson & Abell, 1992). Συνιστούν βασικό στοιχείο της παιδαγωγικής πρακτικής και χρησιμοποιούνται ευρύτατα τόσο από τους εκπαιδευτικούς όσο και από τους μαθητές (Ogan-Bekiroglu, 2007; Stake

& Easley, 1978). Συνεπώς, είναι αναγκαία η πραγματοποίηση έρευνας με σκοπό την αξιολόγησή τους και τη βελτίωση της ποιότητάς τους.

Βασικό συστατικό στοιχείο των σχολικών εγχειριδίων συνιστούν οι ερωτήσεις που περιλαμβάνονται σε αυτά. Οι ερωτήσεις κατευθύνουν σε μεγάλο βαθμό την επικέντρωση της προσοχής των μαθητών (Kahveci, 2010; Holliday, 1981). Επηρεάζουν αλλά και καθοδηγούν τους μαθητές στην επιλογή, την κωδικοποίηση και την επεξεργασία των πληροφοριών (Davila & Talanquer, 2010; Wilson & Koran, 1976). Επίσης, μπορούν να συμβάλλουν στην οικοδόμηση νέας γνώσης και την ανάπτυξη δεξιοτήτων από τους μαθητές (Giordan & Vecchi, 1996). Το γνωστικό επίπεδο των ερωτήσεων αποτελεί σημαντικό παράγοντα ο οποίος μπορεί να επηρεάσει τη διαδικασία σύνδεσης των νέων πληροφοριών που αποκτούν οι μαθητές με τις γνώσεις που ήδη διαθέτουν (Davila & Talanquer, 2010). Συνεπώς, οι ερωτήσεις που υπάρχουν στα σχολικά εγχειρίδια, μέσω των μαθησιακών δραστηριοτήτων που ενεργοποιούν στους μαθητές, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Μολονότι έχει αναγνωριστεί ευρέως η σημασία των ερωτήσεων των σχολικών εγχειριδίων στη μαθησιακή διαδικασία, εντούτοις είναι περιορισμένη η έρευνα που εστιάζεται στην ανάλυση των ερωτήσεων των σχολικών εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών (Overman, Vermunt, Meijer, Bulte & Brekelmans, 2013; Davila & Talanquer, 2010; Pizzini, Shepardson & Abell, 1992). Ειδικότερα, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που επικεντρώνεται στην ανάλυση των ερωτήσεων των σχολικών Εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές (Overman, Vermunt, Meijer, Bulte & Brekelmans, 2013). Επιπρόσθετα, δεν έχουν αναλυθεί ως προς τις μαθησιακές τους δραστηριότητες οι ερωτήσεις των σχολικών εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών στον ελληνικό χώρο. Συνεπώς, αναδύεται η αναγκαιότητα πραγματοποίησης μιας τέτοιας έρευνας. Η μελέτη αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική γιατί παρέχει πληροφορίες στους εκπαιδευτικούς και τους συγγραφείς των σχολικών εγχειριδίων για τα είδη των ερωτήσεων που κυριαρχούν στα σχολικά εγχειρίδια και τις μαθησιακές δραστηριότητες που αυτές ενεργοποιούν στους μαθητές.

Η παρούσα εργασία εντάσσεται στο ερευνητικό πεδίο της ανάλυσης των ερωτήσεων των σχολικών εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών. Ειδικότερα, εστιάζεται στην ανάλυση των ερωτήσεων δυο σχολικών εγχειριδίων Φυσικής της Β΄ τάξης του Γυμνασίου ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ερωτήσεις σχολικών εγχειριδίων

Τα σχολικά εγχειρίδια συνήθως αποτελούν τους άμεσους συνεργάτες του εκπαιδευτικού στο έργο του, επειδή συνήθως έχουν θέση αυθεντίας ως προς το γνωστικό αντικείμενο και αποτελούν τη βάση της διδακτικής καθοδήγησης αφού προδιαγράφουν τον τρόπο με τον οποίο θα διεξαχθεί η διδακτική διαδικασία (Ζαχαριουδάκη, 2008; Chiappetta & Fillman, 2007; Κουλαϊδής, Δημόπουλος, Σκλαβενίτη & Χρηστίδου, 2002). Σημαντική είναι επίσης η σημασία των σχολικών εγχειριδίων για τους μαθητές. Παρέχουν

ευκαιρίες στους μαθητές για ενεργητική μάθηση, αφού μπορούν οι μαθητές να επιλέγουν το χρόνο και το ρυθμό με τον οποίο θα τα μελετήσουν. Είναι άμεσα προσβάσιμα έτσι ώστε οι μαθητές να προστρέχουν σε αυτά όταν χρειάζονται να ελέγξουν ή να συμπληρώσουν τις γνώσεις τους (Καψάλης και Χαραλάμπους, 1995). Επιπρόσθετα, έχει επισημανθεί ότι συχνά το μεγαλύτερο μέρος της διδακτικής ώρας αφιερώνεται στην ενασχόληση των εκπαιδευτικών και των μαθητών με το σχολικό εγχειρίδιο (Φλουρής, 1995; Weiss, 1987).

Οι ερωτήσεις που εμπεριέχονται στα σχολικά εγχειρίδια καταλαμβάνουν ένα εκτεταμένο μέρος τους και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία. Μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν το περιεχόμενο ενός γνωστικού αντικειμένου, να αναγνωρίσουν σημαντικές πληροφορίες που περιέχονται στο εγχειρίδιο, να αναπτύξουν στρατηγικές επεξεργασίας των πληροφοριών και να τους ενθαρρύνουν να επιλύουν προβλήματα και να αποκτούν νέα γνώση (Overman, Vermunt, Meijer, Bulte & Brekelmans, 2013; Wilson & Koran, 1976). Οι ερωτήσεις των σχολικών εγχειριδίων συνδέονται με μια ποικιλία γνωστικών και παιδαγωγικών στόχων. Υπάρχουν ερωτήσεις που δρουν ως προ-οργανωτές της διδασκαλίας και προκαλούν το ενδιαφέρον των μαθητών για τη διδασκαλία που θα ακολουθήσει ή διερευνούν τις αρχικές αντιλήψεις των μαθητών, ενώ άλλες ερωτήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επικεντρώσουν την προσοχή των μαθητών σε μια ιδέα ή για να βοηθήσουν τους μαθητές να συνδέσουν μια προηγούμενη με μια νέα γνώση και επιπλέον άλλες ερωτήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αξιολόγηση των μαθητών (Davila & Talanquer, 2010; Martin, Sexton & Franklin, 2005).

Επιπρόσθετα, οι ερωτήσεις των σχολικών εγχειριδίων συχνά επηρεάζουν τις διδακτικές πρακτικές που ακολουθούν οι εκπαιδευτικοί και καθορίζουν τι είναι σημαντικό να διδαχθεί στη σχολική τάξη (Igbaria, 2013; Vasconelos, Torres, Dourado, & Leite, 2012).

Ερωτήσεις και μαθησιακές δραστηριότητες

Από τη σχετική βιβλιογραφία προκύπτει ότι η ανάλυση των ερωτήσεων των σχολικών εγχειριδίων μπορεί να γίνει με βάση δυο κριτήρια: το περιεχόμενό τους (Roberts, 1995, 1988; Van Driel, Bulte & Verloop, 2007, 2005) και τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές (Vermunt, 1996; Vermunt & Verloop, 1999). Η παρούσα έρευνα εστιάζει στην ανάλυση των ερωτήσεων των σχολικών εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών με βάση τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές.

Ο Costa (1985) κατηγοριοποίησε τις ερωτήσεις με βάση το γνωστικό τους επίπεδο σε τρεις κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές είναι ερωτήσεις «εισόδου», ερωτήσεις «επεξεργασίας» και ερωτήσεις «εξόδου». Οι ερωτήσεις «εισόδου» είναι χαμηλού γνωστικού επιπέδου και εστιάζουν στην απομνημόνευση πληροφοριών. Οι ερωτήσεις «επεξεργασίας» εστιάζουν στην επεξεργασία των πληροφοριών και στην κατανόηση των μεταξύ τους σχέσεων. Οι ερωτήσεις «εξόδου» είναι υψηλού γνωστικού επιπέδου και ζητούν από τους μαθητές να εξάγουν συμπεράσματα και να κρίνουν απόψεις και θεωρίες.

Οι Vermunt και Verloop (1999) διέκριναν τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν οι ερωτήσεις στους μαθητές σε γνωστικές και μεταγνωστικές. Ως γνωστικές μαθησιακές δραστηριότητες θεωρούνται οι δραστηριότητες εκείνες που οι μαθητές χρησιμοποιούν για την επεξεργασία ενός θέματος και οι οποίες τους οδηγούν άμεσα σε μαθησιακά αποτελέσματα που σχετίζονται με την αλλαγή της ήδη υπάρχουσας γνώσης τους, ενώ ως μεταγνωστικές μαθησιακές δραστηριότητες θεωρούνται οι δραστηριότητες που οι μαθητές χρησιμοποιούν για να αποφανθούν σχετικά με αυτά που έχουν μάθει, να ελέγξουν τις δραστηριότητες που ακολούθησαν και να ισχυροποιήσουν τα μαθησιακά τους αποτελέσματα (Vermunt & Verloop, 1999). Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται μια ταξινόμια των γνωστικών και μεταγνωστικών μαθησιακών δραστηριοτήτων (Vermunt & Verloop, 1999).

Πίνακας 1: Είδη γνωστικών και μεταγνωστικών μαθησιακών δραστηριοτήτων

Γνωστικές μαθησιακές δραστηριότητες	Μεταγνωστικές μαθησιακές δραστηριότητες
Επιλογής (Selecting) Απομνημόνευσης / επανάληψης (Memorizing / rehearsing) Συγκεκριμενοποίησης (Concretizing) Εφαρμογής (Applying) Ανάλυσης (Analyzing) Δόμησης (Structuring) Συσχέτισης (Relating) Κριτικής επεξεργασίας (Processing critically)	Προσανατολισμού / σχεδίασης (Orienting / planning) Παρακολούθησης / δοκιμής / διάγνωσης (Monitoring / testing / diagnosing) Προσαρμογής (Adjusting) Αξιολόγησης / αναστοχασμού (Evaluating / reflecting)

Το επίπεδο των γνωστικών μαθησιακών δραστηριοτήτων που ενεργοποιούν οι ερωτήσεις είναι καθοριστικής σημασίας και είναι δυνατόν να συμβάλει στην αντιπαράθεση της νέας με την αρχική γνώση των μαθητών (Wixson, 1983). Οι ερωτήσεις που ενεργοποιούν χαμηλού επιπέδου γνωστικές δραστηριότητες (επιλογής, απομνημόνευσης, συγκεκριμενοποίησης, εφαρμογής) αποθαρρύνουν τους μαθητές από το να δημιουργήσουν συσχετίσεις ανάμεσα στην αρχική και νέα γνώση και προσεγγίζουν «επιφανειακά» τη γνώση (Nakiboglu & Yildirim, 2011; Shepardson & Pizzini, 1991). Οι Pizzini et al. (1992) αναφέρουν ότι η εκτεταμένη χρήση χαμηλού επιπέδου ερωτήσεων οδηγεί τους μαθητές στην αποστήθιση πληροφοριών χωρίς να επιτυγχάνεται η εννοιολογική κατανόηση.

Αντίθετα, με τις ερωτήσεις που ενεργοποιούν υψηλού επιπέδου γνωστικές δραστηριότητες (ανάλυσης, δόμησης, συσχέτισης, κριτικής επεξεργασίας) ο μαθητής ωθείται να αναλύσει πληροφορίες να συνθέσει θεωρίες να αξιολογήσει λύσεις και να σκεφτεί κριτικά (Pizzini et al., 1992). Ερωτήσεις που ωθούν τους μαθητές να δημιουργήσουν συσχετίσεις, να αποσαφηνίσουν έννοιες και να χρησιμοποιήσουν την

θεωρία για να παράγουν νέες ιδέες είναι πολύ πιο πιθανό να οδηγήσουν σε μια ουσιαστικότερη προσέγγιση της μάθησης (Kahveci, 2010).

Επιπρόσθετα, οι ερωτήσεις που ενεργοποιούν μεταγνωστικές μαθησιακές δραστηριότητες καθοδηγούν τους μαθητές να ρυθμίσουν τις γνωστικές μαθησιακές δραστηριότητές τους και κατά συνέπεια τους ωθούν σε βελτιωμένα μαθησιακά αποτελέσματα (Vermunt & Verloop, 1999).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ

Οι περισσότερες από τις έρευνες που αναφέρονται στην ανάλυση των σχολικών εγχειριδίων εστιάζονται στην επιλογή του περιεχομένου τους, την οργάνωσή τους, τη διδακτική μεθοδολογία που προωθείται, το λεξιλόγιό τους και στην αναγνωσιμότητά τους (Dimopoulos, Koulaïdis & Sklaveniti, 2003; Κουλαϊδής και συν., 2002). Παρά το σημαντικό αριθμό ερευνών που εστιάζονται στην ανάλυση των σχολικών εγχειριδίων, είναι περιορισμένες οι έρευνες που αφορούν στην ανάλυση των μαθησιακών δραστηριοτήτων που ενεργοποιούν στους μαθητές οι ερωτήσεις των σχολικών εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών.

Οι Shepardson και Pizzini (1991) καθώς και οι Pizzini, Shepardson και Abell (1992) ανέλυσαν και σύγκριναν τις ερωτήσεις των πιο ευρέως χρησιμοποιούμενων σχολικών εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών μέσης εκπαίδευσης στις ΗΠΑ ως προς το γνωστικό τους επίπεδο, σύμφωνα με την ταξινόμηση του Costa (1985). Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών έδειξαν ότι και τα εγχειρίδια σε ποσοστό που κυμαίνεται από 80% έως 90% περιλαμβάνουν ερωτήσεις «εισόδου».

Ο Kahveci (2010) ανέλυσε το επίπεδο των ερωτήσεων των σχολικών εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών μέσης εκπαίδευσης που είναι εγκεκριμένα από το τουρκικό υπουργείο παιδείας χρησιμοποιώντας την ταξινόμηση του Costa (1985). Το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξε είναι ότι δεν υπήρχαν πολλές ερωτήσεις υψηλού γνωστικού επιπέδου αφού στα σχολικά εγχειρίδια κυριαρχούσαν ερωτήσεις «εισόδου» και «επεξεργασίας».

Οι Davila και Talanquer (2010) πραγματοποίησαν έρευνα που αφορούσε στην ανάλυση των ερωτήσεων τριών σχολικών εγχειριδίων Χημείας. Η ανάλυση έγινε σύμφωνα με την ταξινόμηση του Bloom (1956) και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πλειοψηφία των ερωτήσεων ήταν μέσου επιπέδου και πιο συγκεκριμένα εντάσσονταν στις κατηγορίες εφαρμογής και ανάλυσης.

Οι Overman, Vermunt, Meijer, Bulte και Brekelmans (2013) ανέλυσαν τις ερωτήσεις τεσσάρων σχολικών εγχειριδίων Χημείας μέσης εκπαίδευσης της Ολλανδίας ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που αυτές ενεργοποιούν στους μαθητές, με βάση το πλαίσιο των Vermunt και Verloop (1999, 2007). Διαπιστώθηκε ότι σε όλα τα εγχειρίδια κυριαρχούν οι ερωτήσεις εφαρμογής. Ένας περιορισμένος αριθμός ερωτήσεων σχετίζεται με ανώτερες γνωστικές δραστηριότητες. Επιπλέον, προέκυψε ότι είναι ελάχιστες οι ερωτήσεις που σχετίζονται με μεταγνωστικές μαθησιακές δραστηριότητες. Ειδικότερα. Προέκυψε ότι τα εγχειρίδια που γράφτηκαν με βάση αναλυτικά προγράμματα που δίνουν έμφαση στο περιεχόμενο της Χημείας (context-based chemistry curricula) είχαν

συγκριτικά μεγαλύτερο αριθμό ερωτήσεων που σχετίζονται με μεταγνωστικές μαθησιακές δραστηριότητες από τα εγχειρίδια που είχαν γραφτεί με βάση παραδοσιακά αναλυτικά προγράμματα.

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η ανάλυση των ερωτήσεων δυο σχολικών εγχειριδίων της Φυσικής Β΄ τάξης του Γυμνασίου ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές.

Ως ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας τίθενται τα ακόλουθα:

- (α) Ποια είναι η κατανομή των ερωτήσεων κάθε εγχειριδίου σε κατηγορίες ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές;
- (β) Υπάρχει διαφοροποίηση στην κατανομή των κατηγοριών των ερωτήσεων ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές ανάμεσα στα δυο σχολικά εγχειρίδια;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ερευνητική διαδικασία

Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση πραγματοποιήθηκε η συγκέντρωση των υπό ανάλυση ερωτήσεων από τα δύο σχολικά εγχειρίδια. Στη δεύτερη φάση έγινε η ανάλυση των ερωτήσεων ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές. Στην τρίτη φάση αξιολογήθηκαν τα αποτελέσματα και διερευνήθηκε η ύπαρξη συσχέτισης ανάμεσα στις κατηγορίες των ερωτήσεων των δυο σχολικών εγχειριδίων ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές.

Δείγμα

Το δείγμα της παρούσας έρευνας αποτέλεσαν δυο σχολικά εγχειρίδια Φυσικής της Β΄ τάξης του Γυμνασίου (βιβλία του μαθητή). Το πρώτο σχολικό εγχειρίδιο («Σχολικό Εγχειρίδιο 1») με τίτλο «Φυσική Β΄ Γυμνασίου» (Αντωνίου, Δημητριάδης, Καμπούρης, Παπαμιχάλης και Παπασιμίπα, 2011) είναι αυτό που διδάσκεται σήμερα στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και αποτελείται από 167 σελίδες. Το δεύτερο σχολικό εγχειρίδιο («Σχολικό Εγχειρίδιο 2») με τίτλο «Φυσική Β΄ Γυμνασίου» (Καραπαναγιώτης, Παπασταματίου, Φέρτης και Χαλέτσος, 2000) είναι αυτό που διδάσκονταν πριν από δέκα περίπου έτη και αποτελείται από 296 σελίδες.

Το εμπειρικό υλικό της έρευνας αποτελούν όλες οι αριθμημένες ερωτήσεις που βρίσκονται στο τέλος κάθε κεφαλαίου αλλά και οι ερωτήσεις που περιλαμβάνονται στις πειραματικές δραστηριότητες και στα ένθετα κάθε σχολικού εγχειριδίου.

Ως μονάδα ανάλυσης ορίστηκε κάθε ερώτηση. Σε ορισμένες περιπτώσεις όπου μια ερώτηση μπορεί να αποτελείται από περισσότερα από ένα διαφορετικά υποερωτήματα χωρίζεται σε δύο ή περισσότερες μονάδες ανάλυσης. Με τον τρόπο αυτό καταμετρήθηκαν 317 ερωτήσεις στο «Σχολικό Εγχειρίδιο 1» και 524 στο «Σχολικό Εγχειρίδιο 2».

Εργαλεία ανάλυσης

Για την ανάλυση κάθε ερώτησης, ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές, χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο ανάλυσης των Vermunt και Verloop (1999) και Overman, Vermunt, Meijer, Bulte και Brekelmans (2013). Σύμφωνα με αυτό, οι ερωτήσεις ταξινομούνται σε κατηγορίες ανάλογα με τις ευκαιρίες που παρέχουν στους μαθητές να εμπλακούν με γνωστικές ή μεταγνωστικές μαθησιακές δραστηριότητες.

Οι ερωτήσεις που ενεργοποιούν γνωστικές μαθησιακές δραστηριότητες ταξινομούνται στις ακόλουθες κατηγορίες (Overman, Vermunt, Meijer, Bulte & Brekelmans (2013):

(α) «Επιλογής» (Selecting): Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ερωτήσεις που απαιτούν από τους μαθητές την ανάκληση γνώσεων από προηγούμενα μαθήματα, την εύρεση πληροφοριών, ή τον εντοπισμό μιας ή περισσότερων πληροφοριών ανάμεσα σε άλλες πληροφορίες που υπάρχουν σε ένα κείμενο ή σχήμα. Συνήθως ζητείται η επισήμανση αυτών των πληροφοριών με υπογράμμιση.

Ακολουθεί ένα παράδειγμα ερώτησης που ανήκει σε αυτή την κατηγορία.

«Ένας ξύλινος κύβος έχει μάζα 48 g και όγκο 80 cm³. Τι νομίζεις ότι δηλώνει το πηλίκο 48/80 για αυτόν τον ξύλινο κύβο:

α) Την αλληλεξάρτηση μάζας και όγκου.

β) Τον αριθμό των γραμμαρίων για κάθε ένα κυβικό εκατοστόμετρό του.

γ) Πόσες φορές η μάζα του είναι μεγαλύτερη από τον όγκο του.

δ) Τον αριθμό των κυβικών εκατοστόμετρων για κάθε ένα γραμμάριό του.

Σημειώστε με ένα √ τη σωστή έκφραση.»

(«Σχολικό εγχειρίδιο 2», σελ. 53, ερώτηση 6)

(β) «Απομνημόνευση/επανάληψης» (Memorizing/rehearsing): Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ερωτήσεις που στοχεύουν στην αποστήθιση γνώσεων και την απομνημόνευση ορισμών, τύπων, πληροφοριών και θεωριών που περιλαμβάνονται στο σχολικό εγχειρίδιο. Ακολουθεί ένα παράδειγμα ερώτησης που ανήκει σε αυτή την κατηγορία.

«Γιατί λέμε ότι ο μαγνητικός νότιος πόλος της Γης βρίσκεται κοντά στο γεωγραφικό Βόρειο Πόλο της;»

(«Σχολικό εγχειρίδιο 2», σελ. 199, ερώτηση 14)

(γ) «Εφαρμογής» (Applying): Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ερωτήσεις που απαιτούν από το μαθητή να χρησιμοποιήσει τη σχολική γνώση που απέκτησε σε νέες καταστάσεις συναφείς με αυτές που έχει διαπραγματευτεί. Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται και οι ερωτήσεις που απαιτούν συνήθως τη χρήση κάποιου μαθηματικού τύπου και την πραγματοποίηση πράξεων για τον υπολογισμό των τιμών των μεγεθών.

Ακολουθεί ένα παράδειγμα ερώτησης που ανήκει σε αυτή την κατηγορία.

«Ένας μαθητής σπρώχνει με το δάχτυλό του το μολύβι του στη σελίδα του τετραδίου του ασκώντας δύναμη 10 N. Εάν το εμβαδό της επιφάνειας της μύτης του μολυβιού είναι 0,08 mm², να βρεθεί η πίεση που ασκεί η μύτη του μολυβιού στη σελίδα του τετραδίου σε Pa.» («Σχολικό εγχειρίδιο 1», σελ. 85, ερώτηση 3)

(δ) «Συγκεκριμενοποίησης» (Concretizing): Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ερωτήσεις με τις οποίες ζητείται από τον μαθητή να συνδέσει την σχολική γνώση με τον «κόσμο πέρα από το σχολείο», δηλαδή με την καθημερινή ζωή. Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται δραστηριότητες όπου ο μαθητής αναφέρει πρακτικές εφαρμογές τις γνώσης ή προτείνει παραδείγματα από την καθημερινότητα αναφέροντας προσωπικές εμπειρίες που σχετίζονται με το υπό εξέταση θέμα.

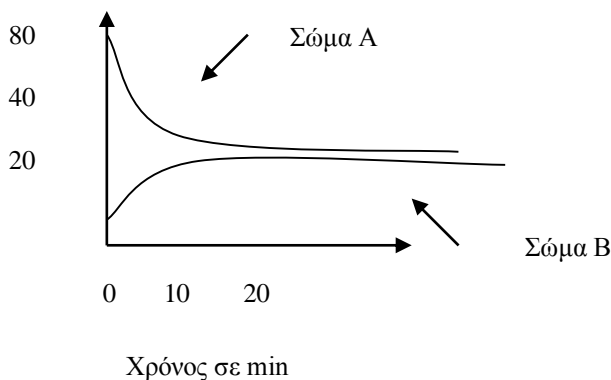
Ακολουθεί ένα παράδειγμα ερώτησης που ανήκει σε αυτή την κατηγορία.

«Μπορείς να εξηγήσεις γιατί όταν φουσάμε την καυτή σούπα, αυτή κρυνώνει συντομότερα;» («Σχολικό εγχειρίδιο 1», σελ. 152, ερώτηση 1)

(ε) «Ανάλυσης» (Analyzing): Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ερωτήσεις που έχουν ως ζητούμενο την ανάλυση ενός συνόλου πληροφοριών στα επιμέρους τμήματά του.

Ακολουθεί ένα παράδειγμα ερώτησης που ανήκει σε αυτή την κατηγορία.

Θερμοκρασία σε °C



«Από μετρήσεις της θερμοκρασίας δυο σωμάτων, που φέραμε σε επαφή κατασκευάζουμε το παρακάτω διάγραμμα, που δείχνει πως μεταβάλλεται η θερμοκρασία κάθε σώματος με την πάροδο του χρόνου. Τι συμπεράσματα βγάζεις για τη θερμική κατάσταση των σωμάτων;» («Σχολικό εγχειρίδιο 2», σελ. 73, ερώτηση 12)

(στ) «Δόμησης» (Structuring): Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ερωτήσεις που απαιτούν από το μαθητή να συγκεντρώσει διάφορες πληροφορίες και να τις οργανώσει σε ένα ενιαίο σύνολο.

Ακολουθεί ένα παράδειγμα ερώτησης που ανήκει σε αυτή την κατηγορία.

«Να κάνεις ένα απλό σχεδιάγραμμα φωτογραφικής μηχανής, στο οποίο να φαίνονται τα απαραίτητα τμήματα για το σχηματισμό του ειδώλου.»

(«Σχολικό εγχειρίδιο 2», σελ. 171, ερώτηση 22α)

(ζ) «Συσχέτισης» (Relating): Στην κατηγορία αυτή κατατάσσουμε τις ερωτήσεις όπου ο μαθητής πρέπει να αναζητήσει τις σχέσεις που υπάρχουν ανάμεσα σε γνώσεις ή γεγονότα και να εντοπίσει αυτές τις σχέσεις. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι δραστηριότητες που απαιτούν από τους μαθητές την εύρεση ομοιοτήτων και διαφορών μεταξύ θεωριών αλλά και τη σύγκριση πληροφοριών του κειμένου με γνώσεις που περιλαμβάνονται σε άλλα κείμενα (Entwistle, 1995).

Ακολουθεί ένα παράδειγμα ερώτησης που ανήκει σε αυτή την κατηγορία.

«Ποια είναι η διαφορά μεταξύ μέσης και στιγμιαίας ταχύτητας;»

(«Σχολικό εγχειρίδιο 1», σελ. 39, ερώτηση 3)

(η) «Κριτικής επεξεργασίας» (Processing critically): Η κατηγορία αυτή των ερωτήσεων κατατάσσεται στις κατηγορίες ερωτήσεων ιδιαίτερα υψηλού νοητικού επιπέδου γιατί απαιτεί κριτική σκέψη και ενεργό συμμετοχή από τον μαθητή. Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι ερωτήσεις που ζητούν από τον μαθητή να εξετάσει αν κάποια συμπεράσματα ή απόψεις συνάδουν με γεγονότα ή θεωρίες των Φυσικών Επιστημών, να αναγνωρίσει τα κριτήρια με τα οποία θα αποφανθεί για τα παραπάνω και να εξηγήσει γιατί αυτά τα κριτήρια είναι αναγκαία ή να συγκροτήσει μια ερμηνεία που βασίζεται σε γνώσεις και επιχειρήματα.

Ακολουθεί ένα παράδειγμα ερώτησης που ανήκει σε αυτή την κατηγορία.

«Μια ζεστή καλοκαιρινή μέρα, ο Σάββας επισκέπτεται με τη μητέρα του το κτήμα του παππού του. Βλέπει τις καρπουζιές κάτω από το ζεστό ήλιο και επιθυμεί να γευτεί ένα δροσερό καρπούζι. Ο παππούς αντιλαμβάνεται την επιθυμία του και του επιτρέπει να κόψει ένα. Η μητέρα συμβουλεύει τον Σάββα να βάλει το καρπούζι σε ένα κουβά με δροσερό νερό για να κρύνει. Ο παππούς όμως έχει αντίθετη γνώμη. Ισχυρίζεται ότι είναι προτιμότερο να το τυλίξει με μια βρεγμένη πετσέτα και να το αφήσει για λίγο κάτω από τον καυτό ήλιο. Ποιός από τους δυο έχει δίκιο; Μπορείς να εξηγήσεις γιατί;»

(«Σχολικό εγχειρίδιο 1», σελ. 153, ερώτηση 10)

Οι ερωτήσεις που ενεργοποιούν μεταγνωστικές μαθησιακές δραστηριότητες ταξινομούνται στις ακόλουθες κατηγορίες (Overman, Vermunt, Meijer, Bulte & Brekelmans, 2013):

(α) «Προσανατολισμού/σχεδιασμού» (Orienting/planning): Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ερωτήσεις που απαιτούν από το μαθητή το σχεδιασμό μιας δραστηριότητας προσδιορίζοντας μεταξύ των άλλων τους μαθησιακούς στόχους, το σχέδιο δράσης που θα ακολουθηθεί και τις προαπαιτούμενες γνώσεις.

(β) «Παρακολούθησης/δοκιμής/διάγνωσης» (Monitoring/testing/diagnosing): Η παρακολούθηση συντελείται όταν οι μαθητές, αφού έχουν πραγματοποιήσει μια εργασία που τους έχει ανατεθεί, ελέγχουν αν η διαδικασία γίνεται σύμφωνα με το σχέδιο δράσης. Δηλαδή η παρακολούθηση σημαίνει ότι οι μαθητές παρατηρούν ενεργά αν οι διαδικασίες που ακολουθούν τους οδηγούν στην προκαθορισμένη κατεύθυνση. Η δοκιμή αναφέρεται στον έλεγχο για το αν κάποιος κατανόησε ή μπορεί να εφαρμόξει τη νέα γνώση επαρκώς. Η διάγνωση αναφέρεται στον καθορισμό των κενών που μπορεί κάποιος μαθητής να έχει στις γνώσεις του και στις ικανότητές του ή η υπεροχή που μπορεί να έχει στο συγκεκριμένο θέμα, αλλά και η εξέταση των πιθανών αιτιών που μπορούν να προκαλέσουν μαθησιακές δυσκολίες ή επιτυχίες.

(γ) «Προσαρμογής» (Adjusting): Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ερωτήσεις που έχουν ως στόχο την ρύθμιση της διαδικασίας μάθησης από τους ίδιους τους μαθητές μέσα από την εισαγωγή αλλαγών σε ένα αρχικό σχέδιο δράσης τους που βασίζονται στον έλεγχο των υπαρχόντων μαθησιακών αποτελεσμάτων.

(δ) «Αξιολόγησης/Αναστοχασμού» (Evaluating/reflecting): Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ερωτήσεις που ως σκοπό έχουν τη διαπίστωση του βαθμού στον οποίο το τελικό μαθησιακό αποτέλεσμα συνάδει με τους προγραμματισμένους μαθησιακούς στόχους και του βαθμού στον οποίο η μαθησιακή διαδικασία προχώρησε όπως αρχικά είχε σχεδιαστεί. Ο αναστοχασμός εντοπίζεται στον αναλογισμό των μαθησιακών δραστηριοτήτων και συγκεκριμένα των όσων συνέβησαν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.

Ανάλυση Δεδομένων

Αρχικά προσδιορίστηκαν οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των κατηγοριών των ερωτήσεων των σχολικών εγχειριδίων ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές.

Στη συνέχεια, διερευνήθηκε η ύπαρξη συσχετίσεων ανάμεσα στις ερωτήσεις των δυο σχολικών εγχειριδίων ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές. Η διερεύνηση της ύπαρξης συσχετίσεων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του τεστ χ^2 . Ο καθορισμός και η ερμηνεία των συσχετίσεων βασίστηκε στις τιμές του χ^2 και των τυποποιημένων υπολοίπων (Blalock, 1987).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κατηγορίες ερωτήσεων «Σχολικού Εγχειριδίου 1»

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι απόλυτες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των κατηγοριών των ερωτήσεων του «Σχολικού Εγχειριδίου 1».

Πίνακας 1: Οι κατηγορίες των ερωτήσεων του «Σχολικού εγχειριδίου 1» ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν (συχνότητες N & N%)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	N	N%
«Επιλογής»	29	9,1
«Απομνημόνευσης/επανάληψης»	78	24,6
«Εφαρμογής»	109	34,4
«Συγκεκριμενοποίησης»	39	12,3
«Ανάλυσης»	17	5,4
«Δόμησης»	15	4,7
«Συσχέτισης»	7	2,2
«Κριτικής επεξεργασίας»	23	7,3

Από τον Πίνακα 1 προκύπτει ότι κυριαρχούν οι ερωτήσεις που εντάσσονται στην κατηγορία «Εφαρμογής» (34,4%). Ακολουθούν οι ερωτήσεις που εντάσσονται στην κατηγορία «Απομνημόνευσης/επανάληψης» (24,6%). Συγκριτικά μικρότερα είναι τα ποσοστά των ερωτήσεων που εντάσσονται στις κατηγορίες «Συγκεκριμενοποίησης» (12,3%), «Επιλογής» (9,1%) και «Κριτικής επεξεργασίας» (7,3%). Είναι περιορισμένα τα ποσοστά των ερωτήσεων που εντάσσονται στις κατηγορίες «Ανάλυσης» (5,4%), «Δόμησης» (4,7%) και «Συσχέτισης» (2,2%).

Κατηγορίες ερωτήσεων «Σχολικού Εγχειριδίου 2»

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι απόλυτες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των κατηγοριών των ερωτήσεων του «Σχολικού Εγχειριδίου 2».

Από τον Πίνακα 2 προκύπτει ότι κυριαρχούν οι ερωτήσεις που εντάσσονται στην κατηγορία «Απομνημόνευσης/επανάληψης» (39,1%). Συγκριτικά μικρότερα ποσοστά έχουν οι ερωτήσεις που εντάσσονται στις κατηγορίες «Συγκεκριμενοποίησης» (17,5%), «Εφαρμογής» (14,9%), «Επιλογής» (10,5%) και «Δόμησης» (9,0%). Περιορισμένα είναι τα ποσοστά των ερωτήσεων που εντάσσονται στις κατηγορίες «Ανάλυσης» (5,0%), «Συσχέτισης» (2,5%) και «Κριτικής επεξεργασίας» (1,5%).

Πίνακας 2: Οι κατηγορίες των ερωτήσεων του «Σχολικού εγχειριδίου 2» ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν (συχνότητες N & N%)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	N	N%
«Επιλογής»	55	10,5
«Απομνημόνευσης/επανάληψης»	205	39,1
«Εφαρμογής»	78	14,9
«Συγκεκριμενοποίησης»	92	17,5
«Ανάλυσης»	26	5,0
«Δόμησης»	47	9,0
«Συσχέτισης»	13	2,5
«Κριτικής επεξεργασίας»	8	1,5

Συγκριτική ανάλυση ερωτήσεων σχολικών εγχειριδίων Φυσικής («Σχολικό εγχειρίδιο 1» και «Σχολικό εγχειρίδιο 2») Β΄ τάξης του γυμνασίου

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των κατηγοριών των ερωτήσεων του συνόλου των δύο σχολικών εγχειριδίων της Φυσικής Β΄ τάξης γυμνασίου ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές.

Από τη συγκριτική μελέτη των συχνοτήτων εμφάνισης των κατηγοριών των ερωτήσεων προκύπτει ότι υπάρχουν μικρές και μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ των δύο εγχειριδίων. Πιο συγκεκριμένα, στο σχολικό εγχειρίδιο 1 το ποσοστό των ερωτήσεων που εντάσσονται στην κατηγορία «Επιλογής» (9,1%) είναι παραπλήσιο με το αντίστοιχο ποσοστό των ερωτήσεων στο σχολικό εγχειρίδιο 2 (10,5). Το ίδιο ισχύει και για τα ποσοστά των ερωτήσεων που εντάσσονται στις κατηγορίες «Ανάλυσης» με (5,4%) και (5,0%) και «Συσχέτισης» με (2,2%) και (2,5%) για το σχολικό εγχειρίδιο 1 και το σχολικό εγχειρίδιο 2 αντίστοιχα. Αντίθετα, στο σχολικό εγχειρίδιο 1 το ποσοστό των ερωτήσεων που ανήκουν στην κατηγορία «Απομνημόνευσης/επανάληψης» (24,6%) είναι συγκριτικά μικρότερο με το αντίστοιχο ποσοστό των ερωτήσεων στο σχολικό εγχειρίδιο 2 (39,1%). Το ίδιο ισχύει και για το ποσοστό των ερωτήσεων που εντάσσονται στην κατηγορία «Δόμησης» με (4,7%) και (9,0%) για το σχολικό εγχειρίδιο 1 και το σχολικό εγχειρίδιο 2 αντίστοιχα. Επίσης, στο σχολικό εγχειρίδιο 1 το ποσοστό των ερωτήσεων που ανήκουν στην κατηγορία «Εφαρμογής» (34,4%) είναι συγκριτικά μεγαλύτερο με το αντίστοιχο ποσοστό των ερωτήσεων στο σχολικό εγχειρίδιο 2 (14,9%). Το ίδιο ισχύει και για τα

ποσοστά των ερωτήσεων που εντάσσονται στις κατηγορίες «Συγκεκριμενοποίησης» με (12,3%) και (17,5%) και «Κριτικής επεξεργασίας» με (7,3%) και (1,5%) για το σχολικό εγχειρίδιο 1 και το σχολικό εγχειρίδιο 2 αντίστοιχα.

Πίνακας 3: Οι κατηγορίες των ερωτήσεων των σχολικών εγχειριδίων ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν (συνρότητα Ν και Ν%)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	«ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ 1»		«ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ 2»	
	N	N%	N	N%
«Επιλογής»	29	9,1	55	10,5
«Απομνημόνευσης/επανάληψης»	78	24,6	205	39,1
«Εφαρμογής»	109	34,4	78	14,9
«Συγκεκριμενοποίησης»	39	12,3	92	17,5
«Ανάλυσης»	17	5,4	26	5,0
«Δόμησης»	15	4,7	47	9,0
«Συσχέτισης»	7	2,2	13	2,5
«Κριτικής επεξεργασίας»	23	7,3	8	1,5

Επιπρόσθετα, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις κατηγορίες των ερωτήσεων (κριτικής επεξεργασίας, εφαρμογής και απομνημόνευσης/επανάληψης/επιλογής) και στα σχολικά εγχειρίδια ($\chi^2=68,5$, $df=4$, $p<0,0001$). Η συσχέτιση αυτή οφείλεται στις εξής τάσεις (βλ. Πίνακα 4):

- Οι ερωτήσεις «Κριτικής επεξεργασίας» τείνουν να συναντώνται στο «Σχολικό εγχειρίδιο 1» και όχι στο «Σχολικό εγχειρίδιο 2».
- Οι ερωτήσεις «Εφαρμογής» τείνουν να συναντώνται στο «Σχολικό εγχειρίδιο 1» και όχι στο «Σχολικό εγχειρίδιο 2».
- Οι ερωτήσεις «Απομνημόνευσης/επανάληψης/Επιλογής» τείνουν να συναντώνται στο «Σχολικό εγχειρίδιο 2» και όχι στο «Σχολικό εγχειρίδιο 1».

Πίνακας 4: Οι συχνότητες των ερωτήσεων των σχολικών εγχειριδίων ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	«ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ 1»	«ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ 2»
«Κριτικής επεξεργασίας»	23 [+3,31]	8 [-2,57]
«Συσχέτισης/Δόμησης/Ανάλυσης»	39 [-1,18]	86 [+0,92]
«Συγκεκριμενοποίησης»	39 [-1,48]	92 [+1,15]
«Εφαρμογής»	109 [+4,59]	78 [-3,57]
«Απομνημόνευσης/Επανάληψης/Επιλογής»	107 [-2,66]	260 [+2,07]

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η ανάλυση των ερωτήσεων δυο σχολικών εγχειριδίων Φυσικής Β΄ τάξης γυμνασίου ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές. Σύμφωνα με το πλαίσιο ανάλυσης ερωτήσεων των Overman, Vermunt, Meijer, Bulte και Brekelmans (2013) κάθε ερώτηση ταξινομήθηκε σε μια από τις υποκατηγορίες των γνωστικών ή μεταγνωστικών δραστηριοτήτων που ενεργοποιεί στους μαθητές.

Αναφορικά με τις γνωστικές γνωστικές μαθησιακές δραστηριότητες των ερωτήσεων προέκυψε ότι στο σχολικό εγχειρίδιο Φυσικής που διδάσκεται στα σχολεία κυριαρχούν οι ερωτήσεις που εντάσσονται στην κατηγορία «Εφαρμογής» (34,4%) και «Απομνημόνευσης/επανάληψης» (24,6%). Στο σχολικό εγχειρίδιο Φυσικής που διδασκόταν πριν περίπου δέκα χρόνια κυριαρχούν οι ερωτήσεις που εντάσσονται στην κατηγορία «Απομνημόνευσης/επανάληψης» (39,1%) και ακολουθούν με συγκριτικά μικρότερα ποσοστά οι ερωτήσεις που εντάσσονται στις κατηγορίες «Συγκεκριμενοποίησης» (17,5%) και «Εφαρμογής» (14,9%).

Τα παραπάνω αποτελέσματα συνάδουν με τα αποτελέσματα της εργασίας των Overman, Vermunt, Meijer, Bulte και Brekelmans (2013), αναφορικά με τις ερωτήσεις απομνημόνευσης, εφαρμογής, δόμησης και κριτικής διαδικασίας. Στα σχολικά εγχειρίδια

της Χημείας της Ολλανδίας οι ερωτήσεις «Απομνημόνευση/επανάληψης» και «Εφαρμογής» εμφανίζουν αυξημένα ποσοστά, ενώ οι ερωτήσεις «Δόμησης», και «Κριτικής επεξεργασίας» εμφανίζουν ιδιαίτερα μικρά ποσοστά. Όμως, τα ποσοστά των ερωτήσεων που εντάσσονται στην κατηγορία «Συσχέτισης», είναι υψηλότερα από τα αντίστοιχα ελληνικά. Επιπρόσθετα, στα σχολικά εγχειρίδια της Χημείας της Ολλανδίας περιλαμβάνονται μεταγνωστικές ερωτήσεις κάτι το οποίο δεν παρατηρήθηκε στα ελληνικά εγχειρίδια Φυσικής.

Από την έρευνα αυτή συνάγεται ότι στα δύο ελληνικά σχολικά εγχειρίδια επικρατούν κυρίως οι ερωτήσεις που απαιτούν από τους μαθητές να απομνημονεύσουν πληροφορίες και να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους επιλύοντας προβλήματα Φυσικής με αλγορίθμους. Αντίθετα, δεν παρέχονται αρκετές ευκαιρίες στους μαθητές να επεξεργαστούν ερωτήσεις που ανήκουν στην κατηγορία της «Κριτικής επεξεργασίας», όπως και ερωτήσεις «Δόμησης», «Ανάλυσης» και «Συσχέτισης». Επιπρόσθετα, δεν περιλαμβάνονται στα εγχειρίδια ερωτήσεις μεταγνωστικού τύπου. Όπως υποστηρίζεται από τους Nakiboglu και Yildirim (2011) η ενασχόληση των μαθητών με ερωτήσεις απομνημόνευσης και εφαρμογής δεν επιφέρει ανάπτυξη των ανώτερων δεξιοτήτων και δεν προάγεται η βαθύτερη κατανόηση. Αποτελεί βασικό στόχο της εκπαίδευσης των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες η ενασχόλησή τους με δραστηριότητες που απαιτούν κριτική σκέψη (Gilbert, Bulte & Pilot, 2011; Nakiboglu & Yildirim, 2011; Kahveci, 2010). Επίσης, οι μεταγνωστικές ερωτήσεις καθιστούν τους μαθητές πιο υπεύθυνους στο να ελέγχουν και να βελτιώνουν τη μάθησή τους (Overman, Vermunt, Meijer, Bulte & Brekelmans, 2013).

Η διαφοροποίηση των δυο ελληνικών σχολικών εγχειριδίων έγκειται στο ότι στο σχολικό εγχειρίδιο που διδάσκεται σήμερα τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης έχουν οι ερωτήσεις «Εφαρμογής», ενώ στο σχολικό εγχειρίδιο που διδασκόταν δέκα χρόνια πριν επικρατούν οι ερωτήσεις «Απομνημόνευσης/επανάληψης». Επίσης, οι ερωτήσεις που εντάσσονται στην κατηγορία «Κριτικής επεξεργασίας» στο σχολικό εγχειρίδιο που διδάσκεται σήμερα εμφανίζονται σε σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό από τις αντίστοιχες του σχολικού εγχειριδίου που διδάσκονταν πριν από δέκα έτη. Η διαφοροποίηση που σχετίζεται με τις ερωτήσεις «Κριτικής επεξεργασίας» αποτελεί θετική εξέλιξη. Οι ερωτήσεις αυτές προτρέπουν τους μαθητές να εξετάσουν αν κάποια συμπεράσματα -γύρω από τα υπό εξέταση ζητήματα- συνάδουν με γεγονότα και θεωρίες -λαμβάνοντας υπόψη τους κριτήρια- και να προβούν σε ερμηνείες. Έχει επισημανθεί ότι οι ερωτήσεις αυτές συμβάλλουν στη βαθύτερη κατανόηση των θεμάτων (Pizzini, Shepardson & Abell, 1992; Overman, Vermunt, Meijer, Bulte & Brekelmans, 2013). Η σημαντική αύξηση των ερωτήσεων που εντάσσονται στην κατηγορία της «Εφαρμογής» στο νέο σχολικό εγχειρίδιο μπορεί να αποδοθεί στην τάση των συγγραφέων να συμπεριλάβουν στο βιβλίο τους αρκετές ασκήσεις που αφορούν σε εφαρμογή των τύπων της Φυσικής.

Με βάση το εμπειρικό υλικό που συγκεντρώσαμε και επεξεργαστήκαμε στην παρούσα έρευνα και τα συμπεράσματα στα οποία καταλήξαμε, διαμορφώνεται μια σειρά θεμάτων για περαιτέρω διερεύνηση. Ερευνητικά ενδιαφέροντα θα ήταν η ανάλυση των

ερωτήσεων άλλων σχολικών εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών (Φυσικής, Χημείας, Βιολογίας και Γεωλογίας) όλων των τάξεων του Γυμνασίου και του Λυκείου ώστε να διερευνηθεί αν διαφοροποιούνται οι κατηγορίες των ερωτήσεων που περιλαμβάνονται σε αυτά σε σχέση με τα εγχειρίδια Φυσικής που εξετάστηκαν. Ακόμα μια πρόταση προς διερεύνηση είναι το να εκπονηθούν μελέτες που θα αναλύουν εκτός από τα τις ερωτήσεις των σχολικών εγχειριδίων, τις ερωτήσεις που χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί στην σχολική αίθουσα, κατά την διάρκεια της διδασκαλίας. Επιπρόσθετα, προτείνεται η συγκρότηση και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για τις Φυσικές Επιστήμες που να παρέχει ευκαιρίες στους μαθητές να επεξεργαστούν ερωτήσεις που να ενεργοποιούν γνωστικές μαθησιακές δραστηριότητες υψηλού επιπέδου και μεταγνωστικές μαθησιακές δραστηριότητες.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abd-El-Khalick, F., Waters, M., & Le, A. (2008). Representations of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(7), 835–855.
- Blalock, H. M. (1987). *Social statistics*, Singapore: McGraw-Hill.
- Chiappetta, E. L., & Fillman, D. A. (2007). Analysis of five high school biology textbooks used in the United States for inclusion of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(15), 1847–1868.
- Costa, A. (1985). *Teacher Behaviors That Enable Student Thinking In Developing Minds: A Resource Book for Teacher Thinking*, Alexandria: V.A.
- Gilbert, J.K., Bulte, A.M.W., & Pilot, A. (2011). Concept development and transfer in contextbased science education. *International Journal of Science Education*, 33(6), 817–837.
- Davila, K., & Talanquer, V. (2010). Classifying end-of-chapter questions and problems for selected general chemistry textbooks used in the United States. *Chemical Education Research*, 87(1), 97–101.
- Davis, E. A. (2006). Preservice elementary teachers' critique of instructional materials for science. *Science Education*, 90, 348-375.
- Dimopoulos, K., Koulaidis, V. & Sklaveniti, S. (2003). Towards an Analysis of Visual Images in School Science Textbooks and Press Articles about Science and Technology, *Research in Science Education*, 33, 189-216.
- Φλουρής, Γ. (1995). Αναντιστοιχία εκπαιδευτικών σκοπών, αναλυτικού προγράμματος και εκπαιδευτικών μέσων: Μερικές όψεις της εκπαιδευτικής αντιφατικότητας. Στο: Καζαμιάς, Α. & Κασσωτάκης, Μ. (επιμ.). *Ελληνική Εκπαίδευση: Προοπτικές Ανασυγκρότησης και Εκσυγχρονισμού*. Αθήνα: Σείριος, σ. 328-367.
- Holliday, W. G. (1981). Selective attentional effects of textbook study questions on student learning in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 18, 283-289.
- Igbaria, A. K. (2013). A Content Analysis of the WH-Questions in the EFL Textbook of Horizons. *International Education Studies*, 6(7): 200-224.

- Kahveci, A. (2010). Quantitative analysis of science and chemistry textbooks for indicators of reform: A complementary perspective. *International Journal of Science Education*, 32(11), 1495–1519.
- Καυιάλης Α. Γ. , Χαραλάμπους Δ. (1995) *Σχολικά εγχειρίδια: Θεσμική εξέλιξη και σύγχρονη προβληματική*, Εκδόσεις: Θεσσαλονίκη.
- Kirby, J. R., & Pedwell, D. (1991). Students' approaches to summarisation. *Educational Psychology*, 11, 297–307.
- Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος, Κ., Σκλαβενίτη, Σ., Χρηστίδου, Β. (2002). *Τα κείμενα της τεχνο-επιστήμης στο Δημόσιο χώρο. Αθήνα : Μεταίχμιο.*
- Leonard, W. H. (1987). Does the presentation style of questions inserted into text influence understanding and retention of science concepts, *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 27-37.
- Martin, R., Sexton, C., & Franklin, T. (2005). *Teaching Science for all children: An inquiry approach*, Boston: Pearson.
- Nakiboglu, C., & Yildirim, H.E. (2011). Analysis of Turkish high school chemistry textbooks and teacher-generated questions about gas laws. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(5), 1047–1071.
- Ogan-Bekiroglu, F. (2007). To what degree do the currently used physics textbooks meet the expectations? *Journal of Science Teacher Education*, 18, 599-628.
- Overman, M., Vermunt, D., Meijer, P., Bulte, B., & Brekelmans M. (2013) Textbook Questions in Context-Based and Traditional Chemistry Curricula Analysed from a Content Perspective and a Learning Activities Perspective. *International Journal of Science Education* 2012, 1–25.
- Pask, G. (1976). Styles and strategies of learning. *British Journal of Educational Psychology*, 46, 128–148.
- Paul, R. W. (1990). *Critical and reflective thinking: a philosophical perspective* Jones & L. Idol (Eds), *Dimensions of thinking and cognitive instruction*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Pizzini, E. L., Shepardson, D. P., & Abell, S. K. (1992). The questioning level of select middle school science textbooks. *School Science and Mathematics*, 92(2), 74–79.
- Roberts, D.A. (1988). What counts as science education? In P.J. Fensham (Ed.), *Development and dilemmas in science education* (pp. 27–540). London, Great Britain: Palmer Press.
- Roberts, D.A. (1995). Junior high school science transformed: Analysing a science curriculum policy change. *International Journal of Science Education*, 17(4), 493–504.
- Rosenshine, B., Meister, C., & Chapman, S. (1996). Teaching students to generate questions: a review of intervention studies. *Review of Educational Research*, 66, 99–136.
- Schellings, G. L. M., Van Hout-Wolters, B. H. A. M., & Vermunt, J. D. (1996). Individual differences in adapting to three different tasks of selecting information from texts. *Contemporary Educational Psychology*, 21, 423–446.
- Schmeck, R. R., Geisler-Brenstein, E., & Cercy, S. P. (1991). Self-concept and learning: the revised inventory of learning processes. *Educational Psychology*, 11, 343–362.

- Shepardson, D.P., & Pizzini, E.L. (1991). Questioning levels of junior high schools science textbooks and their implications for learning textual information. *Science Education*, 75(6), 673–682.
- Simons, P. R. J. (1993). Constructive learning: the role of the learner. In T. M. Duffy, J. Lowyck & D. H. Jonassen (Eds), *Designing environments for constructive learning*. New York: Springer Verlag.
- Stake, R.E., & Easley, J.A. (1987). *Case studies in science education*. Urbana, IL: Center of Instructional Research and Curriculum Evaluation, University of Illinois.
- Van Driel, J.H., Bulte, A.M.W., & Verloop, N. (2005). The conceptions of chemistry teachers about teaching and learning in the context of a curriculum innovation. *International Journal of Science Education*, 27(3), 302–322.
- Van Driel, J.H., Bulte, A.M.W., & Verloop, N. (2007). The relationships between teachers' general beliefs about teaching and learning and their domain specific curriculum beliefs. *Learning and Instruction*, 17, 156–171.
- Vermunt, J.D. (1996). Metacognitive, cognitive and affective aspects of learning styles and strategies: A phenomenographic analysis. *Higher Education*, 31, 25–50.
- Vermunt, J.D. (2007). The power of teaching-learning environments to influence student learning. *Student Learning and University Teaching*, *BJEP Monograph Series II*, 4, 73–90.
- Vermunt, J.D., & Verloop, N. (1999). Congruence and friction between learning and teaching. *Learning and Instruction*, 9, 257–280.
- Vermunt, J.D., & Vermetten, Y.J. (2004). Patterns in student learning: Relationships between learning strategies, conceptions of learning, and learning orientations. *Educational Psychology Review*, 16(4), 359–384.
- Volet, S. E. (1990). Goals in the adaptive learning of university students. In H. Mandl, E. de Corte, S. N. Bennett & H. F. Friedrich (Eds), *Learning and instruction — European research in an international context*, Vol. 2.1 (pp. 497–516). Oxford: Pergamon Press.
- Von Wright, J. (1992). Reflections on reflection. *Learning and Instruction*, 2, 59–68.
- Weiss, I. (1987). *Report of the 1985-86. National Survey Science and Mathematics Education*. Research Park. NC: Research Triangle Institute.
- Wilson, J. T.. & Koran, J. J. (1976). Review of research on mathemagenic behavior: Implications for teaching and learning science. *Science Education*, 60, 391-400.
- Winne, P. H. (1995). Inherent details in self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 30, 173–187.
- Ζαχαριουδάκη, Δ. (2008). *Αξιολόγηση σχολικού εγχειριδίου διδασκαλίας ξένης γλώσσας: Η περίπτωση του "Deutsch-ein Hit! 1"*, Διπλωματική εργασία, Αθήνα: Φιλοσοφική Σχολή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο.

Χώρος Ανάπτυξης Εκπαιδευτικού Υλικού για τη Δραστηριότητα «Τετάρτες στη Σχολή Θετικών Επιστημών»

Δημήτρης Ταρνανίδης ¹, Σταματία Αρτέμη ², Ανθούλα Μαΐδου ³,
Χαρίτων Πολάτογλου ⁴

¹ Προπτυχιακός φοιτητής Τμήματος Φυσικής ΑΠΘ,
dtarnani@physics.auth.gr

² Υποψήφια Διδάκτορας Τμήματος Φυσικής ΑΠΘ,
stamart84@gmail.com

³ Υποψήφια Διδάκτορας Πανεπιστημίου Ιωαννίνων,
anthoula.maidou@gmail.com

⁴ Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Φυσικής ΑΠΘ
hariton@physics.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι «Τετάρτες στη Σχολή Θετικών Επιστημών» αποτελούν μια δραστηριότητα που υλοποιείται τα τελευταία τέσσερα χρόνια στο Τμήμα Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Η δράση απευθύνεται σε μαθητές/-τριες Λυκείου και το περιεχόμενό της είναι δυναμικό. Βασική της επιδίωξη είναι η εξοικείωση των μαθητών με την εφαρμογή της επιστημονικής μεθόδου μέσω διερευνητικών δραστηριοτήτων που υλοποιούνται σε ένα ομαδοσυνεργατικό περιβάλλον. Στην ιστοσελίδα <http://wednesday-at-university.wikispaces.com> φιλοξενούνται κάποιες από τις δραστηριότητες διευρενητικής μάθησης που υλοποιήθηκαν κατά καιρούς. Σκοπός του wiki δεν είναι απλά η παρουσίαση μιας σειράς δραστηριοτήτων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν οι ενδιαφερόμενοι εκπαιδευτικοί, αλλά μέσω αυτής να έρθουν σε επαφή εκπαιδευτικοί που υλοποιούν παρόμοιες δραστηριότητες στη τάξη τους και να ανταλλάξουν απόψεις και ιδέες.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: wiki, διερευνητική μάθηση, ομαδοσυνεργατική διδασκαλία, μη τυπική εκπαίδευση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Web 2.0 αναφέρεται στον παγκόσμιο ιστό που χρησιμοποιεί τεχνολογία πέρα από τις στατικές σελίδες. Μια ιστοσελίδα Web 2.0 επιτρέπει τους χρήστες να αλληλεπιδρούν και να συνεργάζονται μεταξύ τους. Ο όρος Web 2.0 χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από την Darcy DiNucci το 1999 (DiNucci, 1999). Μία από τις εφαρμογές του Web 2.0 είναι

και οι ιστοσελίδες τύπου wiki. Τα wikis επιτρέπουν τη συνεργατική τροποποίηση, επέκταση ή διαγραφή του περιεχομένου και της δομής της ιστοσελίδας. Η ειδοποιός διαφορά τους με τα blogs είναι ότι το περιεχόμενο των wikis δημιουργείται χωρίς να υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος δημιουργός ή υπεύθυνος για τη δομή. Η δομή και το περιεχόμενό τους δημιουργείται από τις ανάγκες των χρηστών. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα σύστημα διαχείρισης περιεχομένου που χρησιμεύει στην κοινότητα των χρηστών του ως αποθετήριο ιδεών, προτάσεων, κλπ, ανάλογα με τα ενδιαφέροντα των χρηστών του εκάστοτε wiki. Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί wikis αφιερωμένα σε ένα ευρύ φάσμα θεμάτων: από επιστημονικά αντικείμενα μέχρι ταινίες και μουσικά συγκροτήματα. Επιπλέον, τέτοιου τύπου ιστοσελίδες έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται και στο χώρο της εκπαίδευσης.

Για τη δική μας δραστηριότητα, τη δραστηριότητα οι “Τετάρτες στην Σχολή Θετικών Επιστημών”, δημιουργήσαμε ένα wiki με σκοπό τη συλλογή και περιγραφή των δράσεων που κάνουμε στις “Τετάρτες”.

ΟΙ «ΤΕΤΑΡΤΕΣ ΣΤΗ ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ»

Διδακτικά Πρότυπα

Σύμφωνα με τους Linn, Davis, & Bell (2004) η διερεύνηση (inquiry) μπορεί να οριστεί ως «...*the intentional process of diagnosing problems, critiquing experiments, and distinguishing alternatives, planning investigations, researching conjectures, searching for information, constructing models, debating with peers, and forming coherent arguments*...». Η στροφή προς το διερευνητικό μοντέλο διδασκαλίας θεωρείται ότι μπορεί να αποτελέσει ένα ουσιαστικό κομμάτι της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, συντελώντας στην καλλιέργεια ικανοτήτων και δεξιοτήτων και βελτιώνοντας τις στάσεις των παιδιών απέναντι στις θετικές επιστήμες (Rocard et al, 2007; Osborne, & Dillon, 2008). Στο διερευνητικό μοντέλο διδασκαλίας (Inquiry Based Teaching) μπορούν να διακριθούν τρία επίπεδα διερεύνησης: η «Δομημένη», η «Καθοδηγούμενη» και η «Ανοιχτή» (Bogner, Schmid, & Dieser, 2013). Καθώς προχωράμε από το πρώτο προς το τρίτο, ο μαθητής αποκτά περισσότερη ελευθερία (ως προς την επιλογή των υλικών που θα χρησιμοποιήσει, τη μέθοδο που θα ακολουθήσει ή ακόμα και την ίδια την επιλογή του ερωτήματος που θέλει να διερευνήσει). Στη βιβλιογραφία συναντάμε αρκετές εναλλακτικές προσεγγίσεις στη διερευνητική μάθηση, όπως είναι για παράδειγμα η μάθηση που βασίζεται στην επίλυση προβλημάτων (Problem Based Learning), οι μελέτες μικρής κλίμακας (Small Scale Investigations), οι ερευνητικές εργασίες (Projects) κ.ά. (Kahn, & O'Rourke, 2005). Μία βασική ομοιότητα όλων αυτών των προσεγγίσεων αποτελεί η χρήση του επιστημονικού τρόπου σκέψης για τη μελέτη του κόσμου που μας περιβάλλει. Τα στάδια της «επιστημονικής μεθόδου» (παρατήρηση, διατύπωση υπόθεσης, σχεδιασμός και εκτέλεση πειράματος προσδιορίζοντας τις μεταβλητές του προβλήματος, επεξεργασία αποτελεσμάτων, παρουσίαση συμπερασμάτων κλπ) περιγράφουν ένα σύνολο επιστημονικών διαδικασιών που βοηθούν τα παιδιά να αποκτήσουν δεξιότητες χρήσιμες για τη μετέπειτα ζωή τους (Χαλκιά, 2012).

Όπως υποστηρίζεται στη θεωρία του κοινωνικού εποικοδομητισμού, θεμελιωτής της οποίας θεωρείται ο σοβιετικός ψυχολόγος Lev Vygotsky, η πολυδιάστατη διαδικασία της μάθησης δεν αποτελεί μια «μοναχική πορεία» αλλά συντελείται μέσω των αλληλεπιδράσεων του ατόμου με τα υπόλοιπα μέλη των διάφορων κοινωνικών ομάδων που αυτό εντάσσεται στην πορεία της ζωής του. Το ομαδοσυνεργατικό μοντέλο διδασκαλίας είναι πλήρως εναρμονισμένο με τη θεωρία του κοινωνικού εποικοδομητισμού, χρησιμοποιώντας την ομάδα ως επίκεντρο των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων. Η ομαδοσυνεργατική διδασκαλία έχει εφαρμοστεί με ιδιαίτερα ενθαρρυντικά αποτελέσματα σε μία σειρά διδακτικών αντικειμένων, ανάμεσα στα οποία ανήκει και η διδακτική των θετικών επιστημών (Μπομπέτσης, & Στεφανή, 2004; Κόκκοτας & Πήλιουρας, 2009). Τα αποτελέσματα από τη χρήση της μεθόδου είναι πολυεπίπεδα. Πιο συγκεκριμένα, σε ανασκοπήσεις ερευνητικών εργασιών από την ελληνική και ξενόγλωσση βιβλιογραφία (Ματσαγγούρας, 2004; Κακανά, 2008) υποστηρίζεται ότι η χρήση του μοντέλου μπορεί να συντελέσει στην ανάπτυξη κοινωνικών και συνεργατικών δεξιοτήτων, στην καλλιέργεια της κριτικής σκέψης καθώς και στη βελτίωση της στάσης των μαθητών απέναντι στο ίδιο το αντικείμενο της διδασκαλίας. Επιπλέον, προτείνεται ότι η ομαδοσυνεργατική μέθοδος μπορεί να είναι αποτελεσματική και στη βελτίωση της ακαδημαϊκής επίδοσης των μαθητών.

Βασικά χαρακτηριστικά της δράσης

Οι «Τετάρτες στη Σχολή Θετικών Επιστημών» αποτελούν μία μη τυπική μορφή εκπαίδευσης. Η δραστηριότητα υλοποιείται τα τελευταία τέσσερα χρόνια στο Τμήμα Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ), με την έγκριση του Τμήματος Φυσικής και της Περιφερειακής Διεύθυνσης Εκπαίδευσης Κεντρικής Μακεδονίας. Απευθύνεται σε μαθητές και μαθήτριες που φοιτούν σε Λύκεια της Θεσσαλονίκης και των γύρω περιοχών και λαμβάνει χώρα σε εβδομαδιαία βάση από τον Οκτώβριο μέχρι τον Μάιο κάθε σχολικού έτους.

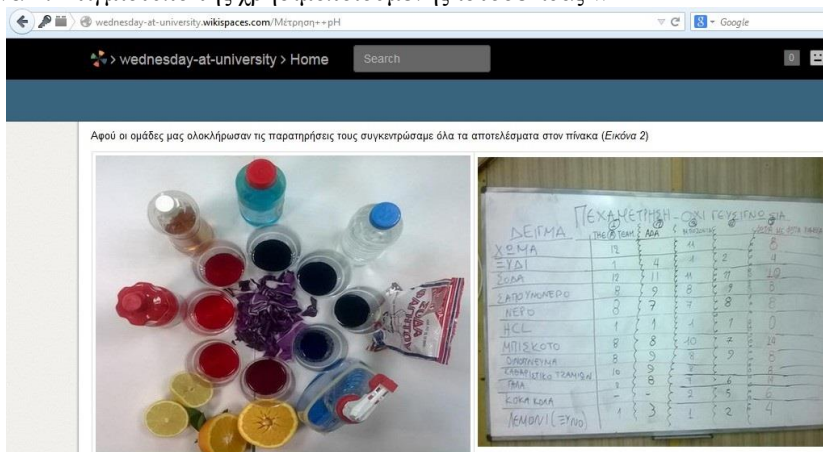
Το περιεχόμενο της δράσης είναι δυναμικό. Βασικό αντικείμενο αποτελούν οι δραστηριότητες διερευνητικής μάθησης που υλοποιούνται σε ένα ομαδοσυνεργατικό περιβάλλον διδασκαλίας. Ο ρόλος του διδάσκοντα εστιάζεται περισσότερο στο να εμπνυχώνει τις ομάδες και να συντονίζει τον διάλογο μεταξύ των μαθητών παρά στο να παρέχει αυστηρές οδηγίες. Καταβάλλεται, δηλαδή, προσπάθεια τα παιδιά να έρθουν σε επαφή με όσο το δυνατόν λιγότερο καθοδηγούμενες μορφές διερεύνησης. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον μάθησης, κέντρο της όλης διαδικασίας γίνεται ο ίδιος ο μαθητής, ο οποίος καλείται να επιστρατεύσει τη δημιουργικότητά του και, χρησιμοποιώντας τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, να σχεδιάσει και να εκτελέσει ένα κατάλληλο πείραμα προκειμένου να απαντήσει σε κάποιο ερώτημα. Οι δρόμοι που ακολουθούν οι μαθητές για τη μελέτη κάθε προβλήματος που τίθεται παρουσιάζουν ποικιλομορφία. Όπως τονίστηκε και προηγουμένως, η τάξη είναι οργανωμένη σε ομαδοσυνεργατικά πρότυπα. Οι μαθητές και οι μαθήτριες χωρίζονται σε ομάδες των 3-4 ατόμων. Ο χωρισμός σε ομάδες γίνεται συνήθως με τυχαίο τρόπο, ενώ οι ομάδες είναι μεταβλητές, δηλαδή αλλάζουν σε κάθε δραστηριότητα.

Κατά καιρούς οργανώνονται επίσης επισκέψεις σε εργαστήρια της Σχολής Θετικών Επιστημών, καθώς και διαλέξεις από μέλη ΔΕΠ και υπονηήσιους διδάκτορες. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές που συμμετέχουν έχουν την ευκαιρία να ενημερωθούν για θέματα αιχμής, να έρθουν σε επαφή με ερευνητές, να πληροφορηθούν για το αντικείμενο της δουλειάς τους και να τους θέσουν ακόμη τα δικά τους ερωτήματα. Εκπαιδευτικοί και γονείς είναι ευπρόσδεκτοι να παρευρίσκονται και να συμμετέχουν στις εβδομαδιαίες συναντήσεις.

Η ιστοσελίδα της δράσης

Πρόσφατα ξεκίνησε μια προσπάθεια καταγραφής κάποιων δραστηριοτήτων διερευνητικής μάθησης από αυτές που υλοποιήθηκαν κατά καιρούς στη δράση «Τετάρτες στη Σχολή Θετικών Επιστημών» μέσω της ιστοσελίδας <http://wednesday-at-university.wikispaces.com>. Πρόκειται για μία ιστοσελίδα wiki, η οποία είναι οργανωμένη κατά δραστηριότητα. Οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν κατά κύριο λόγο κατασκευές και πειράματα. Ένα στιγμιότυπο της ιστοσελίδας εμφανίζεται στην Εικόνα 1.

Εικόνα 1: Στιγμιότυπο της χρησιμοποιούμενης ιστοσελίδας wiki



Αφού οι ομάδες μας ολοκλήρωσαν τις παρατηρήσεις τους συγκεντρώσαμε όλα τα αποτελέσματα στον πίνακα (Εικόνα 2)

ΧΡΩΜΑ	PH	4	7	10
ΞΥΔΙ	1	4	7	10
ΞΥΔΑ	12	11	11	10
ΞΑΡΤΑΜΕΡΟ	12	9	8	8
ΝΕΡΟ	0	7	7	8
HCL	1	1	1	1
ΜΠΙΣΚΟΤΟ	8	8	10	10
ΣΤΡΩΣΤΗΝΑ	8	9	9	9
ΚΑΡΦΑΛΙΚΑ ΤΡΑΧΗΝ	10	9	7	6
ΡΕΛΑ	1	8	7	6
ΚΟΚΑ ΚΟΛΑ	-	3	5	6
ΓΕΛΟΥ (ΞΥΔΟ)	1	3	1	2

Εικόνα 2: Η κάθε ομάδα καταγράφει τα αποτελέσματά της και γίνεται συζήτηση σε ολόμικρο.

Πιθανά θέματα συζήτησης

- Πού οφείλονται οι διαφορές στο pH που σημειώνονται ανάμεσα στις ομάδες; Είναι η μέθοδος που χρησιμοποιήσαμε ακριβής;
- Υπάρχουν άλλοι τρόποι να μετράσουμε το pH;
- Συχνά αντικείμενα όπως οι βραστήρες, το ατμοσίδηρο ή ακόμα και τα ποτήρια ζέσεως του εργαστηρίου πίνουν "άλατα" όπως συνηθίζουμε να

Κάθε δραστηριότητα ξεκινά με την καταγραφή των απαιτούμενων υλικών. Τα χρησιμοποιούμενα υλικά είναι συνήθως αντικείμενα της καθημερινής ζωής των μαθητών. Η επιλογή αυτή δικαιολογείται αφενός, διότι με τον τρόπο αυτό μπορούν εύκολα να εξοπλιστούν πολλοί πάγκοι εργασίας (κάτι που αποτελεί μια βασική προϋπόθεση της εργασίας σε ομάδες) με τα απαραίτητα υλικά χωρίς ιδιαίτερα υψηλό κόστος και αφετέρου,

διότι ο μαθητής μπορεί ευκολότερα να εστιάσει την προσοχή του στο ίδιο το φαινόμενο και όχι στη χρησιμοποιούμενη συσκευή (Κουμαράς, 2011).

Στη συνέχεια, σκιαγραφείται μια ενδεικτική περιγραφή της πορείας της όλης διαδικασίας. Επιπλέον, διευκρινίζονται οι σκοποί, οι στόχοι καθώς και ο απαιτούμενος διδακτικός χρόνος, ενώ προτείνονται πιθανά θέματα συζήτησης για να γίνουν τόσο η εισαγωγή στο εκάστοτε θέμα όσο και οι απαραίτητες προεκτάσεις, συνδέοντας έτσι τα συμπεράσματα των πειραμάτων με φαινόμενα της καθημερινότητας. Τέλος, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην καταγραφή των προβλημάτων και των δυσκολιών που συναντήσαμε κατά την εκτέλεση των πειραμάτων.

Συνεργατική ανάπτυξη ιστοσελίδας

Όπως ήδη αναφέρθηκε προηγουμένως, η ιστοσελίδα που φιλοξενεί τις δραστηριότητες αυτές είναι μία ιστοσελίδα τύπου wiki. Ο λόγος που επιλέχθηκε ένα τέτοιο εργαλείο για την ανάπτυξη της ιστοσελίδας είναι ότι αποτελεί ένα μέσο ασύγχρονης συνεργατικής ανάπτυξης περιεχομένου. Πιο συγκεκριμένα, η ιστοσελίδα λειτούργησε, αρχικά, ως ένα «ημερολόγιο», διευκολύνοντας τη συνεργασία μεταξύ των μελών της ομάδας έργου και βοηθώντας στην προετοιμασία κάθε επιμέρους δραστηριότητας σε εβδομαδιαία βάση. Στο άμεσο μέλλον, ευελπιστούμε ότι θα καταγραφούν περισσότερες δραστηριότητες και θα εμπλουτιστούν οι ήδη υπάρχουσες με νέες ιδέες με τη συνεισφορά εκπαιδευτικών που υλοποιούν παρόμοιες δραστηριότητες στη δική τους τάξη.

Βασική επιδίωξη της σελίδας, λοιπόν, δεν είναι να παρουσιάσει απλά μια σειρά δραστηριοτήτων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από τους ενδιαφερόμενους εκπαιδευτικούς, αλλά να λειτουργήσει ως μία πλατφόρμα επικοινωνίας και ανταλλαγής απόψεων και ιδεών. Με τον τρόπο αυτό, το εκπαιδευτικό υλικό που υπάρχει αυτήν τη στιγμή αναρτημένο στην ιστοσελίδα μπορεί να βελτιωθεί και να εμπλουτιστεί με νέες δραστηριότητες από κάθε ενδιαφερόμενο. Περισσότερες πληροφορίες για το πώς μπορείτε να συμμετέχετε στην προσπάθεια αυτή μπορείτε να βρείτε στην ιστοσελίδα.

Παράδειγμα δραστηριότητας

Παρακάτω ακολουθεί η συνοπτική περιγραφή μιας δραστηριότητας που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της δράσης. Η δραστηριότητα αποτελεί μια παραλλαγή του πειράματος που προτείνεται για την επαλήθευση του Νόμου του Hooke. Στα πλαίσια της τυπικής εκπαίδευσης τέτοιου είδους πειράματα χρησιμοποιούνται συνήθως για την παρατήρηση ενός νόμου στο εργαστήριο, αφού πρώτα έχει ολοκληρωθεί η διδασκαλία της αντίστοιχης θεωρίας. Η διαφοροποίηση που προτείνεται εδώ έγκειται αφενός στο ότι τα χρησιμοποιούμενα υλικά είναι παρμένα από την καθημερινή ζωή του μαθητή, αφετέρου στο ότι δεν διευκρινίζεται εκ των προτέρων με ποια έννοια της σχολικής ύλης συνδέεται το πείραμα.

Η δραστηριότητα ξεκινάει θέτοντας το πρόβλημα: «Πώς είναι δυνατόν να υπολογίσω την ποσότητα του νερού που περιέχεται σε ένα πλαστικό μπουκάλι που είναι καλυμμένο με αλουμινοχαρτό;». Ακολουθεί συζήτηση μεταξύ των μελών κάθε ομάδας και εξερεύνηση των διαθέσιμων υλικών που υπάρχουν στην αίθουσα. Τα διαθέσιμα υλικά

που υπάρχουν στον κοινόχρηστο πάγκο είναι τα εξής: μετροταινίες, πλαστικά μπουκάλια νερού 0.5 lt λίτρου, διάφορα λαστιχάκια (λιγότερο και περισσότερο «σκληρά») και στατήρες.

Οι περισσότεροι υποστηρίζουν ότι θα μπορούσαμε να φτιάξουμε μία ζυγαριά αξιοποιώντας την επιμήκυνση του λάστιχου. Όσο περισσότερο νερό περιέχεται στο μπουκάλι, τόσο μεγαλύτερη αναμένεται ότι θα είναι η επιμήκυνση του λάστιχου. Αν θέλουμε, όμως, η ζυγαριά μας να είναι λειτουργική και να μας επιτρέπει να ζυγίσουμε και άλλα αντικείμενα, θα πρέπει πρώτα να μελετηθούν οι παράμετροι που μπορούν να επηρεάσουν την επιμήκυνση του λάστιχου. Κάθε ομάδα στήνει τη δική της πειραματική διάταξη η οποία μοιάζει λίγο ή πολύ με αυτήν που παρουσιάζεται στην Εικόνα 2. Αυξομειώνοντας τη στάθμη του νερού στο μπουκάλι λαμβάνονται μετρήσεις της επιμήκυνσης. Στο σημείο αυτό, ζητείται από τους μαθητές να παρουσιάσουν τα αποτελέσματά τους σε μία γραφική παράσταση, προκειμένου να εξάγουν το νόμο που φαίνεται να διέπει το φαινόμενο αυτό σύμφωνα με τις πειραματικές τους μετρήσεις.

Εικόνα 2: Η χρησιμοποιούμενη πειραματική διάταξη για την πειραματική παρατήρηση του νόμου του Hooke και της περιορισμένης ισχύς του. Οι μαθητές μεταβάλλουν τη στάθμη του νερού και μετρούν την επιμήκυνση του λάστιχου.

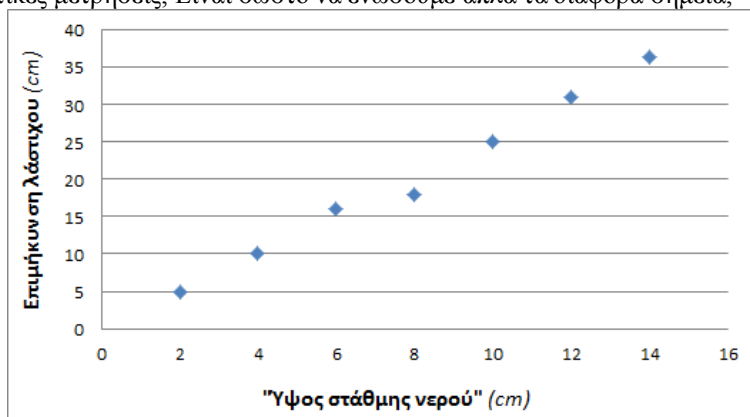


Οι παράμετροι που επιλέγουν οι μαθητές να μελετήσουν είναι: η σκληρότητα των λάστιχων, το χρώμα των λάστιχων, το αν το λάστιχο έχει χρησιμοποιηθεί ξανά. Προκειμένου να γίνει σωστά η μελέτη της επίδρασης μιας παραμέτρου (ή μιας ανεξάρτητης μεταβλητής όπως συνηθίζουμε να λέμε) στην επιμήκυνση του λάστιχου, απαιτείται η χρήση της μεθόδου του fair-testing, δηλαδή του σχεδιασμού και της υλοποίησης ενός πειράματος στο οποίο όλες οι άλλες ανεξάρτητες μεταβλητές παραμένουν σταθερές εκτός από αυτήν που θέλουμε να μελετήσουμε.

Για τη δημιουργία της γραφικής παράστασης οι περισσότερες ομάδες προτίμησαν να χρησιμοποιήσουν τις μεταβλητές «Επιμήκυνση» και «Ύψος νερού». Το

ύψος της στάθμης του νερού αποτελεί μια άτυπη μονάδα μέτρησης που συνδέεται με την «ποσότητα νερού που περιέχει το μπουκάλι» διευκολύνοντας τους μαθητές στην διαπραγματεύση του φαινομένου. Παρότι η επιλογή μιας τέτοιας μεταβλητής από μέρους των παιδιών δείχνει μια κάποια ευρηματικότητα, στο σημείο αυτό δεν μπορούμε να είμαστε βέβαιοι αν οι μαθητές συνδέουν την επιμήκυνση με τη μεταβολή της μάζας ή του βάρους του μπουκαλιού. Με τη βοήθεια της γραφικής παράστασης μπορεί να γίνει πια ο προσδιορισμός της στάθμης του νερού που περιέχεται στο μπουκάλι. Στην Εικόνα 2 παρουσιάζονται οι μετρήσεις που συνέλεξε μία από τις ομάδες. Σε αντίθεση με τον τρόπο που παρουσιάζεται εδώ, χάριν καλύτερης εποπτείας, η τοποθέτηση των πειραματικών σημείων στους άξονες έγινε σε χαρτί μιλιμετρέ χωρίς τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Από τη μορφή του διαγράμματος γίνεται φανερό ότι οι πειραματικές τιμές της συγκεκριμένης ομάδας βρίσκονται στην γραμμική περιοχή στην οποία ισχύει ο νόμος του Hooke. Κάποιες άλλες ομάδες γέμισαν πολύ περισσότερο το μπουκάλι τους, περνώντας έτσι στη μη- γραμμική περιοχή του φαινομένου. Η διαφοροποίηση αυτή στα αποτελέσματα των ομάδων αποτελεί απόρροια του ότι ο διδάσκοντας επιτρέπει στα ίδια τα παιδιά να επιλέξουν το εύρος των τιμών που θα δώσουν στην ανεξάρτητη μεταβλητή και μπορεί να αξιοποιηθεί διδακτικά κατά τη συζήτηση σε ολομέλεια που γίνεται πριν τη λήξη της δραστηριότητας.

Εικόνα 2: Τα πειραματικά σημεία παρουσιάζονται σε σύστημα αξόνων και γίνεται η γραφική παράσταση. Πώς μπορούμε να εξάγουμε έναν εμπειρικό νόμο χρησιμοποιώντας πειραματικές μετρήσεις; Είναι σωστό να ενώσουμε απλά τα διάφορα σημεία;



Αφού οι μαθητές ολοκληρώσουν τις μετρήσεις τους και έχουν οδηγηθεί στα πρώτα συμπεράσματα, ξεκινάει η συζήτηση σε ολομέλεια. Κάθε ομάδα παρουσιάζει τα αποτελέσματά της και γίνεται συζήτηση για το κατά πόσο τα συμπεράσματα των ομάδων συμφωνούν μεταξύ τους καθώς και για το αν επιβεβαιώνουν ή αντικρούουν τις αρχικές τους υποθέσεις.

Είναι, τελικά, η συσκευή που κατασκευάστηκε ένα δυναμόμετρο ή μια συσκευή για τη μέτρηση της μάζας; Με άλλα λόγια, η συσκευή που κατασκευάστηκε είναι σε θέση να μετρήσει τη μάζα του μπουκαλιού ή το βάρος του; Μία μαθήτρια της Β' Λυκείου σε μια προσπάθεια να πείσει τους υπόλοιπους υποστηρίζει ότι *“Η συσκευή δεν μπορεί παρά να μετράει τη δύναμη...! Κοιτάζτε για παράδειγμα το εξής: αν τραβήξω προς τα κάτω το μπουκάλι, η επιμήκυνση αυξάνεται χωρίς να έχει μεταβληθεί η μάζα του νερού...”*.

Προεκτάσεις και θέματα συζήτησης:

- Ποια είναι η σχέση που συνδέει τα μεγέθη “επιμήκυνση” και “βάρος μπουκαλιού”; Ισχύει η γραμμική σχέση όσο και αν αυξηθεί η στάθμη του περιεχόμενου νερού;
- Ποιες άλλες παράμετροι είναι σε θέση να επηρεάσουν την επιμήκυνση του λάστιχου; Τι θα γινότανε αν θερμαίναμε, για παράδειγμα, το λάστιχο με ένα σεσουάρ;
- Υπάρχουν εναλλακτικοί τρόποι να γίνει ο προσδιορισμός της ποσότητας του νερού που περιέχεται στο μπουκάλι; Μία ομάδα πρότεινε έναν διαφορετικό τρόπο εργασίας για να απαντηθεί το συγκεκριμένο ερώτημα. Η προτεινόμενη «ζυγαριά» δουλεύει αξιοποιώντας την αρχή του Αρχιμήδη. Τι υλικά θα χρειαζόντουσαν για την υλοποίηση του συγκεκριμένου πειράματος; Ποια θα έπρεπε να είναι, στην περίπτωση αυτή, η ακολουθούμενη πορεία;

Αποτελέσματα

Η ανάπτυξη του wiki για τις «Τετάρτες στη Σχολή Θετικών Επιστημών» διευκόλυνε την επικοινωνία μεταξύ των μελών της ομάδας μας και είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός αποθετηρίου δημιουργικών πειραμάτων που μπορεί να χρησιμοποιήσει κάθε ενδιαφερόμενος. Ευελπιστούμε ότι, μελλοντικά, ότι το καταθετήριο αυτό θα εμπλουτιστεί με νέα πειράματα και κατασκευές βοηθώντας μας να έρθουμε σε επαφή με εκπαιδευτικούς που υλοποιούν παρόμοιες δραστηριότητες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bogner, F.X., Schmid, S., & Diesler, O. (2013). *Η διαδρομή προς τη διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας (The pathway to inquiry based science education)* [Έγγραφο σε ηλεκτρονική μορφή στα πλαίσια ευρωπαϊκού έργου]. Ανακτήθηκε 1 Σεπτεμβρίου 2014, από <http://www.pathway-project.eu>.
- DiNucci, D. (1999). *Fragmented Future*. Print 53 (4): 32.
- Κακανά, Δ.Μ. (2008). *Η ομαδοσυνεργατική διδασκαλία και μάθηση: Θεωρητικές προσεγγίσεις και εκπαιδευτικές προοπτικές*. Θεσσαλονίκη: Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε.
- Κόκκοτας, Π. & Πήλιουρας Π. (2009). Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών σε ένα συνεργατικό μαθησιακό περιβάλλον. *Διδασκαλία φυσικών επιστημών - Έρευνα & Πράξη*, 8 (3), 11-17.

- Κουμαράς, Π. (2011). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της φυσικής* (6^η έκδοση). Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.
- Kahn, P., & O'Rourke, K. (2005). Understanding enquiry-based learning.
- Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell, P. (Eds.). (2004). *Internet environments for science education*. Routledge.
- Ματσαγγούρας, Η.Γ. (2004). *Ομαδοσυνεργατική διδασκαλία και μάθηση* (3^η έκδοση). Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.
- Μπομπέτσης, Α., & Στεφανή, Χ. (2004). Εφαρμογή της ομαδοσυνεργατικής μεθόδου στην εργαστηριακή διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Έρευνα και Πράξη, Ε.ΔΙ.Φ.Ε. Τρίμηνη Έκδοση για την Εκπαίδευση*, Τεύχος 8-9, Απρίλιος-Μάιος-Ιούνιος 2004, σελ. 22-31.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections* (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Wallberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Χαλκιά, Κ. (2012). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη

Ο αιτιακός συλλογισμός των μαθητών ως παράγοντας για το σχεδιασμό διδακτικού υλικού στις Φυσικές Επιστήμες

Παρασκευή Τσακμάκη¹ και Παναγιώτης Κουμαράς²

¹ Γυμνάσιο Γουμένισσας,² Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ.
vsakmaki@gmail.com, koumaras@eled.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή αρχικά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ανασκόπησης της έρευνας που έχει γίνει με σκοπό την αναζήτηση ενός νοητικού σχήματος από το οποίο πιθανόν προκύπτουν πολλές από τις καταγραμμένες ιδέες των μαθητών σε πολλές θεματικές περιοχές της Φυσικής. Στη συνέχεια, στο πλαίσιο του αιτιακού συλλογισμού που και από τη βιβλιογραφία έχει καταγραφεί ως το πιθανό γενεσιουργό νοητικό σχήμα, προτείνονται δύο κανόνες που φαίνεται ότι μπορούν να ερμηνεύσουν την προέλευση μέρους των ιδεών των μαθητών. Για να ελεγχθεί η ερμηνευτική ισχύς των προτεινόμενων κανόνων επιχειρείται η επανερμηνεία παλαιότερων ερευνητικών δεδομένων από τη θεματική περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και ειδικότερα του μοντέλου «δίνω και παίρνω». Τέλος προτείνονται δύο πειράματα τα αποτελέσματα των οποίων οι μαθητές αδυνατούν όχι μόνο να προβλέψουν αλλά ακόμη και να ερμηνεύσουν εκ των υστέρων. Αυτό θεωρούμε ότι καθιστά τα πειράματα «κρίσιμα», παραγωγικά για τη διδασκαλία και τη μάθηση.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: αιτιακός συλλογισμός, κρίσιμα πειράματα, ιδέες των μαθητών

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία, τουλάχιστον, τριάντα χρόνια πλήθος ερευνών έχουν αναδείξει τη παγκοσμιότητα και τη διαχρονικότητα ιδεών που χρησιμοποιούν μαθητές και φοιτητές για την περιγραφή και ερμηνεία φαινομένων ή καταστάσεων που είναι αντικείμενα διδασκαλίας της Φυσικής. Το κύριο αποτέλεσμα αυτών των ερευνών είναι ότι οι ιδέες των μαθητών πριν τη διδασκαλία απέχουν πολύ από τις επιστημονικές ιδέες, ενώ μετά τη διδασκαλία εξελίσσονται μόνο κατά έναν πολύ μικρό βαθμό προς την κατεύθυνση της επιθυμητής γνώσης. Οι ιδέες αυτές εμφανίζουν απρόσμενη ανθεκτικότητα στην αλλαγή, η οποία παρατηρήθηκε τόσο σε φοιτητές όσο και σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Champagne, Klopfer & Anderson, 1980; Clement, 1982; Cohen, Eylon & Ganiel, 1983; McDermott, 1984; Driver & Warrington, 1985; Halloun & Hestenes, 1985a, b; Gunstone, 1987; Sadanand & Kess, 1990).

Σε αυτές τις αρχικές ιδέες έχουν δοθεί διάφορα ονόματα. Ο δάσκαλος που πιστεύει ότι έχει εκτελέσει επαρκώς το εκπαιδευτικό του έργο τείνει να αποκαλεί τις απαντήσεις των μαθητών του «λανθασμένες ιδέες» (misconceptions). Αντίθετα, οι ερευνητές της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών χρησιμοποιούν τους όρους «εναλλακτικές ιδέες» (Driver, 1983), ή «εναλλακτικές απόψεις» (Κουμαράς, 1989), «επιστήμη των παιδιών» (Osborne et al., 1983) ή «καθημερινές ιδέες για τη Φυσική» (Anderson, 1986), υποδεικνύοντας ότι οι ιδέες των μαθητών θεωρούνται αποτέλεσμα του δικού τους τρόπου σκέψης, καθώς κάθε παιδί προσπαθεί να κατανοήσει τον κόσμο τριγύρω του. Ενώ αρχικά οι ιδέες των μαθητών θεωρήθηκαν ασύνδετες και κατακερματισμένες, σύντομα διατυπώθηκαν απόψεις σύμφωνα με τις οποίες στις ιδέες αυτές διακρίνεται μία δομή και μία συνεκτικότητα.

Η ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ «ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΜΟΡΦΗΣ» (GESTALT) ΤΗΣ ΑΙΤΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ANDERSON

Ο Anderson (1986) φαίνεται να είναι ο πρώτος που επιχειρεί να αναζητήσει κάτι κοινό που να ερμηνεύει βιβλιογραφικά καταγεγραμμένες ερμηνείες και προβλέψεις των μαθητών για ένα ευρύ φάσμα θεματικών περιοχών, όπως είναι η θερμότητα, ο ηλεκτρισμός, η οπτική και η μηχανική. Αποκαλεί αυτόν τον πυρήνα εμπειρική «ψυχολογία της μορφής» (gestalt) της αιτιότητας. Ο όρος, ο οποίος εισήχθη από τους Lakoff and Johnson (1980), σημαίνει ένα σύστημα το οποίο αποτελείται από έναν αριθμό διακριτών συνιστωσών που όλες μαζί συνιστούν ένα όλον το οποίο είναι περισσότερο θεμελιώδες από τα μέρη του. Η ολότητα είναι κάτι περισσότερο από το άθροισμα των μερών της.

Τα βασικά στοιχεία του μοντέλου των Lakoff και Johnson για την αιτιότητα είναι ο δράστης, το μέσο και ο αποδέκτης (agent-instrument-patient). Ο δράστης δια του μέσου δρα στον αποδέκτη και προκαλεί ένα αποτέλεσμα. Το μοντέλο διαθέτει δώδεκα ιδιότητες (Lakoff & Johnson, 1980) οι οποίες περιγράφουν - χαρακτηρίζουν ένα πρότυπο της αιτιότητας, υπό την έννοια ότι επαναλαμβάνονται ξανά και ξανά στην καθημερινή μας ζωή. Ο Anderson (1986) θεωρεί ότι η αιτιότητα, η οποία εμφανίζεται ήδη στα νήπια, αναπτύσσεται καθώς το παιδί εξερευνά τον κόσμο και προσθέτει τις εξής νέες ιδιότητες στις δώδεκα των Lakoff και Johnson (1980):

1. Όσο μεγαλύτερη προσπάθεια καταβάλει ο δράστης, τόσο μεγαλύτερο το αποτέλεσμα.
2. Διαφορετικοί αποδέκτες αντιδέκονται σε διαφορετικό βαθμό.
3. Πολλοί δράστες έχουν μεγαλύτερη επίδραση από έναν.
4. Ο δράστης δεν είναι κατ' ανάγκη πρόσωπο: μπορεί να είναι ένα αντικείμενο σε κίνηση.
5. Το μέσο δεν είναι απαραίτητα ένα στερεό σώμα σε επαφή με το δράστη και τον αποδέκτη.
6. Αιτίες και αποτελέσματα μπορούν να σχηματίσουν αιτιακές αλυσίδες.
7. Μεταξύ δράστη και μέσου και μεταξύ μέσου και αποδέκτη υπάρχει άμεση φυσική επαφή.

8. Όσο πιο κοντά είναι ο δράστης και ο αποδέκτης τόσο μεγαλύτερο το αποτέλεσμα.

Ο Anderson αξιοποιεί το μοντέλο αυτό και στηριζόμενος στα βασικά του στοιχεία επιχειρεί να αποδείξει ότι αποτελεί κοινό γενεσιουργό αίτιο για πολλές καταγεγραμμένες ιδέες των μαθητών. Ωστόσο, το μοντέλο του, το οποίο επιχειρεί να εφαρμόσει σε αρκετούς κλάδους της Φυσικής, έχει μειονεκτήματα: αποτελείται από πάρα πολλούς κανόνες οι οποίοι φαίνεται να διατυπώνονται *ad hoc* ώστε να προσδώσουν συνοχή και ερμηνευτική ισχύ στο μοντέλο. Επιπλέον, η προβλεπτική του ισχύς σε διάφορες καταστάσεις, είναι σε ασυμφωνία με ό,τι τελικά παρατηρείται.

ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΑΙΤΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΩΝ VIENNOT-ROZIER

Η Rozier (1988) πρότεινε για την ενοποίηση των αποτελεσμάτων της έρευνας στο χώρο των ιδεών των μαθητών, το μοντέλο του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού. Το μοντέλο περιγράφει μάλλον τη μορφή παρά το περιεχόμενο του αιτιακού συλλογισμού. Η κεντρική ιδέα του είναι η απλή αρχή: μία αιτία, ένα αποτέλεσμα. Αυτή η αρχή οδηγεί σε αιτιακό συλλογισμό σε μία χρονική αλυσίδα, όπου το αποτέλεσμα μίας αιτίας λειτουργεί στη συνέχεια ως αιτία που παράγει ένα άλλο αποτέλεσμα και ούτω καθεξής.

Η Rozier χρησιμοποίησε το μοντέλο της για να περιγράψει – ερμηνεύσει εκ νέου αποτελέσματα άλλων ερευνητών: της Viennot (1979) σχετικά με την «εφαρμογή δύναμης», του Closset (1984) σχετικά με τον «ακολουθιακό συλλογισμό» και της Maurines (1986) σχετικά με το «συσχετιστικό συλλογισμό». Εντόπισε ότι πράγματι οι μαθητές στα αρχικά τους μοντέλα κατασκευάζουν σχέσεις μεταξύ μίας αιτίας και ενός αποτελέσματος, απλοποιώντας συνήθως το πρόβλημα χρησιμοποιώντας την ευριστική αγνόηση μικρών ή άγνωστων αιτιών ή χαρακτηριστικών. Έτσι, περιγράφει πώς τα υποκείμενα σχηματίζουν μια γραμμική αλυσίδα από γεγονότα (χρονική ακολουθία) αγνοώντας, όμως, αλληλεπιδράσεις μεταξύ του φυσικού συστήματος και του περιβάλλοντός του. Τελικά, το μοντέλο της Rozier δυσκολεύεται να ερμηνεύσει πολλά παραδείγματα όπου οι μαθητές αλλάζουν άποψη, ακόμη και μετακινούμενοι από σωστή σε λάθος θέση. Επίσης, δεν αναφέρεται στο περιεχόμενο του αιτιακού συλλογισμού και δεν φαίνεται να μπορεί να οδηγήσει σε προβλέψεις.

ΤΟ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ DE KLEER ΚΑΙ BROWN ΤΩΝ GUTIERREZ ΚΑΙ OGBORN

Οι De Kleer και Brown (1981) θεωρούν ότι ένα «γνωσιακό σύστημα» (είτε άνθρωπος είτε σύστημα τεχνητής νοημοσύνης) προκειμένου να προβλέψει την έκβαση ενός φαινομένου αξιοποιεί - χρησιμοποιεί ένα αιτιακό μοντέλο που στηρίζεται σε δύο αιτιακές αρχές: την αρχή της τοπικότητας, σύμφωνα με την οποία η αιτία τοποθετείται δομικά κοντά στο αποτέλεσμα της, και την αρχή της ασυμμετρίας, σύμφωνα με την οποία οι αιτίες προηγούνται (χρονικά) των αποτελεσμάτων τους.

Το μοντέλο των De Kleer και Brown εμπλουτίστηκε από τους Gutierrez και Ogborn (1992) οι οποίοι θεώρησαν απαραίτητο να προσθέσουν τρεις επιπλέον αιτιακές

αρχές στο παραπάνω μοντέλο, οι οποίες προκύπτουν από την φιλοσοφική ανάλυση του Bunge (1959). Έτσι, σύμφωνα με την ανάλυσή τους ένα αιτιακό μοντέλο, πέρα από τις αρχές της τοπικότητας και της ασυμμετρίας, χρησιμοποιεί επίσης: την αρχή της παραγωγικότητας (productivity), σύμφωνα με την οποία αν υπάρχει ένα αποτέλεσμα τότε αυτό προκαλείται πάντα από μία αιτία, την αρχή της σταθερότητας (constancy), σύμφωνα με την οποία αν υπάρχει αιτία τότε οπωσδήποτε προκύπτει αποτέλεσμα, και την αρχή της μοναδικότητας (uniqueness), σύμφωνα με την οποία η ίδια αιτία προκαλεί πάντα το ίδιο αποτέλεσμα.

Το πλεονέκτημα του μοντέλου τους, το οποίο θεωρεί τον αιτιακό συλλογισμό ως εργαλείο συγκρότησης του τρόπου με τον οποίο σκεφτόμαστε για τον κόσμο, είναι ότι παρέχει ένα θεωρητικό πλαίσιο ερμηνείας της αλλαγής των απόψεων και όχι μόνο συγκεκριμένων τρόπων σκέψης. Ωστόσο, μολονότι το μοντέλο των Gutierrez και Ogborn είναι πιο ολοκληρωμένο σε σχέση με τα προηγούμενα, έχει εφαρμοστεί σε περιορισμένο εύρος καταστάσεων ενώ, κατά τη γνώμη μας, αδυνατεί να ερμηνεύσει καταστάσεις στις οποίες ζητείται να προβλεφθεί ο προσανατολισμός ή/και η ένταση ενός αποτελέσματος. Δηλαδή, το μοντέλο τους επιμένει, όπως και το μοντέλο της Rozier περισσότερο στην περιγραφή της μορφής του αιτιακού συλλογισμού και λιγότερο στα χαρακτηριστικά του περιεχομένου του. Επιπλέον, φαίνεται ότι μολονότι η αρχή της μοναδικότητας είναι μία απαίτηση στο πλαίσιο μίας θεωρίας της κλασικής Φυσικής, οι ίδιοι οι μαθητές, όπως προκύπτει από απαντήσεις τους σε διάφορες ερωτήσεις, δεν την ακολουθούν κατ' ανάγκη.

ΜΙΑ ΝΕΑ ΑΠΟΠΕΙΡΑ ΕΡΜΗΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΙΔΕΩΝ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

Στην εργασία αυτή αποδεχόμαστε ότι το μοντέλο της αιτιότητας βρίσκεται πίσω από πολλές καταγραμμένες ιδέες των μαθητών και φοιτητών: κάποιος δρα (δράστης) με κάποιον τρόπο (μέσο) και υπάρχει ένας αποδέκτης της δράσης. Το θέμα που εγείρεται κατά τη γνώμη μας είναι αν στο πλαίσιο της αιτιότητας μπορούν να αναγνωριστούν γενικοί κανόνες τους οποίους ακολουθούν οι μαθητές στην προσπάθειά τους να ερμηνεύσουν ή να προβλέψουν καταστάσεις του γύρω τους κόσμου και αν τους χρησιμοποιούν για να απαντήσουν σε ερωτήσεις Φυσικής (Κουμαράς, υπό έκδοση).

Θεωρούμε, με βάση τις ερευνητικές προσπάθειες που παρουσιάστηκαν παραπάνω, ότι η προσπάθεια διατύπωσης ενός συνεκτικού συνόλου κανόνων που φαίνεται να ακολουθούν οι μαθητές στην προσπάθειά τους να ερμηνεύσουν μία προβληματική κατάσταση ή να προβλέψουν την έκβασή της, είναι καταρχήν δυνατή. Υποστηρίζουμε ότι, αν υπάρχουν, οι κανόνες αυτοί θα πρέπει:

- να είναι αρκετά γενικοί ώστε να μπορούν ευέλικτα να εφαρμοστούν σε διαφορετικές θεματικές περιοχές,
- να είναι λίγοι στον αριθμό ώστε να αποφεύγεται ο ad hoc χαρακτήρας τους,
- να μπορούν να οδηγήσουν σε ελέγξιμες προβλέψεις των απαντήσεων μαθητών σε πρωτόγνωρες προβληματικές καταστάσεις.

Στο πλαίσιο αυτό προτείνουμε δύο κανόνες, οι οποίοι αποτελούν μέρος από ένα σύνολο κανόνων που υποθέτουμε ότι χρησιμοποιούν οι μαθητές και φοιτητές για τις

προβλέψεις ή ερμηνείες τους. Θεωρώντας ότι αιτία είναι η ενέργεια ή μια ιδιότητα του (που αποδίδεται στον) δράστη και το αποτέλεσμα είναι ό,τι παθαίνει ή η νέα ιδιότητα που αποκτά ο αποδέκτης, οι κανόνες είναι οι εξής:

1ος κανόνας: η αιτία συνδέεται με τον δράστη και το αποτέλεσμα με τον αποδέκτη.

2ος κανόνας: το αποτέλεσμα είναι ανάλογο του αριθμού των δραστών και αντιστρόφως ανάλογο του αριθμού των αποδεκτών.

Υποστηρίζουμε, δηλαδή, ότι οι μαθητές θεωρούν το αίτιο συνδεδεμένο με αυτόν που δρα και προβλέπουν αποτέλεσμα συνδεδεμένο με τον αποδέκτη. Χρησιμοποιούν δε και ποσοτικές σχέσεις μεταξύ του αριθμού των δραστών και του αριθμού των αποδεκτών που προσδιορίζουν την ένταση του αποτελέσματος. Όταν ζητείται από μαθητές - φοιτητές να κάνουν μια πρόβλεψη τότε φαίνεται ότι, σε συνέπεια με την αιτιακή τους σκέψη, εκλαμβάνουν αυτού του είδους τις ερωτήσεις ως να αναζητούν το αποτέλεσμα που προκαλείται από κάποιο αίτιο, το οποίο συνδέουν με την κατάσταση που τους παρουσιάζεται ανάλογα με την εκφώνηση του προβλήματος.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΚΑΝΟΝΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΑΝΕΡΜΗΝΕΙΑ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

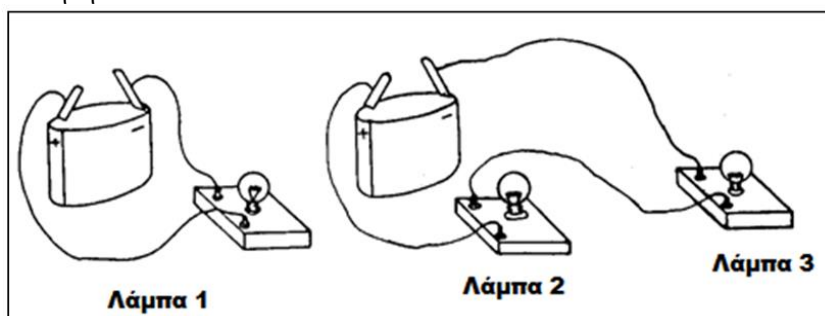
Για να ελεγχθεί η δυνατότητα ερμηνευτικής ισχύος των ιδεών των μαθητών από τους παραπάνω δύο κανόνες, θα επιχειρήσουμε την εκ νέου ανάλυση παλαιότερων ερευνητικών δεδομένων που προέρχονται από τη θεματική των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Το μοντέλο «δίνω και παίρνω» (give and take)

Ο Κουμαράς (1989) έθεσε σε 227 μαθητές της Β΄ Γυμνασίου και σε 313 μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου τις δυο παρακάτω ερωτήσεις:

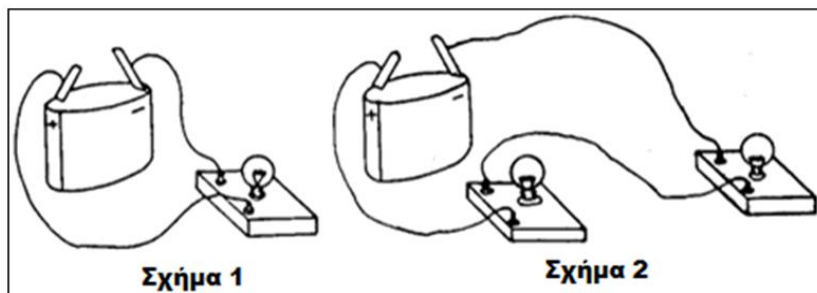
Ερώτηση 1

Οι λάμπες και οι μπαταρίες στα δύο σχήματα είναι εντελώς ίδιες μεταξύ τους. Η λάμπα 1 φωτοβολεί περισσότερο, λιγότερο ή το ίδιο έντονα με τη λάμπα 2; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.



Ερώτηση 2

Οι λάμπες και οι μπαταρίες στα δύο σχήματα είναι εντελώς ίδιες μεταξύ τους. Η μπαταρία στο Σχήμα 1 θα τελειώσει μαζί, αργότερα ή πιο γρήγορα από τη μπαταρία στο Σχήμα 2; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.



Στην ερώτηση 1 το 68% των μαθητών της Β΄ Γυμνασίου (πριν από τη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων) και το 75% των μαθητών της Γ΄ Γυμνασίου (μετά τη διδασκαλία) που μετείχαν στην έρευνα απάντησαν ότι η λάμπα 1 φωτοβολεί εντονότερα από τη λάμπα 2. Η ανάλυση των απαντήσεων δείχνει ότι οι μαθητές θεωρούν ότι η λάμπα ανάβει γιατί η μπαταρία δίνει κάτι σε αυτήν. Αυτό το κάτι η λάμπα 2 το μοιράζεται με την λάμπα 3 και άρα φωτοβολεί λιγότερο από την λάμπα 1 που δεν το μοιράζεται με κανέναν. Η μπαταρία είναι πηγή σταθερού «ρεύματος» το οποίο στην πρώτη περίπτωση πάει όλο στη λάμπα 1 ενώ η λάμπα 2 το μοιράζεται με τη λάμπα 3. Ο ερευνητής ονομάζει το μοντέλο «δίνω» (give).

Στην ερώτηση 2 το 82% των μαθητών της Β΄ Γυμνασίου και το 77% των μαθητών της Γ΄ Γυμνασίου που μετείχαν στην έρευνα, απάντησαν ότι θα τελειώσει πιο γρήγορα η μπαταρία στο κύκλωμα του σχήματος 2. Η ανάλυση των απαντήσεων δείχνει ότι οι μαθητές θεωρούν πως η μπαταρία τελειώνει γιατί η λάμπα παίρνει κάτι από αυτήν. Η λάμπα είναι καταναλωτής σταθερού «ρεύματος»: παίρνει σταθερά. Στην περίπτωση του κυκλώματος του σχήματος 1 παίρνει μια μόνο λάμπα, ενώ στο κύκλωμα του σχήματος 2 παίρνουν δυο λάμπες. Ο ερευνητής ονομάζει το μοντέλο «παίρνω» (take).

Χρησιμοποιώντας τέσσερα ζευγάρια ερωτήσεων, στα οποία η πρώτη ερώτηση ζητούσε πρόβλεψη για την ένταση λάμψης της λάμπας και η δεύτερη για τη διάρκεια ζωής μπαταρίας (μια μπαταρία με μια λάμπα έναντι μιας μπαταρίας με δυο λάμπες συνδεδεμένων μεταξύ τους σε σειρά ή παράλληλα, ή μια μπαταρία με μια λάμπα έναντι μιας λάμπας συνδεδεμένης με δυο μπαταρίες σε σειρά ή παράλληλα), ο ερευνητής συμπεραίνει ότι οι μαθητές που μετείχαν στην έρευνα φαίνεται να κάνουν προβλέψεις για λαμπρότητες λαμπών και διάρκεια μπαταριών σύμφωνα με τους εξής «νόμους» (Κουμαράς 1989, σ. 136):

1^{ος} «νόμος» λαμπρότητας: με όσο περισσότερες μπαταρίες συνδεθεί μια λάμπα τόσο εντονότερα φωτοβολεί,

2^{ος} «νόμος» λαμπρότητας: με όσο περισσότερες λάμπες συνδέεται μια μπαταρία, τόσο μειώνεται η λαμπρότητα κάθε λάμπας,

1^{ος} «νόμος» διάρκειας: με όσο περισσότερες μπαταρίες συνδεθεί μια λάμπα τόσο περισσότερο χρόνο διαρκούν οι μπαταρίες,

2^{ος} «νόμος» διάρκειας: με όσο περισσότερες λάμπες συνδέεται μια μπαταρία, τόσο λιγότερο χρόνο διαρκεί η μπαταρία.

Οι δύο πρώτοι «νόμοι» αφορούν ένταση λάμψης και συνδέονται με το μοντέλο «δίνω», οι επόμενοι δύο αφορούν διάρκεια της μπαταρίας και συνδέονται με το μοντέλο «παίρνω».

Ανάλυση του μοντέλου «δίνω και παίρνω» με βάση τους δύο κανόνες

Ας δούμε πώς οι δύο προτεινόμενοι αιτιακοί κανόνες, που διατυπώθηκαν παραπάνω, μπορούν να περιγράψουν την ανάδυση αυτών των τεσσάρων «νόμων» στις αιτιολογήσεις των μαθητών.

Στις ερωτήσεις που αφορούν ένταση λάμψης λαμπών, η κάθε ερώτηση υποδεικνύει στους μαθητές ότι υπάρχει αποτέλεσμα στη λάμπα (φωτοβολία της λάμπας), άρα σύμφωνα με τον πρώτο κανόνα, αυτή είναι ο αποδέκτης της δράσης που ασκεί η μπαταρία (ο δράστης δίνει). Ο δεύτερος προτεινόμενος κανόνας, το ότι το αποτέλεσμα είναι ανάλογο του αριθμού των δραστών, αιτιολογεί την καταγραφή των απόψεων που οδηγούν στον 1^ο «νόμο» της λαμπρότητας, ενώ το ότι το αποτέλεσμα είναι αντιστρόφως ανάλογο του αριθμού των αποδεκτών αιτιολογεί την ανάδυση του 2^{ου} «νόμου» της λαμπρότητας.

Στις ερωτήσεις που αφορούν διάρκεια ζωής μπαταρίας, η κάθε ερώτηση υποδεικνύει στους μαθητές ότι υπάρχει αποτέλεσμα στη μπαταρία («τελείωμα»-εξάντληση της μπαταρίας), άρα σύμφωνα με τον πρώτο κανόνα, αυτή είναι ο αποδέκτης της δράσης που ασκεί η λάμπα (ο δράστης παίρνει). Ο δεύτερος προτεινόμενος κανόνας, το ότι το αποτέλεσμα είναι ανάλογο του αριθμού των δραστών, αιτιολογεί την καταγραφή των απόψεων που οδηγούν στον 2^ο «νόμο» της διάρκειας, ενώ το ότι το αποτέλεσμα είναι αντιστρόφως ανάλογο του αριθμού των αποδεκτών αιτιολογεί την ανάδυση του 1^{ου} «νόμου» της διάρκειας.

Προκειμένου να εμβαθύνουμε περαιτέρω στην ανάλυση του μοντέλου «δίνω και παίρνω» με βάση τους δύο προτεινόμενους κανόνες, επιχειρήσαμε την ερμηνεία των δεδομένων που παρουσίασαν οι Koumaras, Kariotoglou & Psillos (1996b). Από τους ερευνητές αυτούς δόθηκαν, μεταξύ άλλων, οι δυο παραπάνω ερωτήσεις, η ερώτηση 1 ακριβώς στη μορφή που παρουσιάστηκε παραπάνω και η ερώτηση 2 με τη διαφοροποίηση αντί να ζητά αν «η μπαταρία στο σχήμα 1 θα τελειώσει μαζί, αργότερα ή πιο γρήγορα από τη μπαταρία στο σχήμα 2» να ζητά αν «η λάμπα στο σχήμα 1 θα είναι αναμμένη για περισσότερο, λιγότερο ή τον ίδιο χρόνο σε σχέση με τις λάμπες στο σχήμα 2». Αντίστοιχα υπήρχαν άλλα τέσσερα ζευγάρια ερωτήσεων στα οποία η πρώτη ερώτηση ζητούσε πρόβλεψη για ένταση λάμψης και η δεύτερη για διάρκεια λάμψης. Η διαφορά, δηλαδή, από τις προηγούμενες ερωτήσεις ήταν ότι η ερώτηση για τη διάρκεια δεν αφορούσε τη

διάρκεια ζωής μπαταρίας αλλά τη διάρκεια ανάμματος μιας λάμπας. Συνεπώς, στην εργασία αυτή σε κάθε περίπτωση φαίνεται το αποτέλεσμα να αναζητείται στη λάμπα.

Οι ερευνητές αναλύοντας απαντήσεις 197 Ελλήνων μαθητών σε γραπτό ερωτηματολόγιο, εντόπισαν πάλι την ύπαρξη δύο μοντέλων: το μοντέλο «δίνω» το οποίο εφαρμόζεται από τους μαθητές σε προβλήματα που σχετίζονται με πρόβλεψη λαμπροτήτων (στατική κατάσταση στο χρόνο) και το μοντέλο «παίρνω» σε καταστάσεις που αφορούν διάρκεια ανάμματος (κατάσταση που εξελίσσεται στο χρόνο). Οι συγγραφείς αναφέρουν ότι οι μαθητές, ανάλογα με την ερώτηση, μετέβαλλαν το ρόλο μπαταρίας και λάμπας σε ένα κύκλωμα συνεχούς ρεύματος, από δράστη και αποδέκτη στο μοντέλο «δίνω», σε αποδέκτη και δράστη αντίστοιχα στο μοντέλο «παίρνω». Συγκεκριμένα, άλλοτε η μπαταρία θεωρείται να είναι αυτή που «δίνει» σταθερό ρεύμα (ή σταθερή ενέργεια) στο κύκλωμα και άλλοτε η λάμπα φαίνεται να είναι αυτή που «παίρνει» σταθερό ρεύμα (ή σταθερή ενέργεια) για να λειτουργήσει.

Η διαφορετική διατύπωση των ερωτήσεων από τους Koumaras, Kariotoglou & Psillos (1996b) (όπου φαίνεται το αποτέλεσμα να αναζητείται στη λάμπα) σε σχέση με τον Koumará (1989), (όπου φαίνεται το αποτέλεσμα να αναζητείται στη μπαταρία) θέτει την ανάγκη επαλήθευσης της ισχύος του πρώτου προτεινόμενου κανόνα, δηλαδή κατά πόσο ο αποδέκτης συνδέεται με το αποτέλεσμα. Αποφασίστηκε, έτσι, περαιτέρω διερεύνηση της κατάστασης. Κατά το σχολικό έτος 2013-2014 δόθηκαν σε 94 μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου η ερώτηση 2 στη μορφή που δόθηκε από τους Koumaras, Kariotoglou and Psillos (1996b), ζητώντας δηλαδή από τα παιδιά να προβλέψουν αν «η λάμπα στο σχήμα 1 θα είναι αναμμένη για περισσότερο, λιγότερο ή τον ίδιο χρόνο σε σχέση με τις λάμπες στο σχήμα 2». Η επιλογή αυτή βασίστηκε στο γεγονός ότι φαίνεται το αποτέλεσμα που υποδεικνύεται από την ερώτηση να μην συνδέεται με τον αποδέκτη του μοντέλου «παίρνω» που εφαρμόζεται σε καταστάσεις οι οποίες εξελίσσονται στο χρόνο.

68 από τα 94 παιδιά (ποσοστό περίπου 72%) απάντησαν στην ερώτηση αυτή ότι η λάμπα στο κύκλωμα του σχήματος 1 θα είναι αναμμένη για περισσότερο χρόνο (για πολλούς διπλάσιο χρόνο) από τις λάμπες στο κύκλωμα του σχήματος 2. Διαβάσαμε τις αιτιολογήσεις των παιδιών και σταδιακά πήραμε 17 συνεντεύξεις από αυτούς τους 68 μαθητές. Από τις απαντήσεις τους (αρκετές φορές μετά από αρκετά επίμονες διευκρινιστικές ερωτήσεις που τους κάναμε) προέκυψε:

- Οι 7 μαθητές ισχυρίζονται ότι οι λάμπες θα σβήσουν όταν τελειώσει η μπαταρία. Ουσιαστικά αυτά τα παιδιά μεταφράζουν την ερώτηση που αφορά τη διάρκεια φωτοβολίας της λάμπας στην ερώτηση «ποια μπαταρία θα τελειώσει νωρίτερα» και αναζητούν το αποτέλεσμα στην εξάντληση της μπαταρίας. Άρα σε συμφωνία με τον πρώτο κανόνα που προτείνουμε θεωρούν ότι ο αποδέκτης είναι η μπαταρία και δράστης η λάμπα που παίρνει ενέργεια από τη μπαταρία. Αυτοί είναι επίσης σε συμφωνία με το μοντέλο «παίρνω» που χρησιμοποιείται για την περιγραφή καταστάσεων που εξελίσσονται στον χρόνο. Κατά συνέπεια και σύμφωνα με το δεύτερο κανόνα που προτείνουμε ισχυρίζονται ότι η λάμπα στο κύκλωμα 2 θα σβήσει πιο γρήγορα γιατί οι δύο λάμπες (δράστες) παίρνουν περισσότερη

ενέργεια από την μπαταρία (αποδέκτης), άρα το αποτέλεσμα (η εξάντληση της μπαταρίας) είναι μεγαλύτερο στο κύκλωμα 2.

- Οι 8 μαθητές ισχυρίζονται ότι η λάμπα για να είναι αναμμένη χρειάζεται να της δίνει ενέργεια η μπαταρία. Θεωρούν δηλαδή ως αιτία την ενέργεια της μπαταρίας (με δράστη τη μπαταρία) και αποτέλεσμα τη διάρκεια φωτοβολίας της λάμπας (άρα σύμφωνα με τον 1ο κανόνα που προτείνουμε αποδέκτης είναι η λάμπα). Κατά συνέπεια, και σε συμφωνία με τον 2ο κανόνα που προτείνουμε, μια λάμπα (λιγότεροι αποδέκτες) στο κύκλωμα του σχήματος 1 θα είναι αναμμένη για περισσότερο χρόνο (μεγαλύτερο αποτέλεσμα) γιατί χρησιμοποιεί λιγότερη ενέργεια σε σχέση με τις δύο λάμπες του κυκλώματος 2. Οι απαντήσεις αυτές δεν προκύπτουν από το μοντέλο «παίρνω» (που θεωρεί τη λάμπα ως δράστη και όχι ως αποδέκτη σε καταστάσεις οι οποίες εξελίσσονται στο χρόνο) αλλά από το μοντέλο «δίνω». Και αυτοί οι μαθητές ακολουθούν με συνέπεια τον 1ο προτεινόμενο κανόνα.
- Οι 2 μαθητές θεωρούμε ότι απάντησαν τυχαία χωρίς να ακολουθούν κάποιο συγκεκριμένο μοντέλο και χωρίς να παρέχουν ικανοποιητική τεκμηρίωση της απάντησής τους.

Από αυτή την ανάλυση φαίνεται ότι στις περισσότερες περιπτώσεις οι απαντήσεις των μαθητών εξηγούνται ικανοποιητικά με τους δύο κανόνες που προτείνουμε, την ίδια στιγμή που μερικές από τις απαντήσεις φαίνεται να μην μπορούν να ενταχθούν στο μοντέλο «δίνω και παίρνω». Επίσης, οι μαθητές από τους οποίους πήραμε συνέντευξη, μολοντί καταλήγουν να προβλέπουν το ίδιο αποτέλεσμα, ακολουθούν δύο διαφορετικούς τρόπους σκέψης. Δηλαδή, ξεκινούν θεωρώντας διαφορετική αιτία και αποτέλεσμα όμως ακολουθώντας με συνέπεια τους δύο προτεινόμενους κανόνες καταλήγουν στην ίδια απάντηση.

Θεωρούμε, σε κάθε περίπτωση, ότι τα παραπάνω αποτελέσματα είναι ενδεικτικά και αν και φαίνεται να στηρίζουν τους δύο προτεινόμενους κανόνες, υποδεικνύουν την ανάγκη ευρύτερης και σε μεγαλύτερο βάθος διερεύνησης του τρόπου σκέψης των μαθητών.

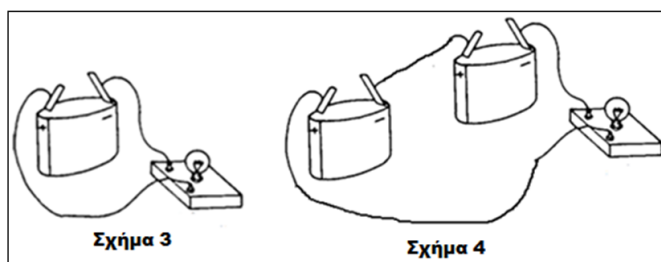
ΚΡΙΣΙΜΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΣΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΣ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Η ανάλυση που προηγήθηκε αναδεικνύει τη δυναμική του αιτιακού τρόπου σκέψης των μαθητών καθώς και τη σημασία που μπορεί να έχει η λεκτική διατύπωση μίας προβληματικής κατάστασης στον τρόπο αντιμετώπισής της εκ μέρους των μαθητών. Τα ευρήματα αυτά μπορούν, εφόσον ληφθούν υπόψη, να οδηγήσουν στη διδακτικά αποτελεσματικότερη ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού. Εδώ προτείνουμε δύο πειράματα τα οποία στηρίζονται στο θεωρητικό πλαίσιο που παρουσιάστηκε και, αν και βασίζονται σε παλαιότερες προτάσεις, παρουσιάζονται με τρόπο που ευνοεί την ευκολότερη υλοποίησή τους στα σχολικά εργαστήρια.

Από τους Koumaras, Kariotoglou and Psillos (1996α) εντοπίζεται ότι από 4 ζευγάρια ερωτήσεων που έχουν χρησιμοποιήσει στην ερευνά τους υπάρχουν δυο ερωτήσεις τα αποτελέσματα των οποίων όχι μόνο δεν μπορούν να προβλεφτούν από τα παιδιά αλλά ούτε και να ερμηνευτούν εκ των υστέρων. Μπορούν επομένως, εφόσον υλοποιηθούν στο εργαστήριο, να χρησιμοποιηθούν ως κρίσιμα πειράματα που θα αποτελέσουν εργαλεία οικοδόμησης της επιστημονικής γνώσης στη θεματική περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Οι ερωτήσεις αυτές είναι:

Ερώτηση Α: η ερώτηση 2 που τέθηκε και από τον Κουμαρά (1989) και παρουσιάστηκε παραπάνω.

Ερώτηση Β: οι λάμπες και οι μπαταρίες στα σχήματα 3 και 4 είναι εντελώς ίδιες μεταξύ τους. Η μπαταρία στο σχήμα 3 θα τελειώσει μαζί, αργότερα ή πιο γρήγορα από τις δύο μπαταρίες στο σχήμα 4; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.



Ωστόσο, οι υλοποιήσεις των ερωτήσεων αυτών υπό μορφή εργαστηριακών πειραμάτων παρουσιάζουν διάφορα προβλήματα: i) η αντίσταση των λαμπών μεταβάλλεται έντονα με τη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο νήμα τους, άρα με το ρεύμα που τις διαρρέει. Έτσι, ένα λαμπάκι φακού έχει αντίσταση 2Ω όταν μετρηθεί με ωμόμετρο εκτός κυκλώματος και περίπου 20Ω αν υπολογιστεί από το πηλίκο $\frac{V}{I}$ σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας. ii) οι μπαταρίες έχουν εσωτερική αντίσταση και επομένως συμβαίνει μετατροπή ενέργειας σε θερμική και σε αυτές.

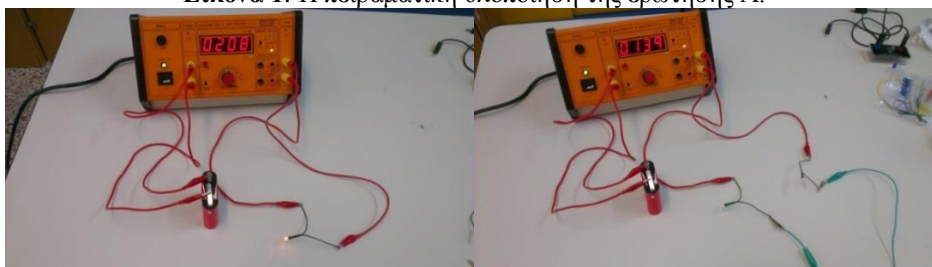
Για να υλοποιηθούν τα παραπάνω πειράματα προτείνουμε την αξιοποίηση ενός τζαουλόμετρου, μίας συσκευής που λειτουργεί όπως το «ρολόι» της Δ.Ε.Η. το οποίο ανήκει στο σύνολο των συσκευών με τις οποίες οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι. Στα πειράματά μας το τζαουλόμετρο καταγράφει την συνολική ενέργεια που προσφέρεται από τη μπαταρία (Εικόνα 1). Μπορούμε να συμφωνήσουμε με τους μαθητές μας ότι το ενεργειακό περιεχόμενο κάθε μιας μπαταρίας είναι συγκεκριμένο, ίσο με μία αυθαίρετη τιμή, για παράδειγμα 2 J . Άρα τη χρονική στιγμή που το τζαουλόμετρο δείχνει ότι έχει προσφερθεί ενέργεια ίση με 2 J , μπορούμε ασφαλώς να θεωρήσουμε ότι η μπαταρία του κυκλώματος εξαντλήθηκε.

Πραγματοποιώντας με αυτόν τον τρόπο το πείραμα της ερώτησης Α, μετρήθηκε ότι η μπαταρία του πρώτου κυκλώματος τελειώνει σε $9,6 \text{ s}$, ενώ η μπαταρία του δεύτερου κυκλώματος σε $14,3 \text{ s}$. Για το κύκλωμα χρησιμοποιήθηκε μία μπαταρία $4,5 \text{ V}$ και λαμπάκι

πυρακτώσεως που χρησιμοποιείται στο χριστουγεννιάτικο στολισμό (χριστουγεννιάτικα λαμπάκια).

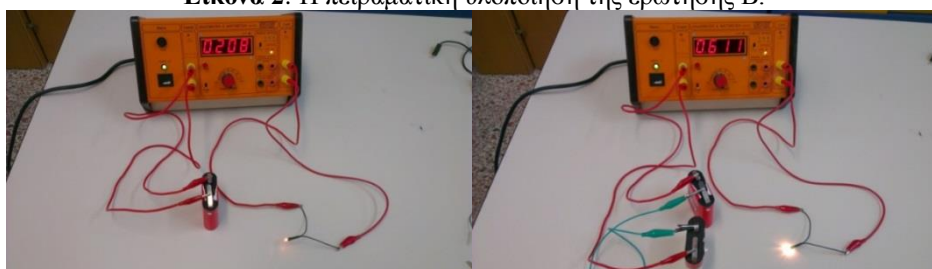
Αντίθετα, λοιπόν, με τις προβλέψεις των μαθητών είναι η μπαταρία του πρώτου κυκλώματος που τελειώνει πρώτη. Η παρατήρηση αυτή δεν μπορεί να ενταχθεί στο γνωστικό πλαίσιο που διαμορφώνεται από τον αιτιακό τρόπο σκέψης των μαθητών όπως φαίνεται να ερμηνεύεται από τους δύο κανόνες που προτείνουμε. Η γνωστική σύγκρουση που προκαλείται είναι ισχυρή καθώς το αποτέλεσμα του πειράματος δεν μπορεί να ερμηνευτεί από τους μαθητές ούτε και εκ των υστέρων. Ο διδάσκων έχει την ευκαιρία να χτίσει πάνω στα αποτελέσματα αυτού του πειράματος για να προσπαθήσει να εισάγει την έννοια ισχύος του ηλεκτρικού ρεύματος, να τη διαχωρίσει από την έννοια ενέργεια και να αναδείξει την εξάρτηση της ισχύος από την αντίσταση του εξωτερικού κυκλώματος.

Εικόνα 1: Η πειραματική υλοποίηση της ερώτησης Α.



Με παρόμοιο τρόπο υλοποιείται και το κύκλωμα της ερώτησης Β (Εικόνα 2). Μπορούμε να συμφωνήσουμε και αυτή τη φορά ότι το ενεργειακό περιεχόμενο κάθε μιας μπαταρίας αντιστοιχεί σε 2 J. Άρα τη χρονική στιγμή που το τζαουλόμετρο δείξει 2 J μπορεί να θεωρηθεί ότι η μπαταρία του κυκλώματος τελείωσε. Πραγματοποιώντας με αυτόν τον τρόπο το πείραμα της ερώτησης Β, μετρήθηκε ότι η μπαταρία του πρώτου κυκλώματος τελειώνει σε 9,6 s, ενώ οι μπαταρίες του δεύτερου κυκλώματος σε 3,4 s ή σε 6,8 s αν θεωρηθεί ότι οι δυο μπαταρίες έχουν ενεργειακό περιεχόμενο $2 \times 2 \text{ J} = 4 \text{ J}$.

Εικόνα 2: Η πειραματική υλοποίηση της ερώτησης Β.



Και σε αυτή την περίπτωση οι προβλέψεις των μαθητών πέφτουν έξω και για άλλη μια φορά τα πειραματικά αποτελέσματα δεν μπορούν να ερμηνευτούν από αυτούς επειδή ακριβώς φαίνεται να χρησιμοποιούν τον αιτιακό τρόπο σκέψης και ειδικά τους κανόνες που διατυπώθηκαν παραπάνω. Το κρίσιμο αυτό πείραμα μπορεί να αξιοποιηθεί από το διδάσκοντα για να αναδείξει την εξάρτηση της ισχύος από την τάση που εφαρμόζεται.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αναζήτηση ερμηνευτικού πλαισίου των ιδεών των μαθητών για διάφορες έννοιες της Φυσικής και η ανεύρεση και διατύπωση κανονικοτήτων - νόμων που διέπουν τις ερμηνείες και τις προβλέψεις των μαθητών, αν μπορούσε να επιτευχθεί, θα μπορούσε να βελτιώσει τις διδακτικές προσεγγίσεις και να οδηγήσει στο σχεδιασμό κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού (π.χ. κρίσιμων πειραμάτων). Παράλληλα θα μπορούσε να αποτελέσει εφαλτήριο για το σχεδιασμό εστιασμένων ερευνητικών προσπαθειών στο χώρο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Στην εργασία αυτή προτάθηκαν δύο κανόνες, οι οποίοι είναι μέρος ενός ευρύτερου μοντέλου που αναπτύσσουμε στο πλαίσιο του αιτιακού συλλογισμού, τους οποίους φαίνεται να ακολουθούν οι μαθητές, τουλάχιστον στα πρώτα στάδια αντιμετώπισης προβληματικών καταστάσεων Φυσικής. Με αφορμή αυτούς τους κανόνες και παλαιότερα ερευνητικά ευρήματα, προτάθηκαν δύο κρίσιμα πειράματα τα οποία μπορούν να πραγματοποιηθούν από μαθητές Γυμνασίου στο σχολικό εργαστήριο. Οι απαντήσεις των μαθητών, σε μία πιλοτική εφαρμογή που κάναμε, φαίνεται να ερμηνεύονται ικανοποιητικά με τους δύο προτεινόμενους κανόνες και επιπλέον μπορούν να προβλεφθούν με βάση αυτούς.

Μολονότι οι δύο προτεινόμενοι κανόνες εφαρμόστηκαν σε αυτή την εργασία στη θεματική περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη και ερμηνεία ιδεών των μαθητών και σε άλλες θεματικές περιοχές της Φυσικής. Ήδη, οι κανόνες αυτοί φαίνεται να εφαρμόζονται με επιτυχία και σε άλλα φαινόμενα και καταστάσεις από τη ζωή (Κουμαράς, υπό έκδοση; Τσακμάκη και Κουμαράς, 2014). Ωστόσο, υπάρχει ανάγκη ευρύτερης εφαρμογής και σε βάθος ανάλυσης παλαιότερων ερευνητικών δεδομένων προκειμένου να διασφαλιστεί η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων που φαίνεται να προκύπτουν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Andersson, B. (1986). The experiential Gestalt of Causation: a common core to pupils' preconceptions in science. *European Journal of Science Education*, Vol. 8, No. 3, pp. 155-171.
- Bunge, M. 1959. Causality. *The Place of the Causal Principle in Modern Science* (Harvard University Press, Cambridge, MA).
- Champagne, A. B., Klopfer, L. E. & Anderson, J. H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1074–1079.

- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50, 66–71.
- Closset, J. L. (1984). Sequential reasoning in electricity. In G. Delacote (ed.), *Research on Physics Education*. Lan Londe les Maures (CNRS, Paris)
- Cohen, R., Eylon, B. & Ganiel, U. (1983). Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts. *American Journal of Physics*, 51, 407–412.
- De Kleer, J. & Brown, J. S. (1981). Mental models of physical mechanisms and their acquisition. In J. R. Anderson (ed.), *Cognitive Skills and their Acquisition* (Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ).
- Driver, R. (1983). *The Pupil as Scientist* (Open University Press, Milton Keynes).
- Driver, R. & Warrington, L. (1985). Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. *Physics Education*, 20, 171–176.
- Gunstone, R. F. (1987). Student understanding in mechanics: A large population survey. *American Journal of Physics*, 55, 691–696.
- Gutierrez, R. & Ogborn, J. (1992). A causal framework for analysing alternative conceptions. *International Journal of Science Education*. 14 (2), pp 201–220.
- Halloun, I. A. & Hestenes, D. (1985a). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53, 1043–1055.
- Halloun, I. A. & Hestenes, D. (1985b). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53, 1056–1065.
- Koumaras, P., Kariotoglou, P. & Psillos, D. (1996a). Pupils' conceptions as a factor for the development of experiments. *School Science Review* 77, 280, pp. 97-101.
- Koumaras, P., Kariotoglou, P. & Psillos, D. (1996b). Causal structures and counter-intuitive experiments in electricity. *International Journal of Science Education* 9, 6, pp. 26-280.
- Lakoff, G. and Johnson, M. (1980). The metaphorical structure of the human conceptual System. *Cognitive Science*, 4, 195-208
- Maurines, L. (1986). *Premières notions sur la propagation de signaux mécaniques: étude des difficultés des étudiants*. PhD thesis, LDPEs, Université Paris VII.
- McDermott, L. C. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, July 1984, pp. 24-32.
- Osborne, R. J., Bell, B. F. and Gilbert, J. K. (1983). Science teaching and children's view of the world. *European Journal of Science Education*, 5, 1-14
- Rozier, S. (1988). *Le raisonnement linéaire causal en thermodynamique élémentaire*. PhD thesis, Université Paris VII.
- Sadanand, N. & Kess, J. (1990). Concepts in force and motion. *The Physics Teacher*, 28, 530–533.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1(2), 205-221.
- Κουμαράς Π. (υπό έκδοση). *Μονοπάτια της σκέψης στη Φυσική*. Εκδότης Γ. Δαρδανός και ΣΙΑ Ε.Ε..

- Κουμαράς, Π. (1989). *Μελέτη της εποικοδομητικής προσέγγισης στην πειραματική διδασκαλία του ηλεκτρισμού*. Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Τσακμάκη, Π. & Κουμαράς, Π. (2014). Αιτιακοί κανόνες: Τι μπορεί να κρύβεται πίσω από τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών μας; *Κολλιόπουλος, Δ. (επιμ.). Πρακτικά 8ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Ιστορίας, Φιλοσοφίας και Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών*, 142-146.

Πειραματικό Εκπαιδευτικό Υλικό για τη Χημεία Β΄ Λυκείου, με βάση τη Σύνδεση του Μαθήματος με τη Ζωή και τις Εφαρμογές

Γεώργιος Τσαπαρλής και Εμμανουήλ Στεργίου

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας Email: gtseper@cc.uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εισήγηση αυτή παρουσιάζεται πειραματικό υλικό για τη χημεία της β΄ τάξης λυκείου, που αποτελεί συνέχεια ήδη αναπτυχθέντος αντίστοιχου υλικού για την α΄ τάξη λυκείου. Το πειραματικό υλικό των δύο αυτών τάξεων βασίστηκε στη διδακτική πρόταση σε επίπεδο Παιδαγωγικού Ινστιτούτου για αναμορφωμένο πρόγραμμα σπουδών χημείας γενικής παιδείας του ενιαίου λυκείου (1997-98). Το υλικό είναι αποτέλεσμα μεταπτυχιακού διπλώματος εξειδίκευσης στη διδακτική της χημείας, και στην παρούσα φάση ουσιαστικά συνίσταται μόνο στο διδακτικό εγχειρίδιο. Αυτό είναι διαρθρωμένο σε τρεις μείζονες ενότητες: Α: Οργανική Χημεία, Β: Η Χημεία και η Ζωή μας, γ: Χημεία και Ενέργεια. Η οργανική χημεία περιλαμβάνει τέσσερα κεφάλαια: 1) ενέργεια – καύσιμα, 2) υδρογονάνθρακες 3) πολυμερή – πλαστικά και νέα υλικά, 4) αλκοόλες – αιθέρες – καρβονυλικές ενώσεις – οξέα – εστέρες. Η χημεία και η ζωή μας αποτελείται από τρία κεφάλαια: 5) φάρμακα, 6) τρόφιμα – διατροφή, 7) βιομόρια: τα μόρια της ζωής. Τέλος η χημεία και ενέργεια αναφέρεται στην ηλεκτροχημική ενέργεια (Κεφ. 8) και στην πυρηνική ενέργεια και τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας (Κεφ. 9).

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Χημεία γενικής παιδείας λυκείου, Χημεία β΄ λυκείου, Οργανική χημεία, Η Χημεία και η ζωή μας, Χημεία και ενέργεια, εκπαιδευτικό υλικό (βιβλία)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χημεία ως μάθημα γενικής παιδείας στο λύκειο πρέπει να αποβλέπει σε δύο στόχους (Τσαπαρλής 1998, Tsaparlis, 2000): (1) χημικό εγγραμματισμό (2) χημική κουλτούρα. Ο χημικός εγγραμματισμός αφορά την άμεση σχέση και χρησιμότητα του μαθήματος στη ζωή, ενώ η χημική κουλτούρα αναφέρεται στην κατανόηση του κόσμου γύρω μας και πώς αυτός λειτουργεί χημικά. Κατούσιαν όμως η χημική κουλτούρα αποτελεί μέρος του χημικού εγγραμματισμού.¹ Τον διττό αυτό στόχο επεδίωξε να υπηρετήσει η παλαιότερη βασική διδακτική πρόταση σε επίπεδο Παιδαγωγικού Ινστιτούτου για αναμορφωμένο

¹ Ο επιστημονικός εγγραμματισμός για όλους τους μαθητές συνιστά έναν από τους κύριους στόχους στο πλαίσιο των γενικών σκοπών των φυσικών επιστημών (AAAS, 1989 & 1990, NRC, 1996).

πρόγραμμα σπουδών (ΠΣ) χημείας γενικής παιδείας του ενιαίου λυκείου (1997-98) (Τσαπαρλής 1998, Tsaparlis 2000). Το ΠΣ συντάχθηκε από επταμελή επιτροπή που συγκροτήθηκε έπειτα από ανοικτή προκήρυξη από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (Τσαπαρλής, 1998).¹

Το ΠΣ Χημείας λυκείου του 1997-98 περιελάμβανε δύο μέρη: (α) τη χημεία γενικής παιδείας για την α' και τη β' τάξη του ενιαίου λυκείου και (β) τη χημεία της θετικής κατεύθυνσης. Στην εργασία αυτή ασχολούμαστε μόνο με τη χημεία γενικής παιδείας. Η πρόταση για το εβδομαδιαίως δίωρο μάθημα της χημείας της α' λυκείου βασίστηκε στη αποκληθείσα *Προσέγγιση Καταστάσεων της Ύλης* (States-of-Matter Approach, SOMA) (Τσαπαρλής 1998, Tsaparlis 2000), η οποία διέκρινε τη διδακτέα ύλη σε τρεις μείζονες ενότητες:

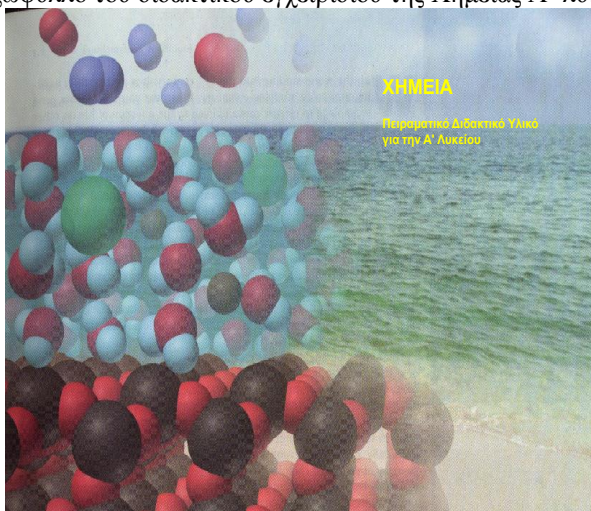
A. Ο αέρας, τα αέρια και η αέρια κατάσταση

B. Το αλάτι, τα άλατα και η στερεά κατάσταση

Γ. Το νερό, τα υγρά και η υγρή κατάσταση

Στο πλαίσιο μεταπτυχιακού διπλώματος εξειδίκευσης (ΜΔΕ) στη διδακτική της χημείας, συντάχθηκε πειραματικό διδακτικό υλικό (Πύργας & Τσαπαρλής 2005) (βλ. το εξώφυλλο στην Εικόνα 1). Το υλικό συνίστατο μόνο στο διδακτικό εγχειρίδιο, χωρίς πρόσθετο υλικό, έντυπο (π.χ. ερωτήσεις, ασκήσεις και

Εικόνα 1: Το εξώφυλλο του διδακτικού εγχειριδίου της Χημείας Α' λυκείου.



¹ Τα μέλη της επιτροπής ήταν: ο αείμνηστος καθηγητής του Πανεπιστημίου Αθηνών *Δημήτριος Κατάκης*, ο *Γεώργιος Τσαπαρλής* (τότε σύμβουλος χημικός του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου), η πανεπιστημιακός *Χριστίνα Μητσοπούλου* και οι εκπαιδευτικοί χημικοί δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης *Εριφύλλη Ζαρωτιάδου*, *Αναστάσιος Πανόπουλος*, *Παναγιώτης Σαραντόπουλος* και *Γεωργία Φαντάκη*.

προβλήματα) ή ηλεκτρονικό.¹ Περαιτέρω, και πάντα στο πλαίσιο του ίδιου ΜΔΕ, το υλικό αυτό υπεβλήθη σε προκαταρκτική αξιολόγηση από τέσσερις έμπειρους εκπαιδευτικούς χημικούς της β)θμιας εκπαίδευσης και έναν καθηγητή χημείας πανεπιστημίου με εμπλοκή στη συγγραφή βιβλίων λυκείου (Πύργας & Τσαπαρλής 2007).

Η πρόταση για το εβδομαδιαίως τότε μονόωρο μάθημα της χημείας της β' λυκείου (γενικής παιδείας) περιελάμβανε τα παρακάτω τέσσερα κεφάλαια, που έδιναν έμφαση στη σύνδεση της χημείας με τη ζωή και τις εφαρμογές: ΚΕΦ. 1: Πολυμερή – Πλαστικά, ΚΕΦ. 2: Φάρμακα, ΚΕΦ. 3: Τρόφιμα, ΚΕΦ. 4: Ενέργεια.

Στο πλαίσιο άλλου ΜΔΕ στη διδακτική της χημείας, συντάχθηκε πειραματικό διδακτικό υλικό και για μάθημα της χημείας της β' λυκείου (γενικής παιδείας). Στην παρούσα εισήγηση θα γίνει αναφορά στους γενικούς και ειδικούς στόχους του προγράμματος, θα περιγραφεί το περιεχόμενο, ενώ θα παρατεθούν και αρκετά χαρακτηριστικά παραδείγματα από το εκπαιδευτικό υλικό.

ΓΕΝΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Στην αρχή του βιβλίου παραθέτουμε απόσπασμα από συνέντευξη του καθηγητή Κυριάκου Νικολάου² Κατ' αυτόν, «Από ένα σχέδιο στο χαρτί ή στον υπολογιστή ο χημικός μπορεί να φτάσει να δομήσει στο εργαστήριό του ένα μόριο που ενδεχομένως έχει μεγάλη αξία για τη φαρμακευτική, την κοσμητική ή όποια άλλη περιοχή. Οτιδήποτε σας έρχεται στο νου από τα αγαθά γύρω μας, από τα φάρμακα, τα λιπάσματα, τα πλαστικά και τα αεροπλάνα, ως τα κινητά τηλέφωνα και τα ρούχα, έχει να κάνει με επιτεύγματα μετατροπής της ύλης από τη συνθετική χημεία.». Αποτελεί πεποίθησή μας ότι η χημεία β' λυκείου γενικής παιδείας πρέπει να στοχεύει να πείσει τον μαθητή για την αλήθεια της παραπάνω άποψης.

Πάλι κατά τον Νικολάου, «Οι χημικοί έχουμε μια άλλη ματιά για τον κόσμο, μια ματιά που γεφυρώνει τον μακρόκοσμο με τον μικρόκοσμο. Για παράδειγμα, στο ρόφημά μας όλοι βλέπουμε τους κόκκους της ζάχαρης ή του καφέ, αλλά ο χημικός βλέπει αμέσως τη δομή των μορίων τους. Και αν πάει στο «εργαστηριακό μικροσκόπιο» του, μπορεί να παίξει

¹ Μπορείτε να δείτε αντιπροσωπευτικά τμήματα των τριών ενοτήτων του βιβλίου της α' λυκείου στον *Κόμβο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών* (ΚοΔιΦΕΕΤ) <http://kodikpheet.chem.uoi.gr> (στη βιβλιογραφική ενημέρωση / βιβλία χημείας για το λύκειο: <http://kodikpheet.chem.uoi.gr/sxbibliaxhmeias.php>).

² «Κυριάκος Νικολάου: Ο συνθέτης των μορίων - ο δημιουργός της ταξόλης και ένας από τους κορυφαίους της Χημείας παγκοσμίως». Συνέντευξη του Κ. Νικολάου στον Τάσο Καφαντάρη στο *BHMA/Science*, Κυριακή 5-2-2012. Η πρωτοποριακή έρευνα του Νικολάου έχει οδηγήσει στη σύνθεση φαρμάκων για τη θεραπεία του καρκίνου και του AIDS. Ο ίδιος δηλώνει σεμνά ότι δεν είναι ο εφευρέτης αυτών των ουσιών αλλά ο ανασυνθέτης τους.

με αυτή τη δομή και να φτιάξει κάτι άλλο.» Και πάλι συμφωνούμε ότι η χημεία β' λυκείου γενικής παιδείας πρέπει να στοχεύει να δημιουργεί στον μαθητή μια τέτοια οπτική.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Όπως και στην περίπτωση της α' λυκείου, το διδακτικό υλικό συνίστατο μόνο στο διδακτικό εγχειρίδιο, χωρίς πρόσθετο υλικό, έντυπο ή ηλεκτρονικό (βλ. και τα *καταληκτικά σχόλια*). Δεδομένου ότι εν τω μεταξύ και το μάθημα της β' λυκείου κατέστη δίωρο εβδομαδιαίως, αποφασίσαμε να το εμπλουτίσουμε, διατηρώντας τη φιλοσοφία της αρχικής πρότασης και διακρίνοντας τώρα τη διδακτέα ύλη σε τρεις μείζονες ενότητες και σε εννέα (9) κεφάλαια συνολικά: ΕΝΟΤΗΤΑ Α: Οργανική Χημεία, ΕΝΟΤΗΤΑ Β: Η Χημεία και η Ζωή μας, ΕΝΟΤΗΤΑ Γ: Χημεία και Ενέργεια.

Η διάρθρωση της ύλης στα εννέα κεφάλαια έχει ως εξής

ΕΝΟΤΗΤΑ Α (Οργανική Χημεία): ΚΕΦ. 1: Ενέργεια – Καύσιμα, ΚΕΦ. 2: Υδρογονάνθρακες, ΚΕΦ. 3: Πολυμερή-Πλαστικά και Νέα Υλικά, ΚΕΦ. 4: Αλκοόλες – Αιθέρες – Καρβονυλικές ενώσεις – Οξέα – Εστέρες.

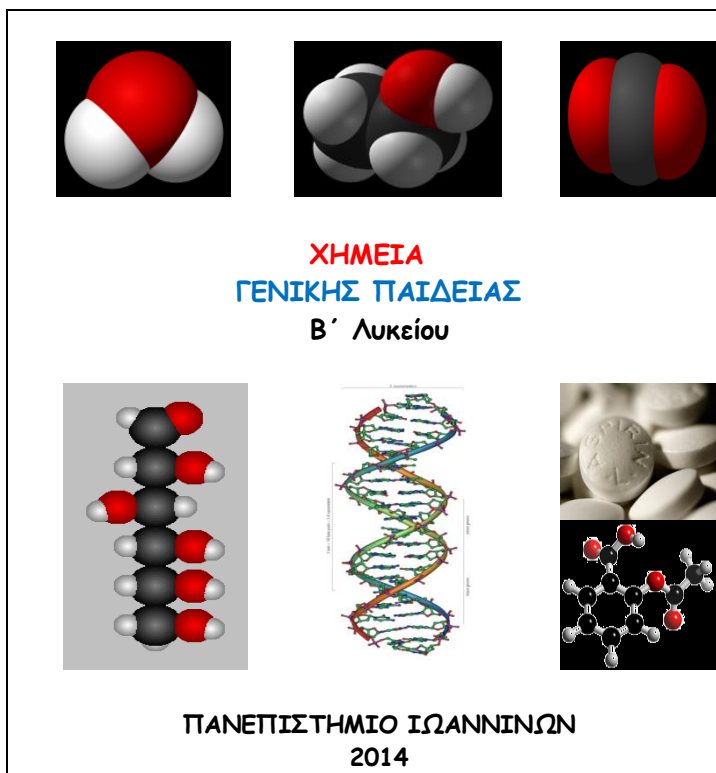
ΕΝΟΤΗΤΑ Β (Η Χημεία και η Ζωή μας): ΚΕΦ. 5: Φάρμακα, ΚΕΦ. 6: Τρόφιμα – Διατροφή, ΚΕΦ. 7: Βιομόρια.

ΕΝΟΤΗΤΑ Γ (Χημεία και Ενέργεια): ΚΕΦ. 8: Ηλεκτροχημική ενέργεια, ΚΕΦ. 9: Πυρηνική Ενέργεια και Ανανεώσιμες Μορφές Ενέργειας.

Το βιβλίο έχει έκταση 183 σελίδων, με την εξής κατανομή κατά ενότητα: Οργανική Χημεία: 82 σελίδες, Η Χημεία και η Ζωή μας: 62 σελίδες, Χημεία και Ενέργεια, 39 σελίδες. Στην Εικόνα 2 δείχνεται το εξώφυλλο του βιβλίου, ενώ η Εικόνα 3 είναι δείγμα μιας σελίδας από το βιβλίο. Χαρακτηριστικό της μορφής των σελίδων είναι η ύπαρξη χρωματιστού περιθωρίου στα πλάγια των σελίδων, με διαφορετικό χρώμα για κάθε κεφάλαιο. Στο περιθώριο αυτό τοποθετούνται πλαγιότιτλοι, μικρά σχήματα και πίνακες με δεδομένα, και πληροφορικό ή ενισχυτικό υλικό που δεν περιλαμβάνεται στο κυρίως κείμενο.

Οι Πίνακες 1-3 περιέχουν αναλυτικά τα περιεχόμενα ανά ενότητα και κεφάλαιο.

Εικόνα 2: Το εξώφυλλο του διδακτικού εγχειριδίου της Χημείας Γενικής Παιδείας Β' λυκείου.



ΕΙΔΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ

Για να αποφύγουμε να ξεκινήσουμε αμέσως με πιο απαιτητική φορμαλιστική χημεία, αρχίζουμε το πρώτο κεφάλαιο με την ενέργεια και τα καύσιμα, όπου εισάγουμε και λίγη βασική οργανική χημεία (υδρογονάνθρακες/αντιδράσεις καύσης). Στο Κεφ. 2 γίνεται πιο συστηματική οργανική χημεία με τους υδρογονάνθρακες και αμέσως μετά ασχολούμαστε με τα πολυμερή-πλαστικά και νέα υλικά (Κεφ. 3) ώστε να συνδέσουμε την οργανική χημεία που μάθαμε στο Κεφ. 2 με τις εφαρμογές σε χρήσιμα υλικά. Ακολουθεί (Κεφ. 4) η μελέτη των αλκοολών, αιθέρων, καρβονυλικών ενώσεων, οργανικών οξέων και εστέρων. Στα οξέα μελετούμε τα κορεσμένα μονοκαρβονικά οξέα, τα ακόρεστα οξέα, τα δικαρβονικά οξέα και τα υδροξυοξέα. Στο Κεφ. 4 μπορεί να περιληφθεί και μια ήπια στοιχειομετρική ασκησιολογία που θα στηρίζεται σε βασικές χημικές αντιδράσεις.

Ο βασικός στόχος μας με το Κεφ. 1 είναι να ενημερωθούν οι μαθητές για ένα σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο κόσμος, αυτό της ενέργειας. Εδώ ασχολούμαστε με τα βασικά ορυκτά καύσιμα υλικά.

Εικόνα 3: Μία σελίδα από το κεφ. 5 (Φάρμακα) του βιβλίου.**5.5. Οι κυριότερες κατηγορίες φαρμάκων****5.5.a. Αντιφλεγμονώδη – Αναλγητικά**

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται φάρμακα που διαθέτουν αντιπυρετικές και αναλγητικές ιδιότητες. Ανακουφίζουν από ήπιο έως μέτριο πόνο και προορίζονται για συμπτωματική αγωγή.

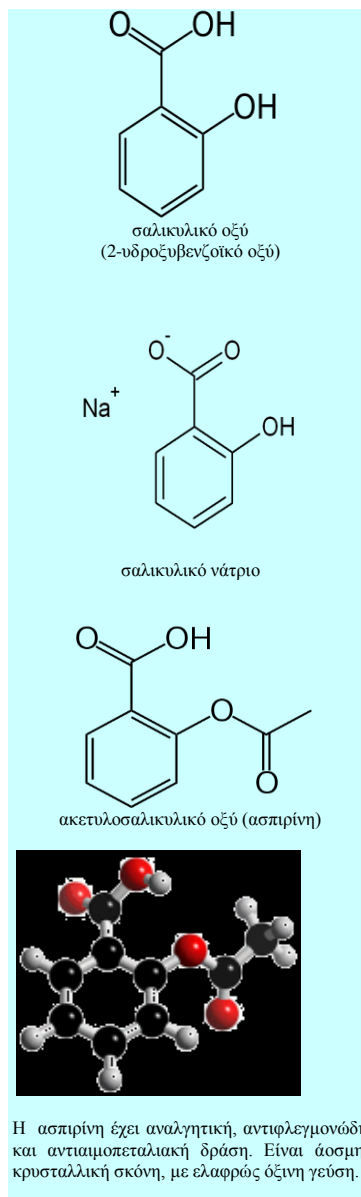
Ομάδες αντιφλεγμονωδών φαρμάκων:

- Παράγωγα σαλικυλικού οξέος: Ασπιρίνη.
- Παράγωγα φαινυλανθρανιλικού οξέος: Ponstan.
- Παράγωγα φαινυλοξικού οξέος: Voltaren.
- Παράγωγα ανιλίνης: Derpon, Panadol.

Η ασπιρίνη

Το 1860 παρασκευάστηκε ένα σημαντικό αναλγητικό, το σαλικυλικό οξύ. Εκτός από το ότι ήταν αποτελεσματικό στην ανακούφιση του πόνου, είχε και αντιπυρετικές ιδιότητες. Δυστυχώς όμως, προκαλούσε ενοχλήσεις στο στομάχι και είχε δυσάρεστη γεύση. Χρειάστηκαν 15 χρόνια για να παρασκευαστεί μια πιο βελτιωμένη μορφή, το άλας του σαλικυλικού οξέος με νάτριο (το σαλικυλικό νάτριο). Παρότι η νέα αυτή ουσία είχε πιο ευχάριστη γεύση, ωστόσο ήταν εξαιρετικά ερεθιστική για το στομάχι.

Μετά από πολλές προσπάθειες, το 1899 παρασκευάστηκε ένα άλλο παράγωγο του σαλικυλικού οξέος, το ακετυλοσαλικυλικό οξύ. Η ουσία αυτή είναι περισσότερο γνωστή ως ασπιρίνη, συνδυάζει αναλγητικές και αντιπυρετικές ιδιότητες και αρκετά ασφαλής, καθώς δεν προκαλεί μεγάλους ερεθισμούς στο στομάχι.



Πίνακας 1: Τα αναλυτικά περιεχόμενα των τεσσάρων κεφαλαίων της πρώτης ενότητας (Οργανική Χημεία).

<p>ΕΝΟΤΗΤΑ Α: ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ</p> <p>Κεφάλαιο 1^ο ΕΝΕΡΓΕΙΑ – ΚΑΥΣΙΜΑ</p> <p>1.1. Ύλη και ενέργεια, 1.2. Καύση-Κάψιμα, 1.2.α Είδη ορυκτών καυσίμων</p> <p>1.3. Οργανική Χημεία - Οργανικές ενώσεις – Υδρογονάνθρακες</p> <p>1.3.α. Υδρογονάνθρακες</p> <p>1.3.β. Κυκλικές οργανικές ενώσεις – Κυκλικοί υδρογονάνθρακες</p> <p>1.3.γ. Αρωματικές οργανικές ενώσεις - Βενζόλιο</p> <p>1.4. Το αργό πετρέλαιο</p> <p>1.4.α. Η διύλιση του αργού πετρελαίου</p> <p>1.4.β. Προϊόντα διύλισης του αργού πετρελαίου</p> <p>1.4.γ. Η βενζίνη</p> <p>1.4.δ. Καύσιμα και ρύπανση του περιβάλλοντος</p> <p>1.4.ε. Το φυσικό αέριο</p> <p>1.5. Καύση υδρογονανθράκων</p> <p>1.6. Ενέργεια και οικονομία</p> <p>1.6.α. Παράγοντες που επηρεάζουν το παγκόσμιο ενεργειακό τοπίο</p> <p>1.7. Υδρογόνο: Η «βενζίνη» του μέλλοντος</p>	<p>Κεφάλαιο 3^ο ΠΟΛΥΜΕΡΗ – ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΝΕΑ ΥΛΙΚΑ</p> <p>3.1. Εισαγωγή</p> <p>3.2. Κελουλόζη και βακελίτης</p> <p>3.3. Ελαστομερή</p> <p>3.4. Πλαστικά</p> <p>3.5. Πολυμερισμός</p> <p>3.5.α. Πολυμερισμός ακόρεστων υδρογονανθράκων και παραγώγων τους</p> <p>3.6. Το πολυαιθυλένιο</p> <p>3.7. Το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)</p> <p>3.8. Νεότερα συνθετικά υλικά</p> <p>3.9. Πολυμερή και περιβάλλον</p> <p>3.10. Βιοδιασπώμενα πολυμερή</p> <p>3.11. Νανοτεχνολογία και νανοϋλικά</p>
<p>Κεφάλαιο 2^ο ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ</p> <p>2.1. Εισαγωγή στην Οργανική Χημεία</p> <p>2.1.α. Άνθρακας, ένα μοναδικό στοιχείο με τόσες πολλές ενώσεις</p> <p>2.1.β. Μερικές ιδιότητες των οργανικών ενώσεων</p> <p>2.1.γ. Ταξινόμηση των οργανικών ενώσεων και ομόλογες σειρές</p> <p>2.1.δ. Ονοματολογία οργανικών ενώσεων</p>	<p>Κεφάλαιο 4^ο ΑΛΚΟΟΛΕΣ – ΑΙΘΕΡΕΣ – ΚΑΡΒΟΝΥΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ – ΟΞΕΑ – ΕΣΤΕΡΕΣ</p> <p>4.1. Υδροξυενώσεις</p> <p>4.1.α. Κορεσμένες μονοσθενείς αλκοόλες</p> <p>4.1.β. Φαινόλες</p> <p>4.2. Αιθέρες</p> <p>4.3. Καρβονυλικές ενώσεις</p> <p>4.4. Οργανικά οξέα</p>

2.1.ε. Χαρακτηριστικές ομάδες και ομόλογες σειρές 2.1.στ. Διακλαδώσεις και αρίθμηση ανθρακικής αλυσίδας 2.1.ζ. Το φαινόμενο της ισομέρειας 2.2. Υδρογονάνθρακες 2.2.α. Αλκάνια 2.2.β. Αλκένια 2.2.γ. Αλκαδιένια 2.1.δ. Αλκίνια 2.3. Κυκλικές οργανικές ενώσεις – Κυκλικοί υδρογονάνθρακες	4.4.α. Κορεσμένα μονοκαρβοξυλικά οξέα 4.4.β. Ακόρεστα οξέα 4.4.γ. Δικαρβονικά οξέα 4.4.δ. Υδροξυοξέα
---	---

Πίνακας 2: Τα αναλυτικά περιεχόμενα των τριών κεφαλαίων της δεύτερης ενότητας (Η Χημεία και η Ζωή μας).

<p>Κεφάλαιο 5^ο ΦΑΡΜΑΚΑ</p> <p>5.1. Εισαγωγή</p> <p>5.2. Κυκλικές οργανικές ενώσεις</p> <p>5.3. Αρωματικές ενώσεις</p> <p>5.4. Πώς δρουν τα φάρμακα;</p> <p>5.5. Οι κυριότερες κατηγορίες φαρμάκων</p> <p>5.5.α. Αντιφλεγμονώδη – Αναλγητικά</p> <p>5.5.β. Αντιόξινα</p> <p>5.5.γ. Αντιβιοτικά</p> <p>5.5.δ. Συνθετικές ορμόνες</p> <p>5.5.ε. Γενικά αναισθητικά</p> <p>5.5.στ. Διεγερτικά</p> <p>5.5.ζ. Ηρεμιστικά</p> <p>5.5.η. Ναρκωτικά</p> <p>5.6. Χημεία Φυσικών Προϊόντων</p>	<p>6.10. Σωστή και υγιεινή διατροφή</p> <p>6.11. Ελεύθερες ρίζες – Οξειδωτικοί στρες - Αντιοξειδωτικά</p> <p>6.12 Πώς θα θρέψουμε τον πλανήτη</p> <p>6.12.α. Υποσιτισμός</p> <p>6.12.β. Βιομηχανοποιημένη αγροτική παραγωγή</p> <p>6.12.γ. Συνθετικά λιπάσματα</p> <p>6.12.δ. Νέες τεχνικές</p>
<p>Κεφάλαιο 6^ο ΤΡΟΦΙΜΑ – ΔΙΑΤΡΟΦΗ</p> <p>6.1. Εισαγωγή</p> <p>6.2. Κύριες τροφές</p> <p>6.2.α. Ο ρόλος του κρέατος</p> <p>6.2.β. Ζητήματα διατροφής</p> <p>6.3. Υδατάνθρακες</p> <p>6.4. Πρωτεΐνες</p> <p>6.5. Λιπαρές ουσίες</p> <p>6.6. Βιταμίνες</p> <p>6.7. Ανόργανα άλατα</p> <p>6.8. Πέψη</p> <p>6.9. Το μαγείρεμα</p>	<p>Κεφάλαιο 7^ο ΒΙΟΜΟΡΙΑ: ΤΑ ΜΟΡΙΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ</p> <p>7.1. Εισαγωγή;</p> <p>7.2. Αζωτούχες ενώσεις – Αμίνες</p> <p>7.3. Αμινοξέα</p> <p>7.4. Ποιος είναι ο ρόλος των πρωτεϊνών</p> <p>7.5. Ένζυμα</p> <p>7.6. Νουκλεϊκά οξέα</p> <p>7.7. Δομή του DNA</p> <p>7.8. Το RNA</p> <p>7.9. Γονίδια και DNA</p> <p>7.10. Αντιγραφή κυττάρων - Μίτωση</p> <p>7.11. Γενετικός ανασυνδυασμός του DNA και το μέλλον μας</p>

Πίνακας 3: Τα αναλυτικά περιεχόμενα των δύο κεφαλαίων της τρίτης ενότητας (Χημεία και Ενέργεια).

<p>Κεφάλαιο 8^ο ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ</p> <p>8.1. Εισαγωγή</p> <p>8.2. Ηλεκτροχημική ενέργεια</p> <p>8.3. Οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις</p> <p>8.4. Ηλεκτροχημικά στοιχεία</p> <p>8.5. Ηλεκτρολυτικά στοιχεία και ηλεκτρόλυση</p> <p>8.5.α. Η σειρά δραστηρότητας</p> <p>8.6. Γαλβανικά στοιχεία</p> <p>8.6.α. Το στοιχείο Volta</p>	<p>Κεφάλαιο 9^ο ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</p> <p>9.1. Πυρηνική ενέργεια</p> <p>9.1.α. Πυρηνική σχάση</p> <p>9.1.β. Πυρηνικός αντιδραστήρας</p> <p>9.1.γ. Ραδιενέργεια</p> <p>9.1.δ. Ιοντίζουσες ακτινοβολίες</p> <p>9.1.ε. Πυρηνικά απόβλητα</p> <p>9.1.στ. Ραδιενέργεια και υγεία</p> <p>9.1.ζ. Ο θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας</p> <p>9.2. Ήπιες μορφές ενέργειας</p> <p>9.2.α. Ηλιακή ενέργεια</p> <p>9.2.β. Υδροηλεκτρική ενέργεια</p> <p>9.2.γ. Αιολική ενέργεια</p> <p>9.2.δ. Γεωθερμική ενέργεια</p> <p>9.2.ε. Παλιρροιακή ενέργεια και ενέργεια των κυμάτων</p> <p>9.2.στ. Βιομάζα</p>
--	--

(άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) και τη σχετική χημεία με όσο γίνεται απλούστερο τρόπο, καθώς και τη σύγκριση της θερμογόνου δύναμης των καυσίμων. Οι μαθητές πρέπει να διακρίνουν τις οργανικές από τις ανόργανες χημικές ενώσεις και να γνωρίσουν ποιες ενώσεις του άνθρακα κατατάσσονται στην / και μελετώνται από την ανόργανη χημεία. Αναπόσπαστο τμήμα της μελέτης στο κεφάλαιο αυτό είναι οι αντιδράσεις καύσης των υδρογονανθρακων και οι αντίστοιχες χημικές εξισώσεις. Η σχετική ασκησιολογία με τις αντιδράσεις καύσης πρέπει να μην είναι υπερβολικά απαιτητική (να αποφεύγονται δηλαδή οι πολύ δύσκολες ασκήσεις). Θα

πρέπει ευθύς εξαρχής να θεθεί το θέμα των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων, καθώς και το θέμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλείται από τις καύσεις. Επομένως, πρέπει εξαρχής να γίνει μνεία και των νέων/εναλλακτικών και ανανεώσιμων μορφών ενέργειας και τι υποσχέσεις αυτές δίνουν. Το θέμα της ενέργειας αντιμετωπίζεται συστηματικά και αναλυτικά στην τρίτη και τελευταία ενότητα.

Το Κεφ. 2 αναφέρεται ως επί το πλείστον σε παραδοσιακή συστηματική οργανική χημεία. Μια ήπια ασκησιολογία ως προς την ονοματολογία προσφέρεται εδώ και για πνευματική άσκηση των μαθητών. Κρίνεται χρήσιμο τόσο από άποψη χημικής κουλτούρας όσο και από την άποψη μιας ήπιας ασκησιολογίας να εξοικειωθούν οι

μαθητές με τη στοιχειακή ανάλυση. Ομοίως θα πρέπει να μελετήσουν και να εξασκηθούν στο φαινόμενο της ισομέρειας και τα είδη της συντακτικής ισομέρειας. Εν συνεχεία πρέπει να γίνει μια πιο συστηματική μελέτη των υδρογονανθράκων: αλκάνια (γενικός μοριακός τύπος, προέλευση, απλές βασικές χημικές ιδιότητες), αλκένια, αλκαδιένια, αλκίνια. Οι χημικές αντιδράσεις που θα αναφερθούν θα είναι όσο γίνεται λιγότερες και βασικότερες. Το φαινόμενο της γεωμετρικής cis-trans ισομέρειας θα αναφερθεί. Αναπόσπαστο μέρος πρέπει να είναι και η σύνδεση με τις χρήσεις και εφαρμογές και σχετικά προβλήματα (π.χ. χλωροφθοράνθρακες και τρύπα του όζοντος). Θα γίνει επίσης πολύ σύντομη αναφορά σε κυκλικούς και αρωματικούς υδρογονάνθρακες.

Με το Κεφ. 3 (*Πολυμερή-Πλαστικά*) ο στόχος είναι να χρησιμοποιηθούν οι γνώσεις που αποκτήθηκαν για τους υδρογονάνθρακες στο προηγούμενο κεφάλαιο για να αντιληφθούν οι μαθητές πώς από απλές ενώσεις (με απλά μόρια) οι χημικοί συνθέτουν μακρομοριακά υλικά, τα πολυμερή. Ακόμη ότι πολυμερή κτίζει και η ίδια η φύση. Οι χημικοί μπορούν όχι μόνον να αντιγράφουν τη φύση, αλλά και να την υπερβαίνουν, συνθέτοντας υλικά με βελτιωμένες ιδιότητες. Οι μαθητές πρέπει να καταλάβουν την έννοια του πλαστικού ως βασιζόμενου σε πολυμερές, με την προσθήκη πρόσθετων ουσιών που επιτυγχάνουν επιθυμητές ιδιότητες του πλαστικού υλικού. Επίσης, οι μαθητές πρέπει να αντιληφθούν τη σημασία της ανακύκλωσης των πλαστικών και των διασπώμενων πολυμερών.

Η κάλυψη των οργανικών ενώσεων που γίνεται στο Κεφ. 4 πρέπει να είναι στοιχειώδης: να γνωρίσουν οι μαθητές τις διάφορες κατηγορίες οργανικών ενώσεων, τους συντακτικούς τύπους τους, την ονοματολογία (ονομασία κατά IUPAC αλλά και άλλες ονομασίες). Κι εδώ, οι χημικές αντιδράσεις που θα αναφερθούν θα είναι όσο γίνεται λιγότερες και βασικότερες.

Με την Ενότητα Β (Η Χημεία στη ζωή μας), περνάμε στη σύνδεση της χημείας με τη ζωή μέσα από τη μελέτη των φαρμάκων (Κεφ. 5), των τροφίμων και της διατροφής (Κεφ. 6) και των βιομορίων (Κεφ. 7). Ο στόχος είναι να αναδειχθεί ο ρόλος και η σημασία της χημείας μέσω της σύνθεσης (φάρμακα) και της ανάλυσης (τρόφιμα και βιομόρια).

Το Κεφ. 5 (Φάρμακα) ξεκινά με τις κυκλικές και τις αρωματικές ενώσεις, που αποτελούν τη βάση των περισσότερων φαρμάκων. Αφού μελετήσουμε τον τρόπο δράσης των φαρμάκων, περνάμε στις κυριότερες κατηγορίες φαρμάκων.

Στο Κεφ. 6 (Τρόφιμα – Διατροφή) γίνεται διαπραγμάτευση των πιο βασικών θεμάτων των τροφίμων (υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπαρές ουσίες). Ταυτόχρονα όμως η χημεία τους είναι πολύπλοκη. Οι μαθητές πρέπει να αντιληφθούν το πόσο απαραίτητα στο διαιτολόγιό μας είναι αυτές οι ουσίες. Εξάλλου και οι βιταμίνες και τα ανόργανα άλατα αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της διατροφής μας. Οι μαθητές πρέπει να αντιληφθούν και αυτόν τον ρόλο και πώς μπορούμε να τα προσλαμβάνουμε από τα τρόφιμα στις κατάλληλες (μικρές) ποσότητες. Απαραίτητα και χρήσιμα είναι επίσης τα θέματα τα σχετικά με την πέψη, το μαγείρεμα, τη σωστή και υγιεινή διατροφή, τις ελεύθερες ρίζες, το οξειδωτικό στρες και τα αντιοξειδωτικά. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τα θέματα: πώς θα θρέψουμε τον πλανήτη / υποσιτισμός / βιομηχανοποιημένη αγροτική παραγωγή / συνθετικά λιπάσματα / νέες τεχνικές.

Το Κεφ. 7 (Βιομύρια: Τα μόρια της ζωής), εκτός από τις αζωτούχες ενώσεις, αμίνες, πεπτιδικό δεσμό και αμινοξέα, περιλαμβάνει και αρκετά θέματα που στο ελληνικό σχολείο μέχρι τώρα τα καλύπτει η βιολογία: νουκλεϊκά οξέα / νομή του DNA / το RNA . Ο στόχος μας είναι να δειχθεί ότι όλα τα θέματα αυτά συνδέονται άμεσα με τη χημεία - είναι χημεία (βιοχημεία), άρα η χημεία προσφέρεται καλύτερα για τη διδασκαλία τους στην κατάλληλη θέση, όταν θα έχει προηγηθεί το κτίσιμο των προαπαιτούμενων χημικών γνώσεων. Φυσικά και η βιολογία έχει λόγο για τα παραπάνω θέματα, πρέπει όμως να ασχολείται με αυτά όχι κατά προθύστερο τρόπο, προτού δηλαδή οι μαθητές αποκτήσουν τα βασικά εφόδια της οργανικής χημείας.

Με το Κεφ. 8 (*Ηλεκτροχημική ενέργεια*) επιστρέφουμε σε θέματα γενικής και ανόργανης χημείας: ιόντα, ηλεκτρολύτες, οξέα-βάσεις-άλατα. Ακόμη μελετούμε πιο συστηματικά τις αντιδράσεις οξειδοαναγωγής. Σημειωτέον ότι τα θέματα αυτά δεν έχουν καλυφθεί επαρκώς στη χημεία των προηγούμενων τάξεων. Ακολουθεί η μελέτη των ηλεκτροχημικών στοιχείων: ηλεκτρόλυση και γαλβανικά στοιχεία (στοιχείο Volta, μπαταρίες, το ξηρό στοιχείο Zn-C, οι όξινοι συσσωρευτές μολύβδου, οι κυψελίδες καυσίμου).

Το τελευταίο κεφάλαιο (9) ασχολείται με την πυρηνική ενέργεια και τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας. Τα θέματα της πυρηνικής ενέργειας διδάσκονται συνήθως στη φυσική (πυρηνική φυσική). Όμως και η λεγόμενη πυρηνική χημεία και η ραδιοχημεία νομιμοποιούνται απόλυτα να θεωρούν ότι «έχουν δικαιώματα» σε αυτά, μιας και βασίζονται στα χημικά στοιχεία (στον ατομικό πυρήνα). Οι μαθητές πρέπει να αποκτήσουν μόνο τις βασικές στοιχειώδεις (αλλά και επιστημονικά ορθές) γνώσεις σε θέματα όπως η πυρηνική ενέργεια, η πυρηνική σχάση, ο πυρηνικός αντιδραστήρας, η ραδιενέργεια και ο θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας. Χρήσιμα και απαραίτητα κρίνουμε ακόμη τα θέματα: ιοντίζουσες ακτινοβολίες, πυρηνικά απόβλητα, ραδιενέργεια και υγεία. Τέλος, Τα θέματα τα σχετικά με τις ήπιες μορφές ενέργειας (ηλιακή, υδροηλεκτρική, αιολική, γεωθερμική και παλιρροιακή ενέργεια και ενέργεια των κυμάτων, και βιομάζα) δεν εμπίπτουν βέβαια στη χημεία, κρίθηκε όμως χρήσιμη και απαραίτητη η κάλυψή τους χάριν της πληρότητας του θέματος της ενέργειας. Η κάλυψη βέβαια πρέπει να είναι στοιχειώδης και εισαγωγική.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Παραθέτουμε παρακάτω αρκετά χαρακτηριστικά παραδείγματα από το εκπαιδευτικό υλικό που εμφανίζεται στο βιβλίο είτε στο κυρίως κείμενο, είτε στο πλάι κάθε σελίδας (βλ. Εικόνα 3) και μέσα σε πλαίσια. Ελπίζουμε ότι έτσι δείχνεται η ποικιλία του υλικού και η έμφαση στη σύνδεση της χημείας με τη ζωή και τις εφαρμογές.

- Θερμογόνος δύναμη των διαφόρων γαιανθράκων. Οι χλωροφθοράνθρακες και η τρύπα του όζοντος.
- Πολυαιθυλένιο πολυβινυλοχλωρίδιο. Πλαστικοποιητές. Θερμοπλαστικά. Θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά. Σιλκόνες. Νεότερα συνθετικά υλικά. Πολυμερή και περιβάλλον / Διαχείριση των απορριμμάτων. Νανοτεχνολογία και νανοϋλικά

- Αλκοτέστ. Μεθακρυλικός μεθυλεστέρας (Plexiglas). Ισομερισμός cis-trans: κλειδί στη λειτουργία των ματιών. Κυκλοπροπάνιο. Βενζόλιο (ή βενζένιο). Βενζαλδεύδη. Ετεροκυκλικές αρωματικές ενώσεις.
- Οι κυριότερες κατηγορίες φαρμάκων: αντιφλεγμονώδη – αναλγητικά . σαλικυλικό οξύ (2-υδροξυβενζοϊκό οξύ). ακετυλοσαλικυλικό οξύ (ασπιρίνη). παρακεταμόλη (Deron, Panadol).
- Αντιόξινα. Αντιβιοτικά (πενικιλίνη). Προγεστερόνη, τεστοστερόνη, συνθετικές ορμόνες.
- Cis και trans λιπαρά. Βιταμίνες. Σωστή και υγιεινή διατροφή. Ωμέγα-3 και ωμέγα-6 λιπαρά οξέα/ Μεσογειακή διατροφή. Ελεύθερες ρίζες - Οξειδωτικό στρες – Αντιοξειδωτικά. Πώς θα θρέψουμε τον πλανήτη Υποσιτισμός Βιομηχανοποιημένη αγροτική παραγωγή Συνθετικά λιπάσματα. Χημεία φυσικών προϊόντων Ταξόλη
- Νάιλον: Ένα συνθετικό πολυμερές πολυσυμπύκνωσης. Αμινοξέα, πολυπεπτίδια πρωτεΐνες. Δομή των πρωτεϊνών. Ένζυμα - Ενεργό κέντρο, Νουκλεοτίδιο. Φωσφορική ομάδα, σάκχαρο, ετεροκυκλική βάση. Δομή του DNA Το RNA. Αντιγραφή κυττάρων – Μίτωση, γενετικός ανασυνδυασμός του DNA και το μέλλον μας. Ιντεφερόνη: ένα φάρμακο για τον καρκίνο
- Ηλεκτροχημικά στοιχεία (γαλβανικά και ηλεκτρολυτικά στοιχεία). Το ξηρό στοιχείο Zn-C. Οι όξινοι συσσωρευτές μολύβδου. Οι κυψελίδες καυσίμου. Το «πράσινο» αυτοκίνητο.
- Πυρηνική Ενέργεια. Τα υπέρ και τα κατά της πυρηνικής ενέργειας. Πυρηνική σχάση. Εμπλουτισμένο ουράνιο / Απεμπλουτισμένο ουράνιο. Πυρηνικός αντιδραστήρας. Πυρηνικά ατυχήματα (Τσερνόμπιλ, Φουκουσίμα). Ραδιενέργεια, ραδιοϊσότοπα, ραδιενεργός διάσπαση, φυσικά ραδιοϊσότοπα, ιοντίζουσες ακτινοβολίες, ανίχνευση και μέτρηση της ακτινοβολίας, πυρηνικά απόβλητα, ραδιενέργεια και υγεία. Ο θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας. Πυρηνική σύντηξη του υδρογόνου σε ήλιο. Ήπιες μορφές ενέργειας.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Στην παρούσα φάση βρίσκεται σε εξέλιξη η προκαταρκτική αξιολόγηση του βιβλίου από έμπειρους εκπαιδευτικούς χημικούς λυκείου. Οι εκπαιδευτικοί αυτοί, αφού μελετήσουν το βιβλίο, θα απαντήσουν σε γραπτό ερωτηματολόγιο, το οποίο θα ζητήσει τις γνώμες τους για τους γενικούς και τους ειδικούς στόχους, τη δομή του βιβλίου, γενικά και εξωτερικά χαρακτηριστικά του, και άλλες γενικές και απαντήσεις σε ειδικές ερωτήσεις. Ένα μεγάλο μέρος ερωτήσεων αναφέρονται σε αξιολόγηση ειδικών στόχων του υλικού, π.χ. «Η κάλυψη της οργανικής χημείας πρέπει να είναι στοιχειώδης: ... Οι χημικές αντιδράσεις που θα αναφερθούν θα είναι όσο γίνεται λιγότερες και βασικότερες. Συμφωνείτε;». Παραδείγματα άλλων ερωτήσεων: «Σε ποιο βαθμό, το παρόν εκπαιδευτικό υλικό είναι πιθανόν να προσφέρεται για ΟΛΟΥΣ τους μαθητές από άποψη νοητικών απαιτήσεων (δυσκολίας);» «Κρίνετε ότι η προτεινόμενη ύλη μπορεί να καλυφθεί μέσα σε ένα δίωρο μάθημα;». «Γίνονται επαρκείς αναφορές σε εφαρμογές της χημείας στην

καθημερινή ζωή;». «Πώς συγκρίνετε το υλικό αυτό με το υπάρχον βιβλίο; (σε κάποια χαρακτηριστικά ή γενικά και αόριστα για το ποιο είναι καλύτερο;))».

Ευελπιστούμε ότι η αξιολόγηση θα συμβάλει ουσιαστικά σε αλλαγές και βελτιώσεις. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης αυτής θα παρουσιαστούν στο συνέδριο της ΕΝΕΦΕΤ τον Μάιο 2015 στη Θεσσαλονίκη.

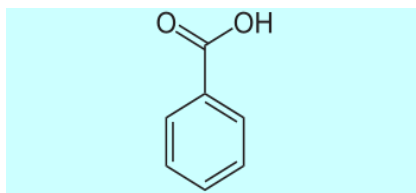
ΚΑΤΑΛΗΚΤΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ

Θα τονίσουμε ότι το εκπαιδευτικό υλικό συνιστά μια σύνθεση υλικού και όχι ένα πρωτότυπο υλικό. Το μεγαλύτερο μέρος του έχει ληφθεί από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένου του επίσημου σχολικού βιβλίου χημείας γενικής παιδείας β' λυκείου. Στην τελική μορφή του υλικού αυτού θα περιληφθεί και κατάλογος των πηγών που χρησιμοποιήσαμε για τη σύνταξή του. Εξάλλου, το υλικό κατουσίαν αποτελείται μόνο από το κυρίως σώμα ενός διδακτικού εγχειριδίου και αυτού όχι ολοκληρωμένου. Από το υλικό λείπουν πειραματικές δραστηριότητες, ερωτήσεις, ασκήσεις, προβλήματα και συνθετικές εργασίες, ηλεκτρονικό υλικό (CD-ROM με βιντεοσκοπημένα και προσομοιωμένα πειράματα), καθώς και συνδέσεις με κατάλληλα σχετικά διαδικτυακά θέματα. Το επιπλέον αυτό υλικό αποτελεί απαραίτητο διδακτικό συμπλήρωμα, διότι προσφέρει εναλλακτικές ευκαιρίες που αναμένεται όχι μόνο να προσελκύσουν το ενδιαφέρον και την περιέργεια των μαθητών, αλλά και να προσφέρουν δυνατότητες για διαθεματικές προσεγγίσεις του διδακτικού υλικού.

Ακόμη τονίζουμε ότι το υλικό αυτό δεν εμπεριέχει διδακτική μεθοδολογία. Επαφίεται στους διδάσκοντες να επιλέξουν και να καθορίσουν τις πιο πρόσφορες και σύγχρονες διδακτικές μεθόδους. Στο πλαίσιο αυτό, επισημαίνουμε ότι το υλικό αυτό δεν προορίζεται για αποστήθιση. Ας πάρουμε π.χ. τις ενώσεις τις σχετικές με την ασπιρίνη (βλ. Εικόνα 3). Στόχος μας δεν πρέπει να είναι να ξέρουν οι μαθητές να γράψουν τους τρεις συντακτικούς τύπους, αλλά αφενός να αναγνωρίζουν τα κύρια χαρακτηριστικά τους και να συγκρίνουν τους τύπους, π.χ

- Το σαλικυλικό οξύ είναι ένα υδροξυοξύ (έχοντας τόσο καρβοξυλομάδα $-\text{COOH}$, όσο και υδροξυλομάδα $-\text{OH}$). Η κατά IUPAC ονομασία του σαλικυλικού οξέος είναι 2-υδροξυβενζοϊκό οξύ. (Το βενζοϊκό οξύ αναφέρεται στο Κεφ. 4. – βλ. και Εικόνα 4).

Εικόνα 4: Ο συντακτικός τύπος και φωτογραφία κρυστάλλων του βενζοϊκού οξέος.

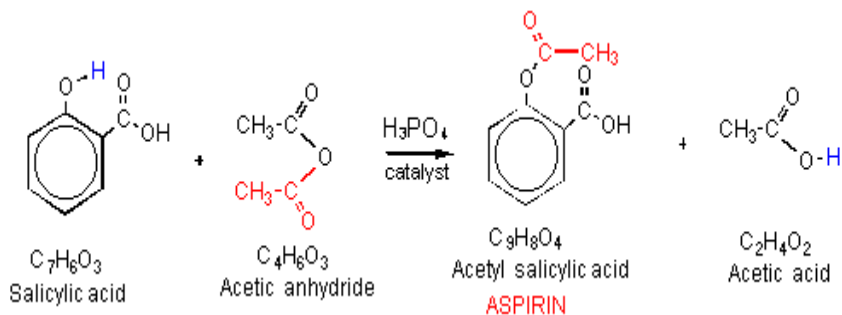


βενζοϊκό οξύ (το απλούστερο αρωματικό οξύ)



κρυστάλλοι βενζοϊκού οξέος

- Ότι το σαλικυλικό νάτριο είναι ένα άλας / μια ιοντική ένωση. Και ότι το ακετυλοσαλικυλικό οξύ είναι ο εστέρας του σαλικυλικού οξέος με το οξεϊκό οξύ. Το σαλικυλικό νάτριο μπορεί να παρασκευαστεί με εξουδετέρωση του σαλικυλικού οξέος με υδατικό διάλυμα NaOH.
- Ότι στο μόριο της ασπιρίνης διακρίνουμε έναν αρωματικό δακτύλιο στον οποίο συνδέονται μία καρβοξυλομάδα (εξού η κατάληξη ‘οξύ’) και μία εστερομάδα (εξού το πρόθεμα ‘ακετυλο’).
- Ότι ως εστέρας η ασπιρίνη θα μπορούσε καταρχήν να παρασκευασθεί με αντίδραση του σαλικυλικού οξέος με οξεϊκό οξύ, όπου το σαλικυλικό οξύ δρα μέσω της υδροξυομάδας (δηλαδή ως αλκοόλη). Στην πράξη όμως η ασπιρίνη παρασκευάζεται με αντίδραση του σαλικυλικού οξέος με οξεϊκό ανυδρίτη:



- Ο διδάσκων μπορεί ακόμη να αναθέσει ως εργασία να μελετήσουν οι μαθητές περισσότερο την ιστορία της ασπιρίνης, αλλά και την πολύπλοκη πειραματική πορεία σύνθεσης της ασπιρίνης στο εργαστήριο.
- Σημειωτέον ότι στο YouTube βρίσκουμε και βίντεο της παρασκευής σαλικυλικού οξέος με υδρόλυση της ασπιρίνης με NaOH: <http://www.youtube.com/watch?v=2tPIWPR1aFg>
- Από το προκύπτον υδατικό διάλυμα, το σαλικυλικό οξύ καταβυθίζεται με υδροχλωρικό οξύ και στη συνέχεια απομονώνεται με διήθηση και ξήρανση.

Επιγραμματικά, σημειώνουμε ότι σημαντική επίδραση στην προσέγγισή μας αυτή στη χημεία γενικής παιδείας της β΄ τάξης λυκείου είχε ασκήσει ένα βιβλίο γενικής χημείας με τίτλο *Chemistry and our changing world (Η Χημεία και ο κόσμος μας που αλλάζει)* (Sherman & Sherman 1983). Με βάση αυτό το βιβλίο, ο ένας από τους συγγραφείς αυτής της εισήγησης εισηγήθηκε, πριν από πολλά χρόνια, κατά το 12^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Χημείας, για τη «Χημεία ως μάθημα γενικής παιδείας στο κατώφλι του 21ου αιώνα» (Τσαπαρλής 1988). Ο επίλογος της εισήγησης εκείνης αποτελεί κάλλιστα και τον επίλογο της παρούσας εισήγησης:

Ζούμε σε έναν χημικό κόσμο, όπου η προσωπική μας ευημερία, το βιοτικό μας επίπεδο αλλά και αυτό το μέλλον του πλανήτη μας είναι στενά συνδεδεμένα με τη χημεία, όπου ένα επιστημονικά εν αγνοία κοινό έχει αρχίσει, κυρίως λόγω της αγνοιάς του, να υιοθετεί εχθρική στάση απέναντι στη χημεία, όπου φοβάται και τη λέξη 'χημεία' και το επίθετο 'χημικός'. Είναι ανάγκη το κοινό να ξέρει πότε να εκτιμά (να συμπαθεί) και πότε να φοβάται τη χημεία. Ο αυριανός πολίτης πρέπει να μπορεί να θεωρεί κριτικά τη χημική άποψη της ζωής, τις δυνατότητες και τα προβλήματα της χημείας. Είναι πασίδηλη συνεπώς η υποχρέωση ημών των δασκάλων χημικών να του προσφέρουμε την απαραίτητη χημική γνώση και κρίση.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε τα παρακάτω μέλη ΔΕΠ του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για την εξειδικευμένη συμβολή τους στη βελτίωση σε μεμονωμένα κεφάλαια του βιβλίου (ένας από αυτούς σε δύο κεφάλαια), τόσο από επιστημονική άποψη όσο και σε σχέση με την παρουσίαση: τον καθ. βιομηχανικής χημείας Τιβέριο Βαϊμάκη, τον καθ. οργανικής χημείας Γεώργιο Βαρβούνη, την αναπλ. καθ. βιοχημείας Ειρήνη (Αννα) Κούκκου, τον αναπλ. καθ. καθηγητή βιομηχανικής χημείας και ιστορίας της χημείας Ευθύμιο Μπόκαρη, τον αναπλ. καθ. χημείας τροφίμων Κυριάκο Ρηγανάκο και τον αναπλ. καθ. οργανικής χημείας Μιχαήλ Σίσκο. Επίσης τον δρα εκπαιδευτικό φυσικό Σωτήριο Χατζτζάβαλο, ο οποίος διάβασε το κεφ. 9 (Πυρηνική ενέργεια και εναλλακτικές μορφές ενέργειας) και έκανε χρήσιμα σχόλια. Τέλος, στη βελτίωση του κεφ. 9 συνέβαλε σημαντικά ο αείμνηστος Περικλής Τσέκερης, αναπληρωτής καθηγητής στο Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- American Association for the Advancement of Sciences [AAAS] (1989 & 1990). *Science for All Americans*. Washington: AAAS
- National Research Council (NRC) (1996). *National science education standards*. Washington DC: National Academy Press.
- Πύργας Ε. & Τσαπαρλής Γ. (2005). Διδακτικό πειραματικό υλικό για τη χημεία α' λυκείου με βάση την προσέγγιση καταστάσεων της ύλης. *20^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Χημείας*. Ιωάννινα: ΕΕΧ και Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Πύργας Ε. & Τσαπαρλής Γ. (2007). Προσεγγίζοντας τη χημεία μέσα από τις καταστάσεις της ύλης: Πειραματικό υλικό για την α' λυκείου και προκαταρκτική αξιολόγησή του από εκπαιδευτικούς, Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση», Τεύχος Β, 690-698. (<http://www.kodipheet.chem.uoi.gr>)
- Sherman A. & Sherman S. J. (1983). *Chemistry and our changing world*. New Jersey: Prentice-Hall

- Τσαπαρλής Γ. (1988). Χημεία και αυριανοί πολίτες: Η χημεία ως μάθημα γενικής παιδείας στο κατώφλι του 21ου αιώνα. *Πρακτικά 12ου Πανελληνίου Συνεδρίου Χημείας: Χημεία και Εκπαίδευση*. Τόμος Α', σελ. 1-6. Θεσσαλονίκη: ΕΕΧ.
- Τσαπαρλής, Γ. (1998). Χημική εκπαίδευση 2000: Ο κύκλος των χαμένων χημικών (ή της χαμένης χημείας;). *Χημικά Χρονικά*, Τεύχος 12, 332-335.
- Tsaparlis G. (2000). The states-of-matter approach (SOMA) to introductory chemistry. Chemistry Education Research and Practice, 1, 161-168. (<http://www.rsc.org/cepr>; DOI: 10.1039/A9RP90017A)*

Η χρήση των σχολικών βιβλίων από τους Κύπριους εκπαιδευτικούς Φυσικής

Δημήτριος Φιλίππου¹ και Κώστας Δημόπουλος²

¹Λύκειο Μακαρίου Λάρνακας, ²Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου,
phildem@cytanet.com.cy, dimop@uop.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετάμε τη χρήση των σχολικών βιβλίων από τους Κύπριους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν Φυσική στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η εργασία έχει ως στόχο την καταγραφή της χρήσης των σχολικών βιβλίων Φυσικής, και τη συσχέτιση αυτής της χρήσης, τόσο με τις ευρύτερες παιδαγωγικές αντιλήψεις, όσο και με τα προσωπικά ή επαγγελματικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών. Για τη μελέτη διανεμήθηκε ερωτηματολόγιο σε δείγμα 120 εκπαιδευτικών. Η ανάλυση των απαντήσεων έδειξε ότι οι Κύπριοι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν Φυσική στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση χαρακτηρίζονται γενικά από χαμηλό βαθμό εξάρτησης από το σχολικό βιβλίο κατά τη διδασκαλία τους. Οι παράγοντες που τείνουν να διαφοροποιούν περισσότερο τους εκπαιδευτικούς ως προς το βαθμό εξάρτησης τους από το σχολικό βιβλίο φαίνεται να είναι κατά βάση οι παιδαγωγικές τους αντιλήψεις, η προϋπηρεσία τους και το εάν διαθέτουν μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών ή όχι.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Χρήση σχολικού βιβλίου, παιδαγωγικές αντιλήψεις, βαθμός εξάρτησης από το σχολικό βιβλίο, προσωπικά και επαγγελματικά χαρακτηριστικά εκπαιδευτικού.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σχολικό βιβλίο είναι η κυρίαρχη πηγή σχολικής γνώσης για τις Φυσικές Επιστήμες. Παρά τη διαρκώς αυξανόμενη χρήση των νέων τεχνολογιών στη διδασκαλία και μάθηση, το σχολικό βιβλίο δεν έχει χάσει τη σημαντικότητά του και την πρωτοκαθεδρία του ως το βασικό εκπαιδευτικό υλικό. Συγκεκριμένα, το σχολικό βιβλίο συνδέεται με τις περισσότερες από τις δραστηριότητες διδασκαλίας και μάθησης, που λαμβάνουν χώρα τόσο μέσα στις τάξεις, όσο και στο σπίτι.

Σύμφωνα με την κοινωνική θεωρία του Bernstein για την εκπαίδευση, η σχολική επιστημονική γνώση υπόκειται σε έναν επιλεκτικό μετασχηματισμό ο οποίος περιγράφεται με την έννοια της αναπλαισίωσης (Bernstein, 1991). Ο μετασχηματισμός αυτός επηρεάζεται από τις αντιλήψεις για τη φύση της γνώσης, από τις κυρίαρχες

παιδαγωγικές γνώσεις και τις αντίστοιχες κοινωνικές επιλογές (Τσατσαρώνη και Κουλαϊδής, 2001). Το σχολικό βιβλίο εκτός από το περιεχόμενο περιλαμβάνει και μια αξιολογική θέση σχετικά με τη σχέση μεταξύ των διαφόρων σωμάτων γνώσης (π.χ. σχολικής και καθημερινής γνώσης), όπως επίσης και σχετικά με την ιεράρχηση της κοινωνικής θέσης του εκπαιδευτικού και του μαθητή κατά την εκπαιδευτική διαδικασία (Κουλαϊδής και Δημόπουλος, 2010). Κατά συνέπεια καθορίζει με καθοριστικό τρόπο τη φύση της εκπαιδευτικής διαδικασίας, αλλά και αντίστροφα αντανακλά κυρίαρχες αντιλήψεις σε σχέση με αυτήν.

Παράλληλα, μία σειρά από έρευνες έχουν δείξει ότι οι αποφάσεις του εκπαιδευτικού σχετικά με τον τρόπο που χρησιμοποιούνται τα σχολικά βιβλία ως βασικά υλικά του Αναλυτικού Προγράμματος έχουν επιπτώσεις και καθορίζουν την ίδια τη φύση της σχολικής γνώσης (π.χ. Freeman & Porter, 1989; Koulaidis & Tsatsaroni, 1996; Grouws & Smith, 2000; Weiss et al., 2001; Chavez, 2006; Fan et al., 2004; Chen, 2006; Bowzer, 2008; Tarr et al., 2006). Η έρευνα για τη σχέση μεταξύ της διδασκαλίας και των σχολικών βιβλίων δείχνει ότι ο τρόπος με τον οποίο οι εκπαιδευτικοί διαβάζουν και χρησιμοποιούν τα σχολικά βιβλία μπορεί ανάμεσά τους να διαφοροποιείται σημαντικά (Sosniak & Stodolsky, 1993; Remillard, 2005) και επηρεάζεται πρωτίστως από τις παιδαγωγικές πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών (Brown, 2004).

Αλλά και αντιστρόφως, θα λέγαμε ότι οι διδακτικές προσεγγίσεις των σχολικών βιβλίων επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό τις παιδαγωγικές στρατηγικές των εκπαιδευτικών (Reys et al., 2003). Η έρευνα στοχεύει να αναδείξει μερικούς από τους παράγοντες που φαίνεται να είναι σημαντικοί και να έχουν επιπτώσεις στη χρήση των σχολικών βιβλίων από τους εκπαιδευτικούς. Ειδικότερα, η παρούσα έρευνα έχει ως στόχο την καταγραφή της χρήσης των σχολικών βιβλίων Φυσικής από τους Κύπριους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν Φυσική στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, καθώς και τη συσχέτιση αυτής της χρήσης, τόσο με τις ευρύτερες παιδαγωγικές τους αντιλήψεις (προοδευτική ή παραδοσιακή παιδαγωγική), όσο και με προσωπικά (π.χ. φύλο, ηλικία) ή επαγγελματικά τους χαρακτηριστικά (π.χ. μεταπτυχιακά, προϋπηρεσία, βαθμίδα που διδάσκουν). Κατά συνέπεια, τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας είναι τα εξής:

1. Ποιος είναι ο βαθμός χρήσης του σχολικού βιβλίου και κατ' επέκταση ο βαθμός εξάρτησης των εκπαιδευτικών από το σχολικό βιβλίο και πώς αυτός διαφοροποιείται ανάλογα με το επαγγελματικό προφίλ και τις παιδαγωγικές αντιλήψεις των τελευταίων;
2. Ποιοι είναι οι τρόποι με τους οποίους οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν τα σχολικά βιβλία μέσα στις αίθουσες που διδάσκονται Φυσικές Επιστήμες και πώς διαφοροποιείται η χρήση των σχολικών βιβλίων από το επαγγελματικό προφίλ των εκπαιδευτικών και τις αντιλήψεις των τελευταίων για τον ρόλο των σχολικών βιβλίων γενικά αλλά και για τη διδασκαλία ειδικότερα;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την επίτευξη των στόχων της έρευνας θεωρήθηκε απαραίτητος ο σχεδιασμός ενός ερωτηματολογίου. Το πρώτο μέρος του ερωτηματολογίου, περιλαμβάνει οκτώ ερωτήματα

που αφορούν γενικές πληροφορίες για τους εκπαιδευτικούς, όπως το φύλο, την ηλικία, τη διδακτική εμπειρία (και εκτός δημοσίου σχολείου), τα έτη υπηρεσίας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, τα έτη διδασκαλίας στο Γυμνάσιο, τα έτη διδασκαλίας στο Λύκειο και εάν ο εκπαιδευτικός είναι κάτοχος μεταπτυχιακού ή όχι. Σε αυτές τις γενικές πληροφορίες αντιστοιχούν τέσσερις ανεξάρτητες μεταβλητές και συγκεκριμένα το φύλο, η διδακτική προϋπηρεσία, η βαθμίδα του σχολείου και η κατοχή ή μη μεταπτυχιακού.

Το δεύτερο μέρος, περιλαμβάνει πέντε ερωτήματα που διερευνούν τις παιδαγωγικές αντιλήψεις, οι οποίες χαρακτηρίζουν τους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν Φυσική. Πρόκειται τόσο για τις αντιλήψεις εκείνες που έχουν να κάνουν με τα χαρακτηριστικά της διδασκαλίας, όσο και εκείνες που έχουν να κάνουν με τον έλεγχο κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας (προοδευτικός, παραδοσιακός, επιλεκτικός). Ως προοδευτικός εκπαιδευτικός θεωρείται ο εκπαιδευτικός που συνδυάζει το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας με απόψεις περί ασθενούς ελέγχου της εκπαιδευτικής διαδικασίας από τον ίδιο (ασθενούς περιχάραξης με βάση τη θεωρητική γλώσσα του Bernstein). Παραδοσιακός εκπαιδευτικός θεωρείται ο εκπαιδευτικός που συνδυάζει το παραδοσιακό μοντέλο διδασκαλίας με απόψεις περί ισχυρού ελέγχου της εκπαιδευτικής διαδικασίας (ισχυρής περιχάραξης), ενώ επιλεκτικός θεωρείται ο εκπαιδευτικός που δεν καλύπτεται από τις παραπάνω δυο περιπτώσεις αλλά αναμειγνύει στοιχεία τους.

Τέλος, το τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου περιλαμβάνει έξι ερωτήματα τα οποία αντιστοιχούν στην ανίχνευση των πρακτικών χρήσης των σχολικών βιβλίων από τους εκπαιδευτικούς (ερωτήματα για την ανίχνευση του βαθμού εξάρτησης του εκπαιδευτικού από το σχολικό βιβλίο, ερωτήματα για την ανίχνευση του βαθμού προετοιμασίας του εκπαιδευτικού για τη χρήση του σχολικού βιβλίου και ερωτήματα για τα προτιμητέα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά του σχολικού βιβλίου).

Τα δεδομένα από το ερωτηματολόγιο μετά την επανακαωδικοποίηση των απαντήσεων στις παραπάνω ερωτήσεις, όπως αυτές παρουσιάστηκαν παραπάνω, συνοψίζονται σε οκτώ σύνθετες μεταβλητές που είναι και οι άξονες της έρευνας, οι οποίοι συμπυκνώνουν όλες τις πληροφορίες που μπορούν να εξαχθούν από το ερωτηματολόγιο. Οι διαστάσεις αυτές είναι:

1. Το φύλο
2. Η διδακτική προϋπηρεσία
3. Η κύρια βαθμίδα όπου εργάζονται οι εκπαιδευτικοί
4. Η κατοχή ή μη μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών
5. Οι παιδαγωγικές αντιλήψεις ως προς τη διδασκαλία και τη μάθηση
6. Οι Παιδαγωγικές αντιλήψεις ως προς τον έλεγχο της εκπαιδευτικής διαδικασίας
7. Ο βαθμός εξάρτησης του εκπαιδευτικού από το σχολικό βιβλίο
8. Ο βαθμός προετοιμασίας του εκπαιδευτικού για τη χρήση του σχολικού βιβλίου.

Το ερωτηματολόγιο επιδόθηκε σε 120 εκπαιδευτικούς από 45 σχολεία (25 Λύκεια και 20 Γυμνάσια από όλες τις επαρχίες της Κύπρου) δείγμα που αντιστοιχεί περίπου στο 30% του συνολικού πληθυσμού των Κυπρίων εκπαιδευτικών Φυσικής (ο πληθυσμός των εκπαιδευτικών που διδάσκουν Φυσική στα δημόσια σχολεία της Κύπρου για τη σχολική χρονιά 2008-2009 που διεξήχθη η έρευνα, ήταν συνολικά 326

εκπαιδευτικοί). Το 55% των συμμετεχόντων στην έρευνα ήταν άντρες, ποσοστό το οποίο είναι πολύ κοντά στο αντίστοιχο 54% του πληθυσμού των εκπαιδευτικών που διδάσκουν Φυσική στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στην Κύπρο. Το 48% των εκπαιδευτικών του δείγματος έχει ηλικία κάτω από 40 χρονών και σχεδόν το 27% είναι ηλικίας κάτω από 30 χρονών. Επίσης το 23% των εκπαιδευτικών του δείγματος είχαν διδακτική εμπειρία από 1 μέχρι 5 χρόνια, το 43% μέχρι 10 χρόνια και το υπόλοιπο 57% είχε διδακτική εμπειρία μεγαλύτερη από δέκα χρόνια. Τέλος από τους εκπαιδευτικούς του δείγματος το 37% είναι κάτοχοι μεταπτυχιακών τίτλων. Το δείγμα μας είναι πλήρως αντιπροσωπευτικό του γενικού πληθυσμού ως προς όλα από τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά.

Παράλληλα με βάση τις παιδαγωγικές τους αντιλήψεις ως προς τη διδασκαλία και τη μάθηση αλλά και τον έλεγχο της εκπαιδευτικής διαδικασίας, φαίνεται ότι σχεδόν τα δύο τρίτα των εκπαιδευτικών που διδάσκουν Φυσική μπορεί να χαρακτηριστούν ως επιλεκτικοί και σχεδόν μόνο το ένα τρίτο μπορεί να χαρακτηριστούν ως προοδευτικοί. Είναι επίσης χαρακτηριστικό ότι μόλις 1 στους 40 εκπαιδευτικούς μπορεί να χαρακτηριστεί ως πλήρως παραδοσιακός.

Πίνακας 1: Παιδαγωγικές Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών.

Χαρακτηρισμός	Συχνότητα	% Ποσοστό	Αθροιστικό % Ποσοστό
Επιλεκτικός	74	61,7	61,7
Προοδευτικός	43	35,8	97,5
Παραδοσιακός	3	2,5	100,0
Σύνολο	120	100,0	

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η αποστροφή των Κυπρίων εκπαιδευτικών στην παραδοσιακή παιδαγωγική λογική συνδέεται με το γεγονός ότι οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί (54%) χαρακτηρίζονται από χαμηλή εξάρτηση από το σχολικό βιβλίο και μόνο ένα μικρό ποσοστό της τάξεως του 15,8% χαρακτηρίζονται από υψηλή αντίστοιχη εξάρτηση. Οι υπόλοιποι, δηλαδή περίπου ένας στους τρεις εκπαιδευτικούς, φαίνεται να έχει μέτριο επίπεδο εξάρτησης από το σχολικό βιβλίο χρησιμοποιώντας το με επιλεκτικό τρόπο όπως αυτοί κρίνουν κάθε φορά ότι τους βοηθά στη διδασκαλία τους.

Πίνακας 2: Βαθμός εξάρτησης του εκπαιδευτικού από το σχολικό βιβλίο.

Χαρακτηρισμός	Συχνότητα	% Ποσοστό	Αθροιστικό % Ποσοστό
Χαμηλή Εξάρτηση	65	54,2	54,2
Μέτρια Εξάρτηση	36	30,0	84,2
Υψηλή Εξάρτηση	19	15,8	100,0
Σύνολο	120	100,0	

Παράλληλα, στον Πίνακα 3, φαίνεται η κατάταξη των διαφόρων επιλογών για τη χρήση του σχολικού βιβλίου ανάλογα με το βαθμό σπουδαιότητας που του αποδίδεται από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς. Με βάση τα σχετικά αποτελέσματα προκύπτει ότι οι τρεις σπουδαιότεροι λόγοι για τους οποίους οι εκπαιδευτικοί δηλώνουν ότι τείνουν να χρησιμοποιούν συστηματικά το σχολικό βιβλίο κατά τη διδασκαλία τους, είναι κατά σειρά: «Εξυπηρετεί ως πηγή ασκήσεων και προβλημάτων», «Εξυπηρετεί τους μαθητές να γνωρίζουν τι θα μελετήσουν» και «Εξυπηρετεί ως πηγή επίδειξης εικόνων, διαγραμμάτων και γενικά απεικονιστικού υλικού». Αντίστοιχα, οι τρεις επιλογές με την χαμηλότερη προτεραιότητα είναι κατά σειρά: «Εξυπηρετεί τους γονείς να γνωρίζουν τι θα μελετήσουν τα παιδιά τους», «Βοηθά την εξοικείωση με την ιστορία των φυσικών επιστημών» και «Αντικατοπτρίζει την εφαρμογή του Αναλυτικού Προγράμματος».

Πίνακας 3: Σπουδαιότητα Επιλογών της χρήσης του σχολικού βιβλίου.

Σειρά Σπουδαιότητας	Χρήση του σχολικού βιβλίου	Μέση σειρά ιεράρχησης
1η	Εξυπηρετεί ως πηγή ασκήσεων και προβλημάτων	2.92
2η	Εξυπηρετεί τους μαθητές να γνωρίζουν τι θα μελετήσουν	3.66
3η	Εξυπηρετεί ως πηγή παραδειγμάτων και εφαρμογών για το μάθημα	4.02
4η	Εξυπηρετεί ως πηγή επίδειξης εικόνων, διαγραμμάτων και γενικά απεικονιστικού υλικού	4.77
5η	Με βοήθια να προγραμματίσω το καθημερινό μάθημα μου	7.70
6η	Εξυπηρετεί ως πηγή πειραματικών δραστηριοτήτων	7.78
7η	Καθορίζει την ακολουθία των θεμάτων που τίγονται κατά τη διδασκαλία	8.25
8η	Αντικατοπτρίζει την εφαρμογή του Αναλυτικού Προγράμματος	8.52
9η	Βοηθά εξοικείωση με την ιστορία των φυσικών επιστημών	8.56
10η	Εξυπηρετεί τους γονείς να γνωρίζουν τι θα μελετήσουν τα παιδιά τους	8.94

Από την εκτίμηση του κάθε εκπαιδευτικού όσον αφορά το ποσοστό του διδακτικού χρόνου που χρησιμοποιεί το σχολικό βιβλίο στο μάθημα του είτε με ρητό είτε με άρητο τρόπο (Πίνακας 4), φαίνεται ότι η συντριπτική πλειοψηφία αυτών που διδάσκουν Φυσική αναφέρουν ότι κάνουν χρήση του σχολικού βιβλίου λιγότερο από το μισό του χρόνου διδασκαλίας τους. Το αποτέλεσμα αυτό, όπως άλλωστε και το προηγούμενο σύμφωνα με το οποίο οι Κύπριοι εκπαιδευτικοί θεωρούν σε πολύ μικρό

βαθμό ότι το σχολικό βιβλίο είναι χρήσιμο ως εργαλείο εφαρμογής του Αναλυτικού Προγράμματος, είναι απολύτως επιβεβαιωτικό του αρχικού ευρήματος περί κουλτούρας χαμηλής εξάρτησης των Κυπρίων εκπαιδευτικών από το σχολικό βιβλίο.

Πίνακας 4: Εκτιμώμενος χρόνος χρήσης του σχολικού βιβλίου στο μάθημα από τον εκπαιδευτικό

Ποσοστό χρόνου	Συχνότητα	% Ποσοστό	Αθροιστικό % Ποσοστό
Λιγότερο από το μισό χρόνο	103	85,8	85,8
Το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου	17	14,2	100,0
Σύνολο	120	100,0	

Προς την ίδια κατεύθυνση, κινούνται και τα δεδομένα του πίνακα 5, με βάση τα φαίνεται ότι οι εκπαιδευτικοί τείνουν να συγκεντρώνονται σε δυο βασικά ομάδες όσον αφορά τον ρόλο του σχολικού βιβλίου κατά τη διδασκαλία και μάθηση. Η πρώτη ομάδα η οποία θεωρεί ότι το σχολικό βιβλίο θα πρέπει να είναι το βασικό μεν, αλλά όχι το μοναδικό υλικό αναφοράς κατά τη διδασκαλία, είναι σχεδόν διπλάσια από τη δεύτερη όπου πιστεύει ότι το σχολικό βιβλίο πρέπει να είναι ένα ανάμεσα στα πολλά υλικά αναφοράς κατά τη διδασκαλία. Σε κάθε περίπτωση και οι δυο απόψεις έχουν ως κοινή συνισταμένη την απόρριψη της ιδέας του ενός μοναδικού και αποκλειστικού ρόλου του βιβλίου κατά τη διδασκαλία. Το γεγονός ότι μόλις δυο εκπαιδευτική θεωρούν ότι το σχολικό βιβλίο πρέπει να είναι το μοναδικό υλικό αναφοράς κατά τη διδασκαλία, πιστοποιεί εκ νέου και με έναν ακόμα τρόπο, το χαμηλό βαθμό εξάρτησης που εκφράζουν οι εκπαιδευτικοί από το σχολικό βιβλίο.

Πίνακας 5: Ρόλος του σχολικού βιβλίου στη διδασκαλία και μάθηση

Δήλωση	Συχνότητα	% Ποσοστό	Αθροιστικό % Ποσοστό
Το σχολικό βιβλίο πρέπει να είναι το μοναδικό υλικό αναφοράς κατά τη διδασκαλία	2	1,7	1,7
Το σχολικό βιβλίο πρέπει να είναι το βασικό αλλά όχι το μοναδικό υλικό αναφοράς κατά τη διδασκαλία	73	60,8	62,5
Το σχολικό βιβλίο πρέπει να είναι ένα ανάμεσα στα πολλά υλικά αναφοράς κατά τη διδασκαλία	43	35,8	98,3
Δεν θα πρέπει να υπάρχει σχολικό βιβλίο. Στη θέση του θα έπρεπε να υπάρχουν εναλλακτικοί τρόποι πρόσβασης στη γνώση όπως σημειώσεις του διδάσκοντα, το διαδίκτυο, η σχολική βιβλιοθήκη, κλπ	2	1,7	100,0
Σύνολο	120	100,0	

Τέλος εκτός από το χαμηλό βαθμό εξάρτησης από το σχολικό βιβλίο βρέθηκε ότι η μεγάλη πλειοψηφία των εκπαιδευτικών που διδάσκουν Φυσική χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό αυτοπεποίθησης στη χρήση του καθώς πιστεύει ότι είναι επαρκώς προετοιμασμένη για να μπορεί να χρησιμοποιεί αποτελεσματικά το σχολικό βιβλίο (Πίνακας 6). Αυτό το αποτέλεσμα ίσως να εξηγείται με βάση το γεγονός ότι οι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι το σχολικό βιβλίο είναι απλώς ένα μέσο έκθεσης του επιστημονικού περιεχομένου με το οποίο αισθάνονται αυτοπεποίθηση, τείνοντας ωστόσο, να υποβαθμίζουν ότι ένα βιβλίο έχει παράλληλα και ενσωματωμένες παιδαγωγικές κατευθύνσεις τις οποίες δεν φαίνεται από τη βασική τους εκπαίδευση αλλά και την επιμόρφωση που έχουν λάβει να είναι σε θέση για να διακρίνουν.

Πίνακας 6: Αυτοπροσλαμβανόμενος βαθμός προετοιμασίας του εκπαιδευτικού για τη χρήση του σχολικού βιβλίου

Χαρακτηρισμός	Συχνότητα	% Ποσοστό	Αθροιστικό % Ποσοστό
Επαρκής Προετοιμασία	90	75,0	75,0
Ανεπαρκής Προετοιμασία	30	25,0	100,0
Σύνολο	120	100,0	

Συσχετίσεις

Για την περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων έγινε μελέτη όλων των συνδυασμών των πιθανών συσχετίσεων των μεταβλητών χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του χ^2 . Προκειμένου να αναδειχθεί καλύτερα ο χαρακτήρας αυτών των συσχετίσεων σε αρκετές φορές χρειάστηκε να γίνει επανακωδικοποίηση των δεδομένων του ερωτηματολογίου, με τη σύμπτυξη επιμέρους κατηγοριών. Από τη μελέτη των συσχετίσεων, φαίνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα σε μια σειρά προσωπικά και επαγγελματικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών όπως είναι η ηλικία, η προϋπηρεσία, η βαθμίδα του σχολείου στο οποίο εργάζεται, η κατοχή ή μη εκ μέρους του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών, καθώς και των παιδαγωγικών αντιλήψεων για τη διδασκαλία και τη μάθηση, αλλά και των απόψεων τους για την ισχύ του ελέγχου της εκπαιδευτικής διαδικασίας από την μια πλευρά και στον τρόπο χρήσης τους του σχολικού βιβλίου από την άλλη.

Επίδραση της ηλικίας

Προέκυψε ότι υπάρχει συσχέτιση της ηλικίας των εκπαιδευτικών με τις παιδαγωγικές τους αντιλήψεις και τη χρήση των σχολικών βιβλίων. Πιο συγκεκριμένα βρέθηκε ότι, οι νεότεροι ηλικιακά εκπαιδευτικοί (με ηλικία από 25 μέχρι 30 χρονών):

- θεωρούν ότι πρέπει να χρησιμοποιούν *παραδοσιακές διδακτικές μεθόδους και τεχνικές* περισσότερο από ό,τι οι μεγαλύτεροι σε ηλικία συνάδελφοί τους ($\chi^2=7.02$, $p<0.05$, $df=2$).
- τείνουν να δηλώνουν ότι είναι *περισσότερο εξαρτημένοι στη διδασκαλία τους από το σχολικό βιβλίο* αφού ισχυρίζονται ότι χρησιμοποιούν το σχολικό βιβλίο το μεγαλύτερο

μέρος του χρόνου των μαθημάτων τους, σε σχέση με τους μεγαλύτερους σε ηλικία συναδέλφους τους ($\chi^2=7.2$, $p<0.05$, $df=2$).

Στην πρώτη από τις παραπάνω δυο συσχετίσεις ίσως μπορεί να εντοπίσει κανείς την επίδραση της επιμόρφωσης στους μεγαλύτερους εκπαιδευτικούς και της κυριαρχίας ενός κυρίαρχου στην εκπαίδευση Λόγου περί προοδευτικής παιδαγωγικής.

Επίδραση της Προϋπηρεσίας

Σε αυτή την ομάδα συσχετίσεων με τον όρο «προϋπηρεσία» λαμβάνονται υπόψη διάφορες κατηγορίες προϋπηρεσίας, όπως η συνολική διδακτική εμπειρία των εκπαιδευτικών, η εκπαιδευτική υπηρεσία στο Γυμνάσιο, η εκπαιδευτική υπηρεσία εκτός δημοσίου σχολείου, η εκπαιδευτική υπηρεσία στο Λύκειο, και η εκπαιδευτική υπηρεσία στη Μέση Εκπαίδευση γενικά. Γενικά φάνηκε ότι παρόμοιες συσχετίσεις προκύπτουν οποιοδήποτε μέτρο της προϋπηρεσίας από τα προαναφερόμενα και εάν επιλέξει κανείς. Μετά τη σχετική διερεύνηση προέκυψε ότι υπάρχει συσχέτιση της προϋπηρεσίας των εκπαιδευτικών με τις παιδαγωγικές τους αντιλήψεις αλλά και με τον τρόπο χρήσης των σχολικών βιβλίων.

Παιδαγωγικές αντιλήψεις

Οι λιγότερο έμπειροι εκπαιδευτικοί των Φυσικών Επιστημών (1 μέχρι 5 έτη διδακτική εμπειρία), τείνουν να συμφωνούν περισσότερο από ό,τι οι περισσότεροι έμπειροι συναδέλφοί τους, με την άποψη που αντιστοιχεί σε μια περισσότερο *παραδοσιακή λογική*, ότι κατά τη διδασκαλία θα πρέπει να γίνεται επίλυση ασκήσεων με τις οποίες να εμπεδώνεται και να παρουσιάζεται η εφαρμογή της ύλης που διδάχθηκε.

Αλλά και γενικότερα *οι λιγότερο έμπειροι εκπαιδευτικοί* φαίνεται να έχουν περισσότερο *παραδοσιακές αντιλήψεις* για τη διδασκαλία γενικά από ό,τι οι συναδέλφοί τους εκπαιδευτικοί με μεγαλύτερη εμπειρία ($\chi^2=7.7$, $p<0.05$, $df=2$).

Η παραπάνω τάση επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι *οι παιδαγωγικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών στην Κύπρο διαφοροποιούνται σημαντικά ανάλογα με την εκπαιδευτική βαθμίδα στην οποία διδάσκουν*. Στην ουσία όμως πρόκειται και πάλι για ανίχνευση της επιρροής της προϋπηρεσίας καθώς στο κυπριακό εκπαιδευτικό σύστημα οι εκπαιδευτικοί με τα λιγότερα έτη υπηρεσίας τείνουν να διδάσκουν στο Γυμνάσιο και αυτοί με τα περισσότερα στο Λύκειο. Συγκεκριμένα βρέθηκε ότι εκπαιδευτικοί που έχουν *εκπαιδευτική υπηρεσία μόνο σε Γυμνάσια* τείνουν να θεωρούν περισσότερο ότι *πρέπει να χρησιμοποιούνται παραδοσιακές μέθοδοι και τεχνικές κατά τη διδασκαλία*, σε σχέση με τους συναδέλφους τους που υπηρέτησαν σημαντικό μέρος της επαγγελματικής τους ζωής μόνο σε Λύκεια ή που υπηρέτησαν σε Γυμνάσια και σε Λύκεια ($\chi^2=4.0$ $p<0.05$, $df=1$). Αντίθετα *οι εκπαιδευτικοί που έχουν εκπαιδευτική υπηρεσία μόνο σε Λύκεια* τείνουν να θεωρούν ότι *τα αποτελέσματα για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών πρέπει να αντιστοιχούν σε μια περισσότερο εποικοδομητική λογική* ($\chi^2=5.26$, $p<0.05$, $df=1$).

Χρήση των βιβλίων

Σημαντική όμως συσχέτιση βρέθηκε να υπάρχει και ανάμεσα στην προϋπηρεσία και τον τρόπο χρήσης των σχολικών βιβλίων. Συγκεκριμένα βρέθηκε ότι οι εκπαιδευτικοί των Φυσικών Επιστημών με τα περισσότερα έτη υπηρεσίας σε Λύκειο (μεταξύ 11 και 30 έτη) τείνουν να θεωρούν λιγότερο, ότι είναι υψηλής προτεραιότητας η χρήση του βιβλίου για τον προγραμματισμό του καθημερινού μαθήματος από ό,τι οι συνάδελφοί τους με λιγότερα έτη υπηρεσίας ($\chi^2=3.8$, $p<0.05$, $df=1$). Σε παρόμοια κατεύθυνση βρέθηκε ότι οι εκπαιδευτικοί με τα λιγότερα έτη εκπαιδευτικής υπηρεσίας σε Λύκεια (0 με 5 έτη υπηρεσίας), τείνουν να καθοδηγούνται (συχνά ή συνεχώς) από το σχολικό βιβλίο για τη δομή της σειράς μαθημάτων τους περισσότερο από ότι οι συνάδελφοί τους με περισσότερα έτη εκπαιδευτικής υπηρεσίας σε Λύκεια ($\chi^2=9.6$, $p<0.05$, $df=4$). Ακόμα οι εκπαιδευτικοί με λίγα έτη υπηρεσίας σε Λύκειο (1 μέχρι 10) τείνουν να αποδίδουν υψηλότερη προτεραιότητα στη χρήση του σχολικού βιβλίου ως πηγή επίδειξης εικόνων, διαγραμμάτων και γενικά απεικονιστικού υλικού, από ό,τι οι συνάδελφοί τους με περισσότερα έτη υπηρεσίας στην ίδια βαθμίδα ($\chi^2=7.8$ $p<0.05$, $df=1$).

Τέλος οι εκπαιδευτικοί των Φυσικών Επιστημών με τα λιγότερα έτη εκπαιδευτική υπηρεσία στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση γενικά (1 μέχρι 5 έτη) δηλώνουν ότι τείνουν να ορίζουν περισσότερο συχνά ή συνεχώς την κατ' οίκον εργασία από το σχολικό βιβλίο, από ό,τι οι συνάδελφοί τους με περισσότερα έτη εκπαιδευτικής υπηρεσίας στην Μέση Εκπαίδευση ($\chi^2=10.5$, $p<0.05$, $df=4$).

Συνδυαστικά με βάση τις παραπάνω τάσεις θα λέγαμε ότι *οι λιγότερο έμπειροι εκπαιδευτικοί τείνουν να δείχνουν μεγαλύτερο βαθμό εξάρτησης στη διδασκαλία και τον καθημερινό προγραμματισμό της από το σχολικό βιβλίο.*

Το παραπάνω άλλωστε συμπέρασμα επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι παρόμοιες διαφοροποιήσεις ανιχνεύονται και ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς του Γυμνασίου και του Λυκείου, οι οποίοι όπως ήδη αναφέρθηκε διαφοροποιούνται σε σημαντικό βαθμό ως προς την εκπαιδευτική τους προϋπηρεσία. Ειδικότερα βρέθηκε ότι οι εκπαιδευτικοί που εργάζονται μόνο σε Γυμνάσιο τείνουν να:

α) δηλώνουν περισσότερο *ότι χρησιμοποιούν το σχολικό βιβλίο στο μάθημα το μεγαλύτερο ή όλο τον χρόνο*, από ό,τι οι συνάδελφοί τους που εργάζονται μόνο σε Λύκεια ή και που υπηρέτησαν τόσο σε Γυμνάσια όσο και σε Λύκεια ($\chi^2=4.0$, $p<0.05$, $df=1$)

β) *θεωρούν περισσότερο ότι είναι υψηλής προτεραιότητας η χρήση του σχολικού βιβλίου ως πηγής επίδειξης εικόνων, διαγραμμάτων και γενικά απεικονιστικού υλικού* από ό,τι οι συνάδελφοί τους που εργάζονται σε Λύκεια ($\chi^2=5.1$, $p<0.05$, $df=1$).

Αντίθετα οι εκπαιδευτικοί που εργάζονται κυρίως ή αποκλειστικά στο Λύκειο τείνουν να αντιλαμβάνονται το σχολικό βιβλίο ως βασικό στοιχείο του Αναλυτικού Προγράμματος το οποίο προσανατολίζει με έναν περισσότερο στρατηγικό τρόπο τη διδασκαλία τους πέρα από την ανάγκη καθημερινής καθοδήγησης από αυτό. Έτσι οι εκπαιδευτικοί στο Λύκειο τείνουν να θεωρούν περισσότερο ότι *είναι υψηλής προτεραιότητας η χρήση του σχολικού βιβλίου ως μέσου που αντικατοπτρίζει την εφαρμογή του Αναλυτικού Προγράμματος* ($\chi^2=8.2$, $p<0.005$, $df=1$) ενώ παράλληλα αποδίδουν *υψηλότερη προτεραιότητα στη χρήση του σχολικού βιβλίου ως μέσου που καθορίζει την*

ακολουθία των θεμάτων που θίγονται κατά τη διδασκαλία, από ό,τι οι συνάδελφοί τους που εργάζονται σε Γυμνάσια ή εργάζονται σε Λύκεια και σε Γυμνάσια ($\chi^2=5.7$, $p<0.05$, $df=1$).

Επίδραση της κατοχής ή μη Μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών

Από τη διερεύνηση των συσχετίσεων της κατοχής ή της μη κατοχής μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών από τους εκπαιδευτικούς, με τις υπόλοιπες μεταβλητές, φαίνεται ότι υπάρχει συσχέτιση αυτής της μεταβλητής με τις παιδαγωγικές τους αντιλήψεις αλλά και τους τρόπους χρήσης του σχολικού βιβλίου κατά τη διδασκαλία.

Παιδαγωγικές αντιλήψεις

Οι εκπαιδευτικοί των Φυσικών Επιστημών που είναι κάτοχοι μεταπτυχιακού στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τα Γενικά Παιδαγωγικά, όπως άλλωστε πιθανόν να είναι και αναμενόμενο, τείνουν να συμφωνούν περισσότερο από ό,τι οι συνάδελφοί τους μη κάτοχοι μεταπτυχιακού ή κάτοχοι μεταπτυχιακού σε Εξειδικευμένα Θέματα Φυσικής με την άποψη που αντιστοιχεί σε μια περισσότερο επικοινωνιακή λογική, ότι δηλαδή κατά τη διδασκαλία θα πρέπει να δημιουργούνται συνθήκες μετασχηματισμού των αντιλήψεων που έχουν οι μαθητές προς τις επιστημονικά ορθές αντιλήψεις ($\chi^2=9.7$, $p<0.05$, $df=4$).

Χρήση των βιβλίων

Οι εκπαιδευτικοί των Φυσικών Επιστημών που δεν είναι κάτοχοι μεταπτυχιακού τείνουν να:

α) χρησιμοποιούν το βιβλίο στο μάθημα το μεγαλύτερο μέρος της διάρκειάς του, ενώ αντίστοιχα είναι λιγότεοι οι εκπαιδευτικοί με μεταπτυχιακό που κάνουν το ίδιο ($\chi^2=10.9$, $p<0.001$, $df=1$)

β) μην εμπλουτίζουν ποτέ το σχολικό βιβλίο με πρόσθετες δραστηριότητες και υλικό ($\chi^2=6.0$, $p<0.05$, $df=4$).

Με άλλα λόγια η μη κατοχή μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών από τον εκπαιδευτικό τείνει να συσχετίζεται ιδιαίτερα με υψηλό βαθμό εξάρτησης του εκπαιδευτικού από το σχολικό βιβλίο.

Σημασία ωστόσο φαίνεται ότι έχει και το επιστημονικό πεδίο στο οποίο αναφέρεται ο μεταπτυχιακός τίτλος σπουδών που κατέχουν οι εκπαιδευτικοί. Ανάμεσα λοιπόν στους εκπαιδευτικούς των Φυσικών Επιστημών που είναι κάτοχοι Μεταπτυχιακού αυτοί που το μεταπτυχιακό τους αντιστοιχεί σε Εξειδικευμένα Θέματα Φυσικής τείνουν να θεωρούν περισσότερο ότι είναι υψηλής προτεραιότητας η χρήση του σχολικού βιβλίου ως πηγή επίδειξης εικόνων, διαγραμμάτων και γενικά απεικονιστικού υλικού από ό,τι οι συνάδελφοί τους που δεν κάτοχοι μεταπτυχιακού ή είναι κάτοχοι μεταπτυχιακού σε θέμα που σχετίζεται με τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών ή τα Γενικά Παιδαγωγικά ($\chi^2=6.0$, $p<0.05$, $df=2$). Αντίστοιχα αυτοί των οποίων το μεταπτυχιακό σχετίζεται με θέματα συναφή με τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών ή τα Γενικά Παιδαγωγικά τείνουν σε μεγαλύτερο βαθμό από τους υπόλοιπους συναδέλφους τους να μην ενσωματώνουν στη διδασκαλία τους δραστηριότητες και υλικό από άλλες πηγές πέραν του σχολικού βιβλίου ($\chi^2=6.0$, $p<0.05$, $df=2$).

Επίδραση των παιδαγωγικών αντιλήψεων για τη μάθηση και τη διδασκαλία

Από τη διερεύνηση των παιδαγωγικών αντιλήψεων για το σχολικό βιβλίο με τις υπόλοιπες μεταβλητές, προέκυψε ότι υπάρχει συσχέτιση αυτής της μεταβλητής με τη χρήση του σχολικού βιβλίου.

Συγκεκριμένα οι εκπαιδευτικοί των Φυσικών Επιστημών που κατ' αυτούς τα αναμενόμενα και επιδιωκόμενα αποτελέσματα της μάθησης των Φυσικών Επιστημών αντιστοιχούν στην παραδοσιακή λογική τείνουν να ορίζουν την κατ' οίκον εργασία από το σχολικό βιβλίο πολύ πιο συχνά από ό,τι οι συνάδελφοι τους που θεωρούν ότι τα αναμενόμενα και επιδιωκόμενα αποτελέσματα της μάθησης των Φυσικών Επιστημών πρέπει να αντιστοιχούν στην εποικοδομητική λογική ($\chi^2=10.7$, $p<0.05$, $df=4$).

Επιπλέον οι παραδοσιακής λογικής εκπαιδευτικοί που δηλώνουν ότι τα σημαντικότερα αναμενόμενα – επιδιωκόμενα αποτελέσματα της μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες είναι:

- α) η αλλαγή προς συγκεκριμένους τύπου στάσεις και συμπεριφορές, τείνουν να θεωρούν περισσότερο ότι είναι χαμηλής προτεραιότητας η χρήση του σχολικού βιβλίου ως πηγής παραδειγμάτων και εφαρμογών για το μάθημα στην τάξη ($\chi^2=9.9$, $p<0.02$, $df=3$) και
- β) η απόκτηση της δυνατότητας αναπαραγωγής της σχολικής γνώσης με στόχο την επιτυχία στις εξετάσεις, τείνουν να θεωρούν λιγότερο ότι είναι υψηλής προτεραιότητας η χρήση του σχολικού βιβλίου ως πηγής επίδειξης εικόνων, διαγραμμάτων και γενικά απεικονιστικού υλικού ($\chi^2=8.7$, $p<0.05$, $df=3$).

Γενικότερα προκύπτει επομένως ότι οι παραδοσιακής λογικής εκπαιδευτικοί τείνουν να χρησιμοποιούν το σχολικό βιβλίο ως πηγή δοκιμασιών για κατ' οίκον εργασία και ελάχιστα ως μέσο (resource) βοηθητικό κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.

Ακόμα, οι παραδοσιακής λογικής εκπαιδευτικοί των Φυσικών Επιστημών τείνουν να:

- α) αποδίδουν υψηλότερη προτεραιότητα στη χρήση του σχολικού βιβλίου για τον προγραμματισμό του καθημερινού μαθήματος ($\chi^2=6.9$ $p<0.05$, $df=1$) και
- β) χρησιμοποιούν το σχολικό βιβλίο στο μάθημα το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου ($\chi^2=6.7$, $p<0.01$, $df=1$) αν και όχι μέσω άμεσων τρόπων όπως είναι η επίδειξη απεικονιστικού υλικού ή η χρήση παραδειγμάτων και εφαρμογών όπως αναφέρθηκε παραπάνω άλλα μάλλον μέσω έμμεσων αναφορών.

Από την άλλη πλευρά, οι εποικοδομητικής λογικής εκπαιδευτικοί των Φυσικών Επιστημών που θεωρούν ότι ο κύριος ρόλος τους είναι να δημιουργούν τις συνθήκες ώστε οι μαθητές να οικοδομήσουν τη νέα για αυτούς γνώση, τείνουν να μην ενθαρρύνουν ιδιαίτερα τους μαθητές τους να χρησιμοποιούν το σχολικό βιβλίο, τουλάχιστον με άμεσο τρόπο, κατά τη διάρκεια του μαθήματος ($\chi^2=19.6$, $p<0.001$, $df=4$). Επιπλέον η ίδια αυτή κατηγορία εκπαιδευτικών τείνουν να θεωρούν περισσότερο ότι είναι υψηλής προτεραιότητας η χρήση του σχολικού βιβλίου ως μέσου που αντικατοπτρίζει την εφαρμογή του Αναλυτικού Προγράμματος, σε αντίθεση με τους συναδέλφους τους που θεωρούν ότι τα αναμενόμενα και επιδιωκόμενα αποτελέσματα της μάθησης των Φυσικών Επιστημών πρέπει να αντιστοιχούν στην παραδοσιακή λογική ($\chi^2=3.9$, $p<0.05$, $df=1$).

Επίδραση των απόψεων για την περιχάραξη

Μετά τη διερεύνηση των απόψεων των εκπαιδευτικών για τη περιχάραξη, σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταβλητές, προέκυψε ως αποτέλεσμα ότι υπάρχει συσχέτιση αυτής της μεταβλητής με τη χρήση του σχολικού βιβλίου κατά τη διδασκαλία. Ειδικότερα, οι εκπαιδευτικοί των Φυσικών Επιστημών που χαρακτηρίζονται από *ασθενή περιχάραξη* όσον αφορά τη σχέση εκπαιδευτικού και μαθητών κατά τη διάρκεια του μαθήματος, τείνουν να θεωρούν περισσότερο ότι *είναι υψηλής προτεραιότητας η χρήση του βιβλίου για τον προγραμματισμό του καθημερινού μαθήματος, από ό,τι οι συνάδελφοί τους που χαρακτηρίζονται από ισχυρή περιχάραξη* ($\chi^2=4.4$, $p<0.05$, $df=1$).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι Κύπριοι εκπαιδευτικοί χαρακτηρίζονται γενικά από χαμηλή εξάρτηση από το σχολικό βιβλίο κατά τη διδασκαλία τους χρησιμοποιώντας το κυρίως ως πηγή ασκήσεων και προβλημάτων, υλικό αναφοράς για μελέτη στο σπίτι και πηγή παραδειγμάτων και απεικονιστικού υλικού προς επίδειξη κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας τους στην τάξη. Είναι χαρακτηριστικό πως πάνω από οκτώ στους δέκα εκπαιδευτικούς δηλώνουν ότι χρησιμοποιούν είτε με άμεσο είτε με έμμεσο τρόπο το σχολικό βιβλίο περισσότερο από το μισό διδακτικό χρόνο στην τάξη. Επιπλέον η μεγάλη πλειοψηφία θεωρεί τον εαυτό της επαρκώς προετοιμασμένο για τη σωστή χρήση των σχολικών βιβλίων ενώ παράλληλα πιστεύει ότι το σχολικό βιβλίο θα πρέπει να είναι το βασικό, αλλά όχι το μοναδικό υλικό αναφοράς κατά τη διδασκαλία.

Οι παράγοντες που τείνουν να διαφοροποιούν περισσότερο τους εκπαιδευτικούς ως προς την εξάρτησή τους από το σχολικό βιβλίο φαίνεται να είναι κατά βάση οι παιδαγωγικές τους αντιλήψεις, η προϋπηρεσία τους και το εάν διαθέτουν μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών ή όχι.

Συγκεκριμένα οι λιγότερο έμπειροι και νεότεροι εκπαιδευτικοί έχουν περισσότερο παραδοσιακές παιδαγωγικές αντιλήψεις και τείνουν να δείχνουν μεγαλύτερο βαθμό εξάρτησης από το σχολικό βιβλίο, σε αντίθεση με τους πιο έμπειρους εκπαιδευτικούς που έχοντας μια πιο προοδευτική παιδαγωγική αντίληψη (ίσως και λόγω της επίδρασης της ενδοϋπηρεσιακής τους επιμόρφωσης), δείχνουν μεγαλύτερα επίπεδα ανεξαρτησίας από αυτό.

Παράλληλα, οι μη κάτοχοι μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών τείνουν να χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό εξάρτησης από το σχολικό βιβλίο σε αντίθεση με τους εκπαιδευτικούς με μεταπτυχιακό στα παιδαγωγικά οι οποίοι τείνουν να έχουν απόψεις πλησιέστερα στην προοδευτική παιδαγωγική και να είναι περισσότερο ανεξάρτητοι στην καθημερινή τους εργασία από τις επιταγές του σχολικού βιβλίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bernstein, B. (1991). *Παιδαγωγικοί Κώδικες και Κοινωνικός Έλεγχος* (επιμ. και μτφρ. Σολομών Ι.). Αθήνα: Αλεξάνδρεια.

- Bowzer, A. (2008). *Identity and curricular construction: A study of teacher interaction with mathematics curricula of two types*. Unpublished doctoral dissertation, University of Missouri, Columbia.
Available at:
<http://edt.missouri.edu/Spring2008/Dissertation/BowzerA-050208-D9274/research.pdf>
- Brown, M.W. (2004). Toward a theory of curriculum and design use. Paper presented at the American Educational Research Association, San Diego, California.
- Chavez, O. (2006). *From the textbook to the enacted curriculum: textbook use in the middle school mathematics classroom*, A Dissertation presented to the Faculty of the Graduate School University of Missouri—Columbia.
- Chen, J. (2006). *How are textbooks used in the middle schools?*. Republic of China 22nd session of science education academic seminar (2006) p.p. 692-698
Available at:
http://140.122.146.152:8080/22se/files/publish_paper_oral/241-How%20are%20textbooks%20used%20in%20the%20middle%20schools.pdf
- Fan, L., Chen, J., Zhu, Y., Qiu, X., & Hu, J. (2004). Textbook Use within and beyond Mathematics Classrooms: A study of 12 Secondary Schools in Kunming and Fuzhou of China. In L. Fan, N. Wong, J. Cai & S. Li, (eds.), *How Chinese Learn Mathematics. Perspectives from Insiders*, (pp. 228-261). Singapore: World Scientific.
- Freeman, D., & Porter, A. (1989). Do textbooks dictate the content of mathematics instruction in elementary schools? *American Educational Research Journal*, 26(3), 403-421.
- Grouws, A., & Smith, S. (2000). NAEP findings on the preparation and practices of mathematics teachers. In E. A. Silver & P. A. Kennedy (eds.), *Results from the seventh mathematics assessment of the National Assessment of Educational Progress* (pp. 107–139). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Koulaidis, V. & Tsatsaroni, A. (1996). A Pedagogical Analysis of Science Textbooks: How can we proceed? *Research in Science Education*, 26(1), 55-71.
- Κουλαϊδής, Β. & Δημόπουλος, Κ. (2010). Παιδαγωγικές πρακτικές στο ελληνικό σχολείο: Αναγνώσεις διδακτικών βιβλίων. Στο Β. Κουλαϊδής & Α. Τσατσαρώνη (επιμ.), *Παιδαγωγικές πρακτικές: Έρευνα και Εκπαιδευτική Πολιτική*, (σ. 51-122). Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Tarr, E., Chávez, O., Reys, E. & Reys, J. (2006). From the written to the enacted curricula: The intermediary role of middle school mathematics teachers in shaping students' opportunity to learn. *School Science and Mathematics*, 106(4), 191–201.
- Remillard, T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of Educational Research*, 75(2), 211-246.
- Reys, R. E., Reys, B. J., Lapan, R., Holliday, G., & Wasman, D. (2003). Assessing the impact of standards-based middle grades mathematics curriculum materials on student achievement. *Journal for Research in Mathematics Education*, 34(1), 74-95.

- Sosniak, A. & Stodolsky, S. (1993). Teachers and textbooks: Materials use in four fourth-grade classrooms. *The Elementary School Journal*, 93(3), 249-275.
- Τσατσαρώνη, Α. & Κουλαϊδής, Β. (2001). Τα χαρακτηριστικά των σχολικών εγχειριδίων και του παιδαγωγικού κειμένου. Στο Β. Κουλαϊδής κ.ά. (επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστήμων*, (σ.267-291). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Weiss, I. R., Banilower, E., McMahon, K. & Smith, P. S. (2001). *Report of the 2000 National survey of science and mathematics education*. Chapel Hill, NC: Horizon Research.

***Εκπαιδευτικό υλικό: διεπιστημονικές
προσεγγίσεις***

Το παραμύθι ως εκπαιδευτικό υλικό στο μάθημα των μαθηματικών στο Δημοτικό

Ματθαίος Αντωνόπουλος¹ και Χρυσούλα Χούτου²

¹ Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών – Σχολή Θετικών Επιστημών – Τμήμα Μαθηματικών, ² Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών – Σχολή Θετικών Επιστημών – Τμήμα Μαθηματικών

m.antonopoulos@outlook.com , chry_chou@hotmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται και αναλύεται η χρήση του παραμυθιού ως εκπαιδευτικό υλικό στα μαθηματικά του δημοτικού. Γίνεται μελέτη περίπτωσης σε δύο μαθητές, που μόλις είχαν τελειώσει τις Β' και Ε' Δημοτικού. Η επιλογή της Β' Δημοτικού έγινε καθώς ο μαθητής έχει μόλις εισέλθει στον μαθηματικό κόσμο και της Ε' καθώς ο μαθητής παρουσιάζει κάποια μεγαλύτερη μαθηματική εμπειρία. Αρχικά, δόθηκε ένα παραμύθι το οποίο περιέχει μαθηματικές πληροφορίες πάνω στις ιδιότητες των πράξεων. Αφού έγινε η ανάγνωση του παραμυθιού στα δύο παιδιά ακολούθησαν συνεντεύξεις με τον κάθε μαθητή χωριστά, στις οποίες έγιναν ερωτήσεις δύο τύπων. Ο πρώτος τύπος ερωτήσεων ήταν μαθηματικού περιεχομένου και συγκεκριμένα βασίζονταν στις ιδιότητες των αριθμών και των πράξεων. Οι μαθητές μπορούσαν να απαντήσουν στις ερωτήσεις και όποτε χρειαστεί να ανατρέξουν στο παραμύθι. Ο δεύτερος τύπος ερωτήσεων είχε να κάνει με ερωτήσεις που αποσκοπούσαν στη διερεύνηση των εντυπώσεων των μαθητών. Βασικός σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της καταλληλότητας του παραμυθιού ως εκπαιδευτικό υλικό στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Παραμύθι, Μαθηματικά, ιδιότητες πράξεων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πολυάριθμες έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με την χρήση του παραμυθιού στη διδασκαλία των μαθηματικών. Ο συσχετισμός των κειμένων της μαθηματικής λογοτεχνίας και συγκεκριμένα των παραμυθιών και η αξιοποίηση αυτών κατά τη διδασκαλία των μαθηματικών παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Σύμφωνα με τον Τεύκρο Μιχαηλίδη (2010) «μαθηματική λογοτεχνία» ονομάζεται: «κάθε μορφή μυθολογίας στην οποία τα μαθηματικά παίζουν καθοριστικό ρόλο, είτε επειδή το αντικείμενο της πλοκής σχετίζεται με αυτά είτε γιατί κάποιοι από τους χαρακτήρες της συνδέονται με αυτά και οι ενέργειές τους επηρεάζονται σημαντικά από αυτή τη σχέση».

Σύμφωνα με τον Van den Heuvel – Panhuizen (1998) ο φανταστικός κόσμος των παραμυθιών αποτελεί κατάλληλο πλαίσιο για ένα πρόβλημα, με την προϋπόθεση ότι αυτό είναι πραγματικό στο μυαλό του μαθητή. Επιπλέον, το παραμύθι αποτελεί πηγή έμπνευσης για τους μαθητές καθώς όσο πιο απόμακρο είναι κάτι από τις καθημερινές εμπειρίες μας τόσο περισσότερο δεσμεύει τη φαντασία των μαθητών γύρω από αυτό (Egan, 1992). Ειδικά για το Δημοτικό Σχολείο το παραμύθι προσφέρεται κατά μεγάλο βαθμό για την αξιοποίηση της σύνδεσης Μαθηματικών και Λογοτεχνίας, καθώς είναι κάτι το οικείο για τους μικρούς μαθητές (Καρατάσου και Παναούρα, 2009).

Σύμφωνα με την Κολέζα (2006), η χρήση του παραμυθιού ίσως να βοηθούσε στους πρωταρχικούς στόχους της μαθηματικής εκπαίδευσης, που είναι «η διανοητική και συναισθηματική εμπλοκή των μαθητών κατά τη διδασκαλία των μαθηματικών». Επίσης, το παραμύθι μπορεί να αποτελέσει το έναυσμα για την υλοποίηση διαθεματικών εργασιών, καθώς εξυπηρετεί πολλούς σκοπούς, όπως γνωστικούς, συναισθηματικούς και ψυχοκινητικούς. Επομένως, η διδασκαλία του πρέπει να γίνεται με συστηματικό τρόπο (Μερακλής, 1999).

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η χρήση του παραμυθιού ως εκπαιδευτικό υλικό

Σκεφτόμενοι τη σχέση Μαθηματικών και Λογοτεχνίας αναδύονται πολλά σημεία τομής μεταξύ των δυο, όπως η αναζήτηση και η επιδίωξη του ωραίου, η δημιουργικότητα και η ανάπτυξη της σκέψης και της φαντασίας μέσω αναλογικού συλλογισμού (Κολέζα, 2006). Μέσω των λογοτεχνικών κειμένων, οι μαθητές ουσιαστικά συγκρίνουν τις έννοιες με άλλες γνωστές και κατανοητές, μέσω της μεταφοράς, μια διαδικασία που συναντάται και στα μαθηματικά. Μέσω της δημιουργικής ανάγνωσης μαθηματικών κειμένων από τους μαθητές βοηθείται η παραγωγή νοημάτων (Χασάπης, 2006).

Σύμφωνα με τους Lesh και Larson (2006) πολλά είναι τα οφέλη της σύνδεσης αυτής. Αρχικά, η παιδική λογοτεχνία παρέχει ένα πλαίσιο για τη χρήση των μαθηματικών στη λύση προβλημάτων. Οι μαθητές προσπαθώντας να καταλάβουν την ιστορία που διαβάζουν, στηρίζονται στις προσωπικές τους εμπειρίες και επεκτείνουν την προϋπάρχουσα γνώση τους. Μέσα από την εξέταση των δεδομένων οι μαθητές συγκρούονται ώστε αναθεωρούν ή απορρίπτουν τον αρχικό τρόπο σκέψης. Η περιέργεια που έχουν από τη φύση τους τα παιδιά ενθαρρύνεται και χρησιμοποιείται με θετικό τρόπο ώστε να δημιουργήσουν ένα νόημα για όλα αυτά που διαβάζουν. Θεωρείται, επίσης, ότι παράλληλα συμπληρώνει την αναλυτική μαθηματική σκέψη που πρέπει να οικοδομήσουν οι μαθητές, ως ένα απαραίτητο δομικό στοιχείο των μαθηματικών, μέσω της διατύπωσης διαφορετικών ερμηνειών (Κολέζα, 2006), αλλά και την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης γενικότερα. Επιπλέον, η ανάδειξη των μαθηματικών μέσα στα λογοτεχνικά κείμενα δείχνει στους μικρούς μαθητές ότι τα μαθηματικά είναι συμβατά με την ανθρώπινη σκέψη και επικοινωνία (Hauray David L, 2001).

Κατά την ανάγνωση ενός παραμυθιού παρατηρείται το μοτίβο «ενδεχόμενο/εξέλιξη/έκβαση» (Παπαρούση, 2005), το οποίο βοηθά στη δημιουργία μέσα

από μετασηματισμούς μιας νέας ισορροπίας. Οι μαθητές καλούνται να αποκωδικοποιήσουν τα δεδομένα του κειμένου αντλώντας πληροφορίες μέσα από αυτό, οι οποίες θα αξιοποιηθούν για την κατανόηση μαθηματικών εννοιών.

Όσον αφορά στις εικόνες, σύμφωνα με τον Ασωνίτη (2001), ένα εικονογραφημένο παιδικό βιβλίο τρέφει τη γνωστική και αισθητική ανάγκη των παιδιών. Οι μαθητές κινητοποιούνται να αξιοποιήσουν τις υπάρχουσες εικόνες, και μέσω αυτών κατανοούν καλύτερα το παραμύθι, από ότι απλώς να το διάβαζαν, λόγω των περιορισμένων ικανοτήτων ανάγνωσης που παρατηρούνται πολλές φορές ανάλογα με την ηλικία (Γιαννικοπούλου, 2001 · Τσιλιμένη, 2007).

Προβλήματα των μαθητών σχετικά με τις ιδιότητες των πράξεων

Η σχετική έρευνα που έχει γίνει δείχνει ότι οι μαθητές που έχουν κατανοήσει σωστά τις ιδιότητες των πράξεων, τις σχέσεις μεταξύ των αριθμών και το ότι δεν θέλουμε απλώς να βρούμε ένα αποτέλεσμα αλλά πρόκειται για μία σχέση, μία σύνδεση, τείνουν να έχουν καλύτερη κατανόηση της άλγεβρας (MacGregor, M & Stacey, K., 1999). Έτσι, είναι σημαντικό οι μαθητές να κατανοήσουν σωστά τις ιδιότητες των πράξεων, ώστε να μεταβούν πιο εύκολα και σωστά από την αριθμητική στην άλγεβρα.

Στην πλειονότητά τους, όμως οι μαθητές αντιμετωπίζουν πολλά προβλήματα σχετικά με αυτές. Αρχικά, δεν καταλαβαίνουν το σύμβολο της ισότητας ως σχέση ισοδυναμίας, αλλά ως τον πρόδρομο μιας απάντησης, όπως αναφέρουν οι Carpenter, Levi, Franke & Koehler (2005). Σύμφωνα με τους ίδιους, απαιτείται από τους μαθητές να μπορούν να μεταφράζουν την κάθε ιδιότητα στο νόημα που κρύβει αυτή και τη σχέση που εκφράζει. Σημαντικό στοιχείο εδώ είναι ότι οι μαθητές που έχουν κατανοήσει σωστά τις ιδιότητες των πράξεων, τις σχέσεις μεταξύ των αριθμών και τη σχέση ισοδυναμίας, έχουν ομαλότερη μετάβαση από την αριθμητική στην άλγεβρα (MacGregor & Stacey, 1999).

Πολλές δυσκολίες προέρχονται κι από τη χρήση των παρενθέσεων. Για παράδειγμα, πολλοί μαθητές θεωρούν ότι τα $10 \times (4+5)$ και $10 \times 4+5$ είναι ισοδύναμα (Laws of Arithmetic, 2013). Οι μαθητές καλούνται να αναγνωρίσουν και να μελετήσουν τις διαδικασίες και τα μοτίβα που υπάρχουν στις ιδιότητες των πράξεων και να τα γενικεύσουν (MacGregor & Stacey, 1999), αλλά και να κατανοήσουν τι ακριβώς κάνουν όταν πραγματοποιούν υπολογισμούς (Assesment Resource Banks).

Συνήθως, παρατηρείται οι μαθητές να χρησιμοποιούν υποσυνείδητα τις ιδιότητες των πράξεων, χωρίς να καταλαβαίνουν ότι εφαρμόζουν μαθηματικές αρχές. Για παράδειγμα, πολλές φορές όταν θέλουν να προσθέσουν δυο αριθμούς, βάζουν πρώτο αυτόν που είναι μεγαλύτερος: αντί για το $4+17$, υπολογίζουν το $17+4$. Ακόμα, όταν θέλουν να προσθέσουν πάνω από δύο αριθμούς, θα τους ομαδοποιήσουν κατάλληλα ώστε οι επιμέρους προσθέσεις να δίνουν στρογγυλά αποτελέσματα ώστε να είναι πιο εύκολος ο υπολογισμός: $17+5+3=5+(17+3)$ (σύμφωνα με την Tent, Margaret W., 2006). Επίσης, όταν θέλουν να υπολογίσουν το $9+6$ υπολογίζουν πρώτα $9+1+5$, δηλαδή: $9+6=9+(1+5)=(9+1)+5=10+5=15$ (Assesment Resource Banks). Τέλος, είναι θεμιτό να διατυπώσουν το πώς κατανοούν οι ίδιοι τις ιδιότητες, καθώς και να δίνουν ονόματα σε

αυτές τις διαδικασίες, να τις συγκεκριμενοποιούν και μπορούν να δώσουν νόημα στο τι ακριβώς κάνουν και να το εξηγήσουν (Assesment Resource Banks).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Συμμετέχοντες

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι του 2014 σε δυο παιδιά, ένα κοριτσάκι της Γ' Δημοτικού, για την οποία χρησιμοποιήθηκε το ψευδώνυμο «Μυρτώ», και ένα αγοράκι της ΣΤ' Δημοτικού, για το οποίο χρησιμοποιήθηκε το ψευδώνυμο «Παύλος». Ο Παύλος θεωρείται ότι έχει υψηλή επίδοση στο μάθημα των μαθηματικών. Η Μυρτώ έχει διάσπαση (Δ.Ε.Π.Υ.), αλλά αυτό δεν στέκεται εμπόδιο στην επίδοσή της, καθώς όπως χαρακτηριστικά λέει η μητέρα της: «αν της το εξηγήσεις θα το καταλάβει». Το δείγμα επιλέχθηκε με βάση την προσβασιμότητα του και με σκοπό την εξέταση δυο διαφορετικών και κρίσιμων «μαθηματικών ηλικιών».

Αρχικά, κατασκευάστηκε ένα παραμύθι με τίτλο «Ο Τεφτέρης στη χώρα των τροφίμων». Έγινε μελέτη περίπτωσης στους δυο μαθητές, έχοντας ο καθένας μπροστά του το δικό του αντίγραφο του παραμυθιού. Στη συνέχεια, ακολούθησε ημι-δομημένη συνέντευξη με το κάθε παιδί ξεχωριστά, με παρευρισκόμενους και τους δυο ερευνητές, στην οποία χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο και η οποία μαγνητοφωνήθηκε. Όσον αφορά το ερωτηματολόγιο υπήρχαν δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος περιλαμβάνονταν η συμπλήρωση κενών σε ισότητες στις οποίες υλοποιούνταν οι ιδιότητες των πράξεων, ενώ στο δεύτερο μέρος περιλαμβάνονταν ερωτήσεις που αφορούσαν τις εντυπώσεις που άφησε το παραμύθι στα παιδιά. Τέλος, ακολούθησε απομαγνητοφώνηση των συνεντεύξεων τα οποία μαζί με τα ερωτηματολόγια αξιοποιήθηκαν για τα αποτελέσματα της έρευνας.

Ερευνητικό πρόβλημα

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να διερευνηθεί η χρήση του παραμυθιού ως εκπαιδευτικό υλικό για το μάθημα των μαθηματικών. Εξετάζεται πρώτον, το κατά πόσο ένα τέτοιο υλικό είναι κατάλληλο και δεύτερον, οι εντυπώσεις των μαθητών όσον αφορά την εφαρμογή του παραμυθιού στη διδακτική διαδικασία. Το ερευνητικό θέμα της παρούσας εργασίας είναι η χρήση του παραμυθιού ως εκπαιδευτικό υλικό για το μάθημα των μαθηματικών και τα ερευνητικά ερωτήματα είναι πρώτον, ποια τα οφέλη των μαθητών από τη χρήση του παραμυθιού, και δεύτερον, ποιες οι εντυπώσεις τους από την εφαρμογή του στη διδακτική διαδικασία.

Το παραμύθι

Το παραμύθι είχε εισαγωγική φύση, καθώς τα παιδιά δεν είχαν διδαχθεί τις ιδιότητες. Ο Παύλος γνώριζε τη χρήση παρενθέσεων ενώ στην περίπτωση της Μυρτούς αποφεύχθηκε η χρήση παρενθέσεων και χρησιμοποιήθηκε λεκτική περιγραφή. Το κείμενο του παραμυθιού περιείχε πληροφορίες προς μετάφραση και αξιοποίηση για την επίλυση ερωτημάτων που ακολουθούσαν στη συνέχεια, τα οποία ήταν σχετικά με την αντιμεταθετική και προσεταιριστική ιδιότητα της πρόσθεσης και του πολλαπλασιασμού

την επιμεριστική ιδιότητα. Ήταν, επίσης, εμπλουτισμένο με εικόνες για μεγαλύτερη πρόκληση ενδιαφέροντος στα παιδιά και εντονότερη ενεργοποίηση της φαντασίας τους. Δίνονται χαρακτηριστικά δύο αποσπάσματα ένα για την προσεταιριστική ιδιότητα της πρόσθεσης και ένα για την αντιμεταθετική ιδιότητα του πολλαπλασιασμού: «Η πριγκίπισσα, κατενθουσιασμένη, πήγε πρώτα να μαζέψει τα ροδάκινα από το πρώτο δέντρο και από το δεύτερο, αλλά ο βασιλιάς Λουκούμης την μάλωσε λέγοντάς της: Συμφέρει να μαζέψεις τα ροδάκινα από το δεύτερο και το τρίτο δέντρο πρώτα, που έχουν τα περισσότερα, και μετά από το πρώτο δέντρο! Εκεί ο Τεφτέρης του εξήγησε: Με όποια σειρά κι αν τα κόψουμε το αποτέλεσμα θα είναι το ίδιο...»

«Του έταξε 10 σοκολάτες που η καθεμία αποτελούνταν από 6 κομμάτια. Αργότερα, όμως, του έστειλε 6 σοκολάτες που η κάθε μία αποτελούνταν από 10 κομμάτια. Ο βασιλιάς Πράσος εξοργίστηκε καθώς θεώρησε ότι τον εξαπάτησε. Την κατάσταση ήρθε πάλι να σώσει ο Τεφτέρης, ο οποίος του εξήγησε: Αφού το κάθε ένα από τα κομμάτια των σοκολατών έχει το ίδιο μέγεθος με τα άλλα, τότε συνολικά πήρε τα κομμάτια που του είχε υποσχεθεί.»

Μέσω του πλαισίου αυτού, λοιπόν, επιχειρείται η μάθηση των ιδιοτήτων μέσα από το «ξεψάχνισμα» μιας ιστορίας, την αναγνώριση των μαθηματικών στοιχείων (αριθμών, συμβόλων, διαδικασιών) και τη σύνδεση συμβολικής και λεκτικής αναπαράστασής του μέσα σε προτάσεις του παραμυθιού. Σημαντικό στοιχείο σε αυτά είναι η σημασία σε οικεία στοιχεία της καθημερινότητας, καθώς μέσα από τη διαμάχη μεταξύ «γλυκών» και «λαχανικών» και την ισορροπία «καλών» - «κακών» τροφών αναδεικνύεται η σημασία του υγιεινού τρόπου ζωής. Δίνεται, επιπλέον, έμφαση σε αρχές και αξίες όπως ο σεβασμός, η δικαιοσύνη και η ανταπόδοση, μέσω και των οποίων εμφανίζεται η μαθηματική έννοια «ισότητα». Σημαντικός στόχος είναι τα μαθηματικά να αποπλαισιωθούν από το παραμύθι και να αποκτήσουν για τους μαθητές νόημα οι ιδιότητες αυτές.

Το ίδιο το παραμύθι λοιπόν έχει διττή φύση, έχει λογοτεχνικό χαρακτήρα περιέχει όμως πολλά μαθηματικά στοιχεία. Πρόκειται για την ιστορία της γνωριμίας του Πρίγκιπα Καρότου από το Βασίλειο των Λαχανικών και της πριγκίπισσας Σοκολάτας από το Βασίλειο των Ζαχαρωτών. Οι δυο τους γνωρίζονται μέσω του Τεφτέρη, ενός βοηθού εμπόρων, οποίος καταλήγει να βοηθάει τους βασιλιάδες των δυο βασιλείων να μοιράσουν τις προίκες των παιδιών τους.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα παιδιά παρακολούθησαν την ανάγνωση με μεγάλη προσοχή, έχοντας το καθένα το δικό του αντίγραφο μπροστά του. Με αφορμή ένα ερωτηματολόγιο που τους δόθηκε τα παιδιά διαχειρίστηκαν τις ιδιότητες των πράξεων μέσα στο πλαίσιο του παραμυθιού. Κάποια σημεία του παραμυθιού αποτέλεσαν αντικείμενο συζήτησης και προβληματισμού και βοήθησαν στη δημιουργία συνδέσεων και τη νοηματοδότηση των ιδιοτήτων.

Παύλος

Συγκεκριμένα, ο Παύλος στις ερωτήσεις οι οποίες ήταν σχετικές με την αντιμεταθετική και την προσεταιριστική ιδιότητα απάντησε με ιδιαίτερη ευκολία και στο ερωτηματολόγιο, αλλά επίσης κατάφερε να ανατρέξει στα σημεία του παραμυθιού όπου αναφέρονταν οι αντίστοιχες ιδιότητες και να μπορέσει να τα ερμηνεύσει με το σωστό τρόπο. Για παράδειγμα, παραθέτουμε τους παρακάτω διαλόγους σχετικά με την αντιμεταθετική ιδιότητα του πολλαπλασιασμού:

- Τι καταλαβαίνεις για τον πολλαπλασιασμό δυο αριθμών;
- Πολλαπλασιάζουμε τους αριθμούς
- Παίζει ρόλο η σειρά;
- Όχι! και με την προσεταιριστική ιδιότητα του πολλαπλασιασμού:
- Τι καταλαβαίνεις εδώ;
- Είναι το ίδιο! Στην αρχή πήρε 4 κούτες με 10 σοκολάτες που η κάθε μια έχει 6 κομμάτια, όμως του έφερε 6 κούτες με 10 σοκολάτες που η κάθε μια είχε 4 κομμάτια.

Χαρακτηριστικό είναι ότι για να τεκμηριώσει το γιατί ισχύει η ισότητα έκανε τις πράξεις σε κάθε μεριά για να δει το αποτέλεσμα, σε όλες τις περιπτώσεις. Όταν ερωτήθηκε, όμως, αν μπορεί να το υπολογίσει χωρίς να κάνει το αποτέλεσμα, είπε ναι, γιατί φαίνεται εδώ (έδειξε το πρώτο μέλος). Ακόμα, στην περίπτωση της επιμεριστικής ιδιότητας δυσκολεύτηκε καθώς για να απαντήσει χρειάστηκε να του δοθεί ένα επιπλέον παράδειγμα. Επιπλέον, ο Παύλος ταυτίστηκε με τον ήρωα του παραμυθιού λέγοντας χαρακτηριστικά «Θα το βρω! ΕΓΩ είμαι ο Ξεφτέρης!» επηρεαζόμενος από την ομοιότητα της λέξης «Ξεφτέρης» με τη λέξη «Τεφτέρης, καθώς και τη σημασία της ίδιας.

Στο δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου, ενώ ισχυρίστηκε ότι του άρεσαν τα μαθηματικά νιώθει «και καλά, και χάλια». Δυσανασχετεί διότι θεωρεί ότι ο καθηγητής είναι απαιτητικός ως προς το διάβασμα που πρέπει να κάνει. Του αρέσουν οι πολλαπλασιασμοί, οι προσθέσεις και οι αφαιρέσεις όχι όμως και οι διαιρέσεις, τις οποίες θεωρεί δύσκολες. Στην ερώτηση αν μπορεί να θυμηθεί κάτι άσχημο που έγινε στην τάξη απάντησε «Μου έβαλε 9. Και σηκώνει συνεχώς τους άχρηστους», και για αυτό είπε ότι δεν του αρέσει ο τρόπος που γίνεται το μάθημα. Όσον αφορά στο παραμύθι, του άρεσε περισσότερο από ότι το ερωτηματολόγιο, καθώς όπως είπε με ενθουσιασμό είχε σοκολάτες και λαχανικά. Χαρακτηριστικός είναι ο παρακάτω διάλογος:

- Σου άρεσε το παραμύθι;
- Ναι.
- Σε βοήθησε πιστεύεις το παραμύθι;
- Ναι, αρκετά. Μου έμαθε αυτά εδώ (δείχνει τις πράξεις).
- Πιστεύει, επίσης, ότι βοηθήθηκε από το παραμύθι στο να κατανοήσει τις ιδιότητες και μάλιστα ισχυρίστηκε ότι αν κάτι τέτοιο γινόταν στο σχολείο θα του φαινόταν πιο εύκολο.
- Γιατί;

- Επειδή τα εξηγεί με πιο όμορφο τρόπο! ... Και επειδή έχει τα γλυκά και τα λαχανικά μέσα.
-
- Μυρτώ
- Η Μυρτώ φάνηκε παρά την έλλειψη προσοχής που παρουσιάζει να είναι πολύ συγκεντρωμένη καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας. Σε αντίθεση με τον Παύλο που κάνει τις πράξεις για να τεκμηριώσει την ισότητα των δυο μελών, για την Μυρτώ είναι μία αντιστροφή της σειράς των εικόνων των αριθμών. Χαρακτηριστικός είναι ο παρακάτω διάλογος:
- Είναι 2.
- Γιατί;
- Γιατί το λέει εδώ.
- Που;
- Να εδώ (δείχνει το 2 στο άλλο μέλος).
- Ε και; Τι με αυτό; Γιατί να είναι 2 και να μην είναι 3 δηλαδή;
- Αφού λέει ίσο!
- Στην περίπτωση της αντιμεταθετικής ιδιότητας της πρόσθεσης, η οποία ήταν και η πρώτη ερώτηση του ερωτηματολογίου, ανέτρεξε στο παραμύθι για να επιβεβαιώσει το αποτέλεσμα που είχε δώσει και όταν το έκανε στάθηκε στο αποτέλεσμα, δηλαδή 3 χωράφια ο καθένας, ώστε η μοιρασιά να είναι, όπως ισχυρίστηκε, δίκαιη. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις αυθορμήτως ανέτρεχε στο παραμύθι, το οποίο πλέον φάνηκε ότι διαδραμάτισε κεντρικό ρόλο στο να απαντήσει στην πλειονότητα των ερωτημάτων, όπως φαίνεται και από την ενθουσιώδη φράση:
- Πάλι θα διαβάσουμε!
- Αν και στην περίπτωση της προσεταιριστικής αρχικά έκανε λάθος, όταν στη συνέχεια ερωτήθηκε αν έχει σημασία η σειρά με την οποία θα προσθέσουμε τους αριθμούς, και πάλι με τη βοήθεια του παραμυθιού διόρθωσε την απάντησή της, όπως φαίνεται παρακάτω:
- Έχει σημασία η σειρά;
- Όχι δεν έχει σημασία (και ανέτρεξε στα λόγια του Τεφτέρη, επαναλαμβάνοντάς τα).
- Στο σημείο αυτό της δόθηκε ένα επιπλέον παράδειγμα για να επιβεβαιώσουμε την κατανόησή της.
- Παρατήρησες κάτι όταν έχουμε τρεις αριθμούς;
- Όχι.
- Έχει σημασία με ποια σειρά θα τα κόψουμε;
- Όχι.
- Έχει σημασία ποια θα προσθέσουμε πρώτα;
- ...
- Όχι.

- Όταν μας ρώτησε αν η απάντηση που μας έδωσε ήταν σωστή και αποφύγαμε να της το επιβεβαιώσουμε, κινητοποιήθηκε έντονα λέγοντας:
- «Το ξέρετε αλλά δεν το λέτε!»
- και με παιχνιδιάρικο ύφος ανέτρεξε και πάλι στο παραμύθι.
- Στη συνέχεια, όταν στην αντιμεταθετική του πολλαπλασιασμού ερωτήθηκε: «Αν από τη μία σου έστελνα εγώ 6 σοκολάτες που η κάθε μια έχει 10 κομμάτια και από την άλλη είναι η Ε2 που σου λέει ότι θα σου δώσει 10 σοκολάτες που η καθεμιά έχει 6, τι θα προτιμούσες;», μας απάντησε και τις δυο. Είχε καταλάβει ότι θα πάρει και από τους δύο τα ίδια κομμάτια σοκολάτας και άρα την συμφέρει να τα πάρει και από τους δυο μας ώστε να φάει τα διπλάσια συνολικά κομμάτια.
- Και τις δύο.
- Γιατί;
- Γιατί είναι ίσα τα κομμάτια.
- Άμα δώσει 6 τέτοια (δείχνει τη σοκολάτα με τα 10 κομμάτια) είναι ίσα με αυτό αν είναι 10 (δείχνει τη σοκολάτα με τα 6 κομμάτια). ... συνολικά θα πάρω 120 (εννοεί και από τους δυο).
- Σε αυτό το σημείο, χαρακτηριστική είναι η έκφρασή της «Γιατί το λέει εδώ» (δείχνει το παραμύθι). Στη συνέχεια, ενώ δεν της ζητήθηκε η επιμεριστική ιδιότητα, εκείνη φάνηκε αρκετά ενθουσιασμένη και ήθελε να το συμπληρώσει. Ακόμα, στη συμπλήρωση κενών που ακολουθούσε τα πήγε καλά.
- Κατόπιν, στο δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου, ισχυρίστηκε ότι το μάθημα των μαθηματικών είναι βαρετό διότι πρέπει να σκέφτεται συνέχεια. Σε αυτό, σε αντίθεση με τον Παύλο, δε θεωρεί ότι ευθύνεται ο δάσκαλος.
- Σου αρέσει το μάθημα των μαθηματικών;
- Είναι βαρετό.
- Γιατί;
- Γιατί πρέπει να σκέφτεσαι συνέχεια.
- ...
- Πως νιώθεις όταν έχετε στο σχολείο μαθηματικά;
- Βαριέμαι.
- Γιατί;
- Γιατί είναι βαρετά τα μαθηματικά.
- Φταίει η δασκάλα;
- Όχι.
- ...
- Το μοναδικό παράπονο που έχει είναι ότι τους ζητάει να δουλέψουν μόνοι τους, ενώ θα προτιμούσε η δουλειά να γίνεται ομαδικά με όλη τη τάξη;
- Κάτι που δε σου άρεσε;
- Μας βάζει μοοοοοοοοονοί μας να δουλεύουμε.

- Όπως η ίδια ανέφερε λατρεύει να ζωγραφίζει μοτίβα, αλλά και να λύνει εύκολα προβλήματα, αφού, όπως λέει, δεν της αρέσουν «τα δύσκολα πράγματα, τα δύσκολα προβλήματα και η προπαίδεια». Στην ερώτηση αν είναι καλή μαθήτρια, απαντάει πως δεν ξέρει τι βαθμό θα πάρει, αλλά όχι δεν είναι. Όπως φαίνεται παρακάτω, ισχυρίστηκε ότι το παραμύθι της άρεσε πολύ:
- Στο παραμύθι μας... σου άρεσε ή όχι;
- ΠΟΛΥ!!
- Τι σου άρεσε;
- Οι ανταλλαγές! Και που η κόρη του και ο γιός του παντρεύτηκαν και ότι για πρώτη φορά δοκίμασαν μια άλλη γεύση. Αυτά...

Τέλος, φάνηκε να την κουράζει η έκταση του παραμυθιού αφού στην ερώτηση αν θα ήθελε να γίνει κάτι τέτοιο στο σχολείο αποκρίθηκε «Αν ήταν μία σελίδα και όχι 6 ναι!». Το ερωτηματολόγιο με τις μαθηματικές ερωτήσεις της άρεσε και όσον αφορά στο αν το παραμύθι τη βοήθησε για αυτές, απάντησε θετικά.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι δυο μαθητές φάνηκαν να εμπλέκονται ενεργά στη διαδικασία και απάντησαν θετικά στην ερώτηση αν θα ήθελαν να ξαναζήσουν την εμπειρία του ενός παραμυθιού με μαθηματικά στοιχεία. Ο Παύλος χρησιμοποίησε το παραμύθι για να επιβεβαιώσει τις απαντήσεις που είχε δώσει στο πρώτο μέρος του ερωτηματολογίου, ενώ η Μυρτώ απάντησε μόνο την ερώτηση που αφορούσε την αντιμεταθετική ιδιότητα της πρόσθεσης χωρίς τη χρήση του παραμυθιού. Παρέχει έτσι πλαίσιο για τη δημιουργία νοημάτων, κάτι το οποίο επιβεβαιώνεται και από τους Lesh και Larson (2006). Επιπλέον, ο Παύλος κάνει τις πράξεις για να τεκμηριώσει την ισότητα των δυο μελών και κατ' επέκταση την κάθε ιδιότητα. Αντίθετα, για την Μυρτώ είναι μία αντιστροφή της σειράς των εικόνων των αριθμών. Αντισταβάνεται την ισότητα ως ισοδυναμία (Carpenter, Levi, Franke & Koehler, 2005).

Ακόμα, φάνηκε ότι το παραμύθι βοήθησε τον Παύλο να καταλάβει ότι τα μαθηματικά είναι συμβατά με την ανθρώπινη σκέψη και επικοινωνία (Hauray David L, 2001), καθώς και ενθαρρύνθηκε η ανάπτυξη της σκέψης μέσω αναλογικού συλλογισμού (Κολέζα, 2006). Στη συνέχεια, η Μυρτώ στην προσεταιριστική της πρόσθεσης έκανε λάθος αλλά όταν ανέτρεξε στο παραμύθι διόρθωσε την απάντησή της, κάτι το οποίο συμφωνεί με την άποψη της αναθεώρησης τους αρχικού τρόπου σκέψης, αλλά και της δημιουργίας νοημάτων μέσα από την περιέργεια τους, των Lesh και Larson (2006). Επιπλέον, η ίδια στάθηκε πολύ στις εικόνες στο παραμύθι, οι οποίες την κινητοποίησαν για την απάντηση των ερωτημάτων και όπως είπε στο μάθημα των μαθηματικών λατρεύει να ζωγραφίζει μοτίβα, κάτι το οποίο συμφωνεί με τους Γιαννικοπούλου (2001), Τσιλιμένη (2007) και Ασωνίτη (2001).

Ο φανταστικός κόσμος του παραμυθιού φάνηκε να αποτέλεσε κατάλληλο πλαίσιο για ένα πρόβλημα, κάτι το οποίο συμφωνεί με τους Van den Heuvel – Panhuizen (1998) και φαίνεται να βοήθησε στην παραγωγή νοήματος (Χασάπης, 2006). Παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές αποκωδικοποιούν τις πληροφορίες του κειμένου ώστε να

καταλήξουν στην κατανόηση των ιδιοτήτων, όπως ισχυρίζεται η Παπαρούση (2005). Τέλος, οι προσωπικές εμπειρίες των μαθητών (γλυκά και λαχανικά) έπαιξαν ρόλο και έτσι το παραμύθι αποτέλεσε πηγή έμπνευσης για αυτούς (Egan, 1992).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, το παραμύθι φάνηκε να εξυπηρετήσει, εκτός από γνωστικούς, και συναισθηματικούς σκοπούς (Μερακλής, 1999). Βλέπουμε πως το πλαίσιο του παραμυθιού επηρεάζει την πρόκληση ενδιαφέροντος από πλευράς των μαθητών, σημαντικό όμως είναι το πλαίσιο αυτό να είναι πολύ προσεκτικά κατασκευασμένο ανάλογα με την ηλικία. Φάνηκε ότι ο φανταστικός κόσμος του παραμυθιού συνιστά κατάλληλο πλαίσιο για ένα πρόβλημα (Van den Heuvel – Panhuizen, 1998), και αποτέλεσε πηγή έμπνευσης για τους μαθητές (Egan, 1992), καθώς οι μαθητές έδωσαν απαντήσεις οι οποίες περιείχαν στοιχεία και χαρακτηριστές από αυτό. Σε αυτό, μεγάλο ρόλο έπαιξαν και οι εικόνες (Ασωνίτης, 2001).

Επιπλέον, το παραμύθι φάνηκε να βοήθησε στην νοηματοδότηση της έννοιας της κάθε ιδιότητας, ειδικά στην περίπτωση της Μυρτούς, παρότι αυτές δεν παρουσιάζονται με την αυστηρή τυπική τους μορφή (Lesh και Larson, 2006), αλλά με μια απλή, προσιτή και ενδιαφέρουσα μορφή σαν παιχνίδι. Φάνηκε έτσι η κωδικοποίηση των δεδομένων του λογοτεχνικού κειμένου να συμβάλει στην κατανόηση των ιδιοτήτων των πράξεων (Παπαρούση, 2005).

Σε μια προσπάθεια αναστοχασμού, θεωρούμε χρήσιμη την επανάληψη της έρευνας σε μεγαλύτερο δείγμα διαφόρων ηλικιών του Δημοτικού για πληρέστερη καταγραφή αποτελεσμάτων της χρήσης του παραμυθιού. Σημαντικό είναι, επίσης, το ερώτημα του γιατί υπάρχει αυτή η διαφορά στην αντίληψη των δύο παιδιών όσον αφορά την ισοδυναμία; Τροποποιείται η αντίληψη του παιδιού καθώς μεγαλώνει;

Καταλήγοντας, φαίνεται ότι στο Δημοτικό Σχολείο το παραμύθι προσφέρεται κατά μεγάλο βαθμό για την αξιοποίηση της σύνδεσης Μαθηματικών και Λογοτεχνίας (Καρατάσου και Παναούρα, 2009). Θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι το παραμύθι μπορεί να αξιοποιηθεί στη διδασκαλία των μαθηματικών αποτελώντας κινητήρια δύναμη της μάθησης, μια δύναμη που συνδυάζει την παλιά γνώση και εμπειρία του παιδιού με την καινούρια. Μέσω της ενεργοποίησης της φαντασίας του, βοηθάει στην νοηματοδότηση των μαθηματικών εννοιών που αυτό προσλαμβάνει μέσα από το παραμύθι, στη δημιουργία συνδέσεων περί αυτών και καθιστούν αυτές στο μυαλό του κατανοητές και οικείες.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους δυο συμμετέχοντες της έρευνας για την βοήθεια και το χρόνο που μας προσέφεραν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ασωνίτης Π.(2001). Η εικονογράφηση στο βιβλίο παιδικής λογοτεχνίας, Αθήνα: Καστανιώτης.

- Egan, K. (1992). *Imagination in teaching and learning: Ages 8-15*. London: Routledge.
- Haurry, David L. Literature – Based Mathematics in Elementary School. Eric Digest.
- Γιαννικοπούλου Α.(2001). Εικονογραφημένα παιδικά βιβλία: Η αναγνωσιμότητα των εικόνων από παιδιά προσχολικής ηλικίας» στο *Η συγγραφή και η εικονογράφηση*, Αθήνα: Καστανιώτης .
- Καρατάσου Κατερίνα & Παναούρα Αρετή (2009), Λογοτεχνική Εκπαίδευση, μαθηματική παιδεία και διαθεματικότητα στη δημοτική εκπαίδευση, *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου για τη Διδασκαλία της Ελληνικής Γλώσσας*, Νυμφαίο Φλώρινας.
- Κολέζα Ευγενία (2006), Τα Μαθηματικά μέσα από τον καθρέφτη της Λογοτεχνίας: ένα ταξίδι στη χώρα των θαυμάτων, *Πρακτικά του Δημέρου Διαλόγου για τη Διδασκαλία των Μαθηματικών*, Θεσσαλονίκη.
- Lesh, R. & Larson, C. (2006). The Power of Stories in Mathematics Learning & Problem Solving. Presentation in Symbolic Cognition Symposium January 3-9. The White House of Wilmington.
- MacGregor, M & Stacey, K. (1999). “A flying start to algebra. Teaching Children Mathematics, 6/2, 78-86. Retrieved 17 May 2005 from <http://staff.edfac.unimelb.edu.au/~Kayecs/publications/1999/MacGregorStacey-AFlying.pdf> .
- Μερακλής Μιχάλης (1999). *Το λαϊκό παραμύθι. Κείμενα Παραμυθολογίας*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Μιχαηλίδης Τεύκρος (2010), Από τον Αισχύλο στους μεταμοντέρνους: μαθηματική λογοτεχνία, <http://thalesandfriends.org/gr/index.php>
- Παπαρούση Μαρίτα (2005), Η δομή της λογοτεχνικής αφήγησης: Σκέψεις για μια διδακτική αξιοποίηση, *KEIMENA*, Τεύχος 2, <http://keimena.ace.uth.gr>
- Τσιλιμένη Τ.(2007). Εικονογραφημένο παιδικό βιβλίο. Όψεις και Απόψεις, Βόλος: Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας.
- Van den Heuvel-Panhuizen, M, (1998). Realistic Mathematics Education: Work in progress. In T. Breiteig and G. Brekke (Eds.), *Theory into practice in Mathematics Education*. Kristiancand, Norway: Faculty of Mathematics and Sciences.
- Χασάπης Δ, (2006), Μαθηματικά και Λογοτεχνία: Μια αιτούμενη σχέση, *Πρακτικά του Δημέρου Διαλόγου για τη Διδασκαλία των Μαθηματικών*, Θεσσαλονίκη.
http://arb.nzcer.org.nz/supportmaterials/maths/concept_map_algebraic.php
<http://www.ericdigest.org/2003-1/school.html>

Διδακτικές προτάσεις για τη διδασκαλία Φυσικών Επιστημών για την Προώθηση της Πολιτισμικής Κληρονομιάς μέσω Εικονικού Μουσείου – Ηλεκτρονικό Εκπαιδευτικό εγχειρίδιο

Μαρία Καμπουροπούλου-Σαββαΐδου ¹, Πέρσα Φώκιαλη ², Ιωάννα
Ευσταθίου ³

¹ Πανεπιστήμιο Αιγαίου, ² Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Πανεπιστήμιο Αιγαίου³, Πανεπιστήμιο
Αιγαίου
kampour@rhodes.aegean.gr, persa@rhodes.aegean.gr, iefsta@aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή εστιάζει στη χρήση ενός Εκπαιδευτικού Εικονικού Μουσείου στο Γυμνάσιο με διδακτικές παρεμβάσεις σε μαθήματα των Θετικών Επιστημών (Μαθηματικά, Φυσική, Χημεία, περιγραφική Στατιστική κτλ). Ο στόχος της μελέτης είναι να προβάλλει τη σημασία της χρήσης του Εικονικού Μουσείου ως εργαλείο για την προώθηση της πολιτιστικής κληρονομιάς μέσω από εκπαιδευτικές παρεμβάσεις και φύλλα εργασίας ειδικά διαμορφωμένα για τις Φυσικές Επιστήμες. Το Εικονικό Εκπαιδευτικό Μουσείο έχει κατασκευαστεί από μαθητές/μαθήτριες οι οποίοι χρησιμοποίησαν πρωτογενές υλικό με αντικείμενα από ιδιωτικές συλλογές και η διδακτική πρόταση εφαρμόστηκε πιλοτικά στη Β' και Γ' τάξη του Γυμνασίου Ιαλυσού Ρόδου, στο πλαίσιο του μαθήματος, «Εκπαιδευτικές εφαρμογές Τέχνης και Πολιτισμικής Κληρονομιάς». Τα αποτελέσματα της έρευνας που διεξήχθη με τη χρήση ερωτηματολογίων μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις αποδεικνύουν ότι η Τέχνη μπορεί να αποτελέσει κεντρικό άξονα σε μαθήματα Θετικών Επιστημών που διδάσκονται στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Τέχνη και Φυσικές Επιστήμες, Εικονικό Μουσείο.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σήμερα, ο ρόλος Μουσείων Τέχνης είναι συνδεδεμένος με το δικαίωμα για τον Πολιτισμό, την Εκπαίδευση, την Επιστήμη και την εξαγωγή πληροφοριών (Βουδούρη, 2003). Η εκπαιδευτική τους πλευρά είναι πολύ σημαντική καθώς, προσφέρουν ελκυστικές μαθησιακές ευκαιρίες στους μαθητές (Ευσταθίου, 2011) με διαθεματικές προσεγγίσεις

και παρέχουν εμπειρίες και αντιλήψεις για τα αντικείμενα που εκθέτουν (Anderson, 1997). Η μελέτη μας εστιάζει στην χρήση ενός Εκπαιδευτικού Εικονικού Μουσείου και κατ' επέκταση ενός ηλεκτρονικού εκπαιδευτικού εγχειριδίου για το Γυμνάσιο και Δημοτικό με διδακτικές παρεμβάσεις σε μαθήματα όπως, Μαθηματικά, Φυσική, Χημεία, Περιγραφική Στατιστική, και άλλα μαθήματα που διδάσκονται στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση με άξονα την προώθηση της Πολιτιστικής Κληρονομιάς. Στην παρούσα εργασία για την θα αναφερθούμε στα μαθήματα Χημείας και Περιγραφικής Στατιστικής.

ΤΕΧΝΗ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑ

Η διδακτική πρόταση εφαρμόστηκε πιλοτικά σε όλες τις τάξεις του Γυμνασίου Ιαλυσού Ρόδου κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους 2013-14, στο πλαίσιο του μαθήματος, «Εκπαιδευτικές εφαρμογές Τέχνης και Πολιτισμικής Κληρονομιάς». Ομάδες μαθητών της Β' και Γ' Γυμνασίου κλήθηκαν να μελετήσουν τα αντικείμενα που δημοσιεύονται σε ειδικά διαμορφωμένο Εκπαιδευτικό εικονικό μουσείο κατασκευασμένο από μαθητές/-τριες (τα αντικείμενα προέρχονταν από ιδιωτικές συλλογές) και το συνοδευτικό πληροφοριακό υλικό και να χρησιμοποιήσουν φύλλα εργασίας ηλεκτρονικού εκπαιδευτικού εγχειριδίου για πλήθος μαθημάτων σε διδακτικές παρεμβάσεις. Ενδεικτικά αναφερόμαστε στα μαθήματα της Χημείας και Περιγραφικής Στατιστικής.

Χημεία Γ' Γυμνασίου, Θεματικές ενότητες:

1. Φυσικές ιδιότητες υλικών

- Επιλογή ορισμένων υλικών καθημερινής χρήσης όπως σίδηρος, χαλκός, μπρούτζος, ξύλο κλπ. Σύγκριση της σκληρότητάς τους ανά δύο και κατάταξή τους κατά σειρά σκληρότητας.
- Μελέτη θερμικής αγωγιμότητας διαφόρων στερεών υλικών.
- Καταγραφή κάποιων από τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε διάφορες τέχνες και αιτιολόγηση χρήσης τους με βάση τις ιδιότητες που διαθέτουν αυτά.

Παιδαγωγικοί στόχοι:

- Άντληση πληροφοριών και επεξεργασία τους.
- Καλλιέργεια κριτικής σκέψης.
- Επαφή με εικονικά μηνύματα του λαϊκού πολιτισμού και επεξεργασία τους.

Διδακτικοί στόχοι:

Οι μαθητές/τριες επιδιώκεται να:

- Να περιγράφουν τις φυσικές ιδιότητες των υλικών.
- Να συγκρίνουν κάποια υλικά ως προς τη σκληρότητα και την πυκνότητά τους.
- Να μπορούν να επιλέγουν το πιο κατάλληλο υλικό με βάση τις ιδιότητές του για μια συγκεκριμένη χρήση.

Φύλλα εργασίας για το μάθημα της Χημείας σε ειδικά διαμορφωμένο ψηφιακό εκπαιδευτικό εγχειρίδιο

Οι μαθητές/-τριες καλούνταν να πλοηγηθούν στις συλλογές του εκπαιδευτικού Εικονικού Μουσείου που περιέχονται στο ηλεκτρονικό εκπαιδευτικό εγχειρίδιο, να διαβάσουν τα συνοδευτικά κείμενα των εκθεμάτων στις αίθουσες με τα οικιακά είδη, μπρούτζινα, επάργυρα-χρυσά. Έπειτα να συμπληρώσουν πίνακα με υλικά που χρησιμοποιούνταν για την κατασκευή των εκθεμάτων ανάλογα με τις ιδιότητές τους και την εφαρμογή τους. Να εντοπίσουν τα υλικά κατασκευής των αντικειμένων και να τα κατατάξουν σε σειρά αυξανόμενης σκληρότητας. Να λύσουν προβλήματα που αφορούν την πυκνότητα ενώ τους δίνεται η μάζα και ο όγκος. Να μελετήσουν τα συνοδευτικά κείμενα, να αναζητήσουν τα σύμβολα των στοιχείων που αφορούν τα αντικείμενα/εκθέματα της συγκεκριμένης αίθουσας του εικονικού μουσείου και σε άλλο φύλλο εργασίας να γράψουν τον αριθμό ατόμων κάθε στοιχείου στο μόριο της ένωσης. Τέλος τους δίνονται πληροφορίες στοιχείων σύντηξης του γυαλιού για εκθέματα του εικονικού μουσείου, στοιχεία από τα οποία αποτελείται η ένωση, ο μοριακός τύπος χημικού στοιχείου και πρέπει να υπολογίσουν τον αριθμό ατόμων κάθε στοιχείου στο μόριο της ένωσης και να συμπληρώσουν ειδικό πίνακα.

ΤΕΧΝΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

Ο προβληματισμός αφορούσε τον τρόπο με τον οποίο τρόπο ένα Εικονικό Μουσείο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση της Περιγραφικής Στατιστικής και ταυτόχρονα την προώθηση της Πολιτιστικής κληρονομιάς. Πώς οι μαθητές μπορούν να εξοικειωθούν με την πορεία και τις διαδικασίες του μαθήματος μέσα από ένα ελκυστικό περιβάλλον εστιάζοντας στην κοινωνική, πολιτιστική διάσταση των εκθεμάτων (Panaretos & Xenalaki, 1993).

Περιγραφική Στατιστική Β΄ Γυμνασίου, Θεματικές ενότητες:

- *Περιγραφική Στατιστική*
- Βασικές έννοιες της Στατιστικής
- Γραφικές παραστάσεις
- Κατανομή συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων
- Μέση τιμή

Γνωστικοί/Διδακτικοί στόχοι:

- Να κατανοήσουν τις βασικές της μέτρηση, δείγμα και επίσης τη σημασία του αντιπροσωπευτικού δείγματος (Bloom & Krathwohl, 2000).
- Όσον αφορά τα διαγράμματα, να κατανοήσουν τη χρησιμότητά τους, να εξαγάουν πληροφορίες, να κατασκευάσουν ένα κατάλληλο γράφημα δεδομένων και να μάθουν πώς να παρουσιάζουν τα ευρήματα (Kemmis, 1985).
- Να γνωρίσουν τις έννοιες συχνότητα και σχετική συχνότητες και να μάθουν στην πράξη να φτιάχνουν πίνακες συχνοτήτων και το αντίστοιχο γράφημα.

Συναισθηματικοί στόχοι:

- Να γίνει το μάθημα της Περιγραφικής Στατιστικής πιο ελκυστικό και ενδιαφέρον.
- Να νιώσουν οι μαθητές πραγματικοί ερευνητές
- Να μάθουν περισσότερα για την τοπική λαϊκή Τέχνη ώστε να διαμορφώσουν μια θετική στάση απέναντι στην Πολιτισμική Κληρονομιά και σε γενικές γραμμές
- Να αναπτύξουν την κριτική τους σκέψη (Matsagouras, 2002).

Φύλλα εργασίας για το μάθημα της Περιγραφικής Στατιστικής σε ειδικά διαμορφωμένο ψηφιακό εκπαιδευτικό εγχειρίδιο

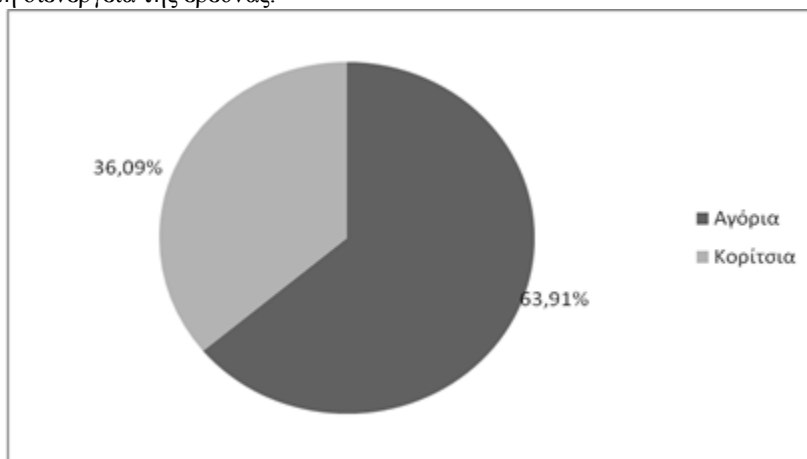
- 1^η ομάδα μαθητών: Αποστολή τους ήταν να μετρήσουν το σύνολο των αντικειμένων από όλες τις συλλογές και όλα τα αντικείμενα ανά συλλογή προκειμένου να βρουν τη συχνότητα και το ποσοστό των εκθεμάτων.
- 2^η ομάδα μαθητών: Να δημιουργήσουν με βάση τα παραπάνω στοιχεία της 1^{ης} ομάδας πίνακες στο excel.
- 3^η ομάδα: Να κατασκευάσουν γραφήματα χρησιμοποιώντας τους πίνακες δεδομένων (Olson et al, 2001).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Πίνακας 1: Φύλο μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα

	n	%
Αγόρια	85	63,91
Κορίτσια	48	36,09
Σύνολο	133	100,00

Γράφημα 1: Φύλο μαθητών που συμμετείχαν στην εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης και στη διενέργεια της έρευνας.

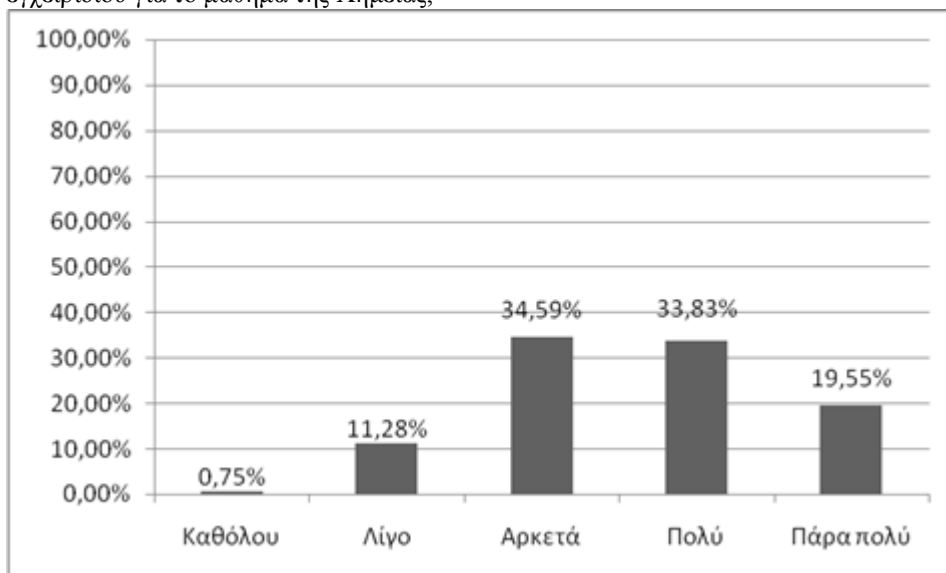


Στην ερώτηση «σας άρεσε η διδακτική παρέμβαση μέσω του ψηφιακού εκπαιδευτικού εγχειριδίου για το μάθημα της Χημείας», το 0,75% απάντησε καθόλου, το 11,28%, λίγο, το 34,59% αρκετά, το 33,83% πολύ και το 19,55% πάρα πολύ.

Πίνακας 2: Ποσοστά μαθητών για το αν τους άρεσε η διδακτική παρέμβαση μέσω του ψηφιακού εκπαιδευτικού εγχειριδίου για το μάθημα της Χημείας

	n	%
Καθόλου	1	0,75
Λίγο	15	11,28
Αρκετά	46	34,59
Πολύ	45	33,83
Πάρα πολύ	26	19,55
Σύνολο	133	100,00

Γράφημα 2: Σας άρεσε η διδακτική παρέμβαση μέσω του ψηφιακού εκπαιδευτικού εγχειριδίου για το μάθημα της Χημείας;

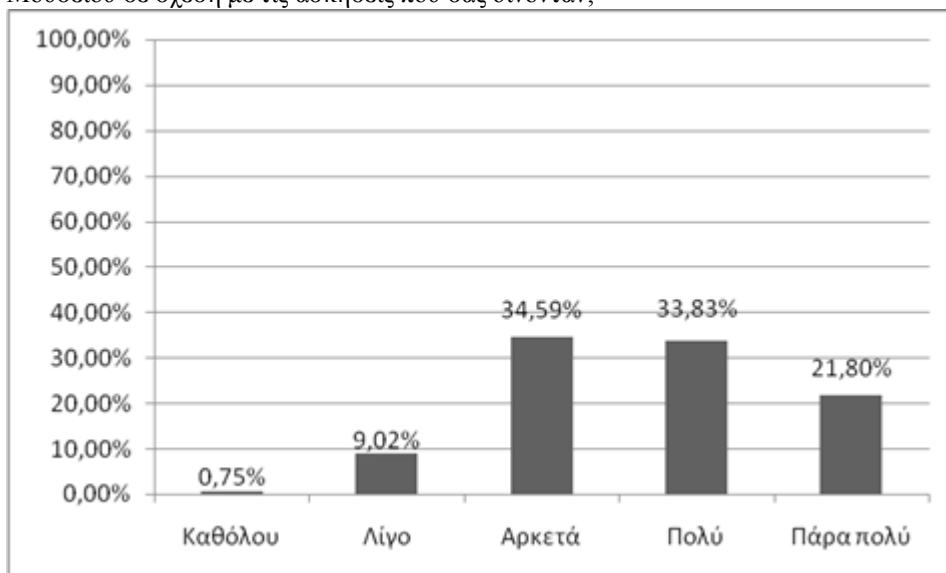


Στην ερώτηση «ήταν κατανοητά τα συνοδευτικά κείμενα των αντικειμένων του εικονικού Μουσείου σε σχέση με τις ασκήσεις που σας δίνονταν;», το 0,75% απάντησε καθόλου, το 9,02%, λίγο, το 34,59% αρκετά, το 33,83% πολύ και το 21,80% πάρα πολύ.

Πίνακας 3: Ποσοστά μαθητών για το αν τα συνοδευτικά κείμενα των αντικειμένων του εικονικού Μουσείου ήταν κατανοητά σε σχέση με τις ασκήσεις που τους δίνονταν

	n	%
Καθόλου	1	0,75
Λίγο	12	9,02
Αρκετά	46	34,59
Πολύ	45	33,83
Πάρα πολύ	29	21,80
Σύνολο	133	100,00

Γράφημα 3: Ήταν κατανοητά τα συνοδευτικά κείμενα των αντικειμένων του εικονικού Μουσείου σε σχέση με τις ασκήσεις που σας δίνονται;

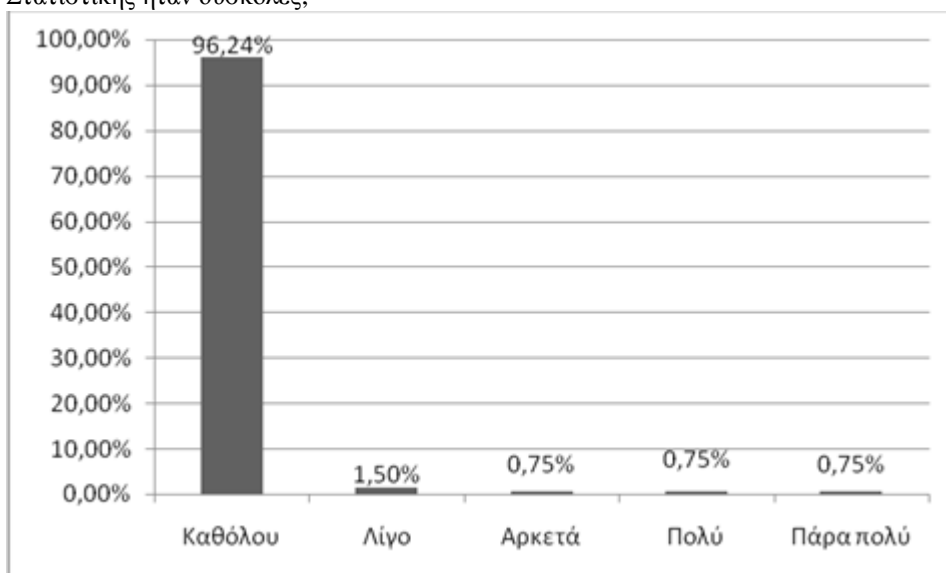


Στην ερώτηση «θεωρείτε ότι οι δραστηριότητες του μαθήματος της Περιγραφικής Στατιστικής ήταν δύσκολες;», το 94,24% απάντησε καθόλου, το 1,50%, λίγο, το 0,75% αρκετά, το 0,75% πολύ και το 0,75% πάρα πολύ.

Πίνακας 4: Ποσοστά μαθητών για το αν οι δραστηριότητες του μαθήματος της Περιγραφικής Στατιστικής ήταν δύσκολες

	n	%
Καθόλου	128	94,24
Λίγο	2	1,50
Αρκετά	1	0,75
Πολύ	1	0,75
Πάρα πολύ	1	0,75
Σύνολο	133	100,00

Γράφημα 4: Θεωρείτε ότι οι δραστηριότητες του μαθήματος της Περιγραφικής Στατιστικής ήταν δύσκολες;

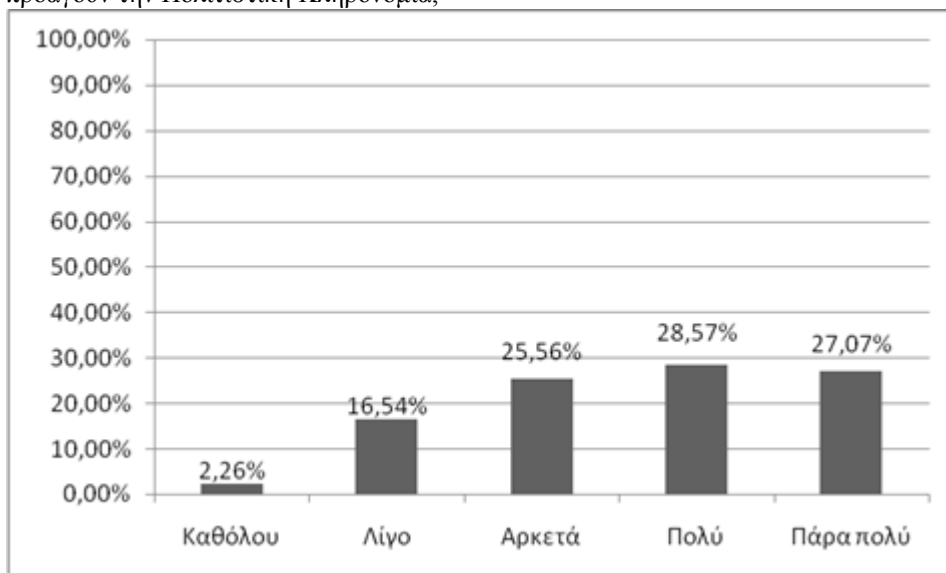


Στην ερώτηση «θεωρείτε ότι το εικονικό Μουσείο και το ηλεκτρονικό εκπαιδευτικό εγχειρίδιο προάγουν την Πολιτιστική Κληρονομιά;», το 2,26% απάντησε καθόλου, το 16,54%, λίγο, το 25,56% αρκετά, το 28,57% πολύ και το 27,07% πάρα πολύ.

Πίνακας 5: Ποσοστά μαθητών για το αν το εικονικό Μουσείο και το ηλεκτρονικό εκπαιδευτικό εγχειρίδιο προάγουν την Πολιτιστική Κληρονομιά

	n	%
Καθόλου	3	2,26
Λίγο	22	16,54
Αρκετά	34	25,56
Πολύ	38	28,57
Πάρα πολύ	36	27,07
Σύνολο	133	100,00

Γράφημα 5: Θεωρείτε ότι εικονικό Μουσείο και το ηλεκτρονικό εκπαιδευτικό εγχειρίδιο προάγουν την Πολιτιστική Κληρονομιά;

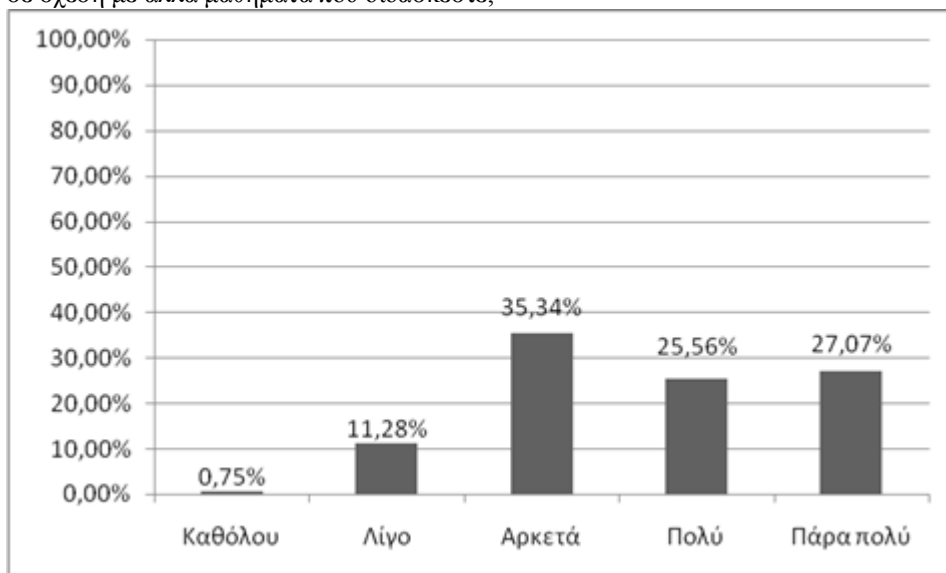


Στην ερώτηση «θα θέλατε να ασχοληθείτε πάλι με το ηλεκτρονικό εκπαιδευτικό εγχειρίδιο σε σχέση με άλλα μαθήματα που διδάσκεστε;», το 0,75% απάντησε καθόλου, το 11,28%, λίγο, το 35,34% αρκετά, το 25,56% πολύ και το 27,07% πάρα πολύ.

Πίνακας 6: Ποσοστά μαθητών για το αν θα ήθελαν να ασχοληθούν πάλι με το ηλεκτρονικό εκπαιδευτικό εγχειρίδιο σε σχέση με άλλα μαθήματα που διδάσκονται

	n	%
Καθόλου	1	0,75
Λίγο	15	11,28
Αρκετά	47	35,34
Πολύ	34	25,56
Πάρα πολύ	36	27,07
Σύνολο	133	100,00

Γράφημα 6: Θα θέλατε να ασχοληθείτε πάλι με το ηλεκτρονικό εκπαιδευτικό εγχειρίδιο σε σχέση με άλλα μαθήματα που διδάσκεστε;



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο στόχος της μελέτης ήταν να διερευνηθεί η σχέση της Τέχνης στην Εκπαίδευση μέσω της χρήσης ενός ηλεκτρονικού εκπαιδευτικού εγχειριδίου βασισμένο σε εικόνες και κείμενα προερχόμενα από το εκπαιδευτικό εικονικό Μουσείο (Kisiel, 2003). Η ανάλυση των αποτελεσμάτων παρουσίασε ότι η πλειοψηφία των μαθητών που συμμετείχαν είναι θετική προς την κατεύθυνση αυτή. Το ψηφιακό εγχειρίδιο δίνει τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να εμπλουτίσουν τον παραδοσιακό τρόπο της μάθησης με τη χρήση των ΤΠΕ και οι μαθητές ενθαρρύνονται στο να μάθουν περισσότερα για την τοπική τέχνη και τον πολιτισμό και να συνειδητοποιήσουν την αξία της διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς μέσω των Μαθηματικών, Χημείας και άλλων κλάδων των Φυσικών Επιστημών. Οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα εργαλεία για την παροχή χρήσιμων πληροφοριών σε ελκυστικό περιβάλλον εκμεταλλεύονται μετατρέπουν οι ίδιοι τη διαθέσιμη προσέγγιση σε ολιστικό τρόπο μάθησης, (Καμπουροπούλου –Σαββαΐδου, 2007).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anderson D. (1997). *Museums must recognize the needs of all users*, Adults Learning, issue 7.
- Bloom, B. S. & Krathwohl D. R. (1991). *Taxonomy of learning objectives*, vol. A, B, trans. Labraki-Panagou, A. Salonica.
- Βουδούρη, Δ. (2003). *Κράτος και Μουσεία*, εκδ. Σάκκουλα.
- Ευσταθίου, Ι. (2011). *Το Μουσείο ως περιβάλλον μάθησης και εκπαίδευσης. Μαθησιακές ευκαιρίες – Σχολικά εκπαιδευτικά προγράμματα στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας του Λονδίνου*, Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία.
- Καμπουροπούλου-Σαββαΐδου, Μ. (2007). *Νέες Τεχνολογίες και Επιστήμες της Αγωγής*, Αθήνα, Μεταίχμιο.
- Kemmis, S. (1985). Action Research. In: Husen and T.N. Postlethwaire (Ed). *The international Encyclopedia of Education*, Research and Studies, Pergamon Press, Oxford.
- Kisiel J. F. (2003). Teachers, museums and worksheets: a closer look at a learning experience, *Journal of Science Education* 14(1), 3-21.
- Matsagouras, I. (2002). Interdisciplinarity and Cross-thematic Curricular: Ways of organizing school knowledge. *Review of Educational Affairs*, 7, 19-36.
- Olson J. K., Cox-Petersen A.M., and McComas W.F.(2001). The inclusion of informal environments in science teacher preparations, *Journal of Science Teacher Education*, 12(3), 155-173.
- Panaretos, I., & Xenalaki, E. (1993). *Introduction to Statistical Thinking*, Vol. 1, p. 7, Athens, 1993.

Η Γεωμετρικότητα του Παραδοσιακού Οικισμού της Λίνδου μέσα από εγχειρίδια για την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Μαρία Καμπουροπούλου-Σαββαΐδου¹, Πέρσα Φώκιαλη², Ιωάννα Ευσταθίου³

¹ Πανεπιστήμιο Αιγαίου, ² Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Πανεπιστήμιο Αιγαίου³, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

kampour@rhodes.aegean.gr, persa@rhodes.aegean.gr, iefsta@aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα έρευνας που πραγματοποιήθηκε στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αιγαίου, στο πλαίσιο του μαθήματος: Καλλιτεχνική Εκπαίδευση και Δημιουργίες Εικαστικών μορφών κατά το χειμερινό εξάμηνο 2013-14. Οι φοιτητές ανέλαβαν σαν εργασία να δημιουργήσουν εκπαιδευτικά εγχειρίδια ειδικά διαμορφωμένα για μαθητές Πρωτοβάθμιας με σκοπό τη γνωριμία τους με τον Παραδοσιακό Οικισμό της Λίνδου και τη γεωμετρικότητά του. Κάποια από τα εγχειρίδια διανεμήθηκαν πιλοτικά στην Ε' τάξη του Δημοτικού και στο τέλος πραγματοποιήθηκε έρευνα με χρήση ερωτηματολογίου που απέδειξε ότι οι μαθητές ανακάλυψαν μαθηματικές έννοιες στην Τέχνη και την Αρχιτεκτονική ανακάλυψαν μέσα στον οικισμό βασικά γεωμετρικά σχήματα, όπως τον κύκλο, τρίγωνο, πεντάγωνο, εξάγωνο, κ.λπ., και την χρήση τους, προχώρησαν σε γεωμετρικές κατασκευές μιμούμενοι κτίρια

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Παραδοσιακός οικισμός, Λίνδος, Αρχιτεκτονική, Γεωμετρία...

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αποτελεσματικότητα ενός εκπαιδευτικού εγχειριδίου αποτελεί αντικείμενο μελέτης και βασίζεται μεταξύ άλλων στην έρευνα που αφορά την παιδαγωγική – διδακτική αποτελεσματικότητα. Δηλαδή, κατά πόσο οι εκπαιδευόμενοι αντλούν γνώση, αναπτύσσουν πολλαπλές δεξιότητες, ανατροφοδοτούν στοιχεία μάθησης, εάν υπάρχει ανταπόκριση εάν καλύπτονται ως προς τις ανάγκες και ως προς το χρόνο και εάν το εκπαιδευτικό εγχειρίδιο ανταποκρίνεται στους παιδαγωγικούς στόχους σε σχέση με την καταλληλότητα και χρηστικότητα των μέσων που χρησιμοποιήθηκαν. Ο Jewett υποστηρίζει ότι η εκπαιδευτική διαδικασία είναι ουσιαστικά μία παροχή υπηρεσιών που έχει σχέση με τη διδασκαλία και πως θα πρέπει να αποτελεί αντικείμενο μελέτης και έρευνας ώστε, τα μαθησιακά αποτελέσματα να αντικατασταθούν ή να βελτιωθούν παλιές

μέθοδοι διδασκαλίας με νέες (Jewett, 1996). Οι μαθητές συνειδητοποίησαν τον ισχυρό δεσμό της Τέχνης με τη Γεωμετρία και την Αρχιτεκτονική, γνώρισαν τον Παραδοσιακό Οικισμό της Λίνδου και την Αρχιτεκτονική του μέσα από το πληροφοριακό υλικό του εγχειριδίου και αυτό αποτέλεσε αξιόλογο εργαλείο για τη διδασκαλία των Καλλιτεχνικών σε συνδυασμό τα Μαθηματικά και τη Γεωμετρία.

Η ΤΕΧΝΗ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ

Σε μια διαρκώς μεταβαλλόμενη και επαναπροσδιοριζόμενη από τις σύγχρονες ανάγκες εκπαίδευση, τα τελευταία χρόνια διαμορφώνεται τόσο σε επίπεδο διδασκαλίας (Kohl, M.A. & Gainer, C. (1996), όσο και έρευνας (Δανασσής – Αφεντάκης, Α. (1997), ένα νέο πλαίσιο πολυεπιστημονικής συμπεριφοράς, με έμφαση στην ευαισθητοποίηση, στον προβληματισμό, τη διερεύνηση και την προσωπική αναδημιουργία. Σύμφωνα με την τάση αυτή προσεγγίζεται η λογοτεχνία με τα εικαστικά, τα μαθηματικά με την Τέχνη, η Ιστορία και τα Θρησκευτικά με τα εικαστικά και το θέατρο, η γλώσσα με αισθητικές δραστηριότητες κ.ο.κ., επιδιώκοντας ένα σύγχρονο και δυναμικό τρόπο μάθησης και δημιουργικής έκφρασης. Στη διαπλοκή της δημιουργικότητας, της αισθητικής καλλιέργειας και της καλλιτεχνικής έκφρασης με το σχολείο, ο ρόλος της καλλιτεχνικής αγωγής είναι απαραίτητο να επαναπροσδιοριστεί βάσει ενός δυναμικού μοντέλου διδασκαλίας, σύμφωνα με το οποίο η Τέχνη και ο πολιτισμός γενικότερα θα εμπλέκονται με τα διάφορα γνωστικά αντικείμενα κατά τις διαδικασίες της μάθησης. Πρόκειται για συνάρθρωση και ανασυγκρότηση της καλλιτεχνικής εκπαίδευσης ικανής να συμβάλει στη διαμόρφωση των προϋποθέσεων για τη νέα εκπαιδευτική πολιτική στη χώρα μας, για μια νέα πολιτισμική πολιτική της Ενωμένης Ευρώπης (Φιοραβάντες, Β. (2004).

ΣΚΟΠΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η Λίνδος είναι ένα από τα πιο χαρακτηριστικά δείγματα της ελληνικής πόλης με τον παραδοσιακό οικισμό που διακρίνεται για τη γεωμετρικότητά του και ταυτόχρονα με τη μορφολογία του εδάφους (Μουτσοπούλου, 1984). Η αρμονική σχέση του παραδοσιακού οικισμού της Λίνδου με το φυσικό του περιβάλλον είναι σχετικές με την αστική διαδρομή του αρχαίου οικισμού που ακολουθεί τη σειρά των βασικών αρχών των αρχαίων πόλεων, αναπτύχθηκε γύρω από την Ακρόπολη, που είναι το υψηλότερο σημείο, ορατό από παντού και αποτελεί τον πυρήνα του οικισμού (Wycherley, 1962).

Σε Ακαδημαϊκό επίπεδο:

- Να ανακαλύψουν οι φοιτητές την Ιστορία της Λίνδου μέσα από γεωμετρικά σχήματα και να έρθουν σε επαφή με το γενικό περιβάλλον του με περιηγήσεις που οργανώθηκαν και πραγματοποιήθηκαν μέσα στον παραδοσιακό οικισμό της Λίνδου.
- Να διερευνήσουν το ρόλο του συνδετικού κρίκου της Αιγαιοπελαγίτικης Αρχιτεκτονικής στον παραδοσιακό οικισμό της Λίνδου.

- Να καλλιεργήσουν το αισθητικό τους κριτήριο και να αναπτύξουν στάσεις όσον αφορά την πολιτισμική κληρονομιά και τη διάσωσή της ως μελλοντικοί δάσκαλοι. Να συνειδητοποιήσουν την ιδιαιτερότητα της παραδοσιακής Αρχιτεκτονικής του οικισμού και τη σχέση του με τη Γεωμετρία.
- Να αναπτύξουν τη δημιουργική σκέψη σε όλες τις μορφές έκφρασης ώστε να είναι σε θέση να τη μεταδίδουν στους αυριανούς μαθητές/-τριές τους.
- Να δημιουργήσουν ένα εκπαιδευτικό εγχειρίδιο ειδικά διαμορφωμένο για μαθητές του Δημοτικού με ιστορικό πλαίσιο και γενικά πληροφοριακό υλικό για τον οικισμό και να συνδέσουν δραστηριότητες και ερωτήσεις με το μάθημα της Γεωμετρίας και τα σχήματα.

Σε επίπεδο μαθητών

- Οι μαθητές να ανακαλύψουν μαθηματικές έννοιες στην Τέχνη και την Αρχιτεκτονική.
- Να συνειδητοποιήσουν τις 5 αναλογίες στην τέχνη.
- Να γνωρίσουν γεωμετρικά σύμβολα, όπως τον κύκλο, τρίγωνο, πεντάγωνο, εξάγωνο, κλπ, γεωμετρικές κατασκευές όπως τετραγωνισμό ενός κύκλου, χρησιμοποιώντας πολύγωνο διασταύρωση και την κατασκευή, τα πρότυπα στην Τέχνη και ειδικά θέματα, κάτι που συνδέεται με γεωμετρική Τέχνη και Αρχιτεκτονική (Calter, 2008).
- Να γνωρίσουν ένα πρωτότυπο εκπαιδευτικό εγχειρίδιο, να το επεξεργαστούν και να αξιολογηθούν.

Σε επίπεδο ερευνητικό

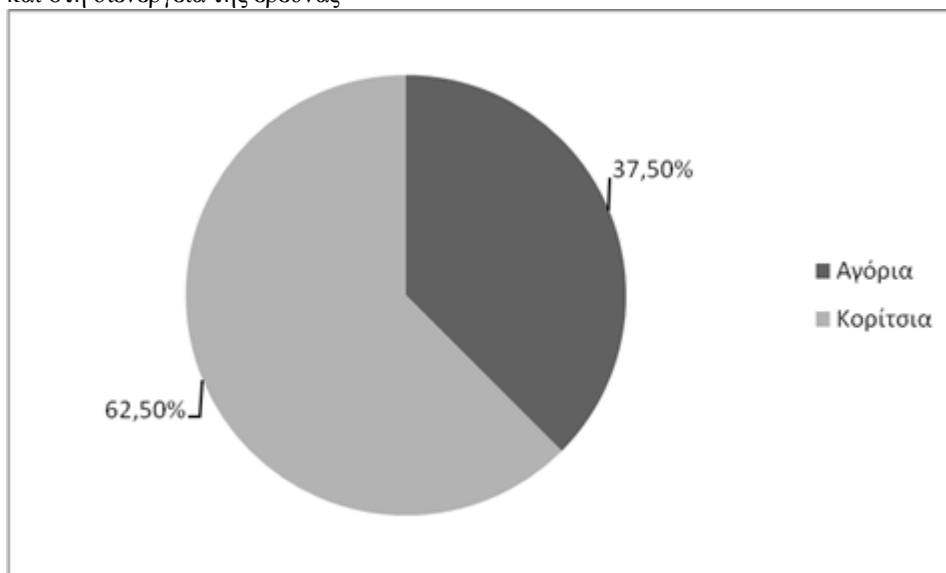
Η διαδικασία των διδακτικών παρεμβάσεων διήρκησε έξι εβδομάδες και κατά τη διάρκεια του μαθήματος των Εικαστικών και εφαρμόστηκε από ομάδα φοιτητών και επιλεγμένο εκπαιδευτικό εγχειρίδιο. Στο τέλος, ειδικά διαμορφωμένο ερωτηματολόγιο διανεμήθηκε σε 24 μαθητές σε κεντρικό Δημοτικό σχολείο της πόλης της Ρόδου. Σκοπός της έρευνας ήταν να διερευνηθούν οι απόψεις, στάσεις των μαθητών σε σχέση με τη χρήση ενός εκπαιδευτικού εγχειριδίου ειδικά διαμορφωμένου για τα μαθήματα των Καλλιτεχνικών και Μαθηματικών με σκοπό την προώθηση της Πολιτιστικής Κληρονομιάς.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Πίνακας 1: Φύλο μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα

	n	%
Αγόρια	9	37,50
Κορίτσια	15	62,50
Σύνολο	24	100,00

Γράφημα 1: Φύλο μαθητών που συμμετείχαν στην εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης και στη διενέργεια της έρευνας

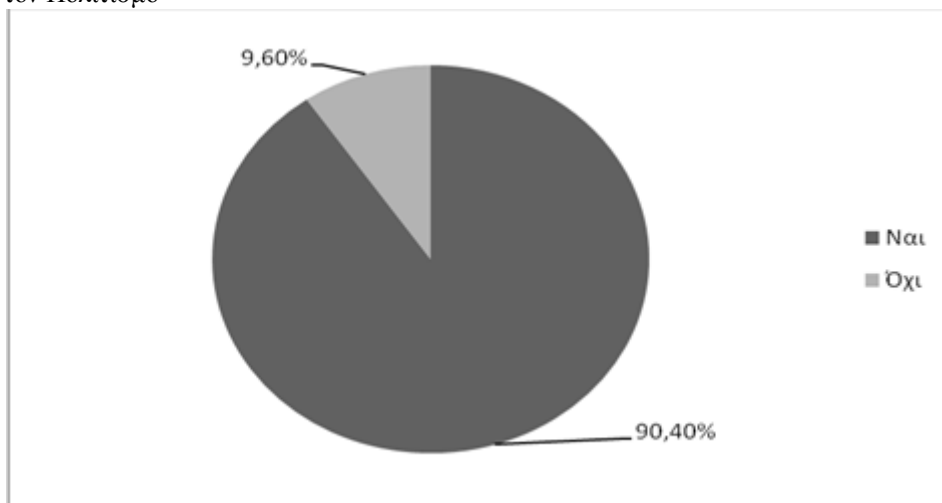


Στην ερώτηση «θα θέλατε να εργαστείτε σε ένα εκπαιδευτικό εγχειρίδιο που έχει σχέση με τον Πολιτισμό», το 90,40% των μαθητών απάντησε Ναι, ενώ, το 9,60% απάντησε όχι.

Πίνακας 2: Ποσοστά μαθητών για το αν θα ήθελαν να εργαστούν πάνω σε ένα εκπαιδευτικό εγχειρίδιο που να έχει σχέση με τον Πολιτισμό

	n	%
Ναι	22	90,40
Όχι	2	9,60
Σύνολο	24	100,00

Γράφημα 2: Θα θέλατε να εργαστείτε σε ένα εκπαιδευτικό εγχειρίδιο που έχει σχέση με τον Πολιτισμό

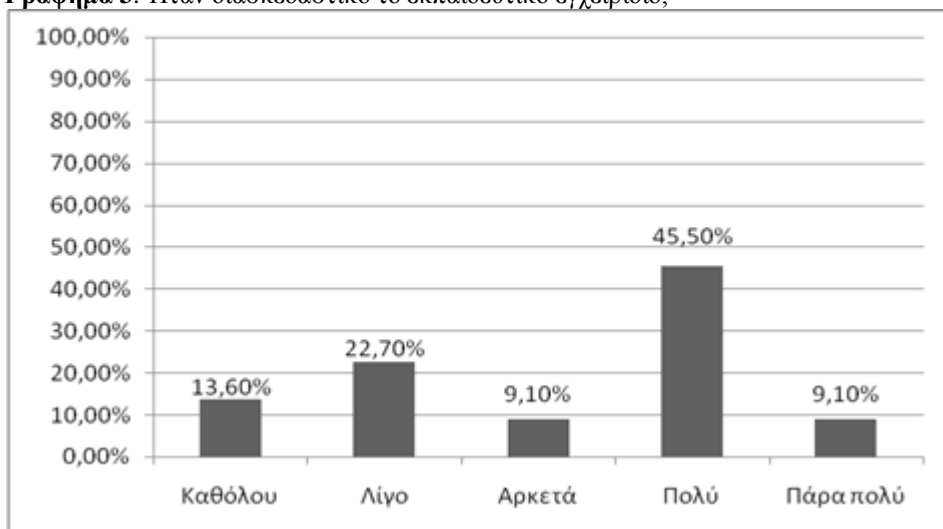


Στην ερώτηση «πόσο ήταν διασκεδαστικό το εκπαιδευτικό εγχειρίδιο», 13,60% απάντησε καθόλου, το 22,70%, λίγο, το 9,10% αρκετά, το 45,60% πολύ και το 9,10% πάρα πολύ.

Πίνακας 3: Ποσοστά μαθητών για το κατά πόσο ήταν διασκεδαστικό το εγχειρίδιο

	n	%
Καθόλου	0	13,60
Λίγο	3	22,70
Αρκετά	5	9,10
Πολύ	11	45,60
Πάρα πολύ	5	9,10
Σύνολο	24	100,00

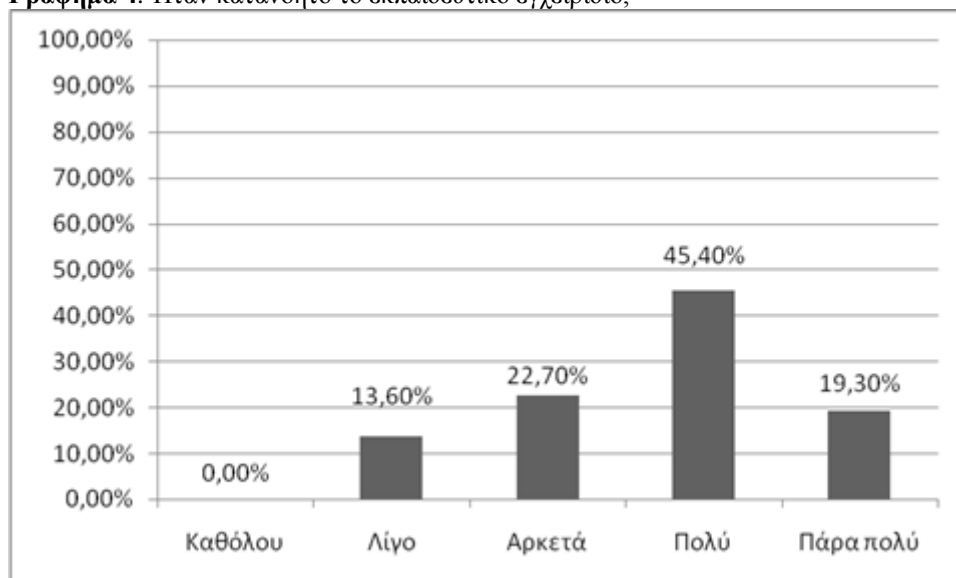
Γράφημα 3: Ήταν διασκεδαστικό το εκπαιδευτικό εγχειρίδιο;



Στην ερώτηση «πόσο ήταν κατανοητό το εκπαιδευτικό εγχειρίδιο», 0,00% απάντησε καθόλου, το 13,60%, λίγο, το 22,70% αρκετά, το 45,40 πολύ και το 19,30 πάρα πολύ.

Πίνακας 4: Ποσοστά μαθητών για το κατά πόσο ήταν κατανοητό το εκπαιδευτικό εγχειρίδια

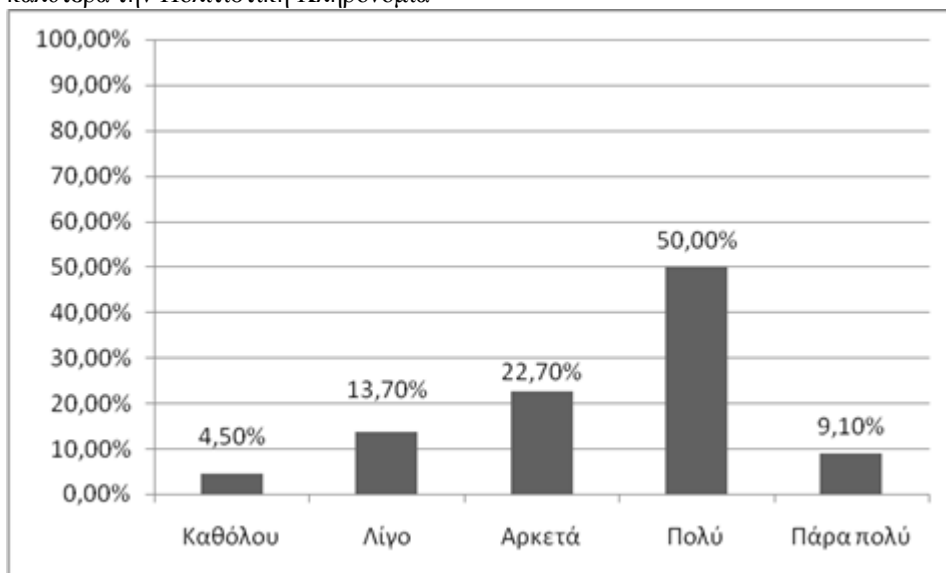
	n	%
Καθόλου	0	0,00
Λίγο	3	13,60
Αρκετά	5	22,70
Πολύ	11	45,40
Πάρα πολύ	5	19,30
Σύνολο	24	100,00

Γράφημα 4: Ήταν κατανοητό το εκπαιδευτικό εγχειρίδιο;

Στην ερώτηση «εάν πιστεύουν ότι το εκπαιδευτικό εγχειρίδιο τους βοήθησε να κατανοήσουν καλύτερα την Πολιτιστική Κληρονομιά» το 4,50% απάντησε καθόλου, το 13,70% λίγο, το 22,70% αρκετά, το 50% πολύ και το 9,10% πάρα πολύ.

Πίνακας 5: Ποσοστά μαθητών που πιστεύουν ότι το εκπαιδευτικό εγχειρίδιο τους βοήθησε να κατανοήσουν καλύτερα την Πολιτιστική Κληρονομιά;

	n	%
Καθόλου	1	4,50
Λίγο	3	13,70
Αρκετά	5	22,70
Πολύ	12	50,00
Πάρα πολύ	2	9,10
Σύνολο	24	100,00

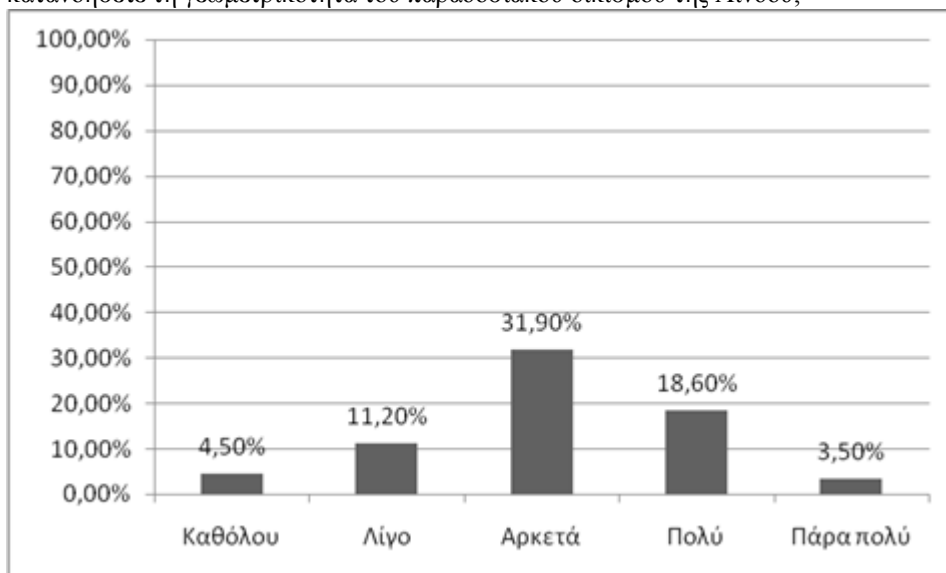
Γράφημα 5: Πιστεύετε ότι το εκπαιδευτικό εγχειρίδιο σας βοήθησε να κατανοήσετε καλύτερα την Πολιτιστική Κληρονομιά

Στην ερώτηση «εάν πιστεύουν ότι οι γνώσεις που απόκτησαν τους βοήθησαν να κατανοήσουν τη γεωμετρικότητα του παραδοσιακού οικισμού της Λίνδου 4,50% απάντησε καθόλου, το 11,20% απάντησε λίγο, 31,90% απάντησε αρκετά, το 18,60% πολύ και το 3,50% πάρα πολύ.

Πίνακας 6: Ποσοστά μαθητών που πιστεύουν ότι οι γνώσεις που απόκτησαν τους βοήθησαν να κατανοήσουν τη γεωμετρικότητα του παραδοσιακού οικισμού της Λίνδου

	n	%
Καθόλου	1	4,50
Λίγο	3	11,20
Αρκετά	8	31,90
Πολύ	4	18,60
Πάρα πολύ	1	3,50
Σύνολο	24	100,00

Γράφημα 6: Πιστεύετε ότι οι γνώσεις που αποκτήσατε σας βοήθησαν στο να κατανοήσετε τη γεωμετρικότητα του παραδοσιακού οικισμού της Λίνδου;

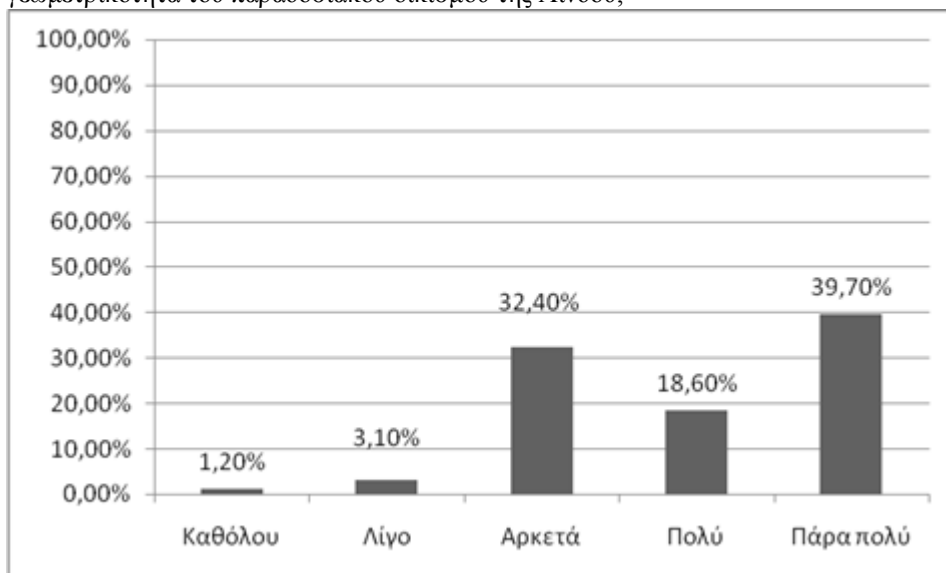


Στην ερώτηση εάν «θεωρούν μετά από τη χρήση του εκπαιδευτικού εγχειριδίου ότι η Λίνδος έχει πλούσια Πολιτιστική Κληρονομιά», το 1,20% απάντησε καθόλου, το 3,10% απάντησε λίγο, 32,40% απάντησε αρκετά, το 18,60% πολύ και το 39,70% πάρα πολύ.

Πίνακας 7: Ποσοστά μαθητών που πιστεύουν μετά από τη χρήση του εκπαιδευτικού εγχειριδίου ότι η Λίνδος έχει πλούσια Πολιτιστική Κληρονομιά

	n	%
Καθόλου	0	1,20
Λίγο	1	3,10
Αρκετά	8	32,40
Πολύ	4	18,60
Πάρα πολύ	10	39,70
Σύνολο	24	100,00

Γράφημα 7: Πιστεύετε ότι οι γνώσεις που αποκτήσατε σας βοήθησαν να κατανοήσετε τη γεωμετρικότητα του παραδοσιακού οικισμού της Λίνδου;

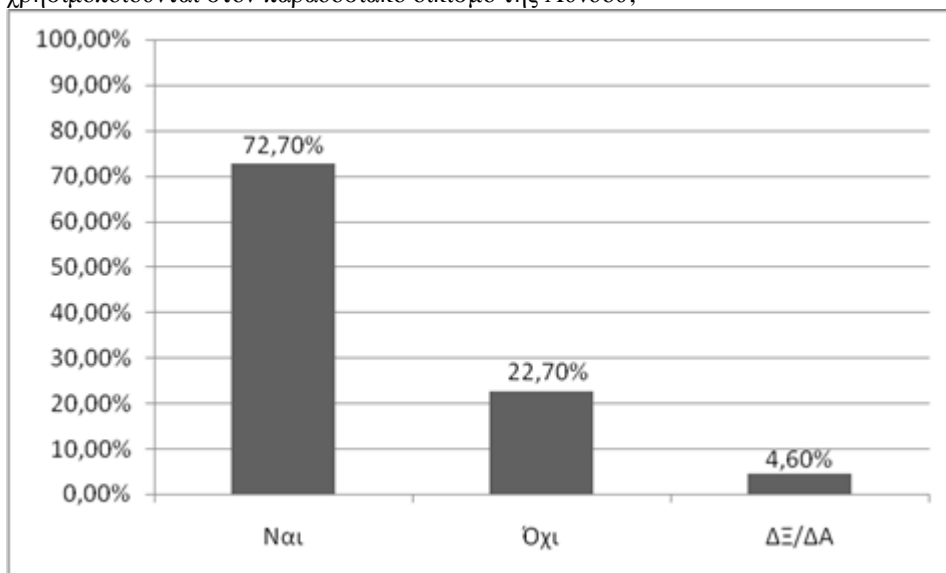


Στην ερώτηση «εάν τους δόθηκε η δυνατότητα να γνωρίσουν γεωμετρικά σχήματα που χρησιμοποιούνται στον παραδοσιακό οικισμό της Λίνδου», το 71,70% απάντησε ναι και το 22,70% απάντησε όχι. Στην ερώτηση δεν απάντησε το 4,60%.

Πίνακας 8: Ποσοστά μαθητών που πιστεύουν μετά από τη χρήση του εκπαιδευτικού εγχειριδίου ότι η Λίνδος έχει πλούσια Πολιτιστική Κληρονομιά

	n	%
Ναι	17	72,70
Όχι	5	22,70
ΔΞ/ΔΑ	1	4,60
Σύνολο	24	100,00

Γράφημα 8: Σας δόθηκε η δυνατότητα να γνωρίσετε γεωμετρικά σχήματα που χρησιμοποιούνται στον παραδοσιακό οικισμό της Λύνδου;

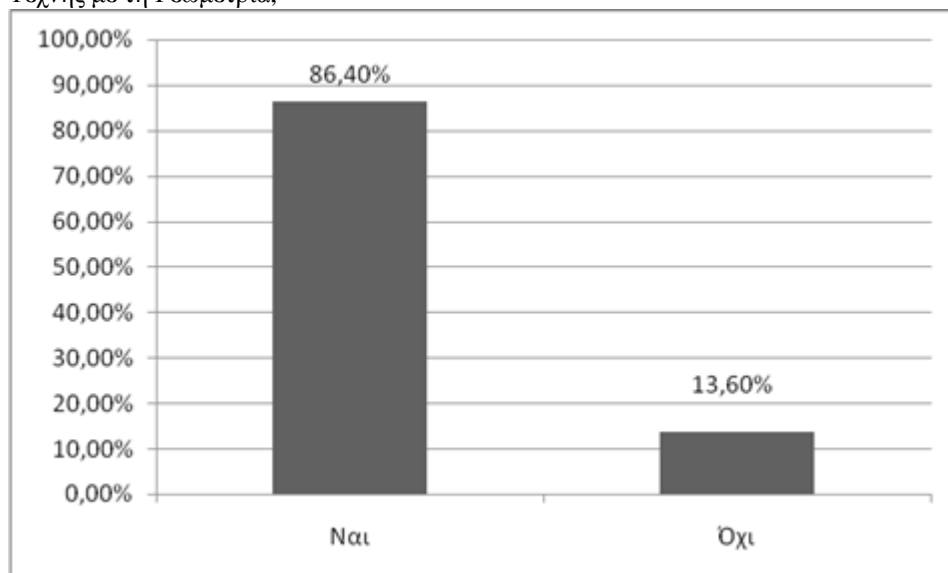


Στην ερώτηση «εάν τους άρεσε η διδακτική παρέμβαση για την κατανόηση του συνδυασμού της Τέχνης με τη Γεωμετρία», το 86,40% απάντησε ναι ενώ το 13,60% απάντησε όχι.

Πίνακας 9: Ποσοστά μαθητών στην ερώτηση εάν τους άρεσε η διδακτική παρέμβαση για την κατανόηση του συνδυασμού της Τέχνης με τη Γεωμετρία

	n	%
Ναι	21	86,40
Όχι	3	13,60
Σύνολο	24	100,00

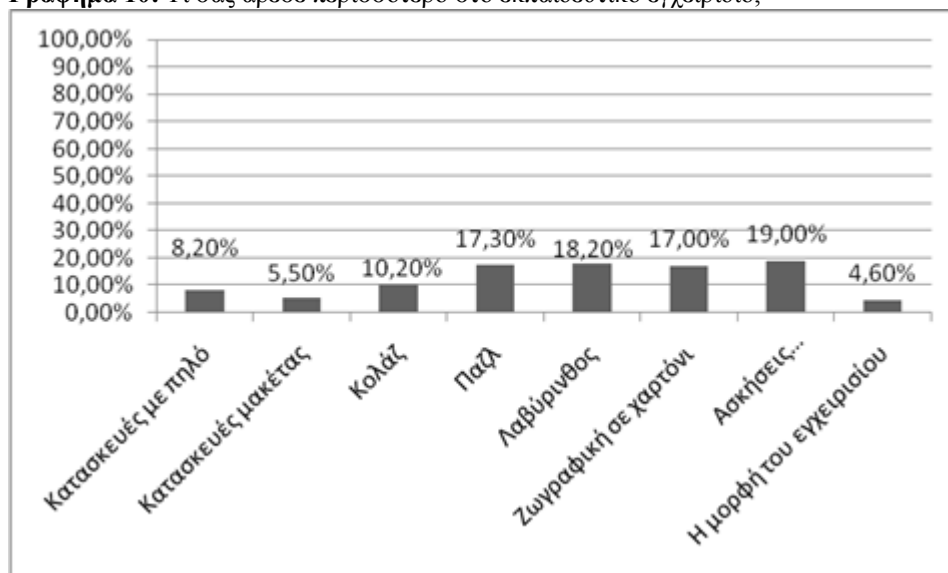
Γράφημα 9: Σας άρεσε η διδακτική παρέμβαση για την κατανόηση του συνδυασμού της Τέχνης με τη Γεωμετρία;



Στην ερώτηση «τι σου άρεσε περισσότερο στο εκπαιδευτικό εγχειρίδιο», το 8,20% απάντησε οι κατασκευές με πηλό, το 5,50% οι κατασκευές μακέτας, το 10,20% τα κολάζ, το 17,30% οι κατασκευές παζλ, το 18,20% ο λαβύρινθος, το 17% η ζωγραφική σε χαρτόνι, το 19,00% οι ασκήσεις γραμματικής και Μαθηματικών και το 4,60% η όλη μορφή του εκπαιδευτικού εγχειριδίου για την προώθηση της Πολιτιστικής Κληρονομιάς.

Πίνακας 10: Ποσοστά απαντήσεων μαθητών σχετικά με το τι τους άρεσε περισσότερο στο εκπαιδευτικό εγχειρίδιο

	n	%
Κατασκευές με πηλό	2	8,20
Κατασκευές μακέτας	1	5,50
Κολάζ	2	10,20
Παζλ	4	17,30
Λαβύρινθος	4	18,20
Ζωγραφική σε χαρτόνι	4	17,00
Ασκήσεις	5	19,00
Γραμματικής/Μαθηματικών		
Η μορφή του εγχειριδίου	2	4,60
Σύνολο	24	100,00

Γράφημα 10: Τι σας άρεσε περισσότερο στο εκπαιδευτικό εγχειρίδιο;

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο στόχος της μελέτης να διερευνηθεί η σχέση της Τέχνης στην Εκπαίδευση με την παραδοσιακή αιγαιοπελαγίτικη αρχιτεκτονική και πολιτιστική κληρονομιά (Fox & Gardner, 1997). Οι φοιτητές αφού ανακάλυψαν οι ίδιοι την αρχιτεκτονική των παραδοσιακών σπιτιών της Λίνδου μελέτησαν όλο τον οικισμό, συνειδητοποίησαν το σκοπό του συνεχούς σύστηματος κτηρίων, ανακάλυψαν την ιστορία του τόπου μέσα από γεωμετρικά σχήματα, διακοσμητικά αρχιτεκτονικά μοτίβα. Επίσης το πώς όλα αυτά δένουν με το υπόλοιπο φυσικό περιβάλλον, δημιουργώντας μια ισορροπία και αρμονία. Έμαθαν να απεικονίζουν και να αναδημιουργούν τα γεωμετρικά δεδομένα χρησιμοποιώντας τη φαντασία τους και συνέθεσαν το δικό τους αρχιτεκτονικά συγκροτήματα κτιρίων (Dewey, 1964). Η κατασκευή από μέρους τους και εφαρμογή ομάδας αυτών του εκπαιδευτικού εγχειριδίου ειδικά διαμορφωμένου για παιδιά Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης διαφόρων τάξεων οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η Τέχνη διδάσκει τα παιδιά, τους δημιουργεί ανησυχίες για την εξερεύνηση και ανακάλυψη της προέλευσης των δεδομένων, τα εκπαιδεύει στην παρατήρηση και δίνει τις εμπειρίες και τις αισθήσεις, με έναν τρόπο που όλοι οι εντυπώσεις επωάζουν και οδηγούν σε προσωπικές δημιουργίες. Επίσης, οι μαθητές συνειδητοποιούν ότι τα Μαθηματικά και η Τέχνη γενικότερα είναι δύο ξεχωριστές δραστηριότητες του ανθρώπου, αλλά, να είναι σε συνδυασμό να αναδημιουργού εντυπωσιακή πολυπλοκότητα και ομορφιά στα κτίρια. Οι παραδοσιακές μέθοδοι διδασκαλίας θα πρέπει να υιοθετούν την παράλληλη ενεργοποίηση

εναλλακτικών μεθόδων προκειμένου το μάθημα των Εικαστικών να αποτελεί εργαλείο διαθεματικότητας και να συμβάλει στην προώθηση της Πολιτισμικής Κληρονομιάς (Καμπουροπούλου – Σαββαΐδου, Μ., 2007).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δανασσύς – Αφεντάκης Α. (1997). *Σύγχρονες τάσεις της Αγωγής*, τόμ. 3, Β' έκδοση, Από το θέμα Αθλητισμός και Λογοτεχνία, Αθήνα.
- Calter, P. (2008). *Squaring the circle: Geometry in Art and Architecture*, Wiley.
- Dewey, J. (1934). *Art and experience*. New York Perigee Books.
- Fox, A. & Gardner, M. F. (1997). The arts and raising achievement. *Curriculum Conference, Department for National Heritage and School Curriculum and Assessment Authority*, Lancaster House, London.
- Jewett, F (1996). *Case Studies in Evaluating the Benefits and Costs of Mediated Instruction/Distributed Learning*, California State. University.
- Κακίση – Παναγοπούλου Α. (1993). Από το κείμενο στην Εικόνα. Απόδοση του παιδικού λογοτεχνήματος στη σειρά *Παιδική Λογοτεχνία*, α' τόμος, Επιμ. Α. Κατσίκη – Γκίβαλου, Καστανιώτης, Αθήνα, σελ. 192-205 & Σχίζα, Κ. (1994). Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής εκπαίδευσης με θέμα «ο βράχος της Ακροπόλεως», περ. Αρχαιολογία, τευχ. 52, σελ. 17-20.
- Καμπουροπούλου-Σαββαΐδου, Μ. (2007). *Νέες Τεχνολογίες και Επιστήμες της Αγωγής*, Αθήνα, Μεταίχμιο.
- Kohl, M.A. & Gainer, C. (1966). *Math – Arts*, Gryphon House, Maryland.
- Moutsopolou, A. (1984). *Ελληνική Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική*, Τ. 3, Δωδεκάνησα-Κρήτη, σ. 176-181, Αθήνα.
- Φιοραβάντες, Β. (2004). *Θεωρία Πολιτισμού II. Τέχνη, Κουλτούρα, Αισθητική: Ο άνθρωπος αντιμετώπος με την Παγκοσμιοποίηση*, Ψηφίδα.
- Wycherley, R. E. (1962). *How the Greeks built cities*, New York-London, pp. 4-10
- Bereiter, C., & Scardamalia, M. (1987). *The psychology of written composition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Skoumios, M., & Hatzinikita, V. (2010). Exploring pupils' "pathways" towards the identification of obstacles: the case of thermal equilibrium. *The International Journal of Learning*, 17 (10), 71-87.
- Skoumpourdi, C. (2011). Manipulative bulletin board for early categorization. *Teaching Mathematics and Computer Science*, 9(1), 1-12.

Όταν η Θεατρική Τέχνη συναντά τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες: Αναλυτικά Προγράμματα και Εκπαιδευτική Πράξη

Μαρία Κλαδάκη

Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Αιγαίου

mkladaki@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ερευνητικές μελέτες επισημαίνουν την αναγκαιότητα αλλαγής του μοντέλου αναπαραγωγής γνώσεων της θεσμοθετημένης γενικής εκπαίδευσης, σε ένα εκπαιδευτικό μοντέλο που να προάγει την δημιουργικότητα και την καινοτομία ανταποκρινόμενο στις απαιτήσεις της σύγχρονης πραγματικότητας. Οι τέχνες υποστηρίζεται πως μπορούν να συνδράμουν προς αυτή τη κατεύθυνση, καθώς ενέχουν από την φύση τους τη δημιουργικότητα και την καινοτομία, ενώ παράλληλα προσφέρουν βιωματική προσέγγιση της νέας γνώσης αποτελώντας με τον τρόπο αυτό ένα θεμελιώδες μέσο εκπαίδευσης. Ωστόσο, στην ελληνική σχολική πραγματικότητα, οι πολλαπλές σχέσεις επιστήμης και τέχνης δεν φαίνεται να βρίσκουν γόνιμο έδαφος για την ανάπτυξη δραστηριοτήτων μάθησης και διδασκαλίας. Η παρούσα εργασία στοχεύει από τη μια να καταγράψει τις προτάσεις θεατρικού παιχνιδιού, παιχνιδιού ρόλων και άλλων τεχνικών της θεατρικής τέχνης που υπάρχουν στα Αναλυτικά Προγράμματα των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών του Δημοτικού, ενώ παράλληλα ερευνά την αξιοποίησή τους από τους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Ειδικότερα τριακόσιοι/ες (300) δάσκαλοι/λες από διάφορες περιοχές της χώρας αποτέλεσαν το δείγμα της έρευνας και κλήθηκαν να συμπληρώσουν ανώνυμα ένα ερωτηματολόγιο. Τα αποτελέσματα της έρευνας αφορούν όχι μόνο τη χρήση αυτών των πρακτικών στη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών, αλλά και τις εν γένει στάσεις και αντιλήψεις των εκπαιδευτικών της έρευνας για τις εφαρμογές της θεατρικής τέχνης στην εκπαιδευτική διαδικασία.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Τεχνικές του θεάτρου στην εκπαίδευση, αναλυτικά προγράμματα, εκπαιδευτική πράξη.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύγχρονες τάσεις καταγράφουν μια στροφή στον προσανατολισμό της θεσμοθετημένης Γενικής Εκπαίδευσης, η οποία καλείται να μετασχηματίσει το μοντέλο της απλής αναπαραγωγής γνώσεων σε ένα μοντέλο παραγωγής δημιουργικότητας και καινοτομίας

στα πλαίσια μιας διαρκώς μεταβαλλόμενης και απαιτητικής σύγχρονης πραγματικότητας. Πολλές είναι οι ερευνητικές μελέτες που θέτουν ως στόχο τον προσδιορισμό και καθορισμό των παιδαγωγικών στρατηγικών, που συντελούν στην καλλιέργεια της δημιουργικότητας των παιδιών και μπορούν να εφαρμοσθούν στη σχολική τάξη (Μαλαφάντης, 2014). Ωστόσο, η ιδέα για την αναγκαιότητα στροφής της διδασκαλίας σε πιο δημιουργικά σχήματα δεν είναι καινούργια. Ήδη από το 1964 ο Piaget τόνισε πως: *«πρωταρχικός στόχος της εκπαίδευσης είναι να καλλιεργήσει ανθρώπους ικανούς να κάνουν καινούρια πράγματα και όχι μόνο να επαναλαμβάνουν αυτά που έχουν κάνει οι προηγούμενες γενιές. Ανθρώπους με ικανότητες δημιουργίας εφεύρεσης και ανακάλυψης»* (Piaget, 1964). Σήμερα ίσως περισσότερο από ποτέ ο σύγχρονος κόσμος είναι αντιμετώπιος με προβλήματα που αναπτύσσονται ραγδαία και που απαιτούν λύσεις από *‘δημιουργικά talέντα’* (Wang, 2012). Για παράδειγμα στο χώρο της πολιτικής τα παγκόσμια προβλήματα απαιτούν την εύρεση *‘καινοτόμων’* λύσεων (Ζαμπετάκης, 2005). Από την άλλη, στον κόσμο των επιχειρήσεων, ερευνητικές μελέτες (Ford & Gioia, 2000; Gong, et al., 2012) καταδεικνύουν πως προκειμένου οι επιχειρήσεις να αναπτύξουν καινοτόμες ιδέες, σε επιχειρηματικά προϊόντα και υπηρεσίες, ανταποκρινόμενες στο μεγάλο ανταγωνισμό, αξιολογούν θετικά την ικανότητα δημιουργικής σκέψης των εργαζομένων. Συνεπώς, ζητούμενο της εκπαίδευσης σε παγκόσμια κλίμακα είναι η ανάπτυξη όχι μόνο εργαζομένων με τεχνογνωσία, αλλά και με δημιουργική σκέψη (Wang, 2012).

Οι τέχνες μπορούν να συνδράμουν προς αυτή τη κατεύθυνση, καθώς ενέχουν από την φύση τους τη δημιουργικότητα και την καινοτομία, ενώ παράλληλα προσφέρουν βιωματική προσέγγιση της νέας γνώσης αποτελώντας με τον τρόπο αυτό ένα θεμελιώδες μέσο εκπαίδευσης. Αυτό επισημάνθηκε και στην πρώτη Διεθνή Συνάντηση Εργασίας για την Επιχειρηματικότητα στην Εκπαίδευση (με έμφαση στην εκπαίδευση εκπαιδευτικών), που οργάνωσε 2012 το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο στο Δουβλίνο. Ειδικότερα, το πλαίσιο δημιουργικής μάθησης, εφαρμοσμένο στο πεδίο των Τεχνών έχει την ακόλουθη δομή: *διατύπωση* ενός ερωτήματος, *κριτική εμβύθιση* στο πλαίσιο και *προσωπική εμπλοκή* με τα γεγονότα που το συγκροτούν, *ανασυγκρότηση* του πλαισίου μέσα από νέες οπτικές και πρόταση μιας εφαρμόσιμης/ καινοτόμου απάντησης-λύσης (Παρούση & Τσελφές, 2012). Όμως, στην ελληνική σχολική πραγματικότητα οι πολλαπλές σχέσεις επιστήμης και τέχνης δεν φαίνεται να αξιοποιούνται στην ανάπτυξη δραστηριοτήτων μάθησης και διδασκαλίας μέσα από το υπάρχων εκπαιδευτικό υλικό. Τα αναλυτικά προγράμματα του δημοτικού σχολείου, τα σχολικά εγχειρίδια, αλλά και οι διδακτικές πρακτικές στις σχολικές αίθουσες δεν αξιοποιούν επαρκώς βιωματικές μεθόδους μάθησης, όπως το παιχνίδι ρόλων, το θεατρικό παιχνίδι, και άλλες τεχνικές του θεάτρου, αποκαλύπτοντας την δυσκαμψία του συστήματος να ανασχηματίσει την τυποποιημένη σχολική διαδικασία και να ακολουθήσει πιο δημιουργικά σχήματα στην προσέγγιση της γνώσης.

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ ΣΤΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ

Το *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών* (ΔΕΠΠΣ) που θεσμοθετήθηκε το 2003 (ΦΕΚ 303 & 304/13-3-2003) συμπλήρωσε το Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (ΕΠΠΣ) του 1999 και αποτέλεσε τη βάση για τη συγγραφή των νέων βιβλίων του Δημοτικού. Στη παρούσα μελέτη ανατρέχουμε στις ενότητες των μαθημάτων της *Μελέτης Περιβάλλοντος* της Α΄, Β΄, Γ΄ και Δ΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου και του μαθήματος *Ερευνώ και Ανακαλύπτω* της Ε΄, και ΣΤ΄ τάξης, καθώς και σε ενότητες των *Μαθηματικών* για όλες τις τάξεις του Δημοτικού Σχολείου, που προτείνονται από το Αναλυτικό Πρόγραμμα να διδαχθούν με τη χρήση θεατρικών πρακτικών.

Ειδικότερα, οι προτεινόμενες θεατρικές δραστηριότητες στο *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών* (ΔΕΠΠΣ) της *Μελέτης Περιβάλλοντος* για κάθε τάξη είναι οι ακόλουθες:

Α΄ ΤΑΞΗ

Θεματικές Ενότητες

Ενδεικτικές Δραστηριότητες

Ανθρωπογενές περιβάλλον

<p>Η οικογένεια Η ζωή μέσα στην οικογένεια (Οικογενειακή ζωή και περιβάλλον)</p>	<p>Παίζουν παιχνίδια ρόλων σε μια υποθετική οικογένεια. Στη συνέχεια συζητούν τη συμπεριφορά των μελών και προτείνουν διαφορετικούς τρόπους αντιμετώπισης κάποιας κατάστασης, π.χ. κρίσης.</p>
--	--

Αλληλεπίδραση ανθρώπου – περιβάλλοντος

<p>Γνωρίζω το σώμα μου Γνωρίζω τον κόσμο με τις αισθήσεις Οι άλλοι άνθρωποι Η υγεία μου</p>	<p>Δραματοποίηση με θέμα την επίσκεψή τους στο γιατρό.</p>
<p>Οι ανάγκες του ανθρώπου</p>	<p>Παίζουν σε θεατρικό παιχνίδι με θέμα τους κανόνες που αφορούν την υγεία και την καθαριότητα.</p>
<p>Επικοινωνία, ενημέρωση και ελεύθερος χρόνος</p>	<p>Συζητούν στην τάξη για βασικά μέσα επικοινωνίας (σταθερή και κινητή τηλεφωνία κ.λπ.). Παίζουν σχετικά παιχνίδια (ρόλων, μίμησης κ.λπ.). Οργανώνουν σε ομάδες ένα υποθετικό πρόγραμμα τηλεόρασης (θεατρικό παιχνίδι).</p>
<p>Το ταξίδι του ήχου</p>	<p>Παράγουν ήχους με το σώμα τους, με αντικείμενα, με μουσικά όργανα και τους ακροώνται. Μιμούνται ήχους (μικρής και μεγάλης έντασης) καιρικών φαινομένων (άνεμοι, βροντή, βροχής), φωνές ζώων και ήχους διάφορων συσκευών (τηλεφώνου, ξυπνητηριού κ.λπ.)</p>

Φυσικό περιβάλλον

<p>Οικογένειες ζώων Τα ζώα και το περιβάλλον τους</p>	<p>Εκτελούν θεατρικό δρώμενο σχετικό με παραμύθι που έχει ως θέμα τα ζώα και το περιβάλλον τους.</p>
<p>Ήλιος, αλλαγή ημέρας και νύχτας Ο ήλιος και η ζωή</p>	<p>Περιγράφουν τρόπους (με θεατρικό παιχνίδι κ.λπ.), τους οποίους ο άνθρωπος χρησιμοποιεί κατά τη διάρκεια της ημέρας, για να προσαρμοστεί στη μεταβολή της θερμοκρασίας ή του ηλιακού φωτός (γυαλιά ηλίου, καπέλα, φορά επιπλέον ρούχα όταν η θερμοκρασία μειώνεται).</p>

Β΄ ΤΑΞΗ

Θεματικές Ενότητες

Ενδεικτικές Δραστηριότητες

Ανθρωπογενές περιβάλλον

<p>Η συνοικία / το χωριό μου Οικογένειες και κτίρια στη συνοικία μου Ο ναός της συνοικίας μου</p>	<p>Επισκέπτονται και καταγράφουν τους χώρους στους οποίους στεγάζονται βασικές υπηρεσίες που σχετίζονται με τη διοίκηση της κοινότητας. Συζητούν τη σημασία των υπηρεσιών αυτών για τη ζωή μας. Δημιουργούν υποθετικά σενάρια για το πώς θα ήταν η ζωή μας χωρίς αυτές τις υπηρεσίες.</p>
---	---

Φυσικό περιβάλλον

<p>Ζώα Τα ζώα και το περιβάλλον</p>	<p>Οργανώνουν θεατρικό δρώμενο (κοινωνία ζώων με κανόνες, ρόλους κ.λπ.).</p>
<p>Κύκλος του νερού Καιρός Κύκλος του νερού Ο καιρός και οι εποχές Ο καιρός σε άλλους τόπους Κατοικία και περιβάλλον</p>	<p>Δημιουργούν θεατρικά δρώμενα ή εικαστικά έργα που να παρουσιάζουν την επίδραση των εποχικών μεταβολών του καιρού στη ζωή των ανθρώπων του χωριού και της πόλης. Συγκεντρώνουν αποκόμματα από εφημερίδες, φωτογραφίες, βιβλία και κείμενα που παρουσιάζουν τον καιρό σε άλλους τόπους. Καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους σχετικά με τις ομοιότητες και τις διαφορές και τις εκφράζουν εικαστικά (ζωγραφική, κολλάζ, θεατρικό δρώμενο κ.ά.).</p>

Αλληλεπίδραση ανθρώπου – περιβάλλοντος

<p>Κύκλος ζωής και χρόνος Κύκλος ζωής του ανθρώπου</p>	<p>Παίζουν Παιχνίδια (θεατρικά, επιτραπέζια) με τους μήνες, τις ημέρες, ώρες κ.λπ.</p>
<p>Επικοινωνία και ενημέρωση Μέσα μαζικής ενημέρωσης (Μ.Μ.Ε.) Ο ελεύθερος χρόνος και η επικοινωνία</p>	<p>Οργανώνουν σε ομάδες ένα υποθετικό ραδιοφωνικό πρόγραμμα (θεατρικό παιχνίδι), Παίζουν παιχνίδια έκφρασης, π.χ. το παιχνίδι του δημοσιογράφου (θεατρικό δρώμενο). Παίζουν παιχνίδια ρόλων όπου κάποιος παρουσιάζει κάτι (ένα παραμύθι, ένα περιοδικό κ.λπ) και το κοινό έχει διαφορετικές αντιδράσεις κάθε φορά (σιωπηλό, αδιάφορο, ανήσυχο, προσεκτικό κ.ά.). Συζητούν τα συναισθήματα τους και την αντίδρασή τους στις αλλαγές του κοινού.</p>

Γ΄ ΤΑΞΗ

Θεματικές Ενότητες

Ενδεικτικές Δραστηριότητες

Ανθρωπογενές περιβάλλον

<p>Γιατί ζούμε σε κοινότητες Οι κοινότητες και οι ανάγκες του ανθρώπου Σχέσεις και συνεργασίες στην κοινότητα</p>	<p>Οι μαθητές: Εκτελούν παιχνίδια ρόλων που να εκφράζουν τις σχέσεις αλληλεπίδρασης ανάμεσα στους κατοίκους του χωριού ή της πόλης τους.</p>
<p>Δήμοι, κοινότητες και Τοπική Αυτοδιοίκηση Συμμετοχή στην τοπική αυτοδιοίκηση</p>	<p>Οργανώνουν παιχνίδι ρόλων σχετικά με την εκλογή ενός οργάνου αυτοδιοίκησης(π.χ. εκλέγουν με μυστική ψηφοφορία ένα μαθητή με κάποια αρμοδιότητα). «Συνεδριάζουν» στην τάξη, αναφέρουν μερικά από τα προβλήματα του οικισμού τους, τα ιεραρχούν και προτείνουν λύσεις.</p>

Αλληλεπίδραση ανθρώπου - περιβάλλοντος

<p>Επικοινωνία Οι άνθρωποι επικοινωνούν</p>	<p>Με θεατρικό δρώμενο αποδίδουν περιπτώσεις επικοινωνίας από την καθημερινή ζωή</p>
<p>Τρόποι επικοινωνίας των ανθρώπων</p>	<p>Προσπαθούν να επικοινωνήσουν με τους συμμαθητές τους χρησιμοποιώντας μη λεκτικούς κώδικες (νοήματα, μορφασμούς κ.λπ.) και μη λεκτικούς κώδικες. Κάνουν υποθέσεις και συγκεντρώνουν πληροφορίες για τον τρόπο επικοινωνίας των ζώων που ζουν σε ομάδες.</p>
<p>Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης (Μ.Μ.Ε.) Τα μέσα ενημέρωσης και επικοινωνίας από απόσταση, άλλοτε και τώρα</p>	<p>Με υποθετικό σενάριο προσπαθούν να επικοινωνήσουν με κάποιο συγγενή ή φίλο που βρίσκεται σε άλλη πόλη και καταγράφουν τρόπους με τους οποίους μπορούν να το πετύχουν αυτό σήμερα, αξιολογούν και επιλέγουν, κατά περίπτωση, τον προσφορότερο.</p>

Δ' ΤΑΞΗ

Θεματικές Ενότητες

Ενδεικτικές Δραστηριότητες

Ανθρωπογενές περιβάλλον

Ασπόνδυλα και σπονδυλωτά	Αναζητούν, συλλέγουν και ταξινομούν φωτογραφίες ζώων Οργανώνουν θεατρικό δρώμενο(μελισσοκόμος). (Γλώσσα, Μαθηματικά, Τεχνολογία, Θεατρική Αγωγή)
Οικονομικές δραστηριότητες στον τόπο μας Η παραγωγή στον τόπο μας	Καταγράφουν τις ασχολίες των κατοίκων στον τόπο τους, καθώς και τα παραδοσιακά επαγγέλματα Παίζουν σχετικό θεατρικό δρώμενο(Γλώσσα, Ιστορία, Αισθητική Αγωγή). Με εικονικά χαρτονομίσματα και κέρματα, κάνουν εικονικές συναλλαγές μέσα από παιχνίδια ρόλων (έμποροι, καταναλωτές κτλ).
Επικοινωνία και ενημέρωση Οι διάφορες γλώσσες στην Ευρωπαϊκή Ένωση Μέσα Μαζικής Επικοινωνίας	Επισκέπτονται εγκαταστάσεις τοπικών εφημερίδων, ραδιοφωνικών σταθμών. Στέλνουν τις δικές τους ανταποκρίσεις σε θέματα άμεσου ενδιαφέροντός. Παίζουν παιχνίδια ρόλων, παρουσιάζοντας για παράδειγμα ειδήσεις σε διάφορα Μ.Μ.Ε. κ.λπ.

Ανθρώπινο σώμα και άθληση

Το ανθρώπινο σώμα Αγωγή υγείας	Παίζουν θεατρικό Παιχνίδι σχετικά με τις σωστές στάσεις του σώματος (Γλώσσα, Φυσική Αγωγή, Θεατρική Αγωγή).
-----------------------------------	---

Οι προτεινόμενες θεατρικές δραστηριότητες στο *Αναλυτικό Προγράμμάτων Σπουδών* για το μάθημα *Ερευνώ και Ανακαλύπτω* της Ε΄, και ΣΤ΄ τάξης είναι οι ακόλουθες:

Ε΄ΤΑΞΗ

Θεματικές Ενότητες

Ενδεικτικές Δραστηριότητες

Υλικά σώματα και δομή της ύλης

Μόρια Τα υλικά σώματα αποτελούνται από μόρια Τα μόρια κινούνται	Πραγματοποιούν θεατρικό παιχνίδι που αναπαριστά την κίνηση των μορίων σε σχέση με τις καταστάσεις της ύλης (Αισθητική Αγωγή, Γλώσσα).
Άτομα - Στοιχεία και χημικές ενώσεις Χημικά φαινόμενα: αναδιάταξη ατόμων στα μόρια.	Πραγματοποιούν θεατρικό παιχνίδι με θέμα: Χημικές ενώσεις – χημικά φαινόμενα και μόρια
Συμβολίζοντας τα στοιχεία και τις χημικές ενώσεις	Παρουσιάζουν με ποικίλους τρόπους (ζωγραφική, κατασκευές, θεατρικό παιχνίδι) άτομα, μόρια στοιχείων και χημικών ενώσεων καθώς και απλές χημικές αντιδράσεις (Αισθητική αγωγή).

Κίνηση και Δύναμη

Ανθρώπινος οργανισμός – Κυκλοφορικό σύστημα Η καρδιά – τα μέρη της καρδιάς Φλέβες – αρτηρίες Μικρή μεγάλη κυκλοφορία	Ζωγραφίζουν ή δραματοποιούν τη μικρή και μεγάλη κυκλοφορία. Συγκεντρώνουν άρθρα από περιοδικά, συνομιλούν με ειδικούς και δραματοποιούν συνήθειες που συμβάλλουν στην καλή λειτουργία της καρδιάς και των αγγείων. (Αισθητική Αγωγή, Γλώσσα, Φυσική Αγωγή).
---	--

Ενέργεια

Θερμότητα και υλικά σώματα Τήξη, πήξη, υγροποίηση. Εξάτμιση, βρασμός. Διαστολή- συστολή στερεών, υγρών και αερίων σωμάτων.	Παρουσιάζουν με ποικίλους τρόπους (θεατρικό παιχνίδι, ζωγραφική, κείμενα κτλ.) τις μεταβολές των καταστάσεων της ύλης σε μοριακό επίπεδο (Αισθητική Αγωγή, Γλώσσα).
---	---

Ε΄ΤΑΞΗ

Θεματικές Ενότητες

Ενδεικτικές Δραστηριότητες

Ενέργεια

Η ενέργεια στα φυτά Φωτοσύνθεση - Ρόλος της ηλιακής ακτινοβολίας Διαπνοή	Μέσα από παιχνίδι ρόλων ή τη «γραφή» θεατρικού έργου παριστάνουν τα γεγονότα που συμβαίνουν κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης.
Όραση – μάτι Μέρη του ματιού	Παίζουν παιχνίδια προκειμένου να απαντήσουν στην ερώτηση «γιατί έχουμε δύο μάτια».
Μεταδοτικές ασθένειες Παθογόνοι μικροοργανισμοί Πρόληψη Αντιμετώπιση μεταδοτικών ασθενειών	Ενημερώνονται για το ρόλο των εμβολίων και οργανώνουν ένα θεατρικό μονόπρακτο προκειμένου να δείξουν στους μικρότερους συμμαθητές τους τη χρησιμότητά τους.

Οι προτεινόμενες θεατρικές δραστηριότητες στο *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών* (ΔΕΠΠΣ) των *Μαθηματικών* για κάθε τάξη είναι οι ακόλουθες:

Α΄ ΤΑΞΗ

Θεματικές Ενότητες

Ενδεικτικές Δραστηριότητες

Επίλυση Προβλήματος	Εισαγωγή δραστηριοτήτων με δραματοποίηση, οι οποίες δημιουργούν καταστάσεις προβληματισμού, και παρακινούν τους μαθητές να βιώσουν τη νέα γνώση. Επίλυση προβλημάτων που αφορούν παιχνίδια, συναλλαγές σε καταστάσεις της καθημερινής ζωής
Αριθμοί και πράξεις Υπολογισμοί μέχρι το 5. Απαρίθμηση μέχρι το 10. Το σύμβολο « \Leftrightarrow » Το σύμβολο « \leftrightarrow »	Δημιουργούνται συλλογές πραγματικών αντικειμένων και απαρίθμησή τους. Επίσης παιχνίδια με αγοραπωλησίες (π.χ. δραματοποιήσεις, μονόπολη) (Αισθητική Αγωγή, Γλώσσα, Μελέτη Περιβάλλοντος).
Μετρήσεις Μήκος, ύψος, πλάτος Χρόνος Χρήμα Βάρος Μοτίβα	Παρουσίαση στους μαθητές των κερμάτων και ανταλλαγή αυτών σύμφωνα με την αξία τους. Αγορές με εφαρμογή της πράξης πρόσθεσης. Μετρήσεις με διάφορα μεγέθη της αίθουσας, της αυλής κλπ π.χ. παιχνίδι του αρχιτέκτονα. Άλλα παιχνίδια μετρήσεων (χρόνος- ημερήσια διαστήματα, χρήμα- συναλλαγές)
Γεωμετρία Επίπεδα σχήματα και στερεά σώματα. Προσανατολισμός στο χώρο	Χρησιμοποίηση των όρων: πάνω-κάτω, μπροστά-πίσω, αριστερά-δεξιά. Εύρεση στερεών στο Περιβάλλον (κτίρια, αντικείμενα). Παιχνίδια με παζλ, καλαμάκια και πλαστελίνες για εξοικείωση με τις έννοιες των στερεών και των σχημάτων

Β΄ ΤΑΞΗ

Θεματικές Ενότητες

Ενδεικτικές Δραστηριότητες

Επίλυση Προβλήματος	Επίλυση προβλημάτων με δραματοποιήσεις, παιχνίδια, συναλλαγές σε καταστάσεις της καθημερινής ζωής
Μετρήσεις	Δραματοποιούν στιγμές από την καθημερινή ζωή (π.χ. επίσκεψη στο μανάβικο, ασχολίες που γίνονται σε ημερήσια ή εβδομαδιαία βάση στο σπίτι)
Αριθμοί και πράξεις Υπολογισμοί: πρόσθεση και αφαίρεση φυσικών στους αριθμούς 0-100.	Παιχνίδια ρόλων π.χ. δημιουργούν στην τάξη γωνιά αγοράς και γίνονται πωλητές, αγοραστής, κτλ.
Αριθμοί και πράξεις Καταστάσεις διαμερισμού(μερισμού)	Εργάζονται σε ομάδες πάνω σε βιοματικές καταστάσεις μοιρασιάς (δίκαιης, άνιστης) και εξίσωσης μεριδίων

Δ΄ ΤΑΞΗ

Θεματικές Ενότητες

Ενδεικτικές Δραστηριότητες

Μετρήσεις Τα νομίσματα	Συνδυασμοί αγορών. Καταστάσεις ανταλλαγών μέσα από δραματοποίηση ή εικαστική παρουσίαση
Αριθμοί και πράξεις Πρόσθεση και αφαίρεση δεκαδικών	Δραματοποίησης της αγοράς μέσα στην τάξη και συναλλαγές με το Ευρώ και τις υποδιαίρεσεις του.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΈΡΕΥΝΑΣ

Σκοπός και Στόχοι της Έρευνας

Λαμβάνοντας ως δεδομένο πως η δημιουργικότητα μπορεί διδαχθεί και να καλλιεργηθεί σε όλους τους ανθρώπους (Cromptley & Cromptley, 2008 όπως αναφέρεται από Μαλαφάντης, 2014), και άρα όλα τα άτομα είναι δυνάμει δημιουργικά, αρκεί οι συνθήκες να το ευνοούν και τα ίδια τα άτομα να κατέχουν τις απαιτούμενες γνώσεις και δεξιότητες (Cheung, 2013) θελήσαμε να ερευνήσουμε εάν στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών των Μαθηματικών και των Φυσικών επιστημών αξιοποιούνται δημιουργικές δραστηριότητες μάθησης μέσα από τεχνικές και μεθόδους της θεατρικής τέχνης. Αφού έγινε καταγραφή των προτάσεων θεατρικού παιχνιδιού που υπάρχουν στα Αναλυτικά Προγράμματα των *Μαθηματικών* και των *Φυσικών Επιστημών* του Δημοτικού Σχολείου, ερευνήσαμε την αξιοποίησή τους από τους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Στόχος ήταν να αναδειχθεί όχι μόνο

εάν γίνεται χρήση τέτοιων πρακτικών στη διδασκαλία των *Μαθηματικών* και των *Φυσικών Επιστημών*, αλλά και να διαφανούν και οι εν γένει στάσεις και αντιλήψεις των εκπαιδευτικών της έρευνας για τις δυνατότητες εφαρμογής της θεατρικής τέχνης στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Δείγμα της Έρευνας

Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν τριακόσιοι (300) εκπαιδευτικοί άντρες και γυναίκες από διάφορες περιοχές της χώρας οι οποίοι κλήθηκαν να συμπληρώσουν ανώνυμα ένα ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου. Ως προς τον τρόπο επιλογής του δείγματος θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως Δείγμα 'Ευκολίας' (*Convenience Sampling*), εφόσον επιλέχθηκε με βάση της δυνατότητας πρόσβασής μας σε διάφορα σχολεία της χώρας.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι πρώτες ερωτήσεις (1,2,3) μας πληροφορούν για το φύλο, την ηλικία και τα χρόνια υπηρεσίας των ερωτηθέντων εκπαιδευτικών. Παρατηρούμε πως σε ότι αφορά το φύλο, οι 173 δηλαδή το 57,7% είναι γυναίκες και οι 127 δηλαδή το 42,3% είναι άνδρες. Η ηλικία των ερωτηθέντων είναι: μεταξύ 22-30 χρονών το 12%, μεταξύ 31-40 χρονών το 18%, το 28% μεταξύ 41-45 χρονών, το 29,3% μεταξύ 46-50 χρονών, και τέλος το 12,7% μεταξύ 51-60+ ετών. Σε ότι αφορά τα χρόνια υπηρεσίας, το μεγαλύτερο ποσοστό 49% εργάζεται 18 και πάνω χρόνια, το μικρότερο 11,7% έως 5χρόνια, το 12,6% 6-10 χρόνια και το 26,7% 11-18 χρόνια.

Αναφορικά με τις σπουδές των δασκάλων (4^η ερώτηση) το 61% τελείωσε την Παιδαγωγική Ακαδημία εκ των οποίων το 48% έκανε και εξομοίωση. Παιδαγωγικό Τμήμα τελείωσε το 39%, ενώ το 20,3% έκανε μετεκπαίδευση και ένα 19,3% κατέχει άλλο Πανεπιστημιακό Πτυχίο. Οι επόμενες ερωτήσεις (5^η,6^η) αφορούν στο αν οι εκπαιδευτικοί του δείγματος έχουν διδαχθεί και πού θεατρική αγωγή. Η πλειοψηφία σε ποσοστό 60% απαντά ότι έχει διδαχθεί, στο Παιδαγωγικό Τμήμα το 24,6%, στην Παιδαγωγική Ακαδημία το 7,3%, στην εξομοίωση το 17%, στη Μετεκπαίδευση το 5,6%, σε θεατρικό εργαστήριο το 6,3% και 16,3% αλλού.

Στην 7^η ερώτηση, αν έχουν λάβει μέρος σε θεατρικές δραστηριότητες και με ποιό τρόπο, η συντριπτική πλειοψηφία σε ποσοστό 83,6% έχει λάβει μέρος αναλαμβάνοντας μαθητικές παραστάσεις. Το 44,3% δηλώνει πως έχει λάβει μέρος δραματοποιώντας δραστηριότητες εγχειριδίων, το 7,6% με άλλο τρόπο και το 7,3% δεν έχει λάβει μέρος.

Η 8^η ερώτηση εξετάζει εάν οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στην έρευνα παρακολουθούν θεατρικές παραστάσεις στον ελεύθερο χρόνο τους. Θεατρικές παραστάσεις δηλώνουν ότι παρακολουθούν 'πολύ συχνά' μόλις το 11% των ερωτηθέντων, 'συχνά' το 32,3%, 'σπάνια' η πλειονότητα, δηλαδή το 51%, ενώ το 5,7% δεν παρακολουθεί 'ποτέ'. Στην ερώτηση 9, εάν παρακολουθούν θεατρικές παραστάσεις με τους μαθητές τους, το 73% απαντά 'σπάνια', το 23,3% 'συχνά', το 2,3% 'πολύ συχνά' και το 1,4% 'ποτέ'. Στη 10^η ερώτηση, εάν έχουν ανεβάσει θεατρικές παραστάσεις με τους μαθητές τους, το 73% απάντησε θετικά με συχνότητα μια φορά ετησίως, 16,7% απάντησε συχνά (2-3 φορές ετησίως), το 2,3% δήλωσε πολύ συχνά (δηλ. πάνω από τέσσερις φορές

ετησίως) και το 8% απάντησε ποτέ. Στην 11^η ερώτηση, εάν έχουν παρουσιάσει με τους μαθητές τους δραστηριότητες θεατρικής αγωγής στα πλαίσια κάποιου προγράμματος, το 65,3% απάντησε θετικά (Ναι) και το 34,7% αρνητικά (Όχι). Όσον αφορά τις δυσκολίες που συναντούν στη διοργάνωση των θεατρικών δραστηριοτήτων (ερώτηση 12) η συντριπτική πλειοψηφία, δηλαδή, το 86% των δασκάλων θεωρεί υπεύθυνη την έλλειψη χρόνου, ενώ ένα επίσης μεγάλο ποσοστό το 48% την έλλειψη οικονομικών πόρων. Το 42,6% εντοπίζει τις δυσκολίες στην έλλειψη εποπτικών μέσων, το 45% στην ελλιπή κατάρτιση, το μόλις 6,6% σε κάτι άλλο και το 5% δηλώνει αδιαφορία των μαθητών.

Στις ερωτήσεις (13,14) για το εάν γενικά χρησιμοποιούν τη θεατρική αγωγή ως εργαλείο διδασκαλίας, παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό 62,7% τη χρησιμοποιεί σπάνια, το 20,7% συχνά, το 1,6% πολύ συχνά και το 15% δεν τη χρησιμοποιεί ποτέ. Ειδικότερα, όσον αφορά τα Μαθηματικά, οι εκπαιδευτικοί δηλώνουν ότι χρησιμοποιούν πρακτικές του θεάτρου ως εργαλείο διδασκαλίας σπάνια, σε ποσοστό 13,3%, συχνά μόλις το 2%, πολύ συχνά το 0%, και το μεγαλύτερο ποσοστό δηλαδή το 40,3% δεν τη χρησιμοποιεί ποτέ. Στη Μελέτη Περιβάλλοντος-Φυσική, σπάνια δηλώνει το 25,6%, συχνά το 15,3%, πολύ συχνά το 0,6% και το 18% δεν τη χρησιμοποιεί ποτέ.

Στην 15^η ερώτηση, εάν οι προτεινόμενες δραστηριότητες θεατρικής αγωγής είναι εύκολα εφαρμόσιμες από τον/την εκπαιδευτικό, το 11,3% απάντησε καθόλου, 43,3% λίγο, 45% αρκετά και μόλις το 0,4% απάντησε ότι οι θεατρικές δραστηριότητες εφαρμόζονται πολύ εύκολα. Στην 16^η ερώτηση, για το εάν χρειάζονται οι δάσκαλοι ιδιαίτερη εκπαίδευση για την πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων θεατρικής αγωγής, η συντριπτική πλειοψηφία σε ποσοστό 76,7% απάντησε πως χρειάζονται ιδιαίτερη εκπαίδευση, ενώ το 23,3% απάντησε πως δεν χρειάζονται. Πιο συγκεκριμένα, στην 17^η ερώτηση, αυτοί που απάντησαν θετικά ότι δηλαδή χρειάζονται οι εκπαιδευτικοί ιδιαίτερη εκπαίδευση για την πραγματοποίηση θεατρικών δραστηριοτήτων προτείνουν στο μεγαλύτερο ποσοστό δηλαδή 63,3% ειδικά σεμινάρια, σε ποσοστό 38,6% διαρκή επιμόρφωση, το 14,6% πρόγραμμα μετεκπαίδευσης, το 11,6% μαθήματα στο Πανεπιστήμιο και 1% άλλο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως επισημάνθηκε, στο παιδαγωγικό-εκπαιδευτικό και διδακτικό παρόν, στόχος είναι οι μαθητές/τριες να αφομοιώνουν δημιουργικά τη νέα γνώση. Με άλλα λόγια, είναι *αδήριτος ανάγκη να υπάρχει ένα σχολείο που να παράγει ιδέες* (Κουρετζής & Παρζακώνη, 2012). Όμως η παρούσα δομή της ύλης των μαθημάτων και η απόδοση με βάση μια καθέδρας διδασκαλία δίνει την εντύπωση στους μαθητές ότι η νέα γνώση δεν έχει χρηστική αξία και πρακτική εφαρμογή στην καθημερινότητά τους. Αυτό δυσχεραίνει την κατανόηση, διότι το παιδί αποδίδει καλύτερα όταν ξέρει γιατί μαθαίνει και κατανοεί περισσότερο όταν συμμετέχει σε βιωματικές δραστηριότητες άμεσα συνυφασμένες με το κοινωνικό, πολιτισμικό και κοινωνικό περιβάλλον του (Argons, 1992; Κουμαράς, 2007). Τέτοιες βιωματικές δράσεις είναι μεταξύ άλλων το παιχνίδι ρόλων, η δραματοποίηση, κ.ά.

Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως οι εκπαιδευτικοί δεν αξιοποιούν επαρκώς τις

δημιουργικές εφαρμογές της θεατρικής τέχνης που προτείνονται από τα Αναλυτικά Προγράμματα των *Μαθηματικών* και των *Φυσικών Επιστημών*. Οι ίδιοι επισημαίνουν πως βασικό πρόβλημα στη μη εφαρμογή τέτοιων μεθόδων διδασκαλίας αποτελεί η έλλειψη χρόνου. Πράγματι, έλλειψη χρόνου και η πίεση της ύλης είναι ένα μεγάλο αντικίνητρο στην εφαρμογή νέων εκπαιδευτικών πρακτικών. Από την άλλη, η ελλιπής κατάρτιση που σημειώνουν οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί της έρευνας δυσχεραίνει ακόμα περισσότερο την εφαρμογή τέτοιων μορφών βιωματικής προσέγγισης της νέας γνώσης. Έτσι, οι περισσότεροι από τους ερωτηθέντες εκπαιδευτικούς δήλωσαν πως έχουν εμπειρία κυρίως από το ανέβασμα θεατρικών παραστάσεων στα πλαίσια κάποιας γιορτής του σχολείου. Όμως το σχολικό θέατρο δημιουργήθηκε για να εξυπηρετήσει συγκεκριμένους στόχους του σχολείου και απέχει από το ζητούμενο της παρούσας μελέτης, δηλαδή τη χρήση τεχνικών του θεάτρου στο πλαίσιο της βιωματικής μάθησης. Με άλλα λόγια στη πρώτη περίπτωση μαθαίνουμε για το θέατρο, ενώ στη δεύτερη περίπτωση μαθαίνουμε δια μέσω του θεάτρου (Heathcote & Bolton, 1995).

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Το σχολείο με τη σημερινή του μορφή έφερε τη χώρα μας στις τελευταίες θέσεις του διαγωνισμού PISA (*Programme for International Student Assessment*), αλλά και στην ανάπτυξη μιας αρνητικής στάσης των μαθητών/τριών απέναντι στη φυσική και στις θετικές επιστήμες (Κουμαράς, 2007). Στόχος μας θα πρέπει να είναι η αναθεώρηση του μοντέλου διδασκαλίας των μαθηματικών και των φυσικών επιστημών καθώς και η αναδιάρθρωση της ύλης των διδακτικών εγχειριδίων. Μάλιστα, όσον αφορά τα διδακτικά εγχειρίδια μια πρόταση θα μπορούσε να αφορά όχι μόνο την διάρθρωση της ύλης, αλλά και τη μορφή των ασκήσεων προς επίλυση. Σύμφωνα με τον *Einstein*: «*Συχνά, η διατύπωση ενός προβλήματος είναι πιο σημαντική από την επίλυση του, η οποία μπορεί να είναι απλά θέμα μαθηματικών ή πειραματικών ικανοτήτων. Η διατύπωση νέων ερωτήσεων, νέων κατευθύνσεων, η διαφορετική οπτική με την οποία βλέπουμε παλιά προβλήματα, απαιτεί φαντασία και σηματοδοτεί πραγματική πρόοδο για την επιστήμη*». Ουσιαστικά, το διδακτικό εγχειρίδιο θα πρέπει να ευνοεί μια νέου τύπου διδασκαλία και να προωθεί προβλήματα που βοηθούν τους μαθητές να αντιληφθούν βιωματικά ποιο είναι το νόημα της γνώσης για να κατανοήσουν βαθιά αυτό που μαθαίνουν. Ο εμπλουτισμός των μεθόδων διδασκαλίας με τις αρχές και τις τεχνικές του θεάτρου (δραματοποίηση κτλ.) οδηγεί στη βελτίωση του προγράμματος διδασκαλίας συνολικά (*ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ* Θεάτρου, 2003).

Στις προτάσεις μας περιλαμβάνονται δραστηριότητες θεατρικού παιχνιδιού που δεν απαιτούν χρήματα ή υλικοτεχνική υποδομή, καθώς και πειραματικές δραστηριότητες που μέσα από το παιχνίδι ρόλων παρέχουν ένα δημιουργικό περιβάλλον μάθησης. Γιατί το θέατρο στην εκπαίδευση ως μορφή τέχνης μπορεί να διευρύνει τους ορίζοντες του παιδιού κοινωνικά και συναισθηματικά, ενώ ως εργαλείο έρευνας και διδασκαλίας καλλιεργεί την κοινωνική μάθηση, τις επικοινωνιακές δεξιότητες και συνδεδεμένο με θεματικούς κύκλους και εκπαιδευτικά αντικείμενα οδηγεί μέσα από βιωματικές και παιγνιώδεις διαδικασίες στη μάθηση (Κοντογιάννη, 2000). Γενικά, θα πρέπει να δοθεί

έμφαση στην έρευνα και το σχεδιασμό προγραμμάτων που εντάσσουν τις τέχνες στο σχολικό πρόγραμμα. Με τη διεύρυνση των προγραμμάτων προς την αισθητική και τον ανθρωπισμό μπορούμε να οδηγηθούμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Εξάλλου, η εφαρμογή ανάλογων προγραμμάτων σε σχολεία του εξωτερικού είχε θεαματική απόδοση σε πολλαπλά επίπεδα. Γιατί, όπως είπε και Α. Einstein: «*Η δημιουργικότητα είναι μεταδοτική. Διαδώστε τη*».

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΠΣ 'Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο' (2003). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ.) και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (Α.Π.Σ.) Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Ανακτήθηκε στις 20 Νοεμβρίου 2014 από: <http://www.pi-schools.gr/programs/depps>
- Arons, A. (1992). *Οδηγός Διδασκαλίας της Φυσικής*, (μτφρ: Α. Βαλαδάκης). Αθήνα: Εκδ. Τροχαλία.
- Cheung, R.H.P. (2013). Exploring the use of the pedagogical framework for creative practice in preschool settings: A phenomenological approach. *Thinking Skills and Creativity*, 10, 133-142.
- Cropley, A.J., & Cropley, D.H. (2008). Resolving the paradoxes of creativity: An extended phase model. *Cambridge Journal of Education*, 38(3), 355-373.
- ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ Θεάτρου (2003). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ.) και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (Α.Π.Σ.) Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Ανακτήθηκε στις 20 Νοεμβρίου 2014 από: <http://www.pi-schools.gr/programs/depps>
- ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ Μαθηματικών (2003). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ.) και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (Α.Π.Σ.) Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Ανακτήθηκε στις 20 Νοεμβρίου 2014 από: <http://www.pi-schools.gr/programs/depps>
- ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ Μελέτης Περιβάλλοντος (2003). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ.) και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (Α.Π.Σ.) Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Ανακτήθηκε στις 20 Νοεμβρίου 2014 από: <http://www.pi-schools.gr/programs/depps>
- Ζαμπετάκης, Α. (2005). *Επιχειρηματικότητα και Περιβάλλον. Εκπαιδευτικές σημειώσεις θεωρίας, για τους φοιτητές του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης* (σσ 1-30). Ανακτήθηκε 10 Δεκεμβρίου, 2014, από: <http://www.teicrete.gr/diatmim/web%20entrepreneurship/Page1.htm>
- Ford, C.M. & Gioia, D.A. (2000). Factors influencing creativity in the domain of managerial decision making, *Journal of Management*, 26(4), 705-732.
- Gong, Y., Cheung, S., Wang, M., & Huang, J. (2012). Unfolding the Proactive Process for Creativity. *Journal of Management*, 38(5), 1611-1633.

- Heathcote, D. & Bolton, G. (1995). *Drama for Learning: Dorothy Heathcote's Mantle of the Expert Approach to Education*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Κοντογιάννη, Α. (2000). *Η Δραματική Τέχνη στην Εκπαίδευση*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Κουμαράς, Π. (2007). Τα νέα σχολικά εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών Ε' και ΣΤ' τάξης του δημοτικού σχολείου: Μια Κριτική Θεώρηση. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Έρευνα και Πράξη*, Ε.ΔΙ.ΦΕ., 20-21, 18-33.
- Κουρετζής, Λ., Παρζακώνα, Α. (2012). Θεατρικό Παιχνίδι: η δια του θεάτρου παιδεία. Στο Ν. Γκόβας, Μ. Κατσαρίδου & Δ. Μαυρέας (Επιμ.), *Θέατρο & Εκπαίδευση: Δεσμοί αλληλεγγύης, Πρακτικά 7ης Διεθνούς Συνδιάσκεψης για το Θέατρο στην Εκπαίδευση*, (σσ.240-247). Αθήνα: Πανελλήνιο Δίκτυο για το Θέατρο στην Εκπαίδευση.
- Μαλαφάντης, Κ. (2014). Το παραμύθι και η δημιουργικότητα των παιδιών. *Ηλεκτρονικό Περιοδικό Κείμενα*, 18. Ανακτήθηκε 5 Δεκεμβρίου, 2014, από: <http://keimena.ece.uth.gr>
- Piaget, J., (1964). *Judgments and reasoning of the child*. Totowa, NJ: Littlefield Adams.
- Παρούση, Α., Τσελέφης, Β. (2012). Το θέατρο στην εκπαίδευση της «δημιουργικότητας» και της «καινοτομίας»: μια απρόσμενη εξέλιξη. Στο Ν. Γκόβας, Μ. Κατσαρίδου & Δ. Μαυρέας (Επιμ.), *Θέατρο & Εκπαίδευση: Δεσμοί αλληλεγγύης, Πρακτικά 7ης Διεθνούς Συνδιάσκεψης για το Θέατρο στην Εκπαίδευση*, (σσ.81-88). Αθήνα: Πανελλήνιο Δίκτυο για το Θέατρο στην Εκπαίδευση.
- Wang, A. Y. (2012). Exploring the relationship of creative thinking to reading and writing. *Thinking Skills and Creativity*, 7, 38-47.

Η Διδασκαλία των Μαθηματικών με Οδηγό την Τέχνη και Όχημα τις Νέες Τεχνολογίες

Πέτρος Κλιάπης ¹ Κωνσταντία Πολύζου ²

¹ Επιστημονικός Συνεργάτης ΑΣΠΑΙΤΕ, ² Μαθηματικός, πτυχιούχος ΑΣΠΑΙΤΕ
pkliapis@gmail.com constantpolyzou@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η τέχνη και τα μαθηματικά, δύο εκ διαμέτρου αντίθετα φαινομενικά πεδία, αναλύονται ως φυσική ανθρώπινη δραστηριότητα και δομικά στοιχεία του ανθρώπινου πολιτισμού. Στη συνέχεια επιχειρείται η τομή τους με τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Δίνεται ένα στοιχειώδες θεωρητικό υπόβαθρο και ερευνάται ο σχεδιασμός και η παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού μέσα από σύγχρονες και παλαιότερες έρευνες, καθώς και μία προσπάθεια υλοποίησης της ιδέας από το μαθηματικό εργαστήριο του Πρότυπου Πειραματικού Λυκείου Ηρακλείου. Τέλος η εργασία στοχεύει να διερευνήσει τρόπους ώστε να αντληθεί τεχνογνωσία από αντίστοιχες προσπάθειες σε Ελλάδα και εξωτερικό με στόχο τον εμπλουτισμό του εκπαιδευτικού υλικού για τα μαθηματικά και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητάς του.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Διδασκαλία μαθηματικών, τέχνη

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι κοινός τόπος πως η τέχνη και τα μαθηματικά έχουν διασταυρωθεί σε πολλές στιγμές της ιστορίας τους, δίνοντάς μας εξαιρετικά αποτελέσματα. Αποτελούν όμως στις συνειδήσεις του κόσμου δύο εκ διαμέτρου αντίθετα πεδία, καθώς πιστεύεται πως η τέχνη απευθύνεται στο συναίσθημα, ενώ τα μαθηματικά στη λογική. Η τέχνη όμως, μέσα από επίπονες συχνά διαδικασίες, καλείται να λύσει από τεχνικά έως εννοιολογικά προβλήματα μέσα σε ένα πλαίσιο αρμονίας και ισορροπίας της φόρμας. Θα λέγαμε λοιπόν πως είναι μία συστηματοποιημένη προσέγγιση ενός θέματος με κάποιο σκοπό, δηλαδή μια μέθοδος. Από την άλλη μεριά τα μαθηματικά, όπως τα χαρακτηρίζει ο Kline (2002), είναι μέθοδος και τέχνη. Εκτός από τη λογική, απαιτούν φαντασία, διορατικότητα, διαίσθηση και επιπλέον χαρακτηρίζονται από αρμονία. Υπάρχει μία πολυεπίπεδη σχέση μεταξύ τέχνης και μαθηματικών που μπορεί να γεννήσει ποικίλους τομείς όπως: η τέχνη των μαθηματικών, τα μαθηματικά στην τέχνη, δημιουργία τέχνης από τα μαθηματικά ή δημιουργία μαθηματικών με ερεθίσματα από την τέχνη. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε συνοπτικά τη θέση των δύο πεδίων στον ανθρώπινο πολιτισμό και ερευνούμε την τομή τους με τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Εξετάζουμε αν μπορεί να

σχεδιαστεί και να παραχθεί εκπαιδευτικό υλικό για τα μαθηματικά μέσα από την καλλιτεχνική σχεδιαστική δραστηριότητα των μαθητών σε ψηφιακό και μη περιβάλλον και ερευνούμε τα παιδαγωγικά οφέλη ενός τέτοιου εγχειρήματος.

Η ΤΕΧΝΗ ΩΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

Προκειμένου να κατανοήσουμε καλύτερα τη δύναμη της οπτικής αναπαράστασης, τη δύναμη της εικόνας, υποθέτουμε πως κρατάμε στα χέρια μας τη φωτογραφία ή ένα σκίτσο ενός αγαπημένου μας προσώπου. Πόσο εύκολα θα μπορούσαμε να τρυπήσουμε στο σημείο του ματιού με μια καρφίτσα; Παρ' όλο που ξέρουμε πως μια τέτοια ενέργεια δεν θα επηρέαζε καθόλου το αγαπημένο μας πρόσωπο ωστόσο δεν θα το κάναμε με την ίδια άνεση που θα το κάναμε σε ένα άλλο σημείο της εικόνας προκειμένου παραδείγματος χάριν να την κρεμάσουμε στον τοίχο. Ας φανταστούμε τώρα αυτή την επίδραση σε ανθρώπους προγενέστερων πολιτισμών, τη θρησκευτική λειτουργία όλων αυτών των ειδώλων που χρησιμοποιήθηκαν κατά καιρούς για να κατευνάσουν τους Θεούς και τους Δαίμονες των ανθρώπων από τους προϊστορικούς ακόμα χρόνους, ώστε να κατανοήσουμε κάτι από την αναγκαιότητα που γέννησε την τέχνη και την καθολικότητα της επίδρασής της στο άτομο.

Οι απαρχές της τέχνης εντοπίζονται στην προϊστορία του ανθρώπινου είδους και προηγούνται κατά χιλιάδες χρόνια της γραφής. Οι πρώτες αναπαραστάσεις σε σπήλαιο χρονολογούνται περίπου από το 30.000 ως το 10.000 π.Χ. και κατά τον Gombrich (1995 σ. 42) «αποτελούν τα αρχαιότερα δείγματα της ανθρώπινης πίστης στη δύναμη της εικόνας». Η εικόνα επιτέλεσε το έργο της αφήγησης και ήταν η πρώτη μορφή γραφής καθώς οι εικόνες και τα γράμματα είναι, στην πραγματικότητα συγγενείς εξ αίματος.

Η τέχνη βέβαια, αδιαλείπτως παρούσα από την εμφάνισή της στις ανθρώπινες δραστηριότητες, μετασχηματίζεται τελικά σε μία αδιάκοπη προσπάθεια μαθήτευσης, μίμησης και εξέλιξης, όπου οι απαρχές της ως τέτοια τοποθετούνται στην αρχαία Αίγυπτο, ξετυλίγοντας ένα συνεχές νήμα πολιτισμού ως το σήμερα. Η θρησκευτική – μαγική λειτουργία της τέχνης των Αιγυπτίων υπακούει σε μία εννοιολογική προοπτική. Περιγράφει, υπηρετεί και παγιώνει την ηθική και κοινωνική ιεραρχία της εποχής, καθώς και τη θεϊκή καταγωγή των βασιλιάδων. (Gombrich 1995, Φίλη 2000)

Στην αρχαία Ελλάδα η δύναμη των έργων δεν βασίζεται τόσο στη μαγεία, όσο στην ομορφιά και την επιβλητικότητα. Σταδιακά οι αρχαίοι Έλληνες κατακτούν τα εκφραστικά μέσα ώστε να αποτυπώσουν τη «λειτουργία της ψυχής», εξυψώνοντας την καλλιτεχνική πράξη σε κάτι ανώτερο από χειρωνακτική εργασία. Στο πρόσωπο του Σωκράτη, ο οποίος υπήρξε και ο ίδιος γλύπτης, θα διασταυρωθούν τέχνη και φιλοσοφία (Gombrich, 1995, σ. 94).

Στα Ρωμαϊκά χρόνια η ομορφιά και η δραματουργική έκφραση των αρχαίων Ελλήνων δίνουν τη θέση τους στην ακρίβεια των αναπαραστάσεων των μορφών και την αφηγηματική σαφήνεια. Στο Βυζάντιο και ως το Μεσαίωνα η τέχνη διατηρεί την αφηγηματική της λειτουργία, εστιάζοντας αποκλειστικά σε θρησκευτικά – διδακτικά θέματα. Ο Πάπας Γρηγόριος Α΄ υποστήριζε πως «*Η ζωγραφική μπορεί να κάνει για τον*

αναλφάβητο ό, τι και η γραφή για όσους δεν ξέρουν να διαβάζουν» (Πάπας Γρηγόριος Α΄, όπως αναφέρεται από Gombrich, σ. 135).

Κατά την Αναγέννηση οι καλλιτέχνες, όχι μόνο στρέφονται σε μία επιστημονική θεώρηση της φύσης και του κόσμου, αλλά γίνονται και οι ίδιοι δημιουργικοί μελετητές των επιστημών και των μαθηματικών. Μέσα από τις αναζητήσεις για την αποτύπωση της τρίτης διάστασης στον δυσδιάστατο καμβά τους και το πρόβλημα της σκιάς, θέτουν τις βάσεις για την προβολική γεωμετρία, τη χαρτογράφηση και την οπτική (Φίλη, 2000 Panofski, 1996). Όταν αργότερα ο Einstein, θα διατυπώσει την έννοια του χωροχρόνου, πολλοί καλλιτέχνες θα την ενσωματώσουν στα έργα τους αποτυπώνοντας στον καμβά την τέταρτη διάσταση μέσω της κίνησης (Φίλη, 2000).

Τη σύνδεση τέχνης, επιστήμης και πολιτικής θα επιχειρήσουν οι λεγόμενες «νέες πρωτοπορίες» μετά τον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο. Η τέχνη τότε ενσαρκώνει τα οράματα μιας μεταπολεμικής κοινωνίας για ένα καινούριο, δίκαιο κόσμο βασισμένο σε επιστημονικές, αδιαμφισβήτητες αλήθειες, διακηρύττει πως απευθύνεται σε όλους, είναι αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής, άρα οφείλει να την υπηρετεί στις πιο απλές καθημερινές της εκδηλώσεις (Ξαγοράρης, 1996, σ. 59-96). Ο απόηχος των ιδεών των νέων πρωτοποριών φτάνει μέχρι και σήμερα, όπου παρατηρείται μία «κοινωνική στροφή» της τέχνης μέσω του καλλιτεχνικού ακτιβισμού και της δημόσια τέχνης (public art), η οποία πραγματεύεται την ίδια την ιδέα της δημόσιας σφαίρας.

Από τα παραπάνω φαίνεται η αδιάρρηκτη σχέση της τέχνης με τις ανθρώπινες κοινωνίες, από τις δοξασίες ως την επιστήμη και τα πολιτικά - οικονομικά συστήματα. Όσο «χαλαρή» κι αν είναι η σχέση μας με την τέχνη, αυτή δεν παύει να αποτελεί ένα κοινωνικό εργαλείο αντίληψης της πραγματικότητας και ως εκ τούτου βασικός παράγοντας διαμόρφωσης ιστορικών, κοινωνικοπολιτικών εξελίξεων. Λόγω λοιπόν των προϊστορικών της καταβολών και της συνεχούς παρουσίας στις ανθρώπινες κοινωνίες, των πολλαπλών λειτουργιών, της ευρύτητας και της αμεσότητας των μηνυμάτων που μεταφέρει καθώς και της ιδιότυπης μορφής της που ενσαρκώνεται στον καθένα, η τέχνη μπορεί να χαρακτηριστεί ως φυσική ανθρώπινη δραστηριότητα. Γι' αυτό και η διδασκαλία μέσω της τέχνης θεωρούμε ότι θα έχει ισχυρή επίδραση πάνω στους μαθητές. Επιπρόσθετα θα κάνει την εμπειρία πιο ευχάριστη, πιο προσωπική και θα προσφέρει μονιμότερη μαθηματική γνώση.

ΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΩΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

Παρουσιάσαμε παραπάνω τις πολλαπλές λειτουργίες της τέχνης στην κοινωνία, τον πολιτισμό και τον άνθρωπο, είδαμε πως είναι βαθιά συνδεδεμένη με την ανθρώπινη φύση και πως προϋπήρξε της γλώσσας και της γραφής. Τι συμβαίνει όμως με τα μαθηματικά; Πόσα μαθηματικά υπάρχουν στον καθένα; Πότε ήταν οι ανθρώπινες κοινωνίες αρκετά ανεπτυγμένες ώστε να αρχίσουν να τα χρησιμοποιούν και ποιο ήταν το ερέθισμα ώστε να αρχίσουν να το κάνουν;

Όταν προσπαθούμε να εντοπίσουμε την αρχή των μαθηματικών συνήθως φέρνουμε στο μυαλό μας την Αίγυπτο και τη Μεσοποταμία -μεγάλοι, αγροτικοί πολιτισμοί που

είχαν αναπτύξει εμπόριο, αλφάβητο και χρησιμοποιούσαν νομίσματα. Φαίνεται λοιπόν λογικό να είχαν αναπτύξει και κάποιες μαθηματικές γνώσεις. Μόνο που η ιστορία των μαθηματικών ξεκινάει ακόμη πιο πριν και από το πρώτο αλφάβητο.

Τα πρώτα δείγματα τήρησης αριθμητικών αρχείων χρονολογούνται από το 8.000 π.Χ. –πέντε χιλιάδες χρόνια πριν από τα πρώτα δείγματα γραφής. Από απλά σχήματα, όπως μια σφαίρα για μια μεζούρα σιτηρών ή έναν ωοειδή βόλο για μια μεζούρα λάδι, περνάμε στην εικονική τους αναπαράσταση με χάραξη πάνω σε ψημένο πηλό (Swetz, 2012). Τα σχέδια αυτά σταδιακά εξελίσσονται σε όλο και πιο πολύπλοκους συμβολισμούς και αυτά είναι και τα πρώτα δείγματα γραφής που έχουμε. Μπορούμε δηλαδή να πούμε ότι η γραφή είναι ένα προϊόν μαθηματικών υπολογισμών –κατά βάση αριθμησης με 1 προς 1 αντιστοιχία- και εικονικών αναπαραστάσεων (Clawson, 2005).

Μετά το 3.000 π.Χ. στην εποχή της γεωργίας, ο Struik υποστηρίζει πως ο νεολιθικός άνθρωπος είχε αναπτύξει μία οξεία αίσθηση για τα γεωμετρικά διακοσμητικά σχήματα με ερεθίσματα από την κατασκευή και τη διακόσμηση των αγγείων, την καλαθοπλεκτική ή την υφαντουργία. Από τα παραπάνω έργα αναδεικνύεται η καλλιέργεια μιας αίσθησης για το «ωραίο» που εκφράζεται με συμμετρίες, ισότητες και ομοιότητες. Σε κάποιες περιπτώσεις παρατηρούνται ακόμη και αριθμητικές σχέσεις, καθώς σε ορισμένα έργα βρίσκουμε τρίγωνους ή «ιερούς» αριθμούς (Struik, 1982, σ. 33). Τα μαθηματικά –όπως και η τέχνη- αρχικά διατηρούν μια θρησκευτική – μαγική σημασία, σταδιακά όμως επικρατεί η αισθητική τους έλξη και μάλιστα, σύμφωνα με ερευνητές, αυτή τους η πλευρά αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την μετέπειτα ανάπτυξη τους (Struik, 1982, σ.35-37).

Μετά και την ανακάλυψη της γραφής συναντούμε την αυστηρή εφαρμογή και διδασκαλία μιας πρακτικής αριθμητικής, στην οποία εξελίσσονται μέσα στους αιώνες πιο αφαιρετικές μέθοδοι που οδηγούν εν τέλει σε μία θεωρητική γεωμετρία, ή αλλιώς, στην γεωμετρική άλγεβρα της αρχαίας Ελλάδας. Μέχρι τώρα τα μαθηματικά έχουν ήδη κατακτήσει εξέχουσα θέση στον ανθρώπινο πολιτισμό εξαιτίας της συνεισφορά τους σε ζωτικές ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως τη γεωργία, το εμπόριο, την αστρονομία και τη ναυσιπλοΐα, τη βιοτεχνία αλλά και την πολεμική τέχνη. Στην αρχαία Ελλάδα όμως επιτυγχάνεται ακόμη ένα άλμα στον πολιτισμό. Η αντιμετώπιση των πρακτικών ζητημάτων μέσω των μαθηματικών θα δώσει τη θέση της στην ανάγκη της ερμηνείας του φυσικού κόσμου και των νόμων που τον διέπουν, στην κατανόηση θεωρητικών εννοιών, στην αναζήτηση του ωραίου. Η θεμελίωση της αξιωματικής μεθόδου, της λογικής δηλαδή απαγωγής από τη μία πρόταση στην επόμενη, δίνει στα μαθηματικά τη φιλοσοφική - πολιτική τους διάσταση, εξυψώνοντάς τα, από εργαλείο ερμηνείας, σε μέσο αντίληψης του κόσμου, ζωντανό έως σήμερα στο Δυτικό πολιτισμό. Πολύ αργότερα, στο τέλος του 18^{ου} αιώνα, η ανακάλυψη των Μη Ευκλείδειων Γεωμετριών θα μας δώσει πλέον τη δυνατότητα της υπέρβασης του αισθητού κόσμου.

Αν θα θέλαμε να διηγηθούμε την ιστορία των μαθηματικών μέσα στο κοινωνικό πλαίσιο στο οποίο κάθε φορά εκτυλισσόταν, θα έπρεπε ουσιαστικά να αφηγηθούμε την ιστορία του ανθρώπου πάνω στη γη. Σύμφωνα με το τελευταίο Α.Π.Σ. (2011), τα μαθηματικά κατέχουν κεντρική θέση στα προγράμματα σπουδών της υποχρεωτικής

εκπαίδευσης εξ' αιτίας «του εξαιρετικά ισχυρού τρόπου ερμηνείας του κόσμου που προσφέρουν, της σημαντικής συνεισφοράς στην ανάπτυξη της ατομικής, αλλά και της συλλογικής σκέψης παγκοσμίως» (σ. 2).

Κι όμως αποδεχόμαστε το γεγονός –ακόμα και αν δεν το αποδεχόμαστε, συνυπάρχουμε με αυτό, πως το μεγαλύτερο κομμάτι του πολιτισμένου κόσμου δεν διατηρεί καθόλου καλή σχέση με τα μαθηματικά, δεν έχει κατανοήσει ποτέ την αξία της απόδειξης, ούτε γνωρίζει τι ακριβώς σημαίνει «αξιωματικά θεμελιωμένο σύστημα». Αυτό όμως, βάσει της παραπάνω σύντομης ανάλυσης, ισοδυναμεί με περιορισμένη αντίληψη του περιβάλλοντα κόσμου και των συσχετισμών του. Είναι λοιπόν σημαντικό να επιστρέψουμε, μέσω της ουσιαστικής διδασκαλίας, στον άνθρωπο αυτό που του ανήκει, αυτό που ο Freudenthal (1968, 1973, 1983, 1991, όπως αναφέρεται από Γκαράνη, 2010, σ. 21) χαρακτηρίζει ως φυσική ανθρώπινη δραστηριότητα, τα μαθηματικά.

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΚΑΛΛΙΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

Η προσφορά ενός μαθηματικού εργαστηρίου στην εκπαιδευτική διαδικασία φαίνεται πως θα ικανοποιούσε τις επιταγές του τελευταίου Προγράμματος Σπουδών για τα μαθηματικά. Η δραστηριότητα και η συνθετική εργασία τίθενται στο κέντρο της βασικής φιλοσοφίας της δομής ανάπτυξής του, με κεντρική ιδέα την επαν-ανακάλυψη της μαθηματικής γνώσης. Μία από τις αρχές που συνιστούν στους στόχους μάθησης και διδασκαλίας των μαθηματικών είναι η «Μετάβαση από τα «μαθηματικά – έτοιμο προϊόν» στη «μαθηματικοποίηση» και στις διαδικασίες που τη συγκροτούν: «διερεύνηση», «συλλογισμός» και «επικοινωνία».» (Α.Π.Σ. 2011, σ. 3).

Το ινστιτούτο Freudenthal επίσης τονίζει πως στη μαθηματική εκπαίδευση το σημείο εστίασης θα πρέπει να είναι η δραστηριότητα ως διαδικασία της μαθηματικοποίησης μεν, υπογραμμίζει δε τον κίνδυνο παρερμηνείας του πλαισίου της δραστηριότητας. Όταν ο ίδιος ο Freudenthal προτείνει να παρουσιάσουμε στα παιδιά μια δραστηριότητα που να έχει την αίσθηση της πραγματικότητας, έτσι που να έχει νόημα για αυτά, γεννιούνται τα Ρεαλιστικά Μαθηματικά και γίνονται επίσης γνωστά ως «Μαθηματικά του πραγματικού κόσμου» (Realistic Mathematics Education). Ωστόσο ο λόγος για τον οποίο η Ολλανδική αναμόρφωση ονομάστηκε Ρεαλιστική, δεν είχε να κάνει τόσο με τον πραγματικό κόσμο, όσο με τη βαρύτητα που έδινε στην παρουσίαση προβλημάτων και δραστηριοτήτων που θα μπορούσαν οι μαθητές να φανταστούν, να κάνουν «πραγματικά» μέσα στο μυαλό τους (van den Heuvel-Panhuizen, 1998). Ως εκ τούτου ο φανταστικός κόσμος των κόμικς για παράδειγμα, ακόμα και η σύνθεση ενός ψηφιακού γραφιστικού έργου, μπορεί να αποτελέσουν πρόσφορο πλαίσιο προβλημάτων και δραστηριοτήτων προς την κατεύθυνση της μαθηματικοποίησης. Επιπρόσθετα, η επιλογή του πραγματικού κόσμου ως μοναδικό πλαίσιο δραστηριοτήτων και προβλημάτων θα πρέπει να μας απασχολήσει ιδιαίτερα αν σκεφτούμε, αφενός πόσο διαφορετικές μεταξύ τους «πραγματικότητες» βιώνουν οι μαθητές μας από τη μία άκρη της Ελλάδας ως την άλλη, αφετέρου την ισχύ του κινήτρου που προσφέρουν στους μαθητές μας τα προβλήματα του πραγματικού κόσμου. Το *κίνητρο* βρίσκεται στο

επίκεντρο της βασικής ιδέας της δραστηριότητας (Vygotsky, 1978; Leont'ev, 1981, όπως αναφέρεται από— Γκαράνη, 2010), η οποία θα πρέπει να εκτελείται από τον μαθητή με κάποιο επιθυμητό στόχο (Α.Π.Σ., 2011). Στις τελευταίες αναθεωρήσεις που κάνει ο Piaget, εισάγει το κίνητρο που έχει το άτομο για την επίλυση ενός προβλήματος ως έναν ακόμη παράγοντα που παίζει ρόλο στην ενδυνάμωση της ικανότητας για υποθετικο-παραγωγικούς συλλογισμούς (Piaget όπως αναφέρεται από R. Shaffer, 2004). Ικανότητα που αποτελεί βασικό στόχο της εκπαίδευσης και ειδικότερα των μαθημάτων των θετικών επιστημών. Όσο πιο ζωτικής σημασίας είναι το πρόβλημα που καλείται το άτομο να επιλύσει, τόσο μεγαλύτερες πιθανότητες υπάρχουν να αναπτύξει στρατηγικές εξέτασης υποθέσεων και εξαγωγής συμπερασμάτων (Leont'ev, όπως αναφέρεται από Γκαράνη, 2010 & Piaget όπως αναφέρεται από R. Shaffer, 2004).

Πόσο εύκολο είναι όμως να σχεδιαστεί κεντρικά μια μαθηματικού περιεχομένου εκπαιδευτική δραστηριότητα που να περιέχει τα παραπάνω χαρακτηριστικά και ταυτόχρονα να αποτελεί πεδίο ζωηρού ενδιαφέροντος για όσο το δυνατόν περισσότερους μαθητές;

Η μαθηματοποίηση κατάλληλα επιλεγμένης καλλιτεχνικής δραστηριότητας μπορεί να λειτουργήσει προς την παραπάνω κατεύθυνση. Δεδομένης της παραπάνω ανάλυσης για τη λειτουργία της τέχνης ως φυσική δραστηριότητα του ανθρώπου, την καθολική επίδρασή της πάνω στο άτομο, αλλά και τη διδακτική της διάσταση, η καλλιτεχνική δραστηριότητα μπορεί να προσφέρει ζωτικό κίνητρο επίλυσης προβλημάτων για τους μαθητές μας. Εξασφαλίζονται κατ' αυτό τον τρόπο και τα πλαίσια για τη βιωματική μάθηση προς την κατεύθυνση της επαν-ανακάλυψης της γνώσης δια μέσω της οποίας το παιδί κάνει κτήμα του τη νεοαποκτηθείσα γνώση.

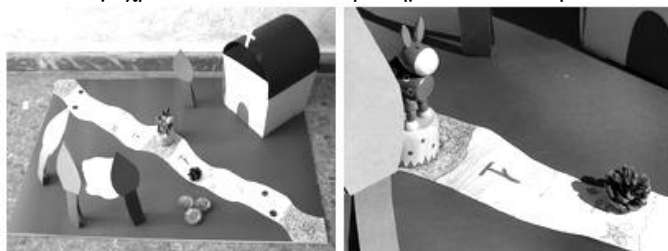
Μια Προσπάθεια Υλοποίησης της Ιδέας από το Μαθηματικό Εργαστήριο του Πρότυπου Πειραματικού Λυκείου Ηρακλείου

Η θετική συσχέτιση της έκφρασης, της καλλιτεχνικής δημιουργίας και του παιχνιδιού με τα μαθηματικά σε εργαστηριακό περιβάλλον μελετάται ήδη από το 2009 στο Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο Ηρακλείου. Στο χώρο της βιβλιοθήκης έχει δημιουργηθεί ένα μαθηματικό εργαστήριο εξοπλισμένο με απλά χειραπτικά μέσα όπως χάρακες, διαβήτες, κόλλες Α4, μαρκαδόρους και 3 υπολογιστές. Το εργαστήριο λειτουργεί κάθε φορά που ο εκπαιδευτικός κρίνει ότι θέλει να συμπληρώσει τη διδασκαλία του με κάποια δραστηριότητα. Οι δραστηριότητες του εργαστηρίου δεν είναι αμιγώς καλλιτεχνικές, αλλά υπάρχουν πολλές δραστηριότητες που μπορεί να χαρακτηριστούν ως τέτοιες. Για παράδειγμα, οι μαθητές εφαρμόζουν τις αλγεβρικές και γεωμετρικές γνώσεις που αποκτούν στην τάξη με το λογισμικό Geogebra δίνοντας συχνά αποτελέσματα καλλιτεχνικής αξίας. Επιπλέον, κατασκευάζουν στερεά με χαρτοδιπλωτική, καθράκια ή ψηφιδωτά με συμμετρίες, μακέτες για παιχνίδια πιθανοτήτων και πολλά άλλα.

Σε συνέντευξη με την υπεύθυνη του εργαστηρίου καθηγήτρια μαθηματικών κ. Περυσινάκη, πληροφορηθήκαμε για τον τρόπο προετοιμασίας φύλλων εργασίας παράλληλα με τις δραστηριότητες, ώστε οι μαθητές να συνειδητοποιούν και να εντοπίζουν τα μαθηματικά πίσω από αυτές. Η διδάσκουσα φροντίζει όμως να υπάρχουν

ταυτόχρονα μια πιο χαλαρή ατμόσφαιρα από ότι στην τάξη, χωρίς να παραγκωνίζεται και το παιχνίδι, το οποίο θεωρεί απαραίτητο εργαλείο της διαδικασίας της μάθησης στο εργαστήριο.

Εικόνα 1: Μακέτα επιτραπέζιου παιχνιδιού πιθανοτήτων. Το γαϊδουράκι (πίονι) τοποθετείται σε ένα από τα αριθμημένα τετραγωνάκια του μονοπατιού και σε ένα άλλο ένα κουκουνάρι. Ένα κέρμα ρίπτεται και αν το αποτέλεσμα είναι κορώνα, το πiónι κινείται ένα τετραγωνάκι μπροστά και ένα πίσω αν είναι γράμματα. Το ζητούμενο είναι να φτάσει το πiónι στο τετραγωνάκι με το κουκουνάρι. Αν συμβολίσουμε με «+1» την κίνηση εμπρός και με «-1» την κίνηση πίσω, ένα δυνατό αποτέλεσμα θα είναι της μορφής « +1 - 1 + 1 ... ». Ανάλογα με το πώς θέλουμε να ολοκληρώνεται το πείραμα, μπορούν να προκύψουν από απλά μέχρι και πιο σύνθετα ερωτήματα πιθανοτήτων.



Μέσα από τη διερεύνηση και τη συστηματική παρατήρηση η διδάσκουσα επισημαίνει τα θετικά του μαθηματικού εργαστηρίου για τα παιδιά:

- Μαθαίνουν πώς να μαθαίνουν,
- Καλλιεργούν τη φαντασία,
- Λειτουργούν μέσα σε ομάδες, αναπτύσσοντας τη συνεργασία και τις επικοινωνιακές τους δεξιότητες.
- Αποκτούν πολλαπλές αναπαραστάσεις για τις μαθηματικές έννοιες που διδάσκονται, τη λειτουργία τους και τον τρόπο που αλληλεπιδρούν.
- Έχουν καλύτερη εποπτεία για αυτό που διαπραγματεύονται μέσα στα πλαίσια του παραδοσιακού μαθήματος, ώστε να μπορούν πιο εύκολα να συνθέσουν μια απόδειξη ή να επιχειρηματολογήσουν πάνω σε μία έννοια.
- Καλλιεργούν μια πιο θετική στάση απέναντι στα μαθηματικά

Όσον αφορά τα εργαστηριακά μαθηματικά γενικότερα, η διδάσκουσα μας εξηγεί πως η οργανωμένη γνώση, οι προτάσεις, οι αποδείξεις, η αξιωματική θεμελίωση, αποτελούν το τελευταίο στάδιο. Πολύ πριν από αυτό είναι να αποκτήσουν τα παιδιά για όλα αυτά μια γνώση εμπειρική, έτσι ώστε να γεννούνται ερωτήματα, εικασίες. Αυτή είναι η *πορεία του ερευνητή*. Αναζητά σχέσεις, λειτουργίες, δυνατότητες, θέτει ερωτήματα ουσιαστικά και τέλος έρχεται η απόδειξη και η αυστηρή αξιωματική θεμελίωση. Και αυτή η πορεία, συμπληρώνει, λείπει από την εκπαιδευτική πράξη.

Ένα άλλο ενδιαφέρον σημείο στη φιλοσοφία του παραπάνω εργαστηρίου, είναι η βαρύτητα που δίνεται στο παιχνίδι. Η Περυσινάκη επισημαίνει πως είναι βασικό να διατηρείται μια χαλαρή ατμόσφαιρα στο εργαστήριο και όχι ένα αυστηρό λογικο-μαθηματικό πλαίσιο μάθησης και θεωρεί το παιχνίδι βασικό χαρακτηριστικό του εργαστηρίου, το οποίο συμβάλει στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Τη σημασία του παιχνιδιού, ως μέσο εξάσκησης των γνωστικών, συναισθηματικών, κοινωνικών και νοητικών ικανοτήτων του παιδιού, σε όλους τους πολιτισμούς ανέδειξε ο Piaget (R. Shaffer, 2004). Παρ' όλο που ο στόχος του παιχνιδιού όσον αφορά τα κίνητρα του παιδιού είναι η διασκέδαση και όχι η ανάπτυξη δεξιοτήτων, το χαρακτήρισε ως «τη δουλειά του παιδιού». Ο Piaget ασχολήθηκε με τη σημασία του παιχνιδιού στη βρεφική, προσχολική και πρώιμη σχολική παιδική ηλικία, καθώς θεώρησε πως η επίδοση του παιδιού σε τέτοιες ασχολίες φθίνει όσο αυτό μεγαλώνει, ενώ κατά την εφηβική και ενήλικη ζωή αντικαθίσταται από διαφόρων τύπων κοινωνικές δραστηριότητες όπως τα χόμπι. Ο Huizinga (2010), στο βιβλίο του «Homo Ludens» (Παίζων Άνθρωπος), εξετάζει το παιχνίδι ως «σημαίνουσα μορφή», ως κοινωνική και πολιτισμική λειτουργία. Μέσα από ένα πλήθος εθνολογικών, φιλολογικών και ιστορικών αναλύσεων, συμπεραίνει πως όχι μόνο οι ενήλικες και οι έφηβοι δεν σταματούν ποτέ να επιδίδονται στο παιχνίδι – με τις διάφορες εκφάνσεις του- ως ειδική μορφή δραστηριότητας, αλλά η έμφυτη στον άνθρωπο αυτή τάση, ήταν μία αναγκαία συνθήκη, όχι ικανή, για την πολιτισμική του εξέλιξη, από την φιλοσοφία και το δίκαιο, ως την ποίηση και την τέχνη (Huizinga, 2010). Ο Kline χαρακτηρίζει τη μαθηματική δραστηριότητα ως «πνευματικό παιχνίδι». Θεωρούμε λοιπόν πρόσφορο και ζωτικής σημασίας έδαφος την ευχέρεια του εφήβου να πειραματιστεί και να παίξει με τις μαθηματικές του γνώσεις και τις οπτικές - καλλιτεχνικές αναπαραστάσεις, σε ένα χαλαρότερο περιβάλλον μάθησης, από αυτό που επικρατεί στη σχολική αίθουσα. Όλη αυτή η διαδικασία βέβαια λαμβάνει μέρος, όχι σε αντικατάσταση, αλλά σε ενίσχυση της αδιαμφισβήτητης μεθοδικής-συστηματικής εργασίας που πρέπει να φέρει εις πέρας, προς την κατάκτηση των απαιτούμενων μαθηματικών του γνώσεων.

Σχεδιασμός και Παραγωγή Υλικού

Το 1995 στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασαχουσέτης (M.I.T.), ο W.Shaffer, διεξήγαγε μια έρευνα σε σχέση με την αξία ενός μαθηματικού-καλλιτεχνικού εργαστηρίου ως εκπαιδευτικό πλαίσιο για παιδιά της μέσης εκπαίδευσης. Μελέτησε επίσης τις παιδαγωγικές επιπτώσεις και το ρόλο του υπολογιστή σε ένα τέτοιο περιβάλλον.

Η έρευνα έδειξε ότι στα πλαίσια του εργαστηρίου οι μαθητές ενδυνάμωσαν την οργάνωση του χώρου, του χρόνου και των μαθησιακών δραστηριοτήτων τους και κατέκτησαν μια ισορροπία μεταξύ του ελέγχου και της ελευθερίας κινήσεων που είχαν. Ενώ είχαν την ευχέρεια να κατευθύνουν οι ίδιοι τη διαδικασία επίλυσης ενός προβλήματος και να αποφασίσουν μόνοι τους τι αποτελούσε επιθυμητή λύση, αυτό δεν οδήγησε σε μία αποδιοργάνωση της διαδικασίας και της υλοποίησής του αρχικού σχεδιασμού. Η παρουσία των ενήλικων συντονιστών αλλά και των υπόλοιπων μαθητών, σε συνδυασμό με τη διαδικασία παρουσίασης των έργων και της δημόσιας κριτικής τους,

δημιούργησαν ένα μηχανισμό διά μέσω του οποίου οι μαθητές μπορούσαν να αξιολογήσουν και να ρυθμίσουν κατάλληλα τη δουλειά τους (W. Shaffer, 1997).

Άλλη σημαντική κοινωνική δεξιότητα που ανέπτυξαν οι μαθητές ήταν η διαχείριση σωστού - λάθους. Παρά τις διαβεβαιώσεις των καθηγητών μέσα στη σχολική αίθουσα, οι μαθητές μοιράζονται την αίσθηση πως το λάθος στην εκπαιδευτική διαδικασία τους απομονώνει και εξ' αιτίας τους επιβραδύνονται οι ρυθμοί της τάξης. Αντίθετα, στο εργαστήριο τα λάθη έμοιαζαν περισσότερο με ευκαιρίες παρά με υπαιτιότητα. Ένωσαν πως μπορούσαν να μάθουν από τα λάθη τους, πως αυτά ήταν συχνά η αιτία για να βρουν μια διαφορετική, μια καλύτερη προσέγγιση, μπορούσαν να αλλάξουν τα σχέδιά τους, να κάνουν ένα πράγμα με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, ή άλλα τελείως διαφορετικά πράγματα και παρόλα αυτά να μάθουν από τη διαδικασία. Σε αυτό το κομμάτι, σημαντικό ρόλο έπαιξε και η χρήση των υπολογιστών, οι οποίοι ήταν εξοπλισμένοι με το εκπαιδευτικό λογισμικό πρόγραμμα Geometer's Sketchpad, καθώς οι μαθητές μπορούσαν εύκολα και άμεσα να δοκιμάσουν μια ιδέα, ακόμα και χωρίς να είναι σίγουροι, γιατί μπορούσαν να το διορθώσουν γρήγορα, χωρίς να χρειαστεί να σβήσουν στο χαρτί ή να ξεκινήσουν από την αρχή (W. Shaffer, 1997).

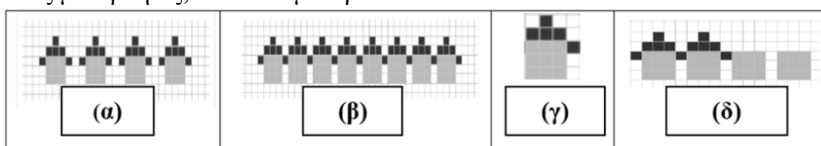
Όσον αφορά το ρόλο του υπολογιστή, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, δεν αποτέλεσε ούτε αναγκαία, ούτε ικανή συνθήκη για τη μάθηση, καθώς κάποιοι που χρησιμοποίησαν λιγότερο τον υπολογιστή δεν τα πήγαν απαραίτητα χειρότερα από αυτούς που τον χρησιμοποίησαν περισσότερο. Κρίθηκε όμως ως σημαντικό διαδραστικό εργαλείο, καθώς η δυνατότητα των οπτικών αναπαραστάσεων που προσέδιδε, αύξησε τη δυναμική ποιότητα του εργαστηρίου και ενδυνάμωσε τη διαίσθηση των μαθητών. Η χρήση της εντολής της αναιρέσης, ενίσχυσε τη διάθεσή τους για πρωτοβουλίες και συνέβαλε στη συνεχή μετάφραση των αναπαραστάσεων, δίνοντάς τους την ευκαιρία της απρόσκοπτης εξερεύνησης των μαθηματικών και καλλιτεχνικών σχέσεων. Έτσι, η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή συντέλεσε στη δημιουργία ενός εκπαιδευτικού περιβάλλοντος «συγκατάβασης» και «συγχώρεσης», μέσα στο οποίο οι μαθητές πειραματίζονταν ελεύθερα (W. Shaffer, 1997).

Τέλος, ένα ακόμη δεδομένο που προέκυψε από την έρευνα ήταν ότι οι μαθητές, μέσα από τις καλλιτεχνικές δραστηριότητες, εξοικειώθηκαν με την οπτικοποιημένη σκέψη και άρχισαν να χρησιμοποιούν στρατηγικές οπτικοποίησης στην επίλυση προβλημάτων. Η οπτικοποίηση (visualization), είναι ένα από τα τρία στοιχεία που συνθέτουν την αντίληψη του χώρου (Κλιάπης, 2011) και συνίσταται στην ικανότητα του ατόμου να «βλέπει» κάτι με το μυαλό του, να δημιουργεί μια νοητή εικόνα για καταστάσεις, σχέσεις ή αντικείμενα στο χώρο. Η οπτικοποίηση ή οπτικοποιημένη σκέψη (Visual Thinking) συμβάλλει στην ανάπτυξη της χωρικής νοημοσύνης (Κλιάπης, 2011) έτσι όπως ορίστηκε από τον Gardner (Gardner, 1983, όπως αναφέρεται από R. Shaffer, 2004), ο οποίος όμως την ξεχώρισε από τη λογικομαθηματική νοημοσύνη. Σύγχρονες έρευνες ωστόσο δείχνουν πως λογική-μαθηματική και χωρική νοημοσύνη σχετίζονται άμεσα (R. Shaffer, 2004) και πως το παιδί μέσα από την αντιμετώπιση χωρικών καταστάσεων έρχεται πιο κοντά στην επιστημονική γνώση (Κλιάπης, 2011). Οι πολλαπλές αναπαραστάσεις και η εποπτεία που αποκτούν οι μαθητές πάνω στις μαθηματικές έννοιες και ιδέες μέσω της οπτικοποίησης εννοιών και

σχέσεων είναι βασική προϋπόθεση για μια καλή επίδοση στα μαθηματικά. Ο Kline γράφει ότι «*Το να ξέρεις τι να αποδείξεις είναι αναπόσπαστα συνδεδεμένο με το να ξέρεις πώς να το αποδείξεις*». Η ανάπτυξη της χωρικής νοημοσύνης που επιτυγχάνεται μέσω της οπτικοποιημένης σκέψης συνδέεται ως επί το πλείστον με τη διδασκαλία της γεωμετρίας (Α.Π.Σ. 2011). Παρ' όλα αυτά πιστεύουμε πως η οπτική αναπαράσταση των μαθηματικών εννοιών εν γένει, μπορεί να καλλιεργήσει μια διαισθητική αντίληψη σε όλο το φάσμα της μαθηματικής δραστηριότητας, ακόμη και για αλγεβρικές ιδέες, έννοιες και σχέσεις. Για παράδειγμα έχει υποδειχθεί πως οι δραστηριότητες με μοτίβα ενδείκνυνται για τη νοηματοδότηση της γενίκευσης μέσω της Άλγεβρας (Morelli, 1992, όπως αναφέρεται από Ψυχάρης & Ζούπα, 2013).

Οι Ψυχάρης και Ζούπα εξέτασαν τη συσχέτιση των εννοιών των σταθερών και των μεταβλητών σε απλές εξισώσεις με εικονικές αναπαραστάσεις, προκειμένου να διερευνήσουν τη νοηματοδότηση της μαθηματικής γενίκευσης μέσω μοτίβων. Για την έρευνά τους χρησιμοποίησαν το λογισμικό eXpresser, το οποίο επιτρέπει στους μαθητές να δημιουργούν σχέδια με αναπαραγωγή απλών μοτίβων δίνοντας τον αριθμό των επαναλήψεων που απαιτούνται. Διαφορετικός αριθμός επαναλήψεων για κάθε ένα από τα δομικά μοτίβα, κάποια σταθερά σχήματα που εμφανίζονταν, καθώς και ο έλεγχος κατασκευής κατάλληλων αλγεβρικών εκφράσεων μέσα από τον χρωματισμό ή όχι του σχεδίου από το πρόγραμμα, δημιούργησαν για τους μαθητές ένα ουσιαστικά αλγεβρικό περιβάλλον σκέψης με σχεδιαστικές ικανότητες που τελικά περιγράφονταν από εξισώσεις έως και 2^{ου} βαθμού (βλ. Εικόνα 2). Οι μαθητές καλούνταν μέσα από τον πειραματισμό με εικονικές μεταβλητές, να κάνουν εικασίες και έπειτα να περάσουν στην αλγεβρική γενίκευση των παρατηρήσεών τους.

Εικόνα 2: Οι μαθητές βλέπουν το σχέδιο (α) και προσπαθούν να κατασκευάσουν το σχέδιο (β). Κρατάνε σταθερό το μαύρο αριστερό τετράγωνο και θέτουν ως δομική μονάδα το σχέδιο (γ), το οποίο αποτελείται από δύο μέρη. Όταν πατάνε το PLAY το τελικό σχήμα αλλοιώνεται καθώς οι σκεπές και τα σπίτια, στα οποία έχουν θέσει διαφορετικές μεταβλητές, δεν συν-μεταβάλλονται.



Κατά τη διάρκεια της έρευνας, οι μαθητές φάνηκε πως άρχισαν να κάνουν σωστή διάκριση μεταξύ σταθερών και μεταβλητών σε μία εξίσωση, έδειξαν να κατανοούν καλύτερα τη συν-μεταβολή μεγεθών με αποτέλεσμα να τα εκφράζουν με κοινή μεταβλητή και ενδυνάμωσαν την ικανότητά τους να εμπλέκονται με αφαιρετικές διαδικασίες αναφορικά με τη νοηματοδότηση της γενίκευσης (Ψυχάρης & Ζούπα, 2013).

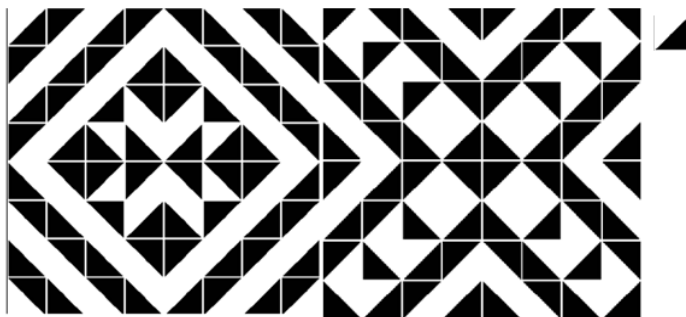
Βλέπουμε πως η οπτικοποίηση αλγεβρικών σχέσεων και αντικειμένων αποτέλεσε σημαντικό εργαλείο στην εννοιολογική κατανόησή τους. Επιπρόσθετα παρατηρούμε πως

συνέβαλλε στην ικανότητα των μαθητών να ερμηνεύουν ένα γράμμα ως μεταβλητή, στην αναγνώριση των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών ενός προβλήματος και στην επίλυση προβλημάτων με χρήση εξισώσεων – βασικές δυσκολίες των μαθητών στην ενότητα των αλγεβρικών παραστάσεων (Α.Π.Σ. 2011).

Ένα ερώτημα που γεννάται κατά την παραπάνω ερευνητική διαδικασία είναι: μπορούμε με τη βοήθεια των μαθηματικών να παράγουμε τέχνη, έτσι ώστε να υποστηριχθεί μια εκπαιδευτική διαδικασία. Σύμφωνα με έρευνα των Αρβανίτη και Τουμάση (2002) το εκπαιδευτικό δυναμικό γεωμετρικό λογισμικό, (Sketchpad, Cabri κ.ά.), προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας καλλιτεχνικών μαθηματικών, κυρίως χάρη στις επιλογές των γεωμετρικών μετασχηματισμών που διαθέτουν. Ξεκινώντας λοιπόν από δομικά σχήματα (μοτίβα) έδειξαν πως είναι δυνατό να δημιουργηθούν εντυπωσιακά καλλιτεχνήματα κάνοντας χρήση των εργαλείων της μεταφοράς, της περιστροφής και της ανάκλασης. Στην έρευνά τους επίσης σημείωσαν το αυξημένο ενδιαφέρον την τελευταία δεκαετία για περαιτέρω ανάπτυξη των αποκαλούμενων "μαθηματικώς" δημιουργούμενων εικόνων και σχημάτων, δηλαδή αυτών που παράγονται από H/Y με την εφαρμογή μαθηματικών τύπων ή αλγορίθμων (Τουμάσης & Αρβανίτης, 2002). Επιπλέον το θέμα έχουν προσεγγίσει σημαντικοί φορείς της μαθηματικής εκπαίδευσης ή ακόμα και της τέχνης, εκπαιδευτικοί από την Ελλάδα και το εξωτερικό, δημοσιεύοντας αντίστοιχες δραστηριότητες στις κατά τόπους ιστοσελίδες τους. Παρακάτω αναφέρουμε ενδεικτικά κάποιες από αυτές.

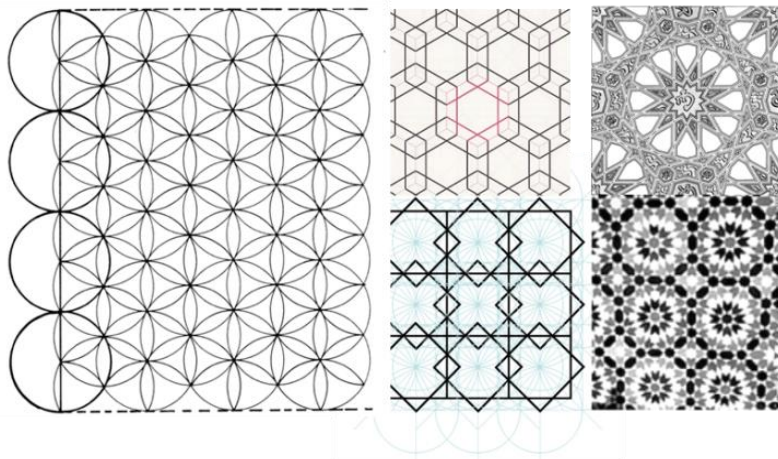
Το Ινστιτούτο Freudenthal στην κατηγορία Teaching materials for STEM προτείνει ένα πλήθος από μαθηματικές δραστηριότητες για την δευτεροβάθμια εκπαίδευση, όπου πολλές από αυτές έχουν σχεδιαστικό – καλλιτεχνικό χαρακτήρα. Ειδικότερα στην ενότητα Patchwork (βλ. Εικόνα 3) παρέχονται φύλλα εργασίας και εκπαιδευτικό λογισμικό για δραστηριότητες με μοτίβα οι οποίες, όπως είδαμε, σύμφωνα με τους Ψυχάρι & Ζούπα (2013) προσφέρονται για τη νοηματοδότηση της μαθηματικής γενίκευσης, την κατανόηση της συν-μεταβολής μεγεθών, αλλά και τη διάκριση μεταξύ σταθερών και μεταβλητών, σε μία εξίσωση.

Εικόνα 3: Στιγμιότυπο από τη δραστηριότητα με μοτίβα, Patchwork, του Ινστιτούτου Freudenthal.



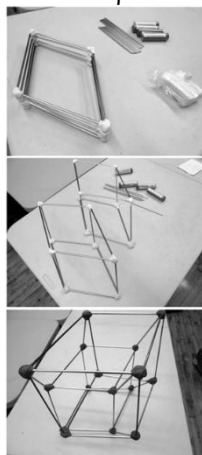
Πάνω στη τεχνική με μοτίβα δομείται επίσης η Ισλαμική τέχνη, δίνοντάς μας εντυπωσιακά καλλιτεχνήματα και πλήθος δραστηριοτήτων. Το Metropolitan Museum της Νέας Υόρκης, καθώς και το Victoria & Albert Museum του Λονδίνου προτείνουν εκπαιδευτικές δραστηριότητες που συνδυάζουν μαθηματικά και Ισλαμική τέχνη.

Εικόνα 4: Προτεινόμενο εκπαιδευτικό υλικό για τη διαθεματική ενότητα Τέχνη, Πολιτισμός, Μαθηματικά, Γεωμετρία, από το Metropolitan Museum of Art, στην έκδοση Islamic Art and Geometric Design του μουσείου.

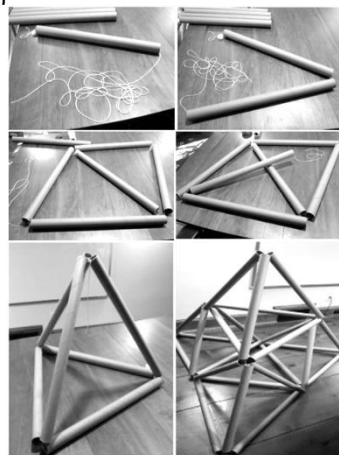


Ένα από τα πιο σύγχρονα είδη τέχνης που περιλαμβάνει έργα τριών διαστάσεων είναι το Installation, που επιχειρεί να μετασχηματίσει τον αντιληπτό χώρο. Το Εθνικό Μουσείο Μαθηματικών της Νέας Υόρκης, MoMath, εκθέτει μαθηματικής φύσης διαδραστικά installations, καλώντας το κοινό να εμπλακεί στην εξελικτική, δημιουργική, αισθητική περιπέτεια των μαθηματικών. Παράλληλα στη στήλη MathMonday της ιστοσελίδας του μουσείου προτείνονται σε εβδομαδιαία βάση πλήθος μαθηματικών προσανατολισμένων καλλιτεχνικών εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων, όπως φαίνεται στις εικόνες 5 και 6.

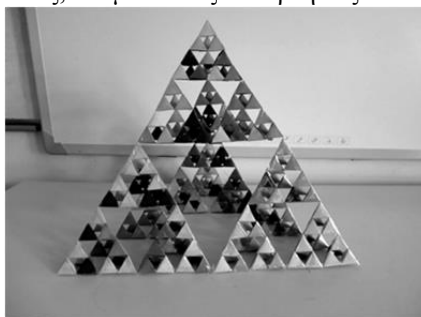
Εικόνα 5: Με απλά υλικά όπως βελόνες πλεξίματος ή καλαμάκια, οι μαθητές κατασκευάζουν 8 παραλληλόγραμμα. Τα συνδέουν σε δύο παραλληλεπίπεδα και καλούνται να τα δουν ως προβολές του κύβου. Έπειτα, ενώνοντάς τα παίρνουμε μία προβολή του τετραδιάστατου κύβου.



Εικόνα 6: Άλλη προτεινόμενη τρισδιάστατη κατασκευή είναι το φράκταλ τετράεδρο. Από τέσσερα τετράεδρα, μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα νέο μεγαλύτερο τετράεδρο. Επαναλαμβάνοντας την ίδια διαδικασία κατά τις ακέραιες δυνάμεις του 4, φτιάχνουμε ένα γιγαντιαίο τετράεδρο με αυτοομοιότητα, που παραπέμπει στο τρίγωνο του Σιερίνσκι.



Εικόνα 7: Το τρίγωνο Σιερίνσκι (αριστερά) από το μαθηματικό εργαστήριο του Πρότυπου Πειραματικού Λυκείου Ηρακλείου. Αποτελείται από 256 τετράεδρα κατασκευασμένα με τη μέθοδο της χαρτοδιπλωτικής. Σε συνδυασμό με το τρίγωνο Πασκάλ (δεξιά) μας δίνει το έναυσμα να οπτικοποιήσουμε πλήθος μαθηματικών εννοιών, όπως τα κλάσματα, τα ποσοστά, την ομοιότητα τριγώνων, τους διωνυμικούς συντελεστές, τις ακολουθίες, ακόμα και τις συναρτήσεις.



				1						
			1	1						
		1	2	1						
	1	3	3	1						
	1	4	6	4	1					
	1	5	10	10	5	1				
	1	6	15	20	15	6	1			
	1	7	21	35	35	21	7	1		
	1	8	28	56	70	56	28	8	1	
1	9	36	84	126	126	84	36	9	1	
1	10	45	120	210	252	210	120	45	10	1

Ο συντονισμός όλων αυτών των προσπαθειών, η άντληση τεχνογνωσίας και η επεξεργασία τους προς ένα κεντρικό σχεδιασμό κατάλληλων μαθηματικών-καλλιτεχνικών δραστηριοτήτων ή ακόμα και ο προγραμματισμός νέου εκπαιδευτικού λογισμικού, πιστεύουμε πως αποτελεί πρόσφορο έδαφος για μελλοντικές έρευνες.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα παραπάνω βλέπουμε πως η μαθηματοποίηση κατάλληλα επιλεγμένης καλλιτεχνικής δραστηριότητας σε εργαστηριακό περιβάλλον, δύναται να αποτελέσει δυναμικό πλαίσιο για τη διδασκαλία και τη μάθηση των μαθηματικών. Παρέχει ευκαιρίες, τόσο για την εφαρμογή συγκεκριμένων μαθηματικών εννοιών, όσο και για την ενδυνάμωση της δεξιότητας ανάπτυξης στρατηγικών οπτικοποίησης σε όλο το φάσμα της μαθηματικής εκπαίδευσης. Αφενός σε ένα τέτοιο περιβάλλον είναι πιο εύκολο να δημιουργηθούν *διαδικασίες πειραματισμού, εικασιών διερεύνησης, διατύπωσης και ελέγχου υποθέσεων* από ότι στην κλασσική σχολική τάξη, έτσι όπως τα παραπάνω στοχοθετούνται από το Α.Π.Σ.. Αφετέρου η μάθηση μέσω της καλλιτεχνικής έκφρασης, δύναται να εξασφαλίσει ζωτικής σημασίας κίνητρο για τους μαθητές, εξαλείφοντας το άγχος της «λάθος απάντησης», προωθώντας τη διάθεση για πειραματισμό. Σε αυτό συντελεί και η χρήση ψηφιακών μέσων, λόγω της ταχύτητας και της αμεσότητας στην εκτέλεση εντολών, αλλά και των δυνατοτήτων εικονικής αναπαράστασης μαθηματικών εννοιών και σχέσεων. Επιπλέον ενισχύεται η συνεργατικότητα μεταξύ ατόμων και ομάδων, η ανταλλαγή απόψεων, η *«ικανότητα για επικοινωνία στα μαθηματικά και για τα μαθηματικά»* (Α.Π.Σ. 2011, σελ. 7). Τέλος παρέχεται η ευκαιρία στους μαθητές να διαπιστώσουν την ευρύτητα της εφαρμογής των μαθηματικών ακόμη και στα πιο απροσδόκητα πεδία, να πεισθούν για το σημαντικό τους ρόλο στον πολιτισμό και την κοινωνία και να καλλιεργήσουν μια πιο θετική στάση απέναντι στα μαθηματικά.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε το Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο Ηρακλείου, την ομάδα των καθηγητών του Εργαστηρίου Μαθηματικών και ιδιαίτερα την κα Περυσινάκη, πρωτίστως για την ποιότητα της εκπαίδευσης που παρέχουν στους μαθητές τους, για την υπέροχη ιστοσελίδα τους όπου μοιράζονται τη δουλειά τους με όλη την εκπαιδευτική κοινότητα και τέλος για την πολύτιμη βοήθεια που παρείχαν στην έρευνά μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών: Μαθηματικά στην υποχρεωτική εκπαίδευση 2011 Γκαράνη, Π. (2010). *Η μαθηματική δραστηριότητα στη σχολική τάξη*. Μεταπτυχιακή Εργασία, Αθήνα Διαπανεπιστημιακό – Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, «Διδακτική και Μεθοδολογία των Μαθηματικών».

- Clawson, C.C. (2005). *Ο Ταξιδευτής των Μαθηματικών – Η εξερεύνηση της εντυπωσιακής ιστορίας των αριθμών*. Αθήνα: Κέδρος.
- Gombrich, E.H. (1995). *Το χρονικό της Τέχνης*. χ.τ. Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης.
- Huizinga, J. (2010). *Homo Ludens*. Αθήνα: Γνώση.
- Κλιάπης, Π. (2011). *Η δημιουργία Τεχνολογικά Εμπλουτισμένου Μαθησιακού Περιβάλλοντος με υπέρβαση του σχολικού χώρου και εφαρμογή σε νέα διδακτική προσέγγιση των Μαθηματικών*. Διδακτορική διατριβή, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Kline, M. (2002). *Τα μαθηματικά στο Δυτικό Πολιτισμό*. Αθήνα: Κώδικας.
- Ξαγοράρης, Π. (1996). *Δομές και μεσότητες στην Τέχνη*. Θεσσαλονίκη: Παρατηρητής.
- Panofski, E. (1996). *Perspective as Symbolic Form*. New York: Zone Books.
- Shaffer, D.R. (2004). *Εξελικτική Ψυχολογία: Παιδική Ηλικία και Εφηβεία*. Αθήνα: Έλλην.
- Shaffer, D.W. (1997). *Learning Mathematics Through Design: The Anatomy of Escher's World*. Journal of Mathematical Behavior 16 (2), 95-112.
- Struik, D.J. (2008). *Συνοπτική Ιστορία των μαθηματικών*. Αθήνα: Δαίδαλος.
- Swetz, F. (2012) *Mathematical Treasure: Mesopotamian Accounting Tokens Loci* (September 2012), DOI:10.4169/loci003901
- ανακτήθηκε 21 Φεβρουαρίου, 2015, από <http://www.maa.org/publications/periodicals/convergence/mathematical-treasure-mesopotamian-accounting-tokens>
- Τουμάσης, Μ. & Αρβανίτης, Τ. (2002). *Μαθηματικά και Τέχνη: Διακοσμητικά σχήματα με χρήση γεωμετρικού λογισμικού*. Πρακτικά 19^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Μαθηματικής Παιδείας, Κομοτηνή, 8-10 Νοεμβρίου 2002.
- Φύλη, Χ. (2000). *Γεωμετρία και τέχνη – δύο παράλληλες αναζητήσεις*. Πρακτικά 17^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Μαθηματικής Παιδείας, Αθήνα, 10-12 Νοεμβρίου 2000.
- Ψυχάρης, Γ. & Ζούπα, Α., *Διαδικασίες νοηματοδότησης της Μαθηματικής γενίκευσης μέσω μοτίβων*, Πρακτικά 5^{ου} Συνεδρίου της Ένωσης Ερευνητών της Διδακτικής των Μαθηματικών, Φλώρινα 14-16 Μαρτίου 2013.
- Van den Heuvel-Panhuizen, M. (1998) *Realistic Mathematics Education: work in progress*. Ανακτήθηκε 21 Φεβρουαρίου, 2015, από: <http://www.fi.uu.nl/en/rme>

***Εκπαιδευτικό υλικό με χρήση νέων
τεχνολογιών για τα μαθηματικά και τις
φυσικές επιστήμες***

Η χρήση των εκπαιδευτικών λογισμικών στη διδακτική πράξη. Παίζοντας με τα κλάσματα: Ένα ηλεκτρονικό παιχνίδι για τους ρητούς

Ευγένιος Αυγερινός¹ & Ρόζα Βλάχου²

^{1&2} Εργαστήριο Μαθηματικών Διδακτικής και Πολυμέσων
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Αιγαίου
¹eavger@aegean.gr - ²premmt04001@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή παρουσιάζει ένα λογισμικό που αφορά στις έννοιες των ίσων μερών της μονάδας, των καταχρηστικών κλασμάτων και της σειροθέτησης των ρητών στο γεωμετρικό μοντέλο της αριθμητικής γραμμής. Σκοπός του λογισμικού είναι μέσα από μια πληθώρα δραστηριοτήτων ενός δυναμικού πολυμεσικού περιβάλλοντος να εξοικειώσει τους μαθητές με τους ρητούς και να τους βοηθήσει να μειώσουν τις δυσκολίες που αυτοί αντιμετωπίζουν στα κλάσματα με τη βοήθεια των πολλαπλών αναπαραστάσεων πάνω στις οποίες στηρίζεται και η προστιθέμενη αξία του λογισμικού. Το περιεχόμενο και οι δραστηριότητες του λογισμικού καθορίστηκαν από τα πορίσματα διαχρονικών ερευνών που έγιναν από το 2010 μέχρι και σήμερα. Το ηλεκτρονικό παιχνίδι αυτό, λοιπόν, έρχεται να συμπληρώσει τυχόν βιβλιογραφικά κενά της διδακτικής πρακτικής για τα κλάσματα, να υποστηρίξει τα σχολικά εγχειρίδια των Μαθηματικών και το αντίστοιχο ΔΕΠΠΣ και ΑΠΣ και να βοηθήσει τους μαθητές του δημοτικού και του γυμνασίου να μειώσουν τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν στις αναφερόμενες έννοιες του κλάσματος.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Εκπαιδευτικό λογισμικό, πολλαπλές αναπαραστάσεις, ρητοί αριθμοί.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος μιας μεγαλύτερης έρευνας που περιλαμβάνει τρία μέρη με τελικό στόχο τη διαμόρφωση κατάλληλων και αποτελεσματικών προτάσεων που θα βοηθήσουν στη μείωση των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι μαθητές μας στα κλάσματα.

Το πρώτο ερευνητικό μέρος στόχο έχει να διερευνήσει τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (μαθητές της Ε΄ και Στ΄ τάξης του Δημοτικού) και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (μαθητές της Α΄, Β΄, Γ Γυμνασίου, καθώς και Α΄ Λυκείου) πάνω στους ρητούς αριθμούς και συγκεκριμένα στις έννοιες της

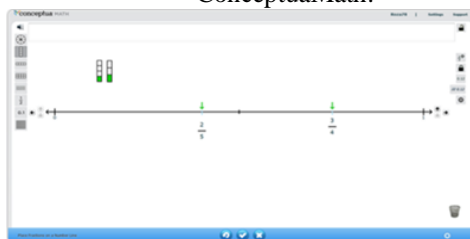
σειροθέτησης των κλασμάτων ως αναπαράσταση στην αριθμογραμμή, καθώς και στις έννοιες του χωρισμού της κλασματικής μονάδας σε ίσα μέρη και των καταχρηστικών κλασμάτων (Avgerinos, Vlachou & Kantas, 2012· Αυγερινός & Βλάχου, 2014β). Το μέρος αυτό, που υλοποιήθηκε κατά τα έτη 2010-2014, αποτελεί ένα σημαντικό ερευνητικό μέρος για τη σχεδίαση του εκπαιδευτικού λογισμικού, καθώς τα ευρήματα αποτέλεσαν τη βάση και τους κανόνες πάνω στους οποίους σχεδιάστηκαν οι δραστηριότητες του παιχνιδιού.

Το δεύτερο ερευνητικό μέρος στόχο έχει να εντοπίσει τις αιτίες και τους λόγους για τους οποίους οι μαθητές της ελληνικής εκπαίδευσης αντιμετωπίζουν αυτές τις δυσκολίες και ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την παρουσία ή την απουσία αυτών των δυσκολιών. Δίνεται έμφαση στις αντιλήψεις των υποψήφιων εκπαιδευτικών πάνω στους ρητούς αριθμούς (Αυγερινός & Βλάχου, 2013), στη δομή και το περιεχόμενο των σχολικών εγχειριδίων των μαθηματικών του δημοτικού, στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (ΔΕΠΠΣ) και στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (ΑΠΣ), καθώς και στις διδακτικές προτάσεις και προσεγγίσεις που διάφοροι ερευνητές έχουν προτείνει σε διεθνές επίπεδο. Το μέρος αυτό, που υλοποιήθηκε κατά τα έτη 2011-2013, παραχώρησε αρκετά στοιχεία για τη δομή των δραστηριοτήτων του εκπαιδευτικού λογισμικού, καθώς η μελέτη των σχολικών εγχειριδίων ανέδειξε μια περιορισμένη έκταση των κεφαλαίων των σχολικών βιβλίων που ασχολούνται με αυτές τις έννοιες, καθώς επίσης και περιορισμένη εφαρμογή πολλαπλών αναπαραστάσεων (Αυγερινός & Βλάχου, 2014α).

Ααμβάνοντας υπόψη πέρα από τις δυσκολίες των μαθητών και τα πορίσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας στο τρίτο ερευνητικό μέρος σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν διδασκαλίες, πιλοτικές και τελικές, για τις έννοιες που διαπραγματεύεται το εκπαιδευτικό λογισμικό με τη χρήση βιωματικών και εικονικών αναπαραστάσεων και σε ηλεκτρονικά περιβάλλοντα με σκοπό να παρουσιαστούν προτάσεις διδακτικές για την αντιμετώπιση των δυσκολιών των μαθητών σε αυτές τις έννοιες.

Οι τελικές διδασκαλίες χωρίστηκαν σε 6 φάσεις. Η 1η φάση περιελάμβανε τη συμπλήρωση των γραπτών δοκιμίων πριν τις διδασκαλίες. Η 2η φάση περιελάμβανε ημιδομημένες συνεντεύξεις των συμμετεχόντων μαθητών. Η 3η φάση περιελάμβανε τις διδασκαλίες που ως στόχο είχαν να εκθέσουν τους μαθητές σε όσο το δυνατόν περισσότερες πολλαπλές αναπαραστάσεις, με χρήση και αντιπαραδειγμάτων, που παρίσταναν διαγράμματα διάφορων σχημάτων και αφορούσαν στις έννοιες των ίσων μερών της κλασματικής μονάδας και των καταχρηστικών κλασμάτων. Η 4η φάση περιελάμβανε τις διδασκαλίες που αφορούσαν στην τοποθέτηση κλασμάτων στην αριθμογραμμή με τη χρήση βιωματικής αναπαράστασης (σχήμα 1) και αναπαράστασης σε ηλεκτρονικό περιβάλλον με τη χρήση του λογισμικού ConceptuaMath:Place Fractions on a Number Line (σχήμα 2). Στην 5η φάση έγινε η συμπλήρωση των γραπτών δοκιμίων μετά τις διδασκαλίες, για να ελεγχθεί ο βαθμός της διδακτικής παρεμβατικότητας και στην 6^η φάση πραγματοποιήθηκαν οι ημιδομημένες συνεντεύξεις των συμμετεχόντων μαθητών μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Σχήμα 1: Δραστηριότητα για την αριθμογραμμή. **Σχήμα 2:** Το περιβάλλον του ConceptuaMath.



Τα αποτελέσματα από την ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν έδειξαν βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών μετά από τις διδακτικές παρεμβάσεις πάνω στις υπό διαπραγμάτευση έννοιες του κλάσματος και ιδιαίτερα στα έργα που αφορούσαν στην τοποθέτηση κλασμάτων στην αριθμητική γραμμή με ποσοστά επιτυχίας που αυξήθηκαν από 24% και 15% σε 64% σε 61% αντίστοιχα (Αυγερινός και Βλάχου 2012), πορίσματα που αφενός επιβεβαιώνουν τις απόψεις των Janvier (1987), Lo (1993) και Streefland (1991) για τη σημασία που έχει ο τρόπος διδασκαλίας στην εμμόνη των δυσκολιών στα κλάσματα και αφετέρου μάς οδήγησε σε επέκταση της έρευνάς μας με τη δημιουργία του εκπαιδευτικού λογισμικού Fraction Battles, που αποτελεί ένα τμήμα του τρίτου αυτού ερευνητικού μέρους που αφορά στην παρουσίαση κατάλληλων και αποτελεσματικών προτάσεων για τη μείωση των δυσκολιών των μαθητών πάνω στους ρητούς.

Αναφορικά με τη χρήση των όρων που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία, όταν γίνεται αναφορά σε συμβολικές αναπαραστάσεις εννοείται η αναπαράσταση του ρητού με την αλγεβρική του μορφή, δηλαδή, ενός αριθμού της μορφής

$\frac{a}{b}$. Επίσης, με τον όρο διαγραμματικές αναπαραστάσεις εννοείται η αναπαράσταση ενός

ρητού αριθμού με εικόνες και γεωμετρικά σχήματα. Όταν γίνεται αναφορά στις διακριτές μονάδες εννοείται ένα σύνολο ξεχωριστών-διακριτών αντικειμένων και τέλος η αναφορά σε λεκτικές αναπαραστάσεις παραπέμπει σε αριθμολέξεις της μορφής «ένα όγδοο».

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

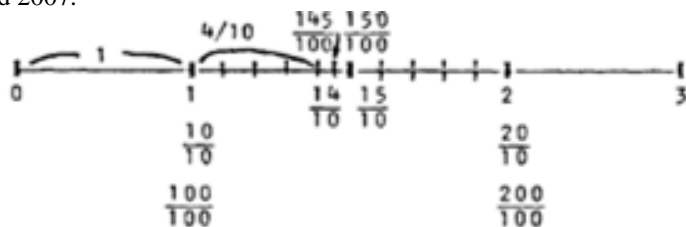
Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

Στο δεύτερο ερευνητικό μέρος έγινε βιβλιογραφική έρευνα στο διεθνή χώρο με ανασκόπηση της σύγχρονης βιβλιογραφίας πάνω στο θέμα των αναπαραστάσεων στα κλάσματα. Πιο συγκεκριμένα, ερευνήθηκαν τα κυριότερα επιστημονικά περιοδικά της διεθνούς βιβλιογραφίας από το 2006 έως και το 2013 προκειμένου να μελετηθούν και να καταγραφούν τα αποτελέσματα των ερευνών που έχουν δημοσιευθεί σε αυτό το διάστημα με θέμα τις αναπαραστάσεις στα κλάσματα. Ποιες αναπαραστάσεις, δηλαδή, έχουν αναδειχθεί μέσα από αυτές τις έρευνες ως οι πιο κατάλληλες ή ακατάλληλες για την κατανόηση της έννοιας των κλασμάτων από τους μαθητές. Η ανασκόπηση των 20 διεθνών

επιστημονικών περιοδικών για έρευνες που αφορούσαν τα κλάσματα και τις αναπαραστάσεις τους έδειξε ότι είναι ελάχιστες οι διδακτικές προσεγγίσεις και προτάσεις που έχουν γίνει από τους ερευνητές για τον τρόπο που μπορούν οι εκπαιδευτικοί να αντιμετωπίσουν διδακτικά και όχι μόνο τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στα κλάσματα (Avgerinos & Vlachou, 2012). Στην παρούσα εργασία αναφέρουμε τα πορίσματα αυτών των ερευνών που αφορούν μόνο στην αριθμογραμμή, τα καταχρηστικά κλάσματα και τα ίσα μέρη της κλασματικής μονάδας, έννοιες που διαπραγματεύεται το εκπαιδευτικό λογισμικό.

Πιο συγκεκριμένα, όσο αφορά την αριθμογραμμή οι Brousseau, Brousseau & Warfield (2007) πραγματοποίησαν μια σειρά παρεμβάσεων με στόχο να οδηγήσουν τους μαθητές μέρα με την ημέρα στο να εφεύρουν, να κατανοούν και να γίνουν πολύ καλοί με όλες τις πτυχές των δύο βασικών μαθηματικών δομών, των ρητών και των δεκαδικών αριθμών. Οι παρεμβάσεις περιελάμβαναν συνολικά 65 μαθήματα (σε 15 κύκλους) και πραγματοποιήθηκαν στην τέταρτη τάξη του σχολείου Michelet. Τα μαθήματα επανελήφθησαν σε δύο παράλληλες τάξεις με διαφορετικούς δασκάλους σε μια περίοδο άνω των 15 ετών, πράγμα που σημαίνει ότι έλαβαν μέρος σε αυτά τα μαθήματα περισσότεροι από 750 μαθητές. Στο τρίτο μάθημα του πέμπτου κύκλου γίνεται χρήση της αναπαράστασης των κλασμάτων πάνω στην αριθμογραμμή. Με μία σειρά από διαδικασίες παιγνιώδους κατάστασης και διδακτικής μεθοδολογίας καταλήγουν σταδιακά στην αναπαράσταση της αριθμογραμμής του σχήματος 3. Σύμφωνα με αυτή την έρευνα, στο τέλος της παραπάνω δραστηριότητας οι περισσότεροι μαθητές μπορούν γρήγορα και σίγουρα να τοποθετούν δεκαδικά κλάσματα στην αριθμογραμμή, ενώ όλοι οι μαθητές μπορούν να αναλύουν ένα δεκαδικό κλάσμα σε μονάδες, δέκατα, εκατοστά κ.ο.κ.

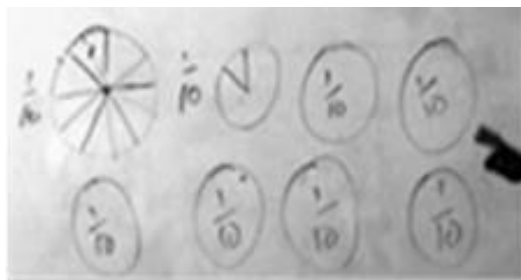
Σχήμα 3: Τελική μορφή της αριθμογραμμής στις διδασκαλίες των Brousseau, Brousseau & Warfield 2007.



Μια άλλη ερευνητική πρόταση για την αριθμογραμμή είναι αυτή των Sedig & Sumner (2006) οι οποίοι αναφέρονται στη σημαντικότητα των οπτικών μαθηματικών αναπαραστάσεων και στη χρήση ψηφιακών εργαλείων που τις διευκολύνουν. Ένα από αυτά τα εργαλεία είναι η χρήση της εστίασης (zoom) στην αριθμογραμμή. Η εστίαση αυξάνει ή μειώνει το επίπεδο των λεπτομερειών στην αριθμογραμμή επιτρέποντας στους μαθητές να οπτικοποιούν τη διαίρεση των αριθμών σε ίσα μέρη και να διευκολύνεται έτσι η μετάβαση στο χώρο των ρητών αριθμών.

Αναφορικά με την κατανόηση του χωρισμού της μονάδας σε ίσα μέρη, στην έρευνά τους οι Olive & Vomvoridi (2006) προτείνουν να αποφεύγονται λαθεμένες αναπαραστάσεις από τους εκπαιδευτικούς, όπου δεν τηρείται συχνά η διαίρεση της κλασματικής μονάδας σε ίσα μέρη (σχήμα 4) κάτι που μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές στην πεποίθηση της μη αναγκαιότητας του χωρισμού της μονάδας σε ίσα μέρη.

Σχήμα 4: Αναπαράσταση εκπαιδευτικού σε πρόβλημα για το πώς θα μοιράσουμε 8 πίτσες σε 10 ανθρώπους.



Σχετικά με τα καταχρηστικά κλάσματα ο Hackenberg (2007) για την προσέγγιση της έννοιας χρησιμοποίησε το λογισμικό JavaBars, σημειώνοντας τη σημασία που έχει η ικανότητα κατασκευής καταχρηστικών κλασμάτων για την τοποθέτηση των αριθμών στην αριθμογραμμή, για την κατασκευή κλασματικών αριθμών που ανοίγουν το δρόμο για την ανάπτυξη μιας αίσθησης συνεκτικότητας και συνέχειας των αριθμών.

Μεθοδολογία

Στο σύνολο των ερευνών που έγιναν για να καθοριστούν οι στόχοι, ο σκοπός και το περιεχόμενο του λογισμικού πήραν μέρος συνολικά 1.892 συμμετέχοντες. Η επιλογή του δείγματος ήταν απογραφική, στρωματοποιημένη και συμπτωματική, ανάλογα με τους σκοπούς και τις ανάγκες της εκάστοτε έρευνας.

Οι έρευνες ακολούθησαν μια ποιοτική, ποσοτική προσέγγιση. Επίσης έγινε ανάλυση περιεχομένου και μελέτη περίπτωσης. Έτσι, σχηματίστηκε μια τριγωνοποίηση μεθοδολογική, χρονική, τοπική και θεωρητική προκειμένου να επιτευχθεί σταθεροποίηση των πορισμάτων (Cohen & Manion, 1997).

Αναφορικά με τις μεθόδους συλλογής δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια και δοκίμια που συντάχθηκαν από τους ίδιους τους ερευνητές και που κατέληξαν στην τελική τους μορφή μετά από πιλοτικές έρευνες. Επίσης, έγιναν ημιδομημένες συνεντεύξεις, βιντεοσκοπήσεις, παρατήρηση και βιβλιογραφική μελέτη.

Για την ανάλυση των δεδομένων των ερευνών χρησιμοποιήθηκε, πέρα από την περιγραφική ανάλυση, το Συνεπαγωγικό Στατιστικό Μοντέλο του Gras (SIA-Statistical Implicative Analysis) με τη χρήση του λογισμικού CHIC (Cohesive Hierarchical

Implicative Classification) (Gras, 1996) και το πρόγραμμα Microsoft Excel. Η συνεπαγωγική ανάλυση των δεδομένων έγινε με διαγράμματα ομοιότητας, στα οποία οι μεταβλητές συνδέονται μεταξύ τους ανάλογα με την ομοιότητα ή μη που παρουσιάζουν. Μεταβλητές κατά την επίλυση των οποίων τα υποκείμενα συμπεριφέρονται με όμοιο τρόπο ομαδοποιούνται μαζί. Η αξιολόγηση του λογισμικού έγινε βάσει των κριτηρίων των Squires & McDougall (1994).

Όλες οι παραπάνω μεθοδολογικές διαδικασίες σκοπό έχουν την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων με σκοπό τη γενίκευση στον πληθυσμό.

ΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ FRACTION BATTLES

Εισαγωγικά

Το Fraction Battles (σχήμα 5) είναι ένα εκπαιδευτικό ηλεκτρονικό παιχνίδι που σχεδιάστηκε από τους ίδιους τους ερευνητές και αφορά στις έννοιες των ίσων μερών της κλασματικής μονάδας, των καταχρηστικών κλασμάτων και της σειροθέτησης των ρητών στο γεωμετρικό μοντέλο της αριθμητικής γραμμής. Δημιουργήθηκε με τη βοήθεια διάφορων λογισμικών και γλωσσών προγραμματισμού όπως Scratch, PowerPoint, Kidspiration, Pinnacle Studio, SmoothBoard, Hotpotatoes. Σκοπός του ηλεκτρονικού παιχνιδιού είναι μέσα από μια πληθώρα δραστηριοτήτων ενός δυναμικού και διαδραστικού πολυμεσικού περιβάλλοντος να εξοικειώσει τους μαθητές με τους ρητούς αριθμούς και να τους βοηθήσει να μειώσουν τις δυσκολίες που αυτοί αντιμετωπίζουν στα κλάσματα με τη βοήθεια των πολλαπλών αναπαραστάσεων πάνω στις οποίες στηρίζεται και η προστιθέμενη αξία του λογισμικού.

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά αυτού του εκπαιδευτικού λογισμικού είναι ότι το περιεχόμενο και οι δραστηριότητες που περιλαμβάνει δεν επιλέχθηκαν και σχεδιάστηκαν αυθαίρετα, αλλά καθορίστηκαν με έναν αυστηρά επιλεκτικό τρόπο από τα πορίσματα των τριών προηγούμενων ερευνητικών μερών μέσα από διαχρονικές έρευνες που έγιναν από το 2010 μέχρι και σήμερα. Έτσι, κάθε δραστηριότητα του παιχνιδιού στοχεύει στο να καλύψει συγκεκριμένη δυσκολία που έχουν οι μαθητές στα κλάσματα. Απευθύνεται σε μαθητές των τελευταίων τάξεων του δημοτικού (Ε' και Στ' τάξης) και σε μαθητές των πρώτων τάξεων του γυμνασίου (Α' και Β' Γυμνασίου).

Σχήμα 5: Η αρχική σελίδα του λογισμικού Fraction Battles



Επιχειρηματολογία

Ο Bruner (1960) επισημαίνει το ρόλο που διαδραματίζουν οι αναπαραστάσεις στη διδασκαλία και σε πόσο μεγάλο βαθμό αυτές έχουν επηρεάσει τους εκπαιδευτικούς των μαθηματικών, καθώς συνιστούν έναν τρόπο αντιμετώπισης των δυσκολιών που έχουν οι μαθητές στα κλάσματα. Μια μαθηματική ιδέα-έννοια μπορεί να αναπαρασταθεί με τρεις τρόπους: με χειριστικά μοντέλα/αντικείμενα, εικονικά (εικονογραφημένη αναπαράσταση) και συμβολικά (γραπτό σύμβολο). Αυτή η ιδέα της πολλαπλής αναπαράστασης στηρίζεται στο γεγονός ότι η εννοιολογική ανάπτυξη των παιδιών εξελίσσεται από συγκεκριμένες εμπειρίες σε πιο αφηρημένες και το σημείο αναφοράς για τις αναπαραστάσεις είναι πώς αυτές μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να μάθουν καλύτερα μαθηματικά.

Στηριζόμενοι σε αυτό το σημείο αναφοράς, το σχεδιασθέν λογισμικό/παιχνίδι αξιοποιεί την τεχνολογία για να προβάλλει και να συνδυάσει και τους τρεις τρόπους αναπαράστασης κατά Bruner, προκειμένου να επιτύχει καλύτερα αποτελέσματα στις επιδόσεις των μαθητών στους ρητούς αριθμούς. Η προστιθέμενη αξία του λογισμικού έγκειται στο γεγονός ότι βοηθάει στην εμφάνιση μεγάλου αριθμού εικονικών αναπαραστάσεων και μετάφρασής τους από το ένα σύστημα αναπαράστασης στο άλλο, κάτι που χωρίς τη χρήση του κατάλληλου λογισμικού δεν είναι εφικτό.

Επιπρόσθετα, το εκπαιδευτικό αυτό παιχνίδι στηρίζεται στα πορίσματα ερευνών που αποδεικνύουν ότι όσο πιο συχνά έρχεται σε επαφή ο μαθητής με μια μορφή αναπαράστασης τόσο πιο οικεία του γίνεται και τόσο καλύτερα τη μαθαίνει. Παράδειγμα αποτελεί η έρευνα των Hodgen, Küchemann, Brown, & Coe (2010) οι οποίοι χρησιμοποίησαν για την έρευνά τους το 2008 τα δοκίμια μιας παλιότερης έρευνας του 1977 για να συγκρίνουν τα αποτελέσματα αναφορικά με την κατανόηση των κλασμάτων στη δεκαδική τους μορφή σε περίπου 3.000 μαθητές ηλικίας 11-14 ετών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι επιδόσεις των μαθητών στην τοποθέτηση των δεκαδικών αριθμών πάνω στην αριθμογραμμή βελτιώθηκαν, καθώς το 1977 τα ποσοστά επιτυχίας ήταν 50% και το 2008 ήταν 83%. Η εξήγηση που έδωσαν οι ερευνητές σε αυτή τη διαφορά των ποσοστών επιτυχίας ήταν το γεγονός ότι η αναπαράσταση της αριθμογραμμής τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται ευρέως στα αναλυτικά προγράμματα της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, κάτι που δε συνέβαινε πριν 30 χρόνια.

Στο ίδιο συμπέρασμα, για τη συσχέτιση της επιτυχίας των μαθητών σε μια αναπαράσταση με την εξοικείωση των μαθητών με αυτή, καταλήγει και η έρευνα των Jiang & Chua (2010), που σύγκριναν τις επιδόσεις μαθητών της έκτης τάξης του δημοτικού (1.070 μαθητών από την Κίνα και 1.002 μαθητών από τη Σιγκαπούρη) στην επίλυση τριών προβλημάτων σχετικά με τα κλάσματα. Οι μαθητές από την Κίνα ακολούθησαν συμβολικές αναπαραστάσεις κατά την επίλυση των προβλημάτων, ενώ οι μαθητές από τη Σιγκαπούρη γραφικές αναπαραστάσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές από την Κίνα είχαν καλύτερες επιδόσεις από τους μαθητές της Σιγκαπούρης, αν και θα περίμενε κανείς το αντίθετο λόγω της χρήσης των γραφικών αναπαραστάσεων που έκαναν οι μαθητές από τη Σιγκαπούρη. Μια από τις εξηγήσεις που δόθηκε και εδώ από

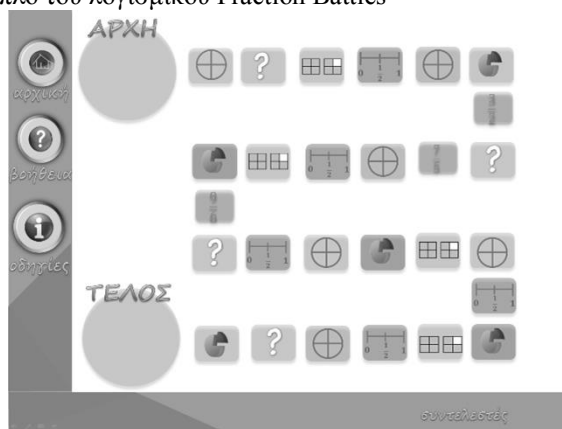
τους ερευνητές είναι το γεγονός ότι τα βιβλία της Κίνας περιλαμβάνουν περισσότερα προβλήματα παρόμοια με αυτά του δοκιμίου σε σχέση με τα βιβλία της Σιγκαπούρης.

Με τον ίδιο τρόπο το εκπαιδευτικό αυτό λογισμικό προσπαθεί να εξοικειώσει τους μαθητές με πολλαπλές μορφές αναπαράστασης του κλάσματος υπό τη μορφή παιχνιδιού.

Οι κανόνες του παιχνιδιού

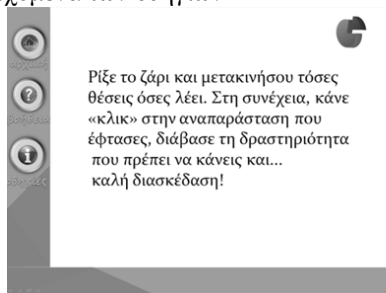
Το ηλεκτρονικό αυτό παιχνίδι παίζεται ομαδικά αλλά και ατομικά ανάλογα με τον αριθμό των μαθητών στην τάξη. Για τις ανάγκες του παιχνιδιού χρειάζεται ένας μαγνητικός ασπροπίνακας, ένας βιντεοπροβολέας, πιόνια και ένα ζάρι. Οι μαθητές/παίχτες βάζουν τα πιόνια τους στην εκκίνηση/αρχή του ψηφιακού ταμπλό (σχήμα 6).

Σχήμα 6: Το ταμπλό του λογισμικού Fraction Battles



Για να κερδίσουν πρέπει να φτάσουν στον τερματισμό ρίχνοντας το ζάρι τους και ακολουθώντας τη διαδρομή που φαίνεται στο σχήμα 6. Η διαδρομή περιλαμβάνει 27 θέσεις. Κάθε φορά που ένας μαθητής σταματάει σε κάποιες από αυτές τις θέσεις, καλείται να απαντήσει την ερώτηση/δραστηριότητα κάνοντας «κλικ» στην αντίστοιχη θέση. Αν απαντήσει σωστά συνεχίζει, διαφορετικά περιμένει πάλι τη σειρά του.

Το λογισμικό έχει βοήθεια για τους μαθητές (σχήμα 7) και οδηγίες για τους μαθητές και εκπαιδευτικούς (σχήμα 8). Η βοήθεια και οι οδηγίες δίνονται και ηχογραφημένες και είναι διαθέσιμες για κάθε δραστηριότητα.

Σχήμα 7: Πλάνο με τη βοήθεια του λογισμικού. περιεχόμενα των οδηγιών**Σχήμα 8:** Τα

Κάθε δραστηριότητα είναι σχεδιασμένη για να αντικρούσει κάποια από τις δυσκολίες των μαθητών στους ρητούς, όπως αυτές αναδείχθηκαν από προηγούμενες έρευνες. Έτσι, κάθε δραστηριότητα αναφέρεται σε συγκεκριμένη έννοια, έχει συγκεκριμένο στόχο και καλείται να καλύψει συγκεκριμένα κενά. Επιπρόσθετα, οι δραστηριότητες είναι διαβαθμισμένες δυσκολίας. Στο παρόν άρθρο, λόγω έκτασης, παρουσιάζονται 11 αντιπροσωπευτικές δραστηριότητες. Στην παρουσίασή τους αναφέρεται ο γνωστικός άξονας στην περιοχή των κλασμάτων στην οποία απευθύνονται, οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές σε αυτή την περιοχή, όπως αυτές προέκυψαν από τα πορίσματα των ερευνών, ο στόχος και η περιγραφή των δραστηριοτήτων.

ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Αντιπροσωπευτική δραστηριότητα 1

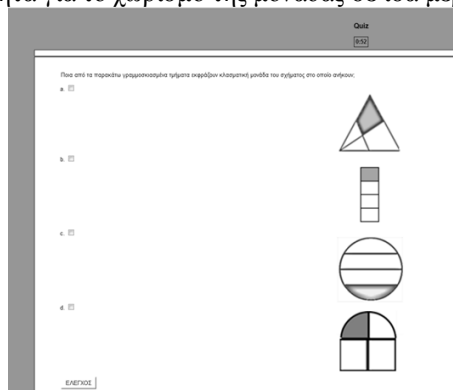
Γνωστικός άξονας: Χωρισμός της κλασματικής μονάδας σε ίσα μέρη.

Ανιχνεύσιμη δυσκολία: Οι μαθητές δε γνωρίζουν την αναγκαιότητα του χωρισμού της κλασματικής μονάδας σε ίσα μέρη.

Στόχος: Συνείδηση της αναγκαιότητας του χωρισμού της μονάδας σε ίσα μέρη.

Περιγραφή: Η δραστηριότητα έχει δημιουργηθεί με το λογισμικό ηλεκτρονικής αξιολόγησης Hotpotatoes και συγκεκριμένα με το πρόγραμμα JQui, λόγω της δυνατότητας που διαθέτει το λογισμικό για ανατροφοδότηση (feedback) και αξιολόγηση. Οι μαθητές καλούνται να επιλέξουν τα γραμμοσκιασμένα τμήματα της άσκησης που εκφράζουν κλασματική μονάδα. Η άσκηση περιλαμβάνει και αντιπαραδείγματα για τροποποίηση του κοινωνικού συμβολαίου που υπάρχει σε όλα τα σχολικά βιβλία των μαθηματικών του δημοτικού που οι κλασματικές μονάδες είναι δεδομένο ότι είναι χωρισμένες σε ίσα μέρη. Η άσκηση έχει τη δυνατότητα ελέγχου της απάντησης, ενώ διαθέτει και χρονικό περιορισμό πέραν του οποίου σταματά η δυνατότητα συμπλήρωσής της, δίνοντας και το ποσοστό επιτυχίας που επιτεύχθηκε (σχήμα 9).

Σχήμα 9: Δραστηριότητα για το χωρισμό της μονάδας σε ίσα μέρη.



Αντιπροσωπευτική δραστηριότητα 2

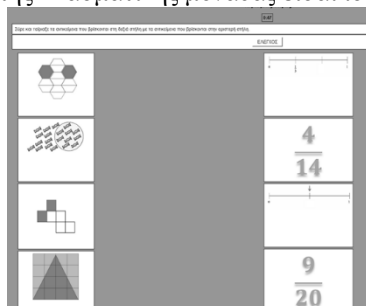
Γνωστικός άξονας: Μεταφορά από μια μορφή αναπαράστασης σε μια άλλη αναφορικά με το χωρισμό της κλασματικής μονάδας σε ίσα μέρη.

Ανιχνεύσιμη δυσκολία: Οι μαθητές δυσκολεύονται να μεταφερθούν από μια μορφή αναπαράστασης σε μια άλλη αναφορικά με την κλασματική μονάδα.

Στόχος: Συναίσθηση της αναγκαιότητας του χωρισμού της μονάδας σε ίσα μέρη μέσα από πολλαπλές αναπαραστάσεις.

Περιγραφή: Στη δραστηριότητα αυτή, η οποία είναι πιο σύνθετη από την προηγούμενη, οι μαθητές καλούνται να αντιστοιχίσουν τις αναπαραστάσεις της δεξιάς στήλης με τις αναπαραστάσεις της αριστερής στήλης σέρνοντας με το ποντίκι τους την κατάλληλη αναπαράσταση (σχήμα 10). Τα πεδία αναπαράστασης που διαπραγματεύεται η συγκεκριμένη άσκηση είναι οι συνεχόμενες και διακριτές ποσότητες, το γεωμετρικό μοντέλο της αριθμητικής γραμμής και η συμβολική μορφή του κλάσματος. Για τη δημιουργία της συγκεκριμένης δραστηριότητας αξιοποιήθηκε το λογισμικό ηλεκτρονικής αξιολόγησης Hotpotatoes και συγκεκριμένα το πρόγραμμα JMatch. Οι παίχτες έχουν τη δυνατότητα να ελέγξουν την απάντησή τους, ενώ διατίθεται και χρονικός περιορισμός πέραν του οποίου σταματά η δυνατότητα συμπλήρωσης της άσκησης, δίνοντας ταυτόχρονα και το ποσοστό επιτυχίας που επιτεύχθηκε.

Σχήμα 10: Δραστηριότητας μεταφοράς από μια μορφή αναπαράστασης σε μια άλλη αναφορικά με το χωρισμό της κλασματικής μονάδας είσαι ίσα μέρη.



Αντιπροσωπευτική δραστηριότητα 3

Γνωστικός άξονας: Καταχρηστικά κλάσματα και η διαχείρισή τους από μια μορφή αναπαράστασης σε μια άλλη.

Αιτιγενέσιμη δυσκολία: Οι μαθητές δυσκολεύονται να αναπαραστήσουν σχηματικά καταχρηστικά κλάσματα και να τα αναγνωρίσουν σε διαφορετικές μορφές αναπαράστασης.

Στόχος: Κατανόηση της έννοιας των καταχρηστικών κλασμάτων μέσα από πολλαπλές αναπαραστάσεις.

Περιγραφή: Η συγκεκριμένη δραστηριότητα σχεδιάστηκε στο προγραμματιστικό περιβάλλον του λογισμικού Scratch, που είναι βασισμένο και υλοποιημένο στην ανοιχτού κώδικα γλώσσα προγραμματισμού Squeak. Στη δραστηριότητα αυτή οι μαθητές/παίχτες πρέπει να κατευθύνουν την κλασματική μονάδα με τη βοήθεια του ποντικιού προς τις αναπαραστάσεις αυτές που εκφράζουν καταχρηστικά κλάσματα. Όταν η σωστή αναπαράσταση αγγίξει την κλασματική μονάδα, τότε την τρώει και ακούγεται ένα μήνυμα επιβράβευσης και ανατροφοδότησης, ενώ αν πάει να φάει κάποια αναπαράσταση που δεν αντιπροσωπεύει καταχρηστικό κλάσμα τότε ακούγεται ένα χαρακτηριστικός ήχος λάθους. Τα πεδία αναπαράστασης που διαπραγματεύεται η συγκεκριμένη δραστηριότητα είναι οι διαγραμματικές και συμβολικές αναπαραστάσεις (σχήμα 11).

Σχήμα 11: Δραστηριότητα μεταφοράς από μια μορφή αναπαράστασης σε μια άλλη αναφορικά με τα καταχρηστικά κλάσματα.



Ενδεικτική δραστηριότητα 4

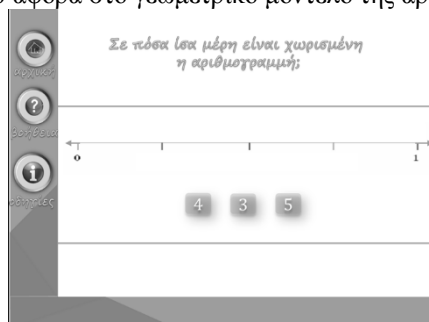
Γνωστικός άξονας: Το γεωμετρικό μοντέλο της αριθμητικής γραμμής.

Ανιχνεύσιμη δυσκολία: Οι μαθητές συχνά για να βρουν σε πόσα μέρη είναι χωρισμένη η αριθμογραμμή που τους δίνεται μετράνε όλα τα δοσμένα σημεία συμπεριλαμβανομένου και του σημείου που ορίζει το μηδέν.

Στόχος: Εξάσκηση στην εύρεση του αριθμού των τμημάτων σε μια δοθείσα αριθμογραμμή.

Περιγραφή: Στη δραστηριότητα αυτή οι μαθητές/παίχτες πρέπει να βρουν σε πόσα ίσα μέρη είναι χωρισμένη η αριθμητική γραμμή. Τους δίνονται τρεις επιλογές από τις οποίες πρέπει να επιλέξουν τη μία (Σχήμα 12). Κάθε επιλογή συνοδεύεται από ηχογραφημένο μήνυμα. Οι λάθος επιλογές προτρέπουν τις ομάδες/παίχτες να προσπαθήσουν ξανά, ενώ η σωστή απάντηση προτρέπει τις ομάδες/παίχτες να αιτιολογήσουν την επιλογή τους και στις υπόλοιπες ομάδες/παίχτες. Η δραστηριότητα είναι σχεδιασμένη στο ίδιο το περιβάλλον του εκπαιδευτικού λογισμικού.

Σχήμα 12: Άσκηση που αφορά στο γεωμετρικό μοντέλο της αριθμητικής γραμμής.



Αντιπροσωπευτική δραστηριότητα 5

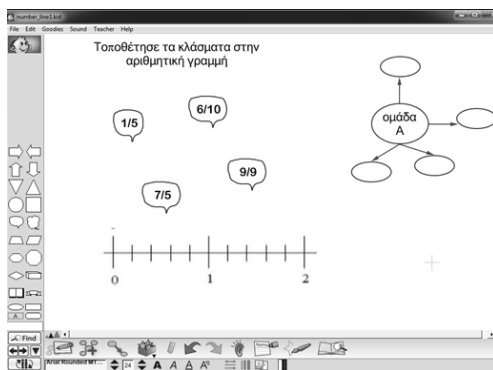
Γνωστικός άξονας: Σειροθέτηση ρητών αριθμών στο γεωμετρικό μοντέλο της αριθμητικής γραμμής.

Ανιχνεύσιμη δυσκολία: Οι μαθητές αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες στο να σειροθετούν ρητούς στην αριθμογραμμή, ειδικά όταν τα δοθέντα κλάσματα είναι ετερόνυμα.

Στόχος: Κατανόηση του τρόπου σειροθέτησης των ρητών αριθμών.

Περιγραφή: Η δραστηριότητα αυτή σχεδιάστηκε σε λογισμικό εννοιολογικής χαρτογράφησης (Kidspiration). Οι μαθητές/παίχτες καλούνται να τοποθετήσουν τα δοθέντα κλάσματα στην αριθμητική γραμμή σέρνοντάς τα με το ποντίκι τους. Κάθε επιλογή των ομάδων/παιχτών πρέπει να αιτιολογείται και να καταγράφεται στο περιβάλλον που παίζεται το παιχνίδι. Οι υπόλοιπες ομάδες έχουν το δικαίωμα να επέμβουν και να τροποποιήσουν τα δεδομένα σε περίπτωση που διαφωνούν και αποδεδειγμένα θεωρείται λάθος η επιλογή της ομάδας/παίχτη που διαχειρίζεται τη δραστηριότητα (Σχήμα 13). Με τον τρόπο αυτό, οι μαθητές εξωτερικεύουν τις πρότερες γνώσεις τους, τις διορθώνουν και τις επεκτείνουν μέσα από τη διαδικασία της γνωστικής σύγκρουσης που επιτυγχάνεται με τρόπο διαλογικό και συνεργατικό. Οι ίδιοι οι μαθητές κατασκευάζουν τη γνώση.

Σχήμα 13: Άσκηση σειροθέτησης κλασμάτων στο γεωμετρικό μοντέλο της αριθμογραμμής.

**Αντιπροσωπευτική δραστηριότητα 6**

Γνωστικός άξονας: Η διαδοχικότητα και η πυκνότητα των ρητών αριθμών.

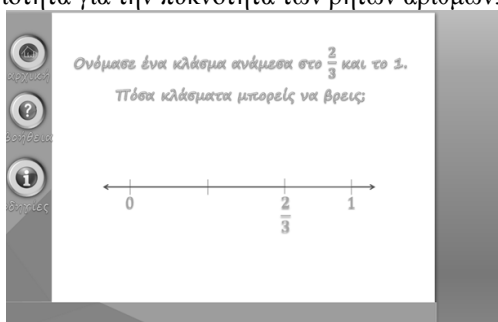
Ανιχνεύσιμη δυσκολία: Οι μαθητές πιστεύουν ότι μεταξύ δύο κλασμάτων δεν υπάρχει άλλο κλάσμα και συνεπώς δε γνωρίζουν ότι μεταξύ δύο κλασμάτων υπάρχουν άπειρα κλάσματα.

Στόχος: Συναίσθηση της πυκνότητας των ρητών αριθμών.

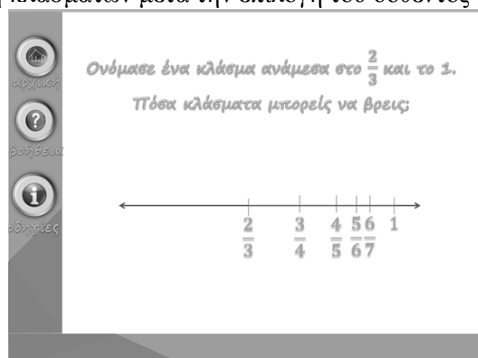
Περιγραφή: Στη δραστηριότητα αυτή οι μαθητές/παίχτες καλούνται να βρουν και να ονομάσουν, αν υπάρχει, ένα κλάσμα ανάμεσα στα $2/3$ και το 1 (σχήμα 14). Τους τίθεται

επίσης το ερώτημα πόσα κλάσματα μπορούν να βρουν σε αυτό το διάστημα. Οι περισσότεροι μαθητές απαντούν ότι δεν υπάρχει κανένα κλάσμα μεταξύ του δοθέντος διαστήματος ή ότι υπάρχει μόνο ένα το οποίο ονομάζουν τις περισσότερες φορές λάθος. Συχνή περίπτωση λάθους είναι να γράψουν ένα ισοδύναμο κλάσμα του $\frac{2}{3}$. Για την άρση αυτών των αντιλήψεων, αλλά και για επαλήθευση των σωστών απαντήσεων, οι μαθητές μπορούν να κάνουν «κλικ» στο δοθέν διάστημα για να δουν αν υπάρχουν άλλα κλάσματα. Κάθε φορά που οι μαθητές πατάνε στο δοθέν διάστημα εμφανίζεται ένα νέο κλάσμα (σχήμα 15). Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όσες φορές οι μαθητές θα πατήσουν πάνω στο ζητούμενο διάστημα. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές αποκτούν τη συναίσθηση της πυκνότητας των ρητών αριθμών διαπιστώνοντας ότι, όχι μόνο υπάρχει κάποιο κλάσμα ανάμεσα σε δύο άλλα, αλλά ότι αυτά που υπάρχουν είναι άπειρα.

Σχήμα 14: Δραστηριότητα για την πυκνότητα των ρητών αριθμών.



Σχήμα 15: Εμφάνιση κλασμάτων μετά την επιλογή του δοθέντος διαστήματος.



Αντιπροσωπευτική δραστηριότητα 7

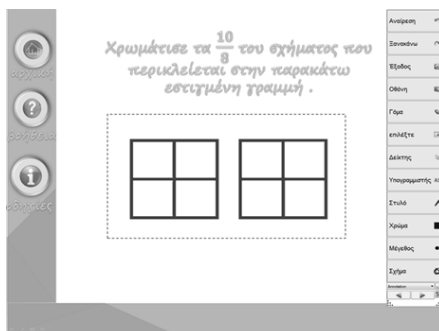
Γνωστικός άξονας: Τα καταχρηστικά κλάσματα.

Ανιχνεύσιμη δυσκολία: Οι μαθητές δυσκολεύονται να αναπαραστήσουν σχηματικά ένα καταχρηστικό κλάσμα.

Στόχος: Κατανόηση της έννοιας των καταχρηστικών κλασμάτων μέσα από διαγραμματικές αναπαραστάσεις.

Περιγραφή: Η δραστηριότητα είναι σχεδιασμένη στο περιβάλλον του λογισμικού με τη βοήθεια των εργαλείων του Smooth board 2. Οι μαθητές καλούνται να σκιάσουν στις δοσμένες κλασματικές μονάδες το καταχρηστικό κλάσμα $10/8$. Για να σκιάσουν τα μέρη που αντιπροσωπεύει το δοσμένο κλάσμα οι μαθητές πρέπει να πάρουν το κατάλληλο εργαλείο από την εργαλειοθήκη που βρίσκεται δεξιά της θόνης (σχήμα 16). Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να διορθώσουν και να αλλάξουν την αρχική τους σκίαση με τη γόμα που είναι διαθέσιμη στην εργαλειοθήκη τους.

Σχήμα 16: Δραστηριότητα για την εξοικείωση της έννοιας των καταχρηστικών κλασμάτων.



Αντιπροσωπευτική δραστηριότητα 8

Γνωστικός άξονας: Κλασματική μονάδα.

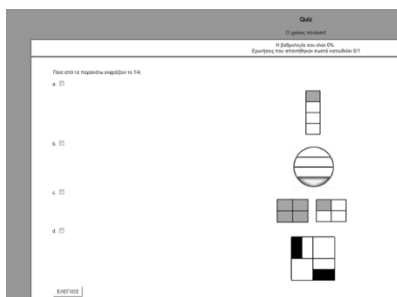
Ανιχνεύσιμη δυσκολία: Οι μαθητές δε γνωρίζουν την αναγκαιότητα του χωρισμού της κλασματικής μονάδας σε ίσα μέρη.

Στόχος: Συνείδηση της αναγκαιότητας του χωρισμού της μονάδας σε ίσα μέρη. Περιγραφή: Η δραστηριότητα έχει δημιουργηθεί με το λογισμικό ηλεκτρονικής αξιολόγησης Hotpotatoes και συγκεκριμένα με το πρόγραμμα JQuery, λόγω της δυνατότητας που διαθέτει το λογισμικό για ανατροφοδότηση (feedback) και αξιολόγηση.

Οι μαθητές καλούνται να επιλέξουν τα γραμμοσκιασμένα τμήματα της άσκησης που εκφράζουν το $1/4$. Η άσκηση περιλαμβάνει αντιπαραδείγματα, διαγραμματικές αναπαραστάσεις που τα σκιασμένα μέρη είναι περισσότερα από αυτό που ορίζει ο παρονομαστής των δοσμένων κλασμάτων και καταχρηστικά κλάσματα. Η άσκηση έχει τη δυνατότητα ελέγχου της απάντησης, ενώ διαθέτει και χρονικό περιορισμό πέραν του

οποίου σταματά η δυνατότητα συμπλήρωσής της, δίνοντας και το ποσοστό επιτυχίας που επιτεύχθηκε (σχήμα 17).

Σχήμα 17: Δραστηριότητα για την κλασματική μονάδα.



Αντιπροσωπευτική δραστηριότητα 9

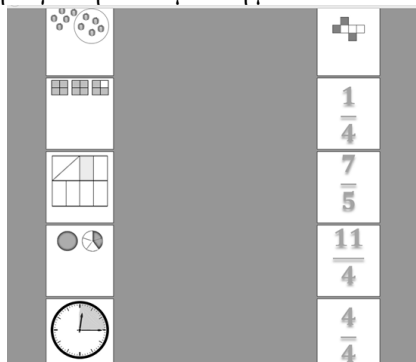
Γνωστικός άξονας: Κλασματική μονάδα και καταχρηστικά κλάσματα

Ανιχνεύσιμη δυσκολία: Οι μαθητές δε γνωρίζουν την αναγκαιότητα του χωρισμού της κλασματικής μονάδας σε ίσα μέρη και δυσκολεύονται να αναγνωρίσουν σχηματικά τα καταχρηστικά κλάσματα.

Στόχος: Συναίσθηση της αναγκαιότητας του χωρισμού της μονάδας σε ίσα μέρη και εξοικείωση με τα καταχρηστικά κλάσματα.

Περιγραφή: Στη δραστηριότητα αυτή, η οποία συνδυάζει τις έννοιες της κλασματικής μονάδας και των καταχρηστικών κλασμάτων, οι μαθητές καλούνται να αντιστοιχίσουν τις αναπαραστάσεις της δεξιάς στήλης με τις αναπαραστάσεις της αριστερής στήλης σέρνοντας με το ποντίκι τους την κατάλληλη αναπαράσταση (σχήμα 18). Για τη δημιουργία της συγκεκριμένης δραστηριότητας αξιοποιήθηκε το λογισμικό ηλεκτρονικής αξιολόγησης Hotpotatoes και συγκεκριμένα το πρόγραμμα JMatch. Οι παίχτες έχουν τη δυνατότητα να ελέγξουν την απάντησή τους, ενώ διατίθεται και χρονικός περιορισμός πέραν του οποίου σταματά η δυνατότητα συμπλήρωσης της άσκησης, δίνοντας ταυτόχρονα και το ποσοστό επιτυχίας που επιτεύχθηκε.

Σχήμα 18: Δραστηριότητα για την κλασματική μονάδα και τα καταχρηστικά κλάσματα.



Αντιπροσωπευτική δραστηριότητα 10

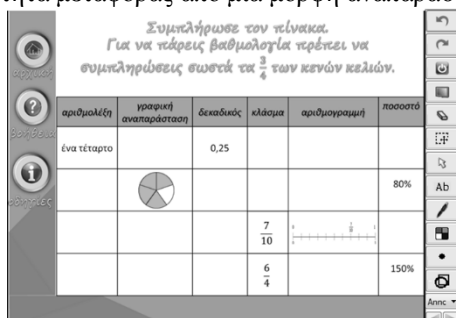
Γνωστικός άξονας: Κλασματική μονάδα, αριθμογραμμή, καταχρηστικά κλάσματα και η διαχείρισή τους από μια μορφή αναπαράστασης σε μια άλλη.

Ανιχνεύσιμη δυσκολία: Οι μαθητές δυσκολεύονται να μεταφέρονται από μια μορφή αναπαράστασης σε μια άλλη.

Στόχος: Κατανόηση της έννοιας των κλασμάτων μέσα από πολλαπλές αναπαραστάσεις.

Περιγραφή: Στη δραστηριότητα αυτή οι μαθητές πρέπει να συμπληρώσουν τον πίνακα με τη βοήθεια των εργαλείων που τους δίνονται δεξιά της οθόνης (σχήμα 19). Τα πεδία αναπαράστασης που διαπραγματεύεται η συγκεκριμένη δραστηριότητα είναι οι διαγραμματικές αναπαραστάσεις, οι συμβολικές, οι αριθμολέξεις, το γεωμετρικό μοντέλο της αριθμητικής γραμμής, η δεκαδική μορφή του κλάσματος και το ποσοστό. Οι υπόλοιπες ομάδες έχουν το δικαίωμα να επέμβουν και να τροποποιήσουν τα δεδομένα σε περίπτωση που διαφωνούν και αποδεδειγμένα θεωρείται λάθος η επιλογή της ομάδας/παίχτη που διαχειρίζεται τη δραστηριότητα.

Σχήμα 19: Δραστηριότητα μεταφοράς από μια μορφή αναπαράστασης σε μια άλλη.



Αντιπροσωπευτική δραστηριότητα 11

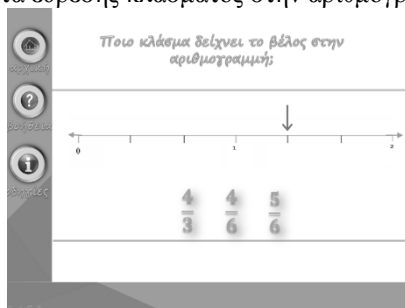
Γνωστικός άξονας: Τοποθέτηση κλασμάτων στο γεωμετρικό μοντέλο της αριθμητικής γραμμής.

Ανιχνεύσιμη δυσκολία: Οι μαθητές δυσκολεύονται να τοποθετούν κλάσματα στην αριθμογραμμή.

Στόχος: Ανάδυση τεχνικών και κανόνων τοποθέτησης κλασμάτων στο γεωμετρικό μοντέλο της αριθμητικής γραμμής.

Περιγραφή: Στη δραστηριότητα αυτή οι μαθητές πρέπει να βρουν το κλάσμα που εκφράσει το σημείο με το βέλος στην αριθμογραμμή (σχήμα 20). Δίνονται τρεις πιθανές απαντήσεις από τις οποίες μόνο η μία είναι σωστή. Αν οι μαθητές επιλέξουν κάποια από τις λάθος απαντήσεις ένα ηχογραφημένο μήνυμα προτρέπει τις ομάδες/παίχτες να προσπαθήσουν ξανά, ενώ αν επιλέξουν τη σωστή απάντηση ένα ηχογραφημένο μήνυμα προτρέπει τις ομάδες/παίχτες να αιτιολογήσουν την επιλογή τους και στις υπόλοιπες ομάδες/παίχτες. Με τον τρόπο αυτό, οι μαθητές εξωτερικεύουν τις ιδέες τους και αναδύονται διάφοροι κανόνες και τεχνικές για την τοποθέτηση των κλασμάτων στην αριθμητική γραμμή. Η δραστηριότητα είναι σχεδιασμένη στο ίδιο το περιβάλλον του εκπαιδευτικού λογισμικού.

Σχήμα 20: Δραστηριότητα εύρεσης κλάσματος στην αριθμογραμμή.



Πέρα από τις δραστηριότητες που αναφέρονται στις τρεις υπό εξέταση έννοιες, δηλαδή, στην κλασματική μονάδα, την αριθμογραμμή και τα καταχρηστικά κλάσματα, το παιχνίδι έχει και τέσσερις θέσεις με το σύμβολο «?». Αν ένας παίχτης βρεθεί σε κάποια θέση με αυτό το σύμβολο πρέπει να ακολουθήσει την εντολή που του δίνεται. Η διατύπωση αυτών των εντολών γίνεται μέσα στο πλαίσιο των ρητών αριθμών. Πιο συγκεκριμένα, όταν ένα παίχτης πρέπει να προχωρήσει κάποιες θέσεις πίσω, η διατύπωση της εντολής είναι η εξής: «Πήγαινε πίσω τόσες θέσεις όσες αντιστοιχούν στο 1/9 των 27 τετραγώνων του ταμπλό». Επίσης, όταν ένας παίχτης χάνει τη σειρά μου, η διατύπωση της εντολής είναι: «χάνεις τα 3/3 του γύρου».

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ

Τα κριτήρια αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν για την αποτίμηση του ηλεκτρονικού παιχνιδιού «Fraction Battles» στηρίχθηκαν στα κριτήρια των Squires & McDougall (1994). Τα κριτήρια αυτά, που είναι χωρισμένα σε δύο ομάδες, αποτιμήθηκαν από την ίδια την ερευνητική ομάδα ως μια πρώτη αξιολογική προσέγγιση του ηλεκτρονικού παιχνιδιού. Η δεύτερη προσέγγιση της αξιολόγησης θα γίνει από τους εκπαιδευτικούς που θα εφαρμόσουν πιλοτικά το λογισμικό και αναμένεται να υλοποιηθεί τη σχολική χρονιά 2014-2015.

1^η ομάδα

Σε αυτήν ανήκουν τα γενικά κριτήρια παιδαγωγικού περιεχομένου κι έχουν σχέση με τα παρακάτω ερωτήματα:

- **Καλύπτεται η διδακτέα ύλη επαρκώς;** Στο συγκεκριμένο ηλεκτρονικό παιχνίδι οι δραστηριότητες καλύπτουν όλες τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στα κλάσματα, όπως αυτές ανιχνεύθηκαν μέσω ερευνών.
- **Ο χρόνος που απαιτείται είναι διαθέσιμος;** Για το συγκεκριμένο ηλεκτρονικό παιχνίδι απαιτούνται 2 ώρες, οι οποίες προβλέπονται ως χρόνος για επανάληψη στο οργανόγραμμα του μαθήματος των Μαθηματικών.
- **Ανταποκρίνεται το διδακτικό υλικό στο επίπεδο των μαθητών;** Όλες οι δραστηριότητες σχεδιάστηκαν βάσει ερωτηματολογίων που δόθηκαν σε μαθητές της Ε', Στ' τάξης και της Α' Γυμνασίου, για να ελεγχθεί ο βαθμός δυσκολίας των ασκήσεων αυτών.
- **Είναι οι δραστηριότητες ενδιαφέρουσες;** Από την εφαρμογή των δραστηριοτήτων σε πιλοτική έρευνα μέσω ερωτηματολογίων φάνηκε ότι οι μαθητές τις βρίσκουν ενδιαφέρουσες.
- **Είναι προσεγμένο από παιδαγωγική άποψη, χωρίς ανεπιθύμητες παρενέργειες;** Έγινε προσπάθεια να αποφευχθούν τυχόν ανεπιθύμητες παρενέργειες.
- **Προσφέρεται για συνεργατικές/σύνθετες δραστηριότητες;** Το συγκεκριμένο ηλεκτρονικό παιχνίδι σχεδιάστηκε για να παίζεται κατά κύριο λόγο σε ομάδες.
- **Τι είδους δεξιότητες, στάσεις και αξίες καλλιεργεί;** Συμβατές με τους στόχους που τίθενται.
- **Συνοδεύεται από επαρκείς οδηγίες και υλικό στήριξης του δασκάλου;** Υπάρχουν οδηγίες και υλικό στήριξης για το δάσκαλο, αλλά δεν έχει ελεγχθεί ακόμα η επάρκειά τους.

2^η ομάδα: Περιλαμβάνει τεχνολογικά θέματα που έχουν σχέση περισσότερο με τον υπολογιστή και τη χρήση του ως εκπαιδευτικού εργαλείου και απαντούν στα παρακάτω ερωτήματα:

- **Έχουν αξιοποιηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό οι αλληλεπιδραστικές δυνατότητες του υπολογιστή;** Αρκετές από τις δραστηριότητες του λογισμικού χρησιμοποιούν διαδραστικά εργαλεία.

- **Αφήνει το λογισμικό περιθώρια για έλεγχο της μαθησιακής διαδικασίας από μέρους του μαθητή και του εκπαιδευτικού;** Το ηλεκτρονικό παιχνίδι έχει χαρακτηριστικά λογισμικού ανοιχτού τύπου για να επιτρέπεται ο έλεγχος και τροποποίηση από μέρους του εκπαιδευτικού.
- **Είναι σε θέση το πρόγραμμα να χειριστεί σωστά τα εισερχόμενα που εισάγονται από τους μαθητές, ώστε να αποφεύγονται δυσάρεστα διαδικαστικά φαινόμενα, από τεχνική άποψη;** Έχει γίνει μια πρώτη εφαρμογή του ηλεκτρονικού παιχνιδιού από τους ερευνητές, για την αποφυγή τέτοιων φαινομένων. Ωστόσο, η εφαρμογή του σε μαθητές θα ξεκαθαρίσει την ύπαρξη ή όχι τέτοιων φαινομένων.
- **Προσφέρονται ορισμένα χαρακτηριστικά του λογισμικού (όπως είναι τα γραφικά, ο ήχος, η κίνηση κ.α.) για εποικοδομητική μάθηση ή λειτουργούν απλώς για εντυπωσιασμό;** Έχει γίνει προσπάθεια να συνδυαστεί η καλαισθησία του λογισμικού και η εποικοδομητική του διάσταση, ώστε να μην παραμένει μόνο σε εντυπωσιασμούς.
- **Η διόρθωση των λαθών γίνεται με παιδαγωγικά προσεγμένο τρόπο ή βασίζεται σε παραδοσιακές νοοτροπίες;** Για τη διόρθωση των λαθών χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι, ορισμένες από τις οποίες είναι συμπεριφοριστικού τύπου, αλλά παρέχεται δυνατότητα διόρθωσης των λαθών τόσο από τους ίδιους τους μαθητές όσο και από τον εκπαιδευτικό.
- **Η ενίσχυση των αντιδράσεων και της απόδοσης του μαθητή είναι αποτελεσματική και γίνεται με κατάλληλο τρόπο;** Κύριο ρόλο στο συγκεκριμένο τομέα έχει περισσότερο ο εκπαιδευτικός και λιγότερο το λογισμικό.
- **Είναι το πρόγραμμα φιλικό και εύκολο στη χρήση του;** Σχεδιάστηκε με σκοπό τη φιλικότητα και την ευκολία στη χρήση. Ωστόσο, η εφαρμογή του σε μαθητές θα οριστικοποιήσει την απάντηση σε αυτό το ερώτημα.
- **Κάνει χρήση το λογισμικό των νέων τεχνολογικών εξελίξεων;** Έχει γίνει προσπάθεια το λογισμικό να συνάδει, όσο αυτό είναι δυνατόν, με τις απαιτήσεις των τεχνολογικών εξελίξεων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η περιοχή των ρητών αριθμών είναι ένα σημαντικό κομμάτι της μαθηματικής παιδείας των μαθητών μας, καθώς η γνώση τους συμβάλλει στην κατανόηση άλλων μαθηματικών εννοιών. Για το λόγο αυτό πολλοί ερευνητές κινούνται στο πεδίο αυτό ερευνώντας τις μαθησιακές, αντιληπτικές, κλπ δυσκολίες των μαθητών πάνω στους ρητούς. Σε αρκετές από αυτές τις έρευνες υπάρχει μια κοινή συνιστώσα στην άποψη ότι ο τρόπος διδασκαλίας είναι ένας βασικός παράγοντας που επηρεάζει την μετέπειτα εξέλιξη της κατανόησης έννοιας στις αντιλήψεις των μαθητών (Janvier ,1987; Lo, 1993; Streefland, 1991; Sfard 1991). Άλλοι πάλι ερευνητές υποστηρίζουν ότι όσο πιο συχνά έρχεται σε επαφή ο μαθητής με μια μορφή αναπαράστασης τόσο πιο οικεία του γίνεται και τόσο καλύτερα τη μαθαίνει (Hodgen et al., 2010; Jiang & Chua, 2010).

Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι διάφοροι ερευνητές έχουν αποδώσει ο καθένας και σε διαφορετικό παράγοντα τις δυσκολίες αυτές που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στους ρητούς

αριθμούς. Ωστόσο, παρά τις ερευνητικές προσπάθειες, τις συνεχείς αλλαγές στα βιβλία, τις προτάσεις κ.τ.λ. οι μαθητές εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν τις ίδιες δυσκολίες και ο μαθητικός πληθυσμός να παρουσιάζει σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης την ίδια αποθαρρυντική εικόνα όσον αφορά τους ρητούς αριθμούς.

Η ερευνητική μας ομάδα, πιστεύοντας ότι οι δυσκολίες αυτές των μαθητών οφείλονται σε έναν συνδυασμό παραγόντων που συμπεριλαμβάνει μεταξύ άλλων και τα ευρήματα των παραπάνω ερευνών, επιχειρεί μέσα από μια μακρόχρονη έρευνα που συνδυάζει όλες τις πιθανές αιτίες που αναφέρουν οι διάφοροι ερευνητές καθώς και νέες που ενδεχόμενα να προκύψουν, να αναδείξει αυτούς τους παράγοντες με τελικό στόχο τη διατύπωση και πρόταξη ουσιαστικών λύσεων για την αντιμετώπιση αυτών των δυσκολιών των μαθητών με παρεμβάσεις στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα. Ένα μέρος αυτών των προτάσεων αποτελεί και η παρουσίαση του εκπαιδευτικού λογισμικού Fraction Battles που η σχεδιάσή του βασίστηκε στα πορίσματα ερευνών που διεξήχθησαν την τελευταία τριετία και στοχεύει με παιγνιώδη τρόπο να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν βασικές έννοιες των ρητών αριθμών, δημιουργώντας γνωστικά δίπολα που συνδυάζουν τις Νέες Τεχνολογίες με τη βιωματικότητα, την κριτική σκέψη με τη δημιουργικότητα, τη γνώση με το παιχνίδι, το σχολείο με την ευχαρίστηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αυγερινός, Ε., & Βλάχου, Ρ. (2012). Κλάσματα και αναπαραστάσεις: Μια διδακτική προσέγγιση στις έννοιες της αριθμογραμμής, των ίσων μερών της μονάδας και των καταχρηστικών κλασμάτων. Στο *29ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μαθηματικής Παιδείας, Μαθηματικά: Θεωρία – Πράξη – Προεκτάσεις, 9-11 Νοεμβρίου 2012* (σελ. 135-147). Καλαμάτα, Ελλάδα: Ελληνική Μαθηματική Εταιρεία.
- Αυγερινός, Ε., & Βλάχου, Ρ. (2013). Οι αντιλήψεις των φοιτητών των ΠΤΔΕ στις έννοιες της αριθμογραμμής, των ίσων μερών της μονάδας και των καταχρηστικών κλασμάτων. Στο *15ο Παγκύπριο Συνέδριο Μαθηματικής Παιδείας και Επιστήμης, 8-10 Μαρτίου 2013* (σελ. 189-201). Αγρός, Κύπρος: Κυπριακή Μαθηματική Εταιρεία.
- Αυγερινός, Ε., & Βλάχου, Ρ. (2014α). Οι αναπαραστάσεις για την έννοια των ίσων μερών της μονάδας στα σχολικά εγχειρίδια του Ελλαδικού εκπαιδευτικού συστήματος. Στο *16ο Παγκύπριο Συνέδριο Μαθηματικής Παιδείας και Επιστήμης, 7-9 Φεβρουαρίου 2014* (σελ. 105-115). Πάφος, Κύπρος: Κυπριακή Μαθηματική Εταιρεία.
- Αυγερινός, Ε., & Βλάχου, Ρ. (2014β). Γνωστικές συγκρούσεις στην κατανόηση των ρητών αριθμών κατά τη μετάβαση των μαθητών από το Δημοτικό στο Γυμνάσιο και από το Γυμνάσιο στο Λύκειο. Στο *31ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μαθηματικής Παιδείας: Προκλήσεις και Προοπτικές της Μαθηματικής Εκπαίδευσης και Έρευνας στη Διεθνοποιημένη Δικτυακή Εποχή, 7-9 Νοεμβρίου 2014*. (Βέροια, Ελλάδα: Ελληνική Μαθηματική Εταιρεία).
- Avgerinos, E., & Vlachou, R. (2012). Current trend and studies on representation of fractions. In *7th Mediterranean Conference on Mathematics Education, 1-4 September 2012* (pp.135-159). Nicosia, Cyprus: University of Cyprus.

- Avgerinos, E., Vlachou, R., & Kantas, K. (2012). Comparing different age student abilities on the concept and manipulation of fractions. In E. Avgerinos & A. Gagatsis (Eds), *Research on mathematical education and mathematics applications* (pp. 159-169). Rhodes, Greece: University of the Aegean.
- Bruner, J. (1960). *The process of education*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Brousseau, G., Brousseau, N., & Warfield, V. (2007). Rationals and decimals as required in the school curriculum Part 2: From rationals to decimals. *The Journal of Mathematical Behavior*, 26(4), 281-300.
- Cohen, L., & Manion, L. (1997). *Μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας*. Αθήνα: Έκφραση.
- Gras, R. (1996). Implicative statistical analysis. In A. Gagatsis (Ed), *Didactics and history of mathematics* (pp.119-122). Thessaloniki: University of Thessaloniki.
- Hackenberg, A. J. (2007). Units coordination and the construction of improper fractions: A revision of the splitting hypothesis. *The Journal of Mathematical Behavior*, 26(1), 27-47.
- Hodgen, J., Küchemann, D., Brown, M., & Coe, R. (2010). Lower secondary school students' knowledge of fractions. *Research in Mathematics Education*, 12(1), 75-76.
- Janvier, C. (1987). Translation processes in mathematics education. In C. Janvier (Ed.), *Problems of representation in the teaching and learning of mathematics* (pp. 27-32). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Jiang, C., & Chua, B. L. (2010). Strategies for solving three fraction-related word problems on Speed: a Comparative study between Chinese and Singaporean students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(1), 73-96.
- Lo, J-J. (1993). Conceptual bases of young children's solution strategies of missing value proportional tasks. In *Proceedings of the Seventeenth International Conference of Psychology of Mathematics Education: PME XVII, July 16-23* (pp. 162-177). Tsukuba, Japan: University of Tsukuba.
- Olive, J., & Vomvoridi, E. (2006). Making sense of instruction on fractions when a student lacks necessary fractional schemes: The case of Tim. *Journal of Mathematical Behavior*, 25(1), 18-45.
- Sedig, K., & Sumner, M. (2006). Characterizing interaction with visual mathematical representations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 11(2), 1-55.
- Sfard, A. (1991). On the dual nature of mathematical conceptions: Reflections on processes and objects as different sides of the same coin. *Educational Studies in Mathematics*, 22(1), 1-36.
- Squires, D., & McDougall, A. (1994). *Choosing and using educational software: A teacher's guide*. London: The Falmer Press.
- Streefland, L. (1991). *Fractions in realistic mathematics education: A paradigm of developmental research*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

Συγχρονες Τάσεις της Έρευνας για το Εκπαιδευτικό Υλικό που Αναμορφώνει και Βελτιώνει τις Γνώσεις και τις Πεποιθήσεις των Εκπαιδευτικών Β'θμιας Εκπαίδευσης για την Έννοια της Παράγωγης Συνάρτησης

Ευγένιος Αυγερινός¹ & Λουίζα Θεμιστοκλέους²

^{1&2} Εργαστήριο Μαθηματικών Διδακτικής και Πολυμέσων
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Αιγαίου

¹eavger@aegean.gr - ²louizathemistokleous@gmail.com

Research in Collegiate Mathematics Education IV, 8, 103-127

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κυρίαρχος σκοπός της διδασκαλίας των μαθηματικών είναι να μεταδώσει την μάθηση των μαθηματικών, με τους μαθητές και τους καθηγητές να διαδραματίζουν διάφορους ρόλους για την επίτευξη της ιδανικής μάθησης. Τι γίνεται όμως στην περίπτωση που η διδασκαλία δεν περιορίζεται σε απλές αλγοριθμικές μεθόδους της πρόσθεσης και της αφαίρεσης αριθμών αλλά ασχολείται με έννοιες της Ανάλυσης όπως αυτή της παραγώγου μια συνάρτησης, της ολοκλήρωσης ή του ορίου;

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: εκπαιδευτικό υλικό, πεποιθήσεις, παράγωγη συνάρτηση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η έννοια της παραγώγου χρησιμοποιείται για να εξηγήσει μια πληθώρα εννοιών όπως αυτή της κλίσης της εφαπτομένης, της ταχύτητας και της επιτάχυνσης στην φυσική, του ρυθμού αντίδρασης στην χημεία, των οριακών κερδών και εξόδων στα οικονομικά, αλλά και σε πολλές άλλες περιπτώσεις. Πολλά σχολικά εγχειρίδια αποτυγχάνουν να αναδείξουν την «γοητεία» της μαθηματικής δημιουργίας. Παρατηρείται ότι για την έννοια της παράγωγης (συνάρτησης) μιας συνάρτησης δίδεται τους μαθητές μια σειρά ασκήσεων που έχουν ως σκοπό την απομνημόνευση της διαδικασίας παραγωγίσης με τους γνωστούς κανόνες. Ως αποτέλεσμα οι μαθητές δεν μπορούν να αντιληφθούν την σπουδαιότητα της έννοιας της παραγώγου συνάρτησης και της εφαρμογής τους στην καθημερινότητα. Σύμφωνα με τους Schoenfeld *et al* (1990) οι μαθητές αποκτούν την

ικανότητα να βρίσκουν την παράγωγο μια συνάρτησης ως ένα κανόνα, χωρίς να μελετούν την έννοιά της.

Ακόμα, σύμφωνα με τους ερευνητές, οι πρωτοετείς φοιτητές μαθηματικών σε ανάλογα τεστ έχουν μεγάλη αποτυχία (Naidoo & Naidoo, 2007). Στο πλαίσιο αυτό, οι Padayachee, Boshoff, Olivier, και Harding (2011) από την εμπειρία τους επιβεβαιώνουν ότι οι περισσότεροι φοιτητές δεν είναι καθόλου προετοιμασμένοι στα μαθηματικά και πολλές φορές δεν έχουν ούτε τις στοιχειώδεις γνώσεις. Επιπρόσθετα, βιβλιογραφικά επισημαίνεται ότι ακόμη και οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί πολύ συχνά δεν κατέχουν με άνεση αυτές τις θεμελιώδεις μαθηματικές γνώσεις. Σήμερα η σύγχρονη τάση στην έρευνα αποσκοπεί στην διερεύνηση των πεποιθήσεων των εκπαιδευτικών μετά την χορήγηση φύλλων εργασιών και οπτικού υλικού με τη χρήση του καταλληλών εκπαιδευτικών λογισμικών κυρίως δυναμικής γεωμετρίας (λ.χ. GeoGebra, Scetchpad, Cinderella, Cassiopia, Euclidraw κλπ).

Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Σύμφωνα με τους Borko και Putnam(1996) οι γνώσεις των εκπαιδευτικών είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τις πρακτικές τους στην τάξη. Επίσης οι Hill, Rowan, και Ball (2005), σε έρευνά τους είχαν δείξει πως η επιτυχία των μαθητών συνδέεται άμεσα με τις γνώσεις των καθηγητών τους. Παρόλ'αυτά η βιβλιογραφία επισημαίνει ότι πολύ συχνά οι εκπαιδευτικοί δεν έχουν τις θεμελιώδεις μαθηματικές γνώσεις (Ma, 1999). Οι δυσκολίες των εκπαιδευτικών στο να κατανοήσουν και να εξηγήσουν κάποιες έννοιες πιθανόν να οφείλονται στις εμπειρίες τους από το σχολείο με αποτέλεσμα να θέτουν κάποια φράγματα στην προσπάθειά τους να μεταδώσουν τις γνώσεις τους στους μαθητές. Θα μπορούσε κάποιος να εισηγηθεί ότι ένας τρόπος ενδυνάμωσης των γνώσεων των εκπαιδευτικών είναι η καλή προετοιμασία. Στο πλαίσιο αυτό, οι Philipp et al. (2007) πρότειναν την εμπλοκή των πρωτοδιοριζόμενων εκπαιδευτικών σε μαθηματικές έννοιες και παιδαγωγικές πρακτικές, δίνοντας τους έτσι την ευκαιρία να διερευνήσουν την μαθηματική σκέψη των μαθητών. Ο Carpenter και οι συνεργάτες του (Carpenter & Fennema, 1992; Carpenter et al. (1999) τόνισαν την σημασία της εμπλοκής των πρωτοδιοριστων εκπαιδευτικών στην διερεύνηση της σκέψης των μαθητών, αφού σύμφωνα με τα ευρήματά τους οι εκπαιδευτικοί που ανέλυναν συχνά την σκέψη των μαθητών μπορούσαν να πάρουν πιο σωστές αποφάσεις σχετικά με την διδασκαλία.

Η μελέτη των εννοιών της ανάλυσης, με κύριες έννοιες αυτές του ορίου συνάρτησης σε ένα σημείο, της παραγώγου συνάρτησης και της ολοκλήρωσης προϋποθέτει την ικανότητα να κατανοείς αλγεβρικές μεταβλητές ως γενικευμένους αριθμούς και ως μεταβλητές ποσότητες μιας συνάρτησης (Gray, Loud, & Sokolowski, 2009). Οι Gray et al. (2009) εισηγούνται ότι «η διδασκαλία της ανάλυσης θα πρέπει να δίνει έμφαση στις διαφορετικές χρήσεις των μεταβλητών σε διάφορα πλαίσια με στόχο να αναπτύξει την κατανόηση των μαθητών στις μεταβλητές, καθώς μεταβάλλει ποσότητες» (σελ.71).

Η έρευνα γύρω από την κατανόηση της ανάλυσης ανέδειξε ένα ενιαίο φάσμα εννοιών που προκαλούν προβλήματα στους μαθητές (White και Mitchelmore, 1996). Ο Tall(1993) δήλωσε ότι: « η σημειογραφία (notation) του Leibniz είναι απαραίτητη στην ανάλυση (σελ.19)”. Ακόμα, όπως αναφέρει μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στους μαθητές αν αναπαριστά ένα κλάσμα ή ένα απλό σύμβολο (Tall, 1993). Επεξηγεί ακόμα ότι μια δυσκολία με τον συμβολισμό του κανόνα της αλυσίδας (chain rule) είναι το δίλημμα εάν το du στην εξίσωση $(dy/du) \cdot (du/dx)$ μπορεί να απλοποιηθεί. Τα ευρήματα άλλων ερευνών δείχνουν ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν την έννοια της παραγώγου (Orton, 1983). Οι δυσκολίες των μαθητών με τις παραγώγους είναι ακόμα περισσότερες όταν τους δίνονται σύνθετες συναρτήσεις που προϋποθέτουν την χρήση του κανόνα της αλυσίδας (Tall, 1993). Αυτό υποδηλώνει ότι οι καθηγητές θα πρέπει να κάνουν τις δραστηριότητες με τρόπο που επιτρέπει στους μαθητές να ψάχνουν νόημα καθώς μελετούν τις έννοιες της παραγώγου συνάρτησης. Οι White και Mitchelmore (1996) δηλώνουν ότι «η αναγνώριση των σχέσεων προϋποθέτει την εγκαθίδριση κάποιων αλγεβρικών σχέσεων ανάμεσα σε μεταβλητές ή την επιλογή κάποιων εννοιών της ανάλυσης που περικλύονται στις μεταβλητές (όπως είναι οι παραγώγοι συνάρτησης) και οι αναπαράστασεις τους σε συμβολική μορφή».

Οι Luneta και Makonye(2010) δήλωσαν ότι «η επίδοση των μαθητών στην ανάλυση υποσκάπτεται από ελλείψεις στις βασικές αλγεβρικές ικανότητες της παραγοντοποίησης, στην επεξεργασία των πράξεων με αριθμούς, στην επίλυση εξισώσεων και στην φτωχή κατανόηση των δυνάμεων» (p.167). Το γεγονός αυτό εισηγείται ότι οι καθηγητές θα πρέπει να δίνουν δοκίμια που να εξετάζουν τις βασικές γνώσεις για να αναγνωρίσουν το επίπεδο αλγεβρικής σκέψης των μαθητών και την κατοχή βασικής γνώσης αλγεβρικών εννοιών. Οι White και Mitchelmore(1996) βεβαιώνουν ότι μια από τις πιο βασικές δυσκολίες στην μελέτη της άλγεβρας επικεντρώνεται στο πόσο καλά κατανοούν οι μαθητές την σημασία των μεταβλητών. Σύμφωνα με τους ίδιους, οι καθηγητές τείνουν να παραλείπουν έννοιες των μεταβλητών στην διδασκαλία της άλγεβρας και επικεντρώνονται σε κανόνες χωρίς να δίνουν έμφαση στην σημασία τους. Συνεπώς η αλγεβρική ανικανότητα έχει άμεση επίδραση στην μελέτη της ανάλυσης. Ακόμα, θα μπορούσε κάποιος να εισηγηθεί ότι οι καθηγητές πανεπιστημίου θα πρέπει να είναι ενημερωμένοι για τα εκπαιδευτικά υπόβαθρα των πρωτοετών φοιτητών έτσι ώστε να σχεδιάζουν δραστηριότητες που θα καλύπτουν κενά που πιθανόν να υπάρχουν μεταξύ πρωτοετών και νεοεισερχόμενων φοιτητών.

Ανάμεσα σε άλλες έννοιες, η παράγωγος συνάρτησης θεωρείται μια δύσκολη έννοια λόγω της πολυπλοκότητας του ορισμού της. Οι έρευνες για την παράγωγο σε ένα σημείο επικεντρώνονται στην σκέψη-άποψη των μαθητών για την διαφορά πηλίκου στην αλγεβρική και γραφική του μορφή, το όριο του πηλίκου και της εφαπτομένης ευθείας την καμπύλης. Αυτές οι έρευνες έδειξαν ότι οι παρανοήσεις των μαθητών για το όριο (π.χ. 0.9999999 ποτέ δεν παίρνει την τιμή 1) (Tall και Vinner, 1981) είναι στενά συνδεδεμένες με την σκέψη τους για την έννοια της γραμμικότητας και της ευθείας γραμμής (π.χ. ότι οι τέμνουσες ευθείες ποτέ δεν φτάνουν την εφαπτομένη ευθεία), που είναι η βάση της γραφικής ερμηνείας της παραγώγου. Οι έρευνες για την παράγωγο συνάρτηση έχουν

επικεντρωθεί στην μεταβολή μιας συνάρτησης (Thompson, 1994). Για παράδειγμα οι Oehrtman et al.(2008) σχολίασαν ότι : «η παράγωγος συνάρτησης του όγκου μιας σφαίρας ως προς την ακτίνα της είναι το εμβαδόν της επιφάνειάς της, αλλά η παράγωγος του όγκου ενός κύβου ως προς τις πλευρές του δεν είναι το εμβαδόν της επιφάνειάς του» (σελ.154). Είναι αποδεκτό ότι η θεωρία της εννοιολογικής αλλαγής μπορεί να ερμηνεύσει ορισμένες από τις παρανοήσεις που εμφανίζουν οι μαθητές όταν μεταβαίνουν από την έννοια της εφαπτομένης ευθείας του κύκλου και των κωνικών τομών στην εφαπτομένη ευθεία μιας οποιασδήποτε καμπύλης. Οι ιδέες που σχετίζονται με την έννοια της εφαπτομένης ευθείας κύκλου είναι προϋποθέσεις που δρουν ως εμπόδια στη διεργασία της απόκτησης πλήρους και επαρκούς γνώσης της έννοιας της εφαπτομένης ευθείας γραφικής παράστασης.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Πολλές έρευνες εξέτασαν την επίδραση της χρήσης της τεχνολογίας στην μαθηματική επίδοση, στις στάσεις και στην κατανόηση των μαθηματικών εννοιών. (e.g., Adams, 1997; Quesada & Maxwell, 1994; Weber, 1998). Στο πλαίσιο αυτό ο Tall(2012) ισχυρίστηκε ότι το λογισμικό GeoGebra ενδυναμώνει την ανθρώπινη διαίσθηση και δρα έτσι ώστε να αποδώσει τις συμβολικές πράξεις.

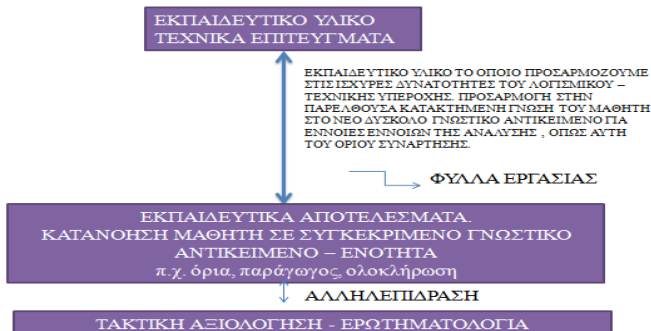
Το GeoGebra είναι ένα λογισμικό που προσφέρεται δωρεάν και είναι χρήσιμο για την διδασκαλία των μαθηματικών στην γεωμετρία, στην άλγεβρα και στην ανάλυση. Σύγχρονες έρευνες έδειξαν ότι αυτό το λογισμικό βοηθά θετικά τους μαθητές στην αυτοδιερεύνηση γεωμετρικών θεωρημάτων και στην κατανόηση των γεωμετρικών μετασχηματισμών (Abumosa 2008, Saha et al. 2010), καθώς επίσης και στην διδασκαλία της παράγωγης συνάρτησης με σκοπό την επίτευξη της ουσιαστικής κατανόησής της.

Παρόλ 'αυτά δεν μπορεί κάποιος γενικά και αόριστα με ένα εκπαιδευτικό λογισμικό όσο επίκαιρο – σύγχρονο και τέλειο γενικά να είναι, αυτομάτως να το χρησιμοποιήσει στην εκπαιδευτική διαδικασία. Για παράδειγμα το λογισμικό Mathematica που είναι ένα ανώτατο λογισμικό έχει εντολές με στοιχεία φύλλων εργασίας αλλά είναι πολύ δύσκολο να γίνει ο χειρισμός του σε επίπεδο β'θμιας ή/και πρώτης κολεγιακής βαθμίδας. Ωστόσο τα άλλα σύγχρονα λογισμικά όπως το GeoGebra, Scetchpad, Cinderella, Cassiopia, Euclidraw κλπ δεν έχουν στη λογική τους να θετούν τέτοιες αυτούσιες διαδικασίες. Έτσι, γέφυρα ανάμεσα στην διδακτική πράξη και την αποτελεσματική εφαρμογή κάποιου λογισμικού υλικού ήταν και ενδεχομένως να είναι πάντοτε ο ρόλος του εκπαιδευτικού.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Οι σύγχρονες τάσεις έρευνας λοιπόν είναι να προτρέψουν και να διερευνούν κατά πόσο η εμπλοκή των εκπαιδευτικών με φύλλα εργασίας και οπτικό υλικό με χρήση ευρέως διαδεδομένων εκπαιδευτικών λογισμικών δυναμικής γεωμετρίας , όπως τα ανωτέρω, μπορεί να βελτιώσει τις πεποιθήσεις τους γύρω από την έννοια της παράγωγης συνάρτησης.

Αυτή η δραστηριότητα στοχεύει στο να εισάγει τους εκπαιδευτικούς στην έννοια της παραγώγου συνάρτησης σε σημείο χ_0 μέσω της γεωμετρικής αναπαράστασης της εφαπτομένης ευθείας της γραφικής παράστασης της συνάρτησης στο σημείο $(\chi_0, f(\chi_0))$.



ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Συμπερασματικά, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι το εκπαιδευτικό υλικό θα πρέπει να προσαρμόζεται στις ισχυρές δυνατότητες του λογισμικού - τεχνικής υπεροχής, και θα πρέπει να γίνεται προσαρμογή στην παρελθούσα κατεκτημένη γνώση του μαθητή στο νέο δύσκολο γνωστικό αντικείμενο για έννοιες της ανάλυσης, όπως αυτής του ορίου συνάρτησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adams, T. (1997). Addressing students' difficulties with the concept of function: applying graphing calculators and a model of conceptual change. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 19(2), 43–57.
- Borko, H., & Putnam, R. T. (1996). Learning to teach. In R. Calfee & D. Berliner (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 673–725). New York: Macmillan.
- Carpenter, T., Fennema, E., Franke, M. L., Levi, L., & Empson, S. B. (1999). *Children's mathematics: Cognitively guided instruction*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Carpenter, T. P., & Fennema, E. (1992). Cognitively guided instruction: Building on the knowledge of students and teachers. In W. Secada (Ed.), *Curriculum reform: The case of mathematics education in the United States*. Special issue of *International Journal of Educational Research* (pp. 457–470). Elmsford, NY: Pergamon.
- Gray, S. S., Loud, B. J., & Sokolowski, C. P. (2009). Calculus students' use and interpretation of variables; algebraic vs. arithmetic thinking. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 9(2), 59–72.
- Hill, H.C. (2010). The nature and predictors of elementary teachers' Mathematical Knowledge for Teaching. *Journal for Research in Mathematics Education*, 41 (5), 513- 545

- Hill, H.C., Rowan, B., & Ball, D.L. (2005). Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal*, 42, 371- 406.
- Ma, L. (1999). *Knowing and teaching elementary mathematics: Teachers' understanding of fundamental mathematics in China and the United States*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Naidoo, K., & Naidoo, R. (2007). First year students understanding of elementary concepts in differential calculus in a computer laboratory teaching environment. *Journal of College Teaching & Learning*, 4(9), 99–114.
- Luneta, K. & Makonye, P.J. (2010). Learner Errors and Misconceptions in Elementary Analysis: A Case Study of a Grade 12 Class in South Africa. *Acta Didactica Napocensia*, 3(3), 36-46.
- Oehrtman MC, Carlson MP, Thompson PW.(2008) Foundational reasoning ability that promote coherence in students' function understanding. In: Carlson MP, Rasmussen C, editors. *Making the connection: research and practice in undergraduate mathematics*, (p. 150–171).Washington, DC: Mathematical Association of America
- Orton, A. (1983). Students' understanding of differentiation. *Educational Studies in Mathematics*, 14(3), 235–250
- Padayachee P, Boshoff M, Olivier W & Harding A 2011. A blended learning Grade 12 intervention using DVD technology to enhance the teaching and learning of mathematics. *Pythagoras*, 32(1), 8
- Philipp, R., Ambrose, R., Lamb, L., Sowder, J., Schappelle, B., Sowder, L., et al. (2007). Effects of early field experiences on the mathematical content knowledge and beliefs of prospective elementary school teachers: An experimental study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38(5), 438–476.
- Quesada, A. R., & Maxwell, M. E. (1994). The effects of using graphing calculators to enhance college students' performance in precalculus. *Educational Studies in Mathematics*, 27, 205–215.
- Schoenfeld, A., H. and Smith, J. and Arcavi, A.(1990). Learning the microgenetic analysis of one understanding of a complex subject matter domain. *Advances in Instructional Psychology*, 4, p:55-75
- Tall, D. (1993). Students' difficulties in calculus. In *Proceedings of working group 3 on students' difficulties in calculus, ICME-7 Quebec, Canada*, (pp. 13–28).
- Tall D, & Vinner S.(1981) Concept image and concept definition in mathematics with particular reference to limits and continuity. *Educ Stud Math*, 12(2):151–169.
- Thompson P. (1994). Images of rate and operational understanding of the fundamental theorem of calculus. *Educ Stud Math*.26(2/3):229–274.
- White, P., & Mitchelmore, M. (1996). Conceptual knowledge in introductory calculus. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27(1), 79–95.

Για Ένα Ψηφιακό Σύστημα Διαχείρισης Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά με τη Χρήση Νέων Τεχνολογιών

Ευγένιος Αυγερινός¹ και Αθανάσιος Καραγεωργιάδης²

Εργαστήριο Μαθηματικών Διδακτικής και Πολυμέσων-ΠΤΔΕ
Πανεπιστήμιο Αιγαίου- Λ Δημοκρατίας 1, 85100, Ρόδος

¹ Καθηγητής, eavger@aegean.gr, ² Υποψ. Δρ. akarageorgiadis@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Παρόλο που οι Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και οι Νέες Τεχνολογίες έχουν σχεδόν ενσωματωθεί και χρησιμοποιούνται εδώ και αρκετά χρόνια στην εκπαιδευτική διαδικασία, ωστόσο ο ρόλος και η συμμετοχή τους σ' αυτήν παραμένει μέχρι και σήμερα σχεδόν δυσδιάκριτος. Η παρούσα εργασία πραγματεύεται τις λειτουργίες και τα χαρακτηριστικά ενός συστήματος μάθησης με το οποίο είναι εφικτή η κεντρική διαχείριση εκπαιδευτικού υλικού, σε έντυπη και ηλεκτρονική μορφή, το οποίο έχει επίσης την δυνατότητα να προσαρμοστεί και να εστιάσει στις ιδιαίτερες ανάγκες του κάθε μαθητή ξεχωριστά. Η δομή που έχει αυτό το σύστημα μάθησης κάνει εφικτή την ενσωμάτωση Νέων Τεχνολογιών, οι οποίες μπορούν να συμβάλλουν στην ανάδυση και κάλυψη των κενών μάθησης στα Μαθηματικά που έχει ο μαθητής. Η χρήση των τεχνολογιών αυτών μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα στην υποστήριξη της διδασκαλίας και αξιολόγησης του μαθητή.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ψηφιακό σύστημα διαχείρισης, εκπαιδευτικό υλικό, Μαθηματικά, Νέες Τεχνολογίες, Τεχνητά Νευρωνικά δίκτυα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ελλάδα τα τελευταία χρόνια έχει εντείνει τις προσπάθειές της να αναμορφώσει το εκπαιδευτικό της σύστημα για την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια κυρίως εκπαίδευση. Το «Νέο Σχολείο» αποτελεί μέρος της προσπάθειας αυτής. Οι άμεσες οριζόντιες δράσεις του «Νέου Σχολείου» στηρίζονται στις νέες τεχνολογίες, οι οποίες αποτελούν το βασικό εργαλείο στην εξυπηρέτηση των στόχων του. Στις καινοτομίες που προτείνει το «Νέο Σχολείο» συμπεριλαμβάνονται η τσάντα στο σχολείο, καθώς και η ψηφιακή αναβάθμιση. Όπως γίνεται εμφανές, η χρήση κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού, σε έντυπη ή ψηφιακή μορφή, μπορεί να συμβάλει στην δημιουργική μάθηση του μαθητή, καθώς και στην αναβάθμιση του εκπαιδευτικού συστήματος της Ελλάδας.

Το σύστημα διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού που προτείνεται από την παρούσα εργασία καλύπτει όλο το φάσμα της ψηφιακής αναβάθμισης του «Νέου Σχολείου», δηλαδή την αναβάθμιση των παρεχόμενων εκπαιδευτικών υπηρεσιών, την αναβάθμιση της εκπαιδευτικής βαθμίδας και την αναβάθμιση της υποδομής του εκπαιδευτικού συστήματος. Τονίζεται ότι η προτεινόμενη αναβάθμιση της υποδομής είναι πολύ μικρού βαθμού και μπορεί εύκολα να υλοποιηθεί με την χρήση της υφιστάμενης υποδομής του πανελληνίου σχολικού δικτύου. Μεγαλύτερες αλλαγές απαιτούνται για την «Τράπεζα εκπαιδευτικού υλικού» που αποτελεί υποσύστημα και χρησιμοποιεί το προτεινόμενο σύστημα, οι οποίες όμως κατά μεγάλο βαθμό αφορούν αλλαγές που πρέπει να γίνουν στον βασικό κορμό (backend) του πανελληνίου σχολικού δικτύου, κάτι που είναι αναμενόμενο και επιπρόσθετα δεν επηρεάζει τις υπόλοιπες παρεχόμενες υπηρεσίες του πανελληνίου σχολικού δικτύου.

Έτσι, με μικρό κόστος και χρησιμοποιώντας την υπάρχουσα υλικοτεχνική υποδομή μπορεί να γίνει εφαρμογή του ψηφιακού συστήματος διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία, το οποίο είναι εστιασμένο στα Μαθηματικά και χρησιμοποιεί Νέες Τεχνολογίες. Σημειώνεται ότι το προτεινόμενο ψηφιακό σύστημα διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού μπορεί να τροποποιηθεί και να χρησιμοποιηθεί σε άλλα μαθήματα.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Παράλληλα με την προσπάθεια της Ελλάδας για την αναμόρφωση της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης είναι οι προσπάθειες όλων των χωρών, ιδιαίτερη είναι η προσπάθεια των ΗΠΑ. Η προσπάθεια αυτή έχει την ονομασία Common Core State Standards, έχει γίνει αποδεκτή από τη συντριπτική πλειοψηφία των Πολιτειών των ΗΠΑ (Porter, McMaken, Hwang, & Yang, 2011) και χρηματοδοτείται με 2 δις δολάρια από το χρηματοδοτικό πρόγραμμα Race to the top, το οποίο είναι το βασικό πρόγραμμα για την οικονομική ανάκαμψη των ΗΠΑ (Rabe, 2006). Η δράση αυτή μπήκε σε εφαρμογή το 2013 και ήδη γίνονται οι πρώτες προσπάθειες εφαρμογής της (Αυγερινός και Καραγεωργιάδης 2013, 2014). Γίνεται αναφορά σε αυτή την προσπάθεια, γιατί εστιάζεται μόνο στα μαθήματα των Μαθηματικών και της Γλώσσας. Οι βασικοί άξονες της προσπάθειας των ΗΠΑ είναι τα Μαθηματικά, η αξιολόγηση στα Μαθηματικά και οι Νέες Τεχνολογίες. Φυσικά και άλλες χώρες στηρίζουν την διαρκή αξιολόγηση και αναμόρφωση του εκπαιδευτικού τους συστήματος στα Μαθηματικά και τις Νέες Τεχνολογίες, όπως ο Καναδάς και η Σιγκαπούρη, οι οποίες δίνουν ανάλογη βαρύτητα με αυτή των ΗΠΑ στο δικό τους εγχείρημα.

Αν και υπάρχουν συστήματα διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού, δεν καλύπτουν τις απαιτήσεις που έχουν θέσει διάφορες χώρες, σε αυτές και η Ελλάδα, για την αναμόρφωση του εκπαιδευτικού τους συστήματος. Τα συστήματα αυτά εν μέρει αξιοποιούν τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, είναι διαθέσιμα στους μαθητές κυρίως μέσω διαδικτύου και εστιάζουν συνήθως στο να χρησιμοποιηθούν στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Τέτοια είναι το Blackboard, το WebCT, το eClass και άλλα (Papadakis, Xenos & Mitsou, 2005). Υπάρχουν όμως και δωρεάν συστήματα διαχείρισης

εκπαιδευτικού υλικού, όπως το Moodle. Επίσης και συστήματα διαχείρισης περιεχομένου CMS, όπως το Joomla, Wordpress και Drupal, μπορούν με την κατάλληλη διαμόρφωση και χρήση κατάλληλων πρόσθετων να χρησιμοποιηθούν ως αποθετήρια για την διανομή εκπαιδευτικού υλικού στους μαθητές.

Μερικά από τα χαρακτηριστικά των συστημάτων αυτών είναι ότι με την χρήση τους είναι εφικτή η παροχή ασύγχρονης εκπαίδευσης και σε συνδυασμό με άλλα εργαλεία, όπως εργαλεία τηλεδιάσκεψης, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και άλλα, είναι δυνατή η προσφορά μαθημάτων eLearning. Ο βασικότερος όμως ρόλος τους και ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιούνται από τα περισσότερα τριτοβάθμια εκπαιδευτικά ιδρύματα είναι κυρίως για την διανομή εκπαιδευτικού υλικού σε συγκεκριμένες ομάδες φοιτητών που παρακολουθούν συγκεκριμένα μαθήματα συγκεκριμένων καθηγητών. Συνοψίζοντας, στην ουσία δεν είναι συστήματα διαχείρισης και δεν είναι καθόλου έξυπνα, καθώς απλά υλοποιούν την παραδοσιακή προσέγγιση του αποθετηρίου εκπαιδευτικού υλικού. Στην ουσία είναι ένας ιστότοπος στον οποίο ο καθηγητής αποθέτει εργασίες και σημειώσεις και μπορεί εύκολα ο μαθητής να τα κατεβάσει, όπως επίσης και να ανεβάσει τις τυχόν εργασίες του. Δηλαδή υλοποιούν την προσέγγιση «απλά ανάρτησέ τα στο ίντερνετ» (just put it on the Web). Δεν έχουν καμιά δυνατότητα να προσαρμοστούν στις ιδιαίτερες ανάγκες του κάθε μαθητή ξεχωριστά, δεν έχουν καμιά δυνατότητα ανάλυσης δεδομένων από την χρήση του εκπαιδευτικού υλικού που έχουν αναρτημένα, δεν χρησιμοποιούν καμιά από τις νέες τεχνολογίες και καταλήγοντας δεν είναι καθόλου έξυπνα.

Το πανελλήνιο σχολικό δίκτυο και συγκεκριμένα το myschool έχει συνάψει συμφωνία με το πολύ γνωστό και πετυχημένο eClass και το αποτέλεσμα ακούει στο όνομα Ηλεκτρονική Σχολική Τάξη «η-τάξη». Το eClass είναι πολύ γνωστό σύστημα στον χώρο των Ελληνικών πανεπιστημίων για την ανάρτηση βαθμολογίας και εκπαιδευτικού υλικού. Δυστυχώς όμως είναι ένα πολύ ακριβό εγχείρημα, το οποίο σε καμιά περίπτωση δεν μπορεί να διαχειριστεί εκπαιδευτικό υλικό, καθώς σχεδιάστηκε σαν αποθετήριο εκπαιδευτικού υλικού και όχι σαν ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού.

Εκτός όμως από την Ηλεκτρονική Σχολική Τάξη «η-τάξη», αξιοσημείωτη είναι και η προσπάθεια «Φωτόδεντρο Μαθησιακά Αντικείμενα», η οποία υλοποιείται από το ΙΤΥΕ «Διόφαντος». Όπως αναφέρουν οι Μεγαλου και Kaklamanis (2014), το Φωτόδεντρο αποτελεί το Ελληνικό Εθνικό αποθετήριο Μαθησιακών αντικειμένων. Σαν Μαθησιακά αντικείμενα χαρακτηρίζονται τόσο το εκπαιδευτικό υλικό, ανεξάρτητα από την μορφή που έχει, καθώς και εκπαιδευτικά βοηθήματα, όπως εικόνες, ήχοι, βίντεο, γραφήματα, διαγράμματα και άλλα. Το «Φωτόδεντρο» είναι μια αξιόλογη προσπάθεια, και αποτελεί ένα από τα πρώτα Ελληνικά συστήματα ψηφιακού αποθετηρίου, είναι μεταφορά του γνωστού συστήματος DSpace, το οποίο είναι ένα δυναμικό ψηφιακό αποθετήριο ανοιχτού κώδικα στα ελληνικά δεδομένα (Μεγαλου & Kaklamanis, 2014). Το σύστημα DSpace αναπτύχθηκε από την συνεργασία της εταιρίας Hewlett-Packard και των βιβλιοθηκών του πανεπιστημίου της Μασαχουσέτης MIT. Σκοπός του συστήματος αυτού είναι να λειτουργεί σαν ένα ψηφιακό αποθετήριο για το ψηφιακό εκπαιδευτικό και ερευνητικό υλικό που παράγεται από έναν οργανισμό ή ένα εκπαιδευτικό ίδρυμα (Tansley κ.α., 2003)

και ήδη το χρησιμοποιούν περισσότεροι από 1000 οργανισμούς σε όλο τον κόσμο. Σε αντίθεση με τα συστήματα διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού που αναφέρθηκαν παραπάνω, το Φωτόδεντρο είναι εστιασμένο στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, έχει σχεδιαστεί για τα Ελληνικά δεδομένα, περιέχει μεγάλο όγκο αποθηκευμένου εκπαιδευτικού υλικού για πολλά μαθήματα, το υλικό αυτό ελέγχεται και για την χρήση του εκπαιδευτικού υλικού χρησιμοποιούν απλά μεταδεδομένα, τα οποία τα συντάσσουν ή τα αντλούν από άλλα αποθετήρια μέλη της ομάδας ανάπτυξης του Φωτόδεντρου (Megalou & Kaklamanis, 2014). Η πολύ σημαντική και αξιολογία αυτή προσπάθεια, το Φωτόδεντρο, όμως σε αυτή τη φάση παραμένει ένα αποθετήριο εκπαιδευτικού υλικού, το οποίο δεν έχει την δυνατότητα να προσαρμοστεί στις ιδιαίτερες ανάγκες του κάθε μαθητή και του κάθε δασκάλου ξεχωριστά, και μέχρι στιγμής δεν χρησιμοποιεί κάποιες από τις Νέες Τεχνολογίες που θα του επέτρεπε να μπορεί αυτόματα να αναδιοργανώνει και να συντηρεί την βάση δεδομένων στην οποία είναι αποθηκευμένο όλο το εκπαιδευτικό υλικό ανάλογα με την χρήση του, τα σχόλια χρηστών που το χρησιμοποιούσαν, την προσθήκη νέου εκπαιδευτικού υλικού και άλλα, καθώς επίσης δεν παρέχει την δυνατότητα στους χρήστες να επικοινωνήσουν και να συνεργαστούν μεταξύ τους. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι η ομάδα ανάπτυξης του Φωτόδεντρου έχει προαναγγείλει την δημιουργία εκπαιδευτικής πλατφόρμας με την ονομασία “E-ME”, η οποία θα συνδεθεί με το Φωτόδεντρο και θα του δώσει αυξημένη λειτουργικότητα και ευελιξία.

ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Πρέπει να σημειωθεί ότι η τεχνολογία έχει εξελιχθεί σε τόσο μεγάλο βαθμό που τεχνολογίες όπως το διαδίκτυο, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, η τηλεδιάσκεψη, η απόσταση εκπαίδευση τείνουν να μην θεωρούνται πλέον νέες τεχνολογίες, αλλά παραδοσιακές και «κλασικές» τεχνολογίες. Πλέον νέες τεχνολογίες τείνουν να θεωρούνται τεχνολογίες που σε καποιον βαθμο εμπλεκουν επιστημονικα πεδια όπως η τεχνητή νοημοσύνη, τα νευρωνικά δίκτυα, η εξόρυξη δεδομένων, η «μεγάλη» ή σε βάθος ανάλυση δεδομένων και η γνωσιακή υπολογιστική με τον αγγλικό όρο «cognitive computing» (βλεπε βιβλιογραφια μετα το 2013). Η γνωσιακή υπολογιστική είναι μια νέα πολλά υποσχόμενη τεχνολογία της IBM με καταπληκτικά αποτελέσματα. Απλά αναφέρεται ότι εφαρμόζεται στον υπερυπολογιστή της Watson, ο οποίος μεταξύ άλλων έχει την δυνατότητα να διαγνώσει την ασθένεια ενός αρρώστου και να προτείνει ιατρική αγωγή απλά «διαβάζοντας» τις ιατρικές του εξετάσεις (Modha κ.α., 2011). Τα αποτελέσματα από την χρήση αυτών των τεχνολογιών για εμπορικούς κυρίως σκοπούς είναι πολύ θετικά και αποτελούν μια πρώτη ένδειξη ότι η χρήση τους για εκπαιδευτικούς σκοπούς μπορεί να έχει σημαντικά οφέλη.

ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΙΜΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Εκτός όμως από τα απλά εκπαιδευτικά συστήματα διανομής εκπαιδευτικού υλικού, υπάρχουν και συστήματα τα οποία χαρακτηρίζονται προσαρμόσιμα και μερικώς έξυπνα. Χαρακτηρίζονται προσαρμόσιμα, καθώς έχουν την δυνατότητα να προσαρμοστούν στις

ανάγκες του κάθε μαθητή ξεχωριστά και μερικώς έξυπνα, καθώς εφαρμόζουν κάποιες από τις Νέες Τεχνολογίες που αναφέρθηκαν παραπάνω ως ένα βαθμό. Τέτοια συστήματα είναι το ELM-ART, CALAT, KBS-HYPERBOOK, SIETTE και άλλα (Brusilovsky, 1999; Weber, & Brusilovsky, 2001). Τα συστήματα αυτά που χαρακτηρίζονται προσαρμόσιμα και μερικώς έξυπνα εκπαιδευτικά συστήματα επικεντρώνονται κυρίως στην διδασκαλία άνευ διδασκάλου, δεν είναι αρκετά ώριμα ώστε να χρησιμοποιηθούν σε πραγματικές συνθήκες για διδασκαλία στην τάξη, στηρίζονται σε μοντέλα προσομοίωσης της γνωσιακής κατάστασης του μαθητή, τα οποία τις περισσότερες φορές είναι πολύπλοκα, δεν είναι σαφώς ορισμένα και δεν έχουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Τα συστήματα αυτά, αν και χρησιμοποιούν Νέες τεχνολογίες, όπως η εξόρυξη δεδομένων, η τεχνητή νοημοσύνη, η ανάλυση δεδομένων και άλλες, δεν τις χρησιμοποιούν επαρκώς με αποτέλεσμα να μην είναι αποτελεσματικά και για το λόγο αυτό το ενδιαφέρον για την χρήση τέτοιων συστημάτων είναι περιορισμένο.

Τα προσαρμόσιμα εκπαιδευτικά συστήματα χωρίζονται κυρίως σε πέντε κατηγορίες ανάλογα τον τομέα στον οποίο εστιάζουν. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

- τα προσαρμόσιμα υπερμέσα (adaptive hypermedia),
- το προσαρμόσιμο φιλτράρισμα πληροφοριών (adaptive information filtering),
- η έξυπνη παρακολούθηση (intelligent monitoring),
- η έξυπνη συνεργατική μάθηση (intelligent collaborative learning) και
- η έξυπνη διδασκαλία (intelligent tutoring) (Brusilovsky & Christoph Peylo, 2003).

Αν και χρησιμοποιούν κάποιες από τις νέες τεχνολογίες, όπως η εξόρυξη δεδομένων, δεν χρησιμοποιούν όμως κάποιες πιο καινοτόμες και αποτελεσματικές τεχνολογίες, όπως τα νευρωνικά δίκτυα. Επιπρόσθετα, δεν είναι κατάλληλα για να χρησιμοποιηθούν στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα. Αυτό συμβαίνει, γιατί κυρίως δεν πληρούν τις προϋποθέσεις που θα πρέπει να έχει ένα σύστημα διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού. Σημειώνεται ότι τα μέχρι τώρα προσαρμόσιμα συστήματα που παρουσιάστηκαν είναι προσαρμόσιμα εκπαιδευτικά συστήματα μάθησης. Δεν είναι προσαρμόσιμα συστήματα διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού. Δηλαδή δεν έχουν σκοπό να ομαδοποιήσουν, να αξιολογήσουν και να διαχειριστούν εκπαιδευτικό υλικό, αλλά χρησιμοποιούν εκπαιδευτικό υλικό για να εκπαιδεύσουν τον μαθητή σε μια διδακτική ενότητα.

Έτσι, πιο συγκεκριμένα, τα προσαρμόσιμα εκπαιδευτικά συστήματα που υπάρχουν δεν είναι εστιασμένα στην διαχείριση εκπαιδευτικού υλικού, δεν είναι εστιασμένα στην διδασκαλία στην τάξη, δεν παρέχουν την δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς που τα χρησιμοποιούν να μοιραστούν το εκπαιδευτικό υλικό που δημιούργησαν με άλλους εκπαιδευτικούς, δεν τους δίνει την δυνατότητα να αξιολογήσουν εκπαιδευτικό υλικό άλλων εκπαιδευτικών και γενικά δεν εστιάζουν στις ιδιαίτερες ανάγκες του κάθε εκπαιδευτικού ξεχωριστά.

ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

Σε κάθε περίπτωση όμως γίνεται εμφανές ότι υπάρχει δυνατότητα σχεδιασμού και ανάπτυξης ενός έξυπνου και προσαρμόσιμου συστήματος διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού, το οποίο θα μπορεί να το χρησιμοποιήσει ο εκπαιδευτικός για την καθημερινή διδασκαλία στην τάξη. Στην παρούσα εργασία προτείνεται ένα ψηφιακό σύστημα διαχείρισης κατάλληλου για την διαχείριση εκπαιδευτικού υλικού για τα Μαθηματικά και χρησιμοποιεί Νέες Τεχνολογίες ώστε:

- να μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί στην υφιστάμενη υλικοτεχνική υποδομή του πανελληνίου σχολικού δικτύου.
- Να είναι προσανατολισμένο με σκοπό να είναι εύκολη η ανάρτηση εκπαιδευτικού υλικού, ο διαμοιρασμός του μεταξύ των εκπαιδευτικών, να είναι δυνατή η αξιολόγηση του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούν άλλοι εκπαιδευτικοί (εκτός από τον δημιουργό του υλικού).
- Να μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες του κάθε εκπαιδευτικού ξεχωριστά και να δίνει την δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να αναζητήσει κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό ανάλογα με την διδακτική ενότητα που θέλει να διδάξει, αλλά την μέθοδο διδασκαλίας που θέλει να ακολουθήσει.
- Να μπορεί να προτείνει σε κάθε εκπαιδευτικό ξεχωριστά συγκεκριμένο εκπαιδευτικό υλικό ανάλογα το μάθημα και το κεφάλαιο το οποίο διδάσκει.
- Να έχει αρθρωτή (modular) δομή και με τον τρόπο αυτό να είναι εύκολη η αναβάθμιση και ο μελλοντικός εκσυγχρονισμός του συστήματος.

Το ψηφιακό σύστημα διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού για τα Μαθηματικά με την χρήση Νέων τεχνολογιών που προτείνεται στην παρούσα εργασία αποτελείται από 3 βασικά υποσυστήματα.

- Την τράπεζα εκπαιδευτικού υλικού,
- το υποσύστημα διαχείρισης χρηστών και
- το υποσύστημα διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού.

Η τράπεζα εκπαιδευτικού υλικού είναι το βασικότερο υποσύστημα του συστήματος διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού για τα μαθηματικά. Στο υποσύστημα αυτό αποθηκεύεται όλο το εκπαιδευτικό υλικό που έχουν δημιουργήσει οι εκπαιδευτικοί. Υλοποιείται από σχεσιακή βάση δεδομένων και στη ουσία αποτελεί το αποθετήριο του συστήματος (Αυγερινός & Καραγεωργιάδης, 2014). Σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα τύπου Moodle, των οποίων η λειτουργία είναι απλά η αποθήκευση του υλικού, η τράπεζα εκπαιδευτικού υλικού σε συνδυασμό με το υποσύστημα διαχείρισής της αποτελεί την καρδιά του συστήματος διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού. Η τράπεζα εκπαιδευτικού υλικού είναι μεγάλης παιδαγωγικής σημασίας, καθώς περιέχει κατηγοριοποιημένο και τυποποιημένο όλο τον όγκο του παιδαγωγικού υλικού που διαχειρίζεται το ψηφιακό σύστημα διαχείρισης που προτείνεται. Πρέπει να σημειωθεί ότι

επειδή η δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού κατά κύριο λόγο γίνεται με ψηφιακά μέσα ανεξάρτητα από την μορφή που αυτό θα έχει, αν θα είναι δηλαδή ψηφιακό ή έντυπο εκπαιδευτικό υλικό, υπάρχει δυνατότητα να αποθηκευτεί στο υποσύστημα της τράπεζας υλικού, εκπαιδευτικό υλικό ανεξάρτητα από την μορφή και την χρήση που αυτό τελικά θα έχει.

Το υποσύστημα διαχείρισης χρηστών διαχειρίζεται τους χρήστες-εκπαιδευτικούς του συστήματος. Καταγράφει τις προτιμήσεις του εκάστοτε χρήστη και ανάλογα τις προτιμήσεις, προτείνει σε κάθε χρήστη ανάλογο εκπαιδευτικό υλικό. Φυσικά ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει διαφορετικό εκπαιδευτικό υλικό αν το επιθυμεί. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να διαμορφώσει την διεπαφή του υποσυστήματος ανάλογα με τις προτιμήσεις του. Οι χρήστες έχουν την δυνατότητα να διαμοιραστούν το εκπαιδευτικό υλικό που δημιούργησαν, να αξιολογήσουν εκπαιδευτικό υλικό άλλων συναδέλφων τους, το οποίο χρησιμοποίησαν και να δημοσιεύσουν τα αποτελέσματα από την χρήση του υλικού αν το επιθυμούν, καθώς και την δυνατότητα να επικοινωνήσουν μεταξύ τους οι χρήστες με απώτερο σκοπό την δημιουργία νέου εκπαιδευτικού υλικού. Το υποσύστημα αυτό χρησιμοποιεί Νέες Τεχνολογίες και παρουσιάζει στατιστικά για τους χρήστες.

Το υποσύστημα διαχείρισης της Τράπεζας Εκπαιδευτικού υλικού επικοινωνεί με την Τράπεζα υλικού και προσφέρει στον εκπαιδευτικό-χρήστη κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό ανάλογα με την διδακτική ενότητα που θέλει να διδάξει και την διδακτική μέθοδο που θέλει να ακολουθήσει. Έχει την δυνατότητα να προτείνει εκπαιδευτικό υλικό που το έχει δημιουργήσει ο ίδιος ή άλλοι εκπαιδευτικοί. Φροντίζει το εκπαιδευτικό υλικό στην Τράπεζα εκπαιδευτικού υλικού να είναι ταξινομημένο, κατηγοριοποιημένο και διατηρεί στατιστικά στοιχεία από την χρήση του υλικού. Χρησιμοποιεί Νέες τεχνολογίες, όπως τα νευρωνικά δίκτυα, η εξόρυξη γνώσης και η ανάλυση δεδομένων για την λειτουργία του.

Βασικής σημασίας για την λειτουργία του συστήματος διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού για τα μαθηματικά είναι η χρήση «έξυπνων» μεταδεδομένων για το εκπαιδευτικό υλικό που είναι αποθηκευμένο στην Τράπεζα εκπαιδευτικού υλικού. Τα έξυπνα μεταδεδομένα προσφέρουν απαραίτητες πληροφορίες για την λειτουργία του υποσυστήματος διαχείρισης της Τράπεζας εκπαιδευτικού υλικού και αυτά είναι ο βαθμός βαρύτητας, το επίπεδο δυσκολίας, ο βαθμός συγγένειας με άλλα αποθηκευμένα εκπαιδευτικά υλικά και η αξιολόγηση του εκπαιδευτικού υλικού από την χρήση του στην τάξη (Αυγερινός & Καραγεωργιάδης, 2013).

Η ύπαρξη και χρήση ενός τέτοιου έξυπνου και προσαρμόσιμου στις ανάγκες κάθε χρήστη-εκπαιδευτικού συστήματος διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού για τα μαθηματικά κρίνεται απαραίτητη. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι η δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού είναι χρονοβόρα και επειδή πολλές νέες και καινοτόμες μέθοδοι διδασκαλίας απαιτούν συγκεκριμένης μορφής εκπαιδευτικό υλικό για να εφαρμοστούν, ο χρήστης- εκπαιδευτικός θα μπορεί να χρησιμοποιεί έτοιμο, κατάλληλο και ελεγμένο εκπαιδευτικό υλικό ανάλογα την μέθοδο διδασκαλίας που επιλέγει. Πολύ συχνά παρατηρείται το φαινόμενο να υπάρχει διάσπαρτο πολύ καλό και ποιοτικό εκπαιδευτικό υλικό που είναι αποθηκευμένο σε κάποιο διαδικτυακό τόπο. Επειδή δεν είναι δυνατόν ο

κάθε εκπαιδευτικός να γνωρίζει την ύπαρξη όλου αυτού του όγκου του εκπαιδευτικού υλικού θα γίνεται προσπάθεια με την χρήση κατάλληλης τεχνολογίας να σαρωθεί το διαδίκτυο για την ύπαρξη εκπαιδευτικού υλικού και θα ενημερώνονται οι δημιουργοί και αφού δώσουν την άδειά τους, το υλικό θα καταχωρείται στην Τράπεζα εκπαιδευτικού υλικού του συστήματος. Τέλος, η χρήση του συστήματος διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού για τα μαθηματικά θα δώσει διέξοδο στο συχνό φαινόμενο της απουσίας δεδομένων για την προηγούμενη χρήση του υλικού στην τάξη σε κάποιον χρήστη που ενδιαφέρεται να χρησιμοποιήσει για πρώτη φορά το εκπαιδευτικό υλικό. Επίσης, ο χρήστης θα γνωρίζει την άποψη άλλων εκπαιδευτικών που χρησιμοποίησαν το εκπαιδευτικό υλικό πριν ο ίδιος το χρησιμοποιήσει πρώτη φορά.

Συνοψίζοντας, από τα χαρακτηριστικά και τις λειτουργίες του συστήματος που προτείνονται στην παρούσα εργασία μπορεί να εξαχθεί μια λίστα κριτηρίων, τα οποία πληροί το προτεινόμενο ψηφιακό σύστημα διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού για τα Μαθηματικά με την χρήση Νέων τεχνολογιών και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση συστημάτων διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού. Επομένως, μια λίστα κριτηρίων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση συστημάτων διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού μπορεί να είναι η ακόλουθη:

- Υπάρχει έλεγχος και πιστοποίηση της ταυτότητας του χρήστη.
- Το σύστημα μπορεί να ενσωματωθεί στην υφιστάμενη υλικοτεχνική υποδομή του πανελληνίου σχολικού δικτύου.
- Το σύστημα καταγράφει την πρόοδο της διδασκαλίας του εκπαιδευτικού και είναι σε θέση να γνωρίζει ποια διδακτική ενότητα διδάσκει σε κάποιο συγκεκριμένο μάθημα.
- Μπορεί να εξατομικευτεί και να προσαρμοστεί στις ανάγκες κάθε εκπαιδευτικού χωριστά.
- Το σύστημα αυτόματα προτείνει κατάλληλο διδακτικό υλικό στον εκπαιδευτικό καθώς γνωρίζει την πρόοδο της διδασκαλίας του.
- Ο εκπαιδευτικός μπορεί να αναζητήσει εκπαιδευτικό υλικό στο ήδη αποθηκευμένο υλικό.
- Το σύστημα παρέχει κατάλληλα φίλτρα και εργαλεία στον εκπαιδευτικό που τον βοηθούν στην πιο εύκολη αναζήτηση εκπαιδευτικού υλικού.
- Το σύστημα υλοποιεί κατάλληλο αλγόριθμο που ανάλογα με τις προτιμήσεις του χρήστη – εκπαιδευτικού στα πρώτα αποτελέσματα της αναζήτησης για εκπαιδευτικό υλικό προτάσσει κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό που πιθανώς να ενδιαφέρει τον εκπαιδευτικό.
- Ο εκπαιδευτικός έχει την δυνατότητα να αξιολογήσει εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποίησε.
- Ο εκπαιδευτικός μπορεί να γράψει σχόλια και αποτελέσματα από την χρήση εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποίησε στην διδασκαλία στην τάξη.

- Ο εκπαιδευτικός είναι σε θέση να διαβάσει αξιολογήσεις και να γνωρίζει αποτελέσματα από την χρήση του εκάστοτε εκπαιδευτικού υλικού που προτίθεται να χρησιμοποιήσει καθώς τα αποτελέσματα αυτά θα τα έχουν αναφέρει άλλοι εκπαιδευτικοί που έχουν ήδη χρησιμοποιήσει το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό υλικό.
- Το σύστημα αυτόματα αναδιοργανώνει, επανακατατάσσει και επαναξιολογεί το αποθηκευμένο εκπαιδευτικό υλικό από τα στοιχεία χρήσης που παρέχουν σαν ανατροφοδότηση οι εκπαιδευτικοί που το χρησιμοποιούν.
- Το σύστημα έχει αποθηκευμένο ικανό όγκο εκπαιδευτικού υλικού.
- Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να ανεβάσουν εκπαιδευτικό υλικό και να το αποθηκεύσουν στο σύστημα.
- Υπάρχει κατάλληλη ομάδα που ελέγχει και αξιολογεί το εκπαιδευτικό υλικό που είναι αποθηκευμένο στο σύστημα.
- Σε περίπτωση που εκπαιδευτικό υλικό έχει να χρησιμοποιηθεί πολύ καιρό ή έχει δεχθεί πολλά αρνητικά σχόλια ή έχει γίνει αναφορά του ως μη κατάλληλο, το σύστημα αυτομάτως το θέτει ως μη διαθέσιμο και ενημερώνει άμεσα την ομάδα ελέγχου και αξιολόγησης εκπαιδευτικού υλικού.
- Το σύστημα εκτός από τα τετριμμένα και παραδοσιακά μεταδεδομένα χρησιμοποιεί έξυπνα μεταδεδομένα, τα οποία βοηθούν στην πιο αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος.
- Η χρήση έξυπνων μεταδεδομένων βοηθούν στην εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών, όπως τεχνητή νοημοσύνη, εξόρυξη γνώσης, μεγάλη ανάλυση δεδομένων κ.ά.
- Η δομή του συστήματος είναι αρθρωτή και υπάρχει ευελιξία για την μελλοντική του τροποποίηση, συντήρηση και επέκταση.

Η χρήση του συστήματος θα είναι απλή και η πρόσβαση σε αυτό εύκολη και άμεση, καθώς θα είναι ενσωματωμένο στις υπόλοιπες υπηρεσίες που παρέχει το πανελλήνιο σχολικό δίκτυο. Στο σύστημα θα υπάρχει ικανός αριθμός εκπαιδευτικού υλικού για κάθε διδακτική ενότητα των μαθηματικών και για τις πιο δημοφιλείς μεθόδους διδασκαλίας (βιωματική, διαθεματική, ερευνητική κτλ). Το υλικό αυτό θα εμπλουτίζεται από νέο υλικό που θα ανεβάζουν οι χρήστες. Οι χρήστες θα έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιούν εκπαιδευτικό υλικό που έχουν δημιουργήσει οι ίδιοι ή άλλοι εκπαιδευτικοί. Το σύστημα διαχείρισης θα είναι υπεύθυνο για την αυτόματη κατηγοριοποίηση του εκπαιδευτικού υλικού. Αρμόδιοι φορείς και εξουσιοδοτημένοι χρήστες θα κάνουν περιοδικό έλεγχο για την καταλληλότητα του εκπαιδευτικού υλικού που είναι αποθηκευμένο στην Τράπεζα Εκπαιδευτικού Υλικού για να διασφαλιστεί η υψηλή παιδαγωγική αξία του υλικού που είναι αποθηκευμένο. Οι χρήστες θα αξιολογούν το υλικό που χρησιμοποιούν για την διδασκαλία στην τάξη και ανάλογα με την αξιολόγησή τους, το σύστημα θα ταξινομεί το υλικό ανάλογα με το πόσο δημοφιλές είναι, το πόσο χρήσιμο το βρήκαν οι χρήστες, πόσοι χρήστες το χρησιμοποίησαν. Σε περίπτωση

που κάποιο εκπαιδευτικό υλικό λάβει πολλές αρνητικές ή ουδέτερες αξιολογήσεις θα γίνεται μη διαθέσιμο προς χρήση και θα ελέγχεται είτε από αρμόδιους φορείς είτε από εξουσιοδοτημένους χρήστες.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Τα οφέλη από την δημιουργία και την χρήση του ψηφιακού συστήματος διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού στα μαθηματικά, το οποίο θα είναι προσαρμόσιμο στις ανάγκες του κάθε χρήστη ξεχωριστά και θα χαρακτηρίζεται από την έξυπνη λειτουργία του είναι πολλά. Ειδικά στην περίπτωση που συγκρίνεται με άλλα πρότερα συστήματα αντίστοιχου σκοπού, το προτεινόμενο σύστημα φαίνεται να υπερτερεί σε αρκετά σημεία και να προσφέρει λειτουργίες και δυνατότητες τις οποίες αντίστοιχα συστήματα δεν έχουν.

Αρχικά, θα παρέχει έτοιμο εκπαιδευτικό υλικό στους χρήστες, το οποίο παράλληλα θα είναι και ελεγμένο για την καταλληλότητά του και σε αντίθεση με συστήματα, όπως το Φωτόδεντρο που επίσης παρέχει έτοιμο και ελεγμένο εκπαιδευτικό υλικό, το εκπαιδευτικό υλικό που θα προσφέρει το σύστημα που προτείνεται θα περιέχει δεδομένα και αξιολογήσεις από άλλους χρήστες που το χρησιμοποίησαν. Έτσι θα γίνονται διαθέσιμα στον χρήστη δεδομένα για το υλικό και την χρήση του πριν το χρησιμοποιήσει για την διδασκαλία στην τάξη. Επίσης, η χρήση των έξυπνων μεταδεδομένων που προτείνεται θα έχει σαν αποτέλεσμα το εκπαιδευτικό υλικό του συστήματος να έχει μια συνοχή και μια συνέχεια, με αποτέλεσμα να μην χρειάζεται ο εκπαιδευτικός να αναζητά πριν από κάθε μάθημα να βρει κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό σε ένα αποθετήριο, διαδικασία αρκετά χρονοβόρα. Επίσης, το σύστημα θα προτείνει συγκεκριμένο εκπαιδευτικό υλικό σε κάθε εκπαιδευτικό ξεχωριστά, με κάθε είσοδό του στο σύστημα, καθώς θα γνωρίζει σε ποια διδακτική ενότητα βρίσκεται. Οι χρήστες θα μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους με απώτερο σκοπό την δημιουργία νέου εκπαιδευτικού υλικού ή την βελτίωση του υπάρχοντος. Επιπλέον, ο χρήστης θα μπορεί να εφαρμόσει διδακτικές μεθόδους στην τάξη, οι οποίες απαιτούν πολύ χρόνο από τον εκπαιδευτικό για την δημιουργία κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού που θα υποστηρίζει τις διδακτικές μεθόδους αυτές.

Τέλος, από την στιγμή που ο δημιουργός εκπαιδευτικού υλικού θα μπορεί να διαβάσει τις αξιολογήσεις άλλων χρηστών από την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού θα μπορεί να το βελτιώσει για μελλοντική χρήση. Για το λόγο αυτό κρίνεται αναγκαία η περαιτέρω μελέτη, έρευνα και ανάπτυξη ενός ψηφιακού συστήματος διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού στα μαθηματικά, το οποίο θα είναι προσαρμόσιμο στις ανάγκες του κάθε χρήστη ξεχωριστά, καθώς θα βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς, τους μαθητές και γενικά τον κλάδο της εκπαίδευσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αυγερινός, Ε. & Καραγεωργιάδης, Α. (2013). Η χρήση μεταδεδομένων σε συστήματα Αξιολόγησης στα Μαθηματικά με την χρήση H/Y και «Έξυπνων Συστημάτων», Πρακτικά 30^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Μαθηματικής Παιδείας με Διεθνή

- Συμμετοχή, της Ελληνικής Μαθηματικής Εταιρείας, σελ. 186-197, Καρδίτσα, Νοέμβριος 2013.
- Αυγερινός, Ε. & Καραγεωργιάδης, Α. (2014). Για ένα σύγχρονο σύστημα αξιολόγησης στα μαθηματικά με την χρήση νέων τεχνολογιών και τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης, Πρακτικά 16^{ου} Παγκόσμιου Συνεδρίου Μαθηματικής Παιδείας και Επιστήμης, της Κυπριακής Μαθηματικής Εταιρείας, σελ. 117-128, Λευκωσία, Κύπρος, Φεβρουάριος 2014.
- Brusilovsky, P. (1999). Adaptive and intelligent technologies for web-based education. *Künstliche Intelligenz, Special Issue on Intelligent Systems and Teleteaching*, 13(4), 19-25.
- Brusilovsky, P., & Peylo, C. (2003). Adaptive and intelligent web-based educational systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 13(2), 159-172.
- Καραγεωργιάδης, Α. (2013). Η αξιολόγηση στα Μαθηματικά. Θεωρία και πράξη. Σχεδιασμός και ανάπτυξης συστήματος αξιολόγησης στα Μαθηματικά με την χρήση Νέων Τεχνολογιών. (Μεταπτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου).
- Megalou, E., & Kaklamanis, C. (2014). Photodentro LOR, The Greek National Learning Object Repository. *International Technology, Education and Development Conference 2014 Proceedings*, 309-319.
- Modha, D. S., Ananthanarayanan, R., Esser, S. K., Ndirango, A., Sherbondy, A. J., & Singh, R. (2011). Cognitive computing. *Communications of the ACM*, 54(8), 62-71.
- Papadakis, S., Xenos, M., & Mitsou, E. (2005). Experiences and technical issues from the delivery of computer-based learning materials in the Hellenic Open University. *Open Education: the Journal for Open and Distance Education and Educational Technology*, 1(2), 12-28.
- Porter, A., McMaken, J., Hwang, J., & Yang, R. (2011). Common core standards the new US intended curriculum. *Educational Researcher*, 40(3), 103-116.
- Rabe, B. (2006). Race to the top: The expanding role of US state renewable portfolio standards. *Sustainable Dev. L. & Pol'y*, 7, 10.
- Tansley, R., Bass, M., Stuve, D., Branschofsky, M., Chudnov, D., McClellan, G., & Smith, M. (2003, May). The DSpace institutional digital repository system: current functionality. In *Proceedings of the 3rd ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries* (pp. 87-97). IEEE Computer Society.
- Weber, G., & Brusilovsky, P. (2001). ELM-ART: An adaptive versatile system for Web-based instruction. *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, 12, 351-384.

Κάνοντας μαθηματικά μέσα από παιχνίδι: οι αλλαγές στις απόψεις των μαθητών

Δέσποινα Δεσλή

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ.
d-desli@eled.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να εξετάσει τον τρόπο με τον οποίο μαθητές Γ' και Δ' τάξης εκλαμβάνουν τη χρήση του παιχνιδιού στα μαθηματικά. Οι συμμετέχοντες απάντησαν πρώτα σε ερωτήσεις αναφορικά με τις απόψεις τους για τα μαθηματικά και τη χρήση των παιχνιδιών κατά τη διδασκαλία τους. Στη συνέχεια, αφού πήραν μέρος ανά ζεύγη σε παιχνίδι με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, απάντησαν σε ερωτήσεις που αφορούσαν στη χρήση του παιχνιδιού και τη συνεισφορά του στη μάθηση των μαθηματικών. Ομοιογένεια παρατηρήθηκε αρχικά στις απαντήσεις των παιδιών σχετικά με το αν μπορούν να μάθουν μαθηματικά μέσα από τα παιχνίδια, με την πλειοψηφία να δηλώνει αρνητικές θέσεις. Ωστόσο, μετά τη διεξαγωγή του παιχνιδιού, οι απαντήσεις στην ίδια ερώτηση κινήθηκαν σε ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά και για τις δύο τάξεις, αναδεικνύοντας διαφορές στις απόψεις τους πριν και μετά το παιχνίδι. Τα αποτελέσματα εγείρουν την αναγκαιότητα της σχεδιασμένης ένταξης του παιχνιδιού στη διδασκαλία των μαθηματικών.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: παιχνίδι, μαθηματική εκπαίδευση, πρωτοβάθμια εκπαίδευση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση του παιχνιδιού και η επίδρασή του στη διαδικασία μάθησης έχει ευρύτατα αναγνωριστεί καθώς υποστηρίζεται ότι προσφέρεται για τη δημιουργία κατάλληλου μαθησιακού περιβάλλοντος (Gee & Hayes, 2011) διαδραματίζοντας σημαντικό ρόλο σε εκπαιδευτικά πλαίσια. Τα τελευταία χρόνια μάλιστα, το ελεύθερο ή οργανωμένο παιχνίδι συχνά χρησιμοποιείται για τη διαμόρφωση ενός πλαισίου πραγματοποίησης μαθηματικών δραστηριοτήτων, αναδεικνύοντας τη σύνδεση του παιχνιδιού με τη μάθηση των μαθηματικών (Ahmed, Clark-Jeavons & Oldknow, 2004. Seo, 2003. Varol & Farran, 2006). Σε πολλές σχολικού τύπου δραστηριότητες το παιχνίδι υιοθετείται για να προσφέρει ένα πλαίσιο με ενδιαφέρον και νόημα για τα παιδιά αλλά και για να δώσει τη δυνατότητα στα παιδιά να παρουσιάσουν τις ιδέες και τις στρατηγικές σκέψης τους. Με το παιχνίδι η μάθηση γίνεται διασκέδαση και προσφέρονται ευκαιρίες για μαθηματική δράση: τα παιδιά κάνουν μαθηματικά και μαθαίνουν για αυτά παίζοντας με τα υλικά που

χρησιμοποιούν ως εργαλεία (Ball, 1992), ενώ προωθείται η σύνδεση ανάμεσα στην απόκτηση μαθηματικών γνώσεων και την εφαρμογή τους στην πράξη (Bragg, 2012). Πρέπει βέβαια να αναφερθεί ότι δεν αναγνωρίζουν όλες οι έρευνες την αντίληψη ότι η χρήση του παιχνιδιού οδηγεί σε αποτελεσματική μάθηση. Για παράδειγμα, ο Linderoth (2012) περιγράφει πώς οι τρόποι με τους οποίους τα παιχνίδια προσφέρονται και παρουσιάζονται στους παίχτες μπορεί να παρεμποδίσουν τη μαθησιακή διαδικασία.

Αρκετές είναι οι έρευνες που δείχνουν ότι το παιχνίδι έχει ενσωματωθεί σε προγράμματα μαθηματικών με επιτυχία, στοχεύοντας στη διδασκαλία και μάθηση συγκεκριμένων μαθηματικών εννοιών. Για παράδειγμα, οι Kamii και Rummelsburg (2008) αναφέρουν αυξημένες επιδόσεις μαθητών Α' τάξης με τη χρήση παιχνιδιού κατά τη διδασκαλία των αριθμητικών εννοιών. Σε παρόμοια αποτελέσματα με παιδιά νηπιαγωγείου κατέληξε και ο Daghistani (2011) αναφορικά με τις έννοιες της ταξινόμησης και της σύγκρισης. Τα οφέλη από τη χρήση του παιχνιδιού, ωστόσο, δεν περιορίζονται μόνο στις μικρές ηλικίες, αλλά επεκτείνονται και σε μεγαλύτερα παιδιά. Συγκεκριμένα, οι Asplin, Frid και Sparrow (2006) βρήκαν ότι οι νοεροί υπολογισμοί παιδιών Στ' τάξης ευνοήθηκαν πολύ σε ένα πλαίσιο όπου υπήρχε η τακτική χρήση παιχνιδιού με καλά σχεδιασμένες διαδικασίες από τον εκπαιδευτικό, ενώ ο Roche (2010) ενθαρρύνει τη χρήση παιχνιδιού κατά τη διδασκαλία των δεκαδικών κλασμάτων και της αξίας θέσης ψηφίου σε 10-χρονους μαθητές. Ενώ συνήθως τα παιχνίδια μπορεί να αναπτύξουν ανταγωνισμό στα παιδιά, η ένταξή τους στη διδασκαλία των μαθηματικών φαίνεται ότι μπορεί να λειτουργήσει θετικά καλλιεργώντας αισθήματα συνεργασίας και επικοινωνίας των μαθηματικών νοημάτων μεταξύ των παιδιών (Barta & Schaelling, 1998) αλλά και ενισχύοντας τις σχέσεις των παιδιών με τον/την εκπαιδευτικό (Skoumpourdi & Kalavassiss, 2007). Επιπρόσθετα, τα παιχνίδια φαίνεται να είναι περισσότερο αποτελεσματικά όταν χρησιμοποιούνται από μαθητές με χαμηλές ακαδημαϊκές επιδόσεις (Virvou, Katsionis, & Manos, 2005). Τα παραπάνω ερευνητικά δεδομένα επιβεβαιώνουν τη θέση των Sarama και Clements (2009) ότι: 'Τα καλά παιχνίδια προάγουν πολλά περισσότερα από έννοιες και δεξιότητες – ενθαρρύνουν τα παιδιά να επινοήσουν και να εξετάσουν ποικίλες στρατηγικές, να επικοινωνήσουν, να διαπραγματευτούν κανόνες και νοήματα, να συνεργαστούν και να κρίνουν (σελ. 326).

Η αξία του παιχνιδιού έχει αναγνωριστεί και αναδειχθεί μέσα από τις απόψεις κυρίως των εκπαιδευτικών και πολύ λιγότερο από τις απόψεις των γονέων σχετικά με τη χρήση του παιχνιδιού στη διδασκαλία των μαθηματικών. Συγκεκριμένα, οι εκπαιδευτικοί πολύ συχνά περιγράφουν το παιχνίδι με όρους διδακτικών δραστηριοτήτων με σκοπό να διδάξουν κάποια μαθηματική έννοια ή διαδικασία και να καλλιεργήσουν συγκεκριμένες μαθησιακές ικανότητες (Σκουμπούρδη & Καλαβάσης, 2009). Επιλέγουν και χρησιμοποιούν, δηλαδή, παιχνίδια στο μάθημα των μαθηματικών κυρίως με σκοπό την επίτευξη των διδακτικών τους στόχων και εστιάζουν στην ανάπτυξη συγκεκριμένων μαθηματικών ικανοτήτων των παιδιών. Ωστόσο, φαίνεται ότι χρησιμοποιούν το παιχνίδι και για άλλους λόγους, όπως: να βελτιώσουν τις στάσεις των παιδιών απέναντι στα μαθηματικά (Nisbet & Williams, 2009), να προκαλέσουν τη διασκέδαση και ευχαρίστηση των παιδιών (Bragg, 2012. Booker, 2000), να κινητοποιήσουν τα παιδιά προκειμένου να

έχουν τη μέγιστη ενασχόλησή τους (Bragg, 2012), να αναπτύξουν κοινωνικές ικανότητες στα παιδιά (Booker, 2000) ή να επιβραβεύσουν όσους μαθητές τελειώνουν νωρίς με επιτυχία (Bragg, 2006). Υπάρχουν, εντούτοις, εκπαιδευτικοί οι οποίοι εμφανίζονται επιφυλακτικοί για τη χρήση του παιχνιδιού με σκοπό την ανάπτυξη μαθηματικής γνώσης στα παιδιά (Ell, 2007. Moyer, 2001) και αρνούνται τη θετική επίδραση που αυτό μπορεί να έχει στη μαθησιακή διαδικασία.

Οι γονείς, από την άλλη μεριά, δεν εμφανίζονται ιδιαίτερα ενημερωμένοι για τα παιχνίδια και τη χρήση τους στο μάθημα των μαθηματικών και δεν τα θεωρούν ιδιαίτερα βοηθητικά για τη μαθησιακή διαδικασία (Skoumpourdi & Kalavassiss, 2007). Προτιμούν το μάθημα των μαθηματικών να γίνεται μέσω – περισσότερο συμβατικών – μαθηματικών δραστηριοτήτων. Ωστόσο, αναγνωρίζουν τη σημασία των παιχνιδιών στην καθημερινή ζωή και τα χρησιμοποιούν στο σπίτι για να κάνουν μαθηματικά με τα παιδιά τους. Διαχωρίζουν, όμως, την ενασχόληση των παιδιών με το παιχνίδι αποκλειστικά για το σπίτι (Σκουμπουρδή & Καλαβάσης, 2009), θεωρώντας ότι η ενασχόληση με παιχνίδια στο σχολείο είναι ενδεικτική της οκνηρίας του/της εκπαιδευτικού (Heaslip, 1994) και είναι χάσιμο χρόνου. Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα από τις έρευνες για το ρόλο του παιχνιδιού στη διδασκαλία των μαθηματικών αναδεικνύουν την αξία του παιχνιδιού ως πλαισίου κατάλληλου για την ανάπτυξη μαθηματικών εννοιών και διαδικασιών από τα παιδιά. Ωστόσο, η σχέση μεταξύ παιχνιδιού και μάθησης δεν είναι πάντα φανερή σε εκπαιδευτικούς και γονείς, δημιουργώντας την άποψη ότι το παιχνίδι δεν βοηθά στη μάθηση.

Παρόλο που οι απόψεις των εκπαιδευτικών και των γονέων για την αποδοχή του παιχνιδιού και το ρόλο του στη μαθηματική εκπαίδευση έχουν διερευνηθεί, οι απόψεις των ίδιων των παιδιών δεν είναι ιδιαίτερα γνωστές. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να εξετάσει τον τρόπο με τον οποίο μαθητές και μαθήτριες δημοτικού βλέπουν τη χρήση του παιχνιδιού στα μαθηματικά. Συγκεκριμένα, διερευνώνται οι απόψεις παιδιών Γ' και Δ' Δημοτικού για τη χρήση του παιχνιδιού στο μάθημα των μαθηματικών, πριν και μετά τη συμμετοχή τους και ολοκλήρωση ενός παιχνιδιού που σχετίζεται με τα μαθηματικά.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Συμμετέχοντες. Στην έρευνα πήραν μέρος 46 παιδιά της Γ' Δημοτικού (ηλικίας από 8 χρονών και 3 μηνών μέχρι 9 χρόνων και 2 μηνών με μέσο όρο ηλικίας τα 8 χρόνια και 7 μήνες) και 36 παιδιά της Δ' Δημοτικού (ηλικίας από 9 χρονών και 4 μηνών μέχρι 10 χρόνων και 2 μηνών με μέσο όρο ηλικίας τα 9 χρόνια και 9 μήνες) που φοιτούσαν σε δημόσια δημοτικά σχολεία της ευρύτερης περιοχής της πόλης της Θεσσαλονίκης και κάλυπταν διαφορετικά κοινωνικο-οικονομικά και μορφωτικά επίπεδα. Κανένας από τους συμμετέχοντες δεν είχε ασχοληθεί με ψηφιακά παιχνίδια στα πλαίσια της τυπικής τους εκπαίδευσης.

Σχεδιασμός. Οι απόψεις των μαθητών για τα μαθηματικά και τη χρήση των παιχνιδιών κατά τη διδασκαλία τους διερευνήθηκαν σε δύο φάσεις, ανάμεσα στις οποίες

οι συμμετέχοντες πήραν μέρος σε ένα παιχνίδι. Αναλυτικά, στην πρώτη φάση, οι μαθητές και οι μαθήτριες απάντησαν σε έξι κλειστού τύπου ερωτήσεις (με τη χρήση διαβαθμισμένης κλίμακας τύπου Likert), που επιδέχονταν επεξήγηση αναφορικά με τις απόψεις τους για τα μαθηματικά και τη χρήση των παιχνιδιών κατά τη διδασκαλία τους. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τις ερωτήσεις αυτές.

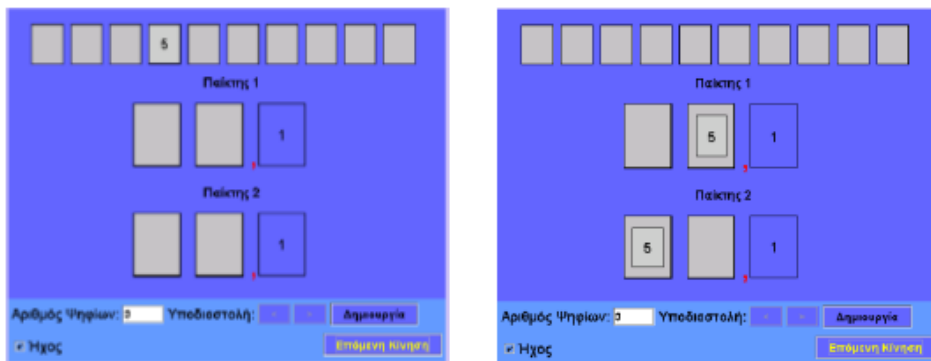
Πίνακας 1: Προτάσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα

1. Μου αρέσουν γενικά τα μαθηματικά.	
2. Μου αρέσουν τα μαθηματικά περισσότερο από κάθε άλλο μάθημα στο σχολείο.	
3. Πιστεύω ότι είμαι καλός/ή στα μαθηματικά.	Φάση Α
4. Ασχολούμαι με τα μαθηματικά στον ελεύθερο χρόνο μου.	
5. Θα μου άρεζαν τα μαθηματικά περισσότερο, αν γίνονταν πιο ευχάριστα και διασκεδαστικά.	
6. Πιστεύω ότι μπορώ να μάθω μαθηματικά μέσα από παιχνίδια.	
<hr/>	
1. Πιστεύω ότι μπορώ να μάθω μαθηματικά μέσα από παιχνίδια.	Φάση Β
2. Αισθάνθηκες την ώρα που έπαιζες το παιχνίδι ότι μάθαινες κάτι στα μαθηματικά; Αν ναι, τότε το αισθάνθηκες; Μπορείς να δώσεις ένα παράδειγμα;	

Με δεδομένη αφενός την ευρεία ανάπτυξη ψηφιακών περιβαλλόντων μάθησης και ψυχαγωγίας και τη μεγάλη συμπάθεια των παιδιών προς τις νέες τεχνολογίες (Gee & Hayes, 2012) και αφετέρου την αναγνώριση των θετικών επιπτώσεων που έχουν τα ψηφιακά παιχνίδια στη μάθηση των μαθηματικών (π.χ., Ανταμιδίου & Monaghan, 2009. Virvou et al., 2005), επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί ένα ψηφιακό παιχνίδι κατά τη διάρκεια της ώρας των μαθηματικών. Το παιχνίδι αυτό ονομάζεται ‘Ποιος είναι ο μεγαλύτερος;’, ανήκει στο πλαίσιο των προτάσεων που δίνει το Υπουργείο Παιδείας και Δια Βίου Μάθησης στο εκπαιδευτικό υποστηρικτικό υλικό (http://www.pi_schools.gr/software/dimotiko/) και απευθύνεται σε μαθητές της Γ’ και της Δ’ Δημοτικού. Στο παιχνίδι μπορούν να συμμετέχουν δύο ή/και περισσότεροι παίκτες οι οποίοι καλούνται να δημιουργήσουν τετραψήφιους, πενταψήφιους και εξαψήφιους αριθμούς βασιζόμενοι στην κατανόηση της αξίας θέσης ψηφίου (βλ. Σχήμα 1). Σκοπός του παιχνιδιού είναι ένας από τους παίκτες να κερδίσει σχηματίζοντας τον μεγαλύτερο δυνατό αριθμό. Το συγκεκριμένο παιχνίδι επιλέχθηκε καθώς, μέσα από τη σύνθεση διάφορων ορισμών που έχουν διατυπωθεί τα τελευταία χρόνια για τη χρήση του παιχνιδιού στη μαθηματική εκπαίδευση, ακολουθεί τα ακόλουθα κριτήρια: Έχει συγκεκριμένο μαθηματικό στόχο, έχει διασκεδαστικό χαρακτήρα και προσφέρεται για τη συμμετοχή των παιδιών, διέπεται από ένα σύνολο κανόνων, περιλαμβάνει πρόκληση ανάμεσα σε δύο ή περισσότερους αντιπάλους και οι κινήσεις καθενός παίκτη επηρεάζουν

τις κινήσεις των άλλων παικτών, απαιτεί δεξιότητες και στρατηγικές και δεν στηρίζεται στην τύχη, έχει συγκεκριμένο τερματισμό' (Bragg, 2012, σελ. 1447).

Σχήμα 1: Έναρξη παιχνιδιού 'Ποιος είναι ο μεγαλύτερος;'



Στη δεύτερη φάση, παρουσιάστηκαν στους συμμετέχοντες δύο ερωτήσεις, η μία κλειστού και η άλλη ανοικτού τύπου (βλ. Πίνακα 1). Η κλειστού τύπου ερώτηση ήταν ίδια με μία από τις ερωτήσεις που είχαν παρουσιαστεί στην πρώτη φάση. Με τη χρήση αυτής της ερώτησης επιχειρήθηκε η σύγκριση ανάμεσα στις απόψεις των συμμετεχόντων πριν από και μετά το παιχνίδι.

Διαδικασία. Οι ερωτήσεις της Α' φάσης παρουσιάστηκαν στους συμμετέχοντες την ώρα των μαθηματικών μέσα στην τάξη τους και τους ζητήθηκε να απαντήσουν ατομικά (διάρκεια: 10-15 λεπτά). Μετά το πέρας μίας εβδομάδας, οι συμμετέχοντες, αφού πήραν μέρος ανά ζεύγη σε παιχνίδι με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή στην αίθουσα των ηλεκτρονικών υπολογιστών (διάρκειας 30-35 λεπτών), απάντησαν ατομικά στις ερωτήσεις της Β' φάσης (διάρκεια: 5-10 λεπτά). Η συμμετοχή των παιδιών έγινε σε εθελοντική βάση και διατηρήθηκε η ανωνυμία τους.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ιδιαίτερα πολύ θετικές ήταν οι απαντήσεις των συμμετεχόντων όταν τους ζητήθηκε να δηλώσουν το βαθμό στον οποίο τους αρέσουν τα μαθηματικά. Συγκεκριμένα, περισσότερο από το 80% των παιδιών της Γ' και Δ' Δημοτικού δήλωσαν ότι γενικά τους αρέσουν 'πολύ' και 'αρκετά' τα μαθηματικά. Ωστόσο, το ποσοστό αυτό πέφτει δραματικά όταν καλούνται να απαντήσουν πόσο τους αρέσουν τα μαθηματικά σε σχέση με τα άλλα μαθήματα στο σχολείο: μόλις το 17,4% και το 27,8% των παιδιών της Γ' και της Δ' τάξης, αντίστοιχα, δηλώνουν ότι τα μαθηματικά τους αρέσουν 'αρκετά', ενώ το 30,4% και το 33,3% των παιδιών της Γ' και της Δ' τάξης, αντίστοιχα, δηλώνουν 'πολύ'.

Παρόλο που τα μαθηματικά δεν εμφανίζονται ως ένα από τα αγαπημένα τους μαθήματα στο σχολείο, τα παιδιά πιστεύουν ότι έχουν 'πολύ καλή' και 'αρκετά καλή' επίδοση σε αυτά (κατά μέσο όρο 34,05% και 53,9%, αντίστοιχα), χωρίς σημαντικές διαφοροποιήσεις ανά ηλικία. Στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις εντοπίστηκαν στις απαντήσεις των συμμετεχόντων ως προς την τάξη προέλευσής τους στην ερώτηση σχετικά με το αν ασχολούνται με τα μαθηματικά στον ελεύθερό τους χρόνο ($\chi^2_{(3)} = 13.976$, $p < .01$). Συγκεκριμένα, οι μαθητές της Γ' Δημοτικού εμφανίζονται μοιρασμένοι στις απαντήσεις τους με τους μισούς περίπου να δηλώνουν ότι δεν ασχολούνται καθόλου ή ασχολούνται λίγο με τα μαθηματικά στον ελεύθερο χρόνο τους (34,8% και 21,7%, αντίστοιχα) και τους άλλους μισούς να δηλώνουν ότι ασχολούνται αρκετά και πολύ με τα μαθηματικά στον ελεύθερο χρόνο τους (8,7% και 34,8%, αντίστοιχα). Αντίθετα, οι απαντήσεις των παιδιών της Δ' τάξης ήταν περισσότερο ομοιογενείς με την πλειοψηφία να απαντά ότι ασχολείται λίγο και αρκετά με τα μαθηματικά στον ελεύθερο χρόνο τους (27,7% και 55,6%, αντίστοιχα).

Ευχάριστα και δημιουργικά μαθηματικά προτιμούν και οι δύο ηλικιακές ομάδες προκειμένου να ενισχυθεί η προτίμησή τους για αυτά: το 73,9% και το 77,8% των παιδιών της Γ' και της Δ' τάξης, αντίστοιχα, συμφώνησαν απόλυτα ότι θα τους άρεζαν περισσότερο τα μαθηματικά, αν γίνονταν πιο ευχάριστα και διασκεδαστικά. Τέλος, ομοιογένεια παρατηρήθηκε στις απαντήσεις των παιδιών σχετικά με το αν μπορούν να μάθουν μαθηματικά μέσα από τα παιχνίδια, με την πλειοψηφία να δηλώνει αρνητικές θέσεις: το 67,3% των παιδιών της Γ' τάξης και το 74,9% των παιδιών της Δ' τάξης θεωρούν ότι μπορούν να μάθουν λίγο και καθόλου μαθηματικά μέσα από τα παιχνίδια. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της Γ' και Δ' τάξης στις δηλώσεις του ερωτηματολογίου στην πρώτη φάση της έρευνας.

Κατά τη δεύτερη φάση της έρευνας, δηλαδή μετά τη συμμετοχή των παιδιών ανά ζεύγη σε ψηφιακό παιχνίδι, οι απαντήσεις τους στην ερώτηση σχετικά με το αν μπορούν να μάθουν μαθηματικά μέσα από τα παιχνίδια κινήθηκαν σε ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά και για τις δύο τάξεις (βλ. Πίνακα 2), αναδεικνύοντας διαφορές στις απόψεις τους πριν από και μετά το παιχνίδι. Συγκεκριμένα, το 73,9% και το 77,8% των παιδιών της Γ' και της Δ' τάξης, αντίστοιχα, δήλωσαν μετά τη διεξαγωγή του παιχνιδιού ότι μπορούν να μάθουν μαθηματικά μέσα από παιχνίδια. Μάλιστα, περισσότερο από το 90% των συμμετεχόντων (το 91,3% και το 94,4% της Γ' και Δ' τάξης, αντίστοιχα) δήλωσαν ότι αισθάνθηκαν την ώρα που έπαιζαν το παιχνίδι ότι μάθαιναν μαθηματικά. Σχεδόν όλοι αναφέρθηκαν σε συγκεκριμένες μαθηματικές γνώσεις που αναδείχθηκαν μέσα από το παιχνίδι και αφορούσαν στο τρόπο με τον οποίο οι ίδιοι επιχείρησαν να εκπληρώσουν το σκοπό του παιχνιδιού, ο οποίος κατά βάση ήταν να μάθουν να ξεχωρίζουν μεγάλους αριθμούς, να μπορούν να τους διαβάσουν και, τέλος, να αναγνωρίσουν ποιος είναι ο μεγαλύτερος και ποιος ο μικρότερος αριθμός.

Πίνακας 2: Ποσοστά απαντήσεων των παιδιών στις προτάσεις των δύο φάσεων της έρευνας ως προς την τάξη

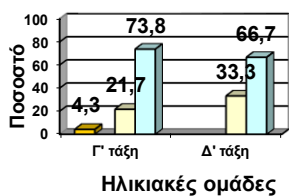
Προτάσεις Α' Φάσης	Καθόλου		Λίγο		Αρκετά		Πολύ	
	Γ'	Δ'	Γ'	Δ'	Γ'	Δ'	Γ'	Δ'
1. Μου αρέσουν γενικά τα μαθηματικά.	13,1	5,6	-	11,1	30,4	50	56,5	33,3
2. Μου αρέσουν τα μαθηματικά περισσότερο από κάθε άλλο μάθημα στο σχολείο.	17,4	11,1	34,8	27,8	17,4	27,8	30,4	33,3
3. Πιστεύω ότι είμαι καλός/ή στα μαθηματικά.	4,3	-	8,7	11,1	52,2	55,6	34,8	33,3
4. Ασχολούμαι με τα μαθηματικά στον ελεύθερο χρόνο μου.	34,8	5,6	21,7	27,7	8,7	55,6	34,8	11,1
5. Θα μου άρεζαν τα μαθηματικά περισσότερο, αν γίνονταν πιο ευχάριστα και διασκεδαστικά.	-	-	17,4	5,6	8,7	16,6	73,9	77,8
6. Πιστεύω ότι μπορώ να μάθω μαθηματικά μέσα από παιχνίδια.	8,7	5,6	58,6	69,3	26,2	21,7	6,5	3,4
Προτάσεις Β' Φάσης								
1. Πιστεύω ότι μπορώ να μάθω μαθηματικά μέσα από παιχνίδια.	4,3	-	-	-	21,9	33,3	73,8	66,7
2. Αισθάνθηκες την ώρα που έπαιζες το παιχνίδι ότι μάθαινες κάτι στα μαθηματικά;	Ναι						Όχι	
	Γ'		Δ'		Γ'		Δ'	
	91,3		94,4		8,7		5,6	

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η σύγκριση των απαντήσεων των παιδιών στην πρόταση 'Πιστεύω ότι μπορώ να μάθω μαθηματικά μέσα από παιχνίδια' όταν αυτή

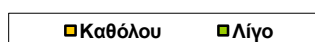
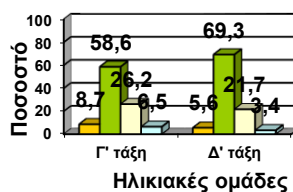
η πρόταση παρουσιάστηκε πριν από τη διεξαγωγή του παιχνιδιού και μετά τη διεξαγωγή του παιχνιδιού, χρησιμοποιήθηκε t-τεστ για συσχετισμένες ομάδες. Βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές τόσο στις απαντήσεις όλων των παιδιών ($t=3.423$, $df=81$, $p<.001$) όσο και στις απαντήσεις των παιδιών ξεχωριστά για κάθε ηλικία ($t=1.967$, $df=45$, $p<.001$ και $t=2.013$, $df=35$, $p<.001$ για τα παιδιά της Γ' και της Δ' τάξης, αντίστοιχα). Οι διαφορές αυτές αναδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις απόψεις των παιδιών πριν από και μετά το παιχνίδι, με τις απόψεις τους να εξελίσσονται σε πολύ θετικές μετά τη συμμετοχή τους στο παιχνίδι και την πραγματοποίηση του παιχνιδιού. Το Σχήμα 1 παρουσιάζει αυτές τις διαφορές.

Σχήμα 1: Ποσοστά απαντήσεων των παιδιών στη δήλωση 'Πιστεύω ότι μπορώ να μάθω μαθηματικά μέσα από παιχνίδια' πριν από και μετά τη διεξαγωγή του παιχνιδιού

Πριν από το παιχνίδι



Μετά το παιχνίδι



Τέλος, σημαντικές συσχετίσεις βρέθηκαν ανάμεσα στα παιδιά που είχαν απαντήσει πολύ θετικά στη δήλωση αναφορικά με την ενασχόλησή τους με τα μαθηματικά στον ελεύθερο τους χρόνο και τη δήλωσή τους ότι μπορούν να μάθουν μαθηματικά μέσα από παιχνίδια μετά τη διεξαγωγή του παιχνιδιού ($t=-6.071$, $df=81$, $p<.001$). Με άλλα λόγια, όσα από τα παιδιά είχαν δηλώσει ότι ασχολούνται αρκετά και πολύ με τα μαθηματικά στον ελεύθερο χρόνο τους έτειναν να δηλώνουν ότι μαθαίνουν μαθηματικά μέσα από τα παιχνίδια. Παρόμοια, όσα από τα παιδιά είχαν δηλώσει ότι τα μαθηματικά τους αρέσουν αρκετά και πολύ σε σχέση με άλλα μαθήματα του σχολείου έτειναν να δηλώνουν ότι μαθαίνουν μαθηματικά μέσα από τα παιχνίδια ($t=5.727$, $df=81$, $p<.01$).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα έρευνα είχε ως σκοπό να διερευνήσει τις απόψεις των μαθητών Γ' και Δ' τάξης για τη χρήση του παιχνιδιού στα μαθηματικά και την ενδεχόμενη μεταβολή τους μετά τη συμμετοχή τους σε παιχνίδι.

Η έρευνα έδειξε ότι οι συμμετέχοντες και των δύο ηλικιακών ομάδων στην πλειοψηφία τους επιθυμούν περισσότερο ευχάριστα και διασκεδαστικά μαθηματικά. Ομοιογένεια παρατηρήθηκε στις απόψεις των παιδιών σχετικά με το αν μπορούν να μάθουν μαθηματικά μέσα από παιχνίδια, με την πλειοψηφία να δηλώνει αρνητικές θέσεις. Ωστόσο, μετά τη διεξαγωγή του παιχνιδιού, οι απαντήσεις των παιδιών στην ίδια ερώτηση κινήθηκαν σε ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά και για τις δύο τάξεις, αναδεικνύοντας διαφορές στις απόψεις τους πριν από και μετά το παιχνίδι. Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία με τη γενικότερη στάση των εκπαιδευτικών που υποστηρίζουν τη χρήση των παιχνιδιών στη διδασκαλία των μαθηματικών (Σκουμπουρδή & Καλαβάσης, 2009) για την προώθηση συγκεκριμένων μαθησιακών στόχων στα μαθηματικά. Επιπρόσθετα, τα αποτελέσματα εγείρουν την αναγκαιότητα της σχεδιασμένης ένταξης του παιχνιδιού στη διδασκαλία των μαθηματικών στο δημοτικό σχολείο, αναγνωρίζοντας τις απόψεις και προτιμήσεις των ίδιων των εμπλεκόμενων στην εκπαιδευτική διαδικασία, δηλαδή των παιδιών, σχετικά με τα παιχνίδια, ώστε να είναι τόσο ψυχαγωγικά όσο και με νόημα για τα ίδια. Το τελευταίο αυτό στοιχείο μάλιστα έχει επισημανθεί και από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι αναζητούν μαθηματικά με νόημα μέσα από το παιχνίδι (Bragg, 2012), αλλά και στηρίζονται στο παιχνίδι για να προσφέρει ευχαρίστηση στα παιδιά κατά την ενασχόλησή τους με τα μαθηματικά (Booker, 2000).

Παρότι δεν ήταν στους άμεσους στόχους της παρούσας εργασίας η εξέταση της χρήσης του παιχνιδιού αναφορικά με τα μαθησιακά και άλλα αποτελέσματα, έχει ενδιαφέρον το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού σημειώθηκαν αρκετά επεισόδια ανάπτυξης συζήτησης, συμμετοχής και συνεργασίας μεταξύ των παιδιών. Επιπρόσθετα, φάνηκε ότι το παιχνίδι τους έδινε χρόνο για να σκεφτούν, να εκφράσουν την απάντησή τους, αλλά και να την αλλάξουν στην περίπτωση που δεν υπήρχε συμφωνία στο ζευγάρι των παιδιών που συνεργάζονταν. Τέλος, η συμμετοχή των παιδιών ήταν μεγάλη και ήταν έκδηλο το ενδιαφέρον των παιδιών για τη συμμετοχή τους στο παιχνίδι. Παρόμοια ερευνητικά αποτελέσματα συγκλίνουν σε αυτά τα στοιχεία (Bragg, 2012).

Αφενός το γεγονός ότι οι συμμετέχοντες δεν είχαν έρθει σε επαφή με εναλλακτικούς τρόπους διδασκαλίας των μαθηματικών και αφετέρου ότι η συμμετοχή των παιδιών στο παιχνίδι έγινε σε αίθουσα εκτός της σχολικής τους τάξης, εξηγεί πιθανότατα κατά ένα βαθμό την αλλαγή στις απόψεις των παιδιών για τη χρήση του παιχνιδιού στα μαθηματικά. Επιπρόσθετα, ενδεχομένως η συνειδητοποίηση από τη μεριά των παιδιών ότι το παιχνίδι μπορεί να διευρυνθεί προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως μέσο για να μάθουν μαθηματικά ενίσχυσε την αλλαγή αυτή. Με αυτό ως δεδομένο, η χρήση του παιχνιδιού μπορεί να δημιουργήσει εκείνο το εκπαιδευτικό πλαίσιο στο οποίο η διδασκαλία των μαθηματικών να αποτελέσει στρατηγική για καλή εκπαίδευση (Σκουμπουρδή, 2012). Στόχος μας δεν θα πρέπει να είναι μόνο να αποκτήσουν τα παιδιά την ικανότητα επίλυσης ειδικών προβλημάτων ή να κατακτήσουν την ικανότητα γραπτών υπολογισμών (Sarama & Clements, 2009), αλλά να αναπτύξουν και θετικές στάσεις απέναντι στα μαθηματικά αντλώντας ευχαρίστηση από αυτά. Ωστόσο, το παιχνίδι από μόνο του, όπως συμβαίνει και με τη χρήση οποιουδήποτε εκπαιδευτικού υλικού, δεν προωθεί τη γνωστική ανάπτυξη στη μάθηση των μαθηματικών. Απαιτείται καλά

σχεδιασμένη επιλογή και χρήση του με ξεκάθαρους στόχους και σκοπούς προκειμένου να έχουμε το μεγαλύτερο δυνατό αποτέλεσμα στην ανάπτυξη της μαθηματικής γνώσης (Bragg, 2012). Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας προτείνουν πως κάτι τέτοιο είναι εφικτό και αναδεικνύουν την ανάγκη περαιτέρω αναζήτησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ahmed, A., Clark-Jeavons, A., & Oldknow, A. (2004). How can teaching aids improve the quality of mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 56, 313-328.
- Asplin, P., Frid, S., & Sparrow, L. (2006). Game playing to develop mental computation: A case study. In P. Grootenboer, R. Zevenbergen, & M. Chinnappan (Eds.), *Identities, cultures and learning spaces: Proceedings of the 29th Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (pp. 46-53). Adelaide: MERGA.
- Avraamidou, A., & Monaghan, J. (2009). Abstraction through game play. In M. Tzekaki, M. Kaldrimidou & H. Sakonidis (Eds.), *Proceedings of the 33rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 2, pp. 73-80). Thessaloniki, Greece:PME.
- Ball, D.L. (1992). Magical hopes: Manipulatives and the reform of math education. *American Educator*, 16, 14-18.
- Barta, J., & Schaelling, D. (1998). Games we play: Connecting mathematics and culture in the classroom. *Teaching Children Mathematics*, 4(7), 388-393.
- Booker, G. (2000). *The maths game: Using instructional games to teach mathematics*. Wellington, New Zealand: New Zealand Council for Educational Research.
- Bragg, L. (2012). Testing the effectiveness of mathematical games as a pedagogical tool for children's learning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10, 1445-1467.
- Bragg, L. (2006). Hey, I'm learning this. *Australian Primary Mathematics Classroom*, 11(4), 4-9.
- Daghistani, B. (2011). Effective use of educational games in the development of some thinking skills of kindergarten children. *Trends in Applied Science Research*, 6, 656-671.
- Ell, F. (2007). Keeping going at country school: Sustaining numeracy project practices. In *Findings from the New Zealand Numeracy Development Project 2006*. Wellington, New Zealand: Ministry of Education.
- Gee P., & Hayes, E. (2011). *Language and learning in the digital age*. Routledge: New York, USA.
- Heaslip, P. (1994). Making play work in the classroom. In J.R. Moyles (Ed.), *The excellence of play* (pp. 99-109). Philadelphia: Open University Press.
- Kamii, C.K., & Rummelsburg, J. (2008). Arithmetic for first graders lacking number concepts. *Teaching Children Mathematics*, 14(7), 389-394.

- Linderoth, J. (2012). Why gamers don't learn more: An ecological approach to games as learning environments. *Journal of Gaming and Virtual Worlds*, 4(1), 45-62.
- Moyer, P. (2001). Are we having fun yet? How teachers use manipulatives to teach mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 47, 175-197.
- Nisbet, S., & Williams, A. (2009). Improving students' attitudes to chance with games and activities. *Australian Mathematics Teacher*, 65(3), 25-37.
- Roche, A. (2010). Helping students to make sense of decimal place value. *Australian Primary Mathematics Classroom*, 15(2), 4-10.
- Sarama, J. & Clements, D. (2009). Building blocks and cognitive building blocks: Playing to know the world mathematically. *American Journal of Play*, Winter 2009, 313-337.
- Seo, K.H. (2003). What children's play tells us about teaching mathematics. *Young Children*, 58, 28-33.
- Σκουμπουρδή, Χ., & Καλαβάσης, Φ. (2009). Ο ρόλος του παιχνιδιού στη μαθηματική εκπαίδευση: ανταγωνιστικές στάσεις και ψευδαίσθηση ομοθυμίας. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 47, 139-154.
- Σκουμπουρδή, Χ. (2012). Οι κανόνες του παιχνιδιού. Στο Δ. Χασάπης (Επιμ.), *Πρακτικά του 10^{ου} διήμερου διαλόγου για τη διδασκαλία των μαθηματικών: Το παιχνίδι στη μάθηση και στη διδασκαλία των μαθηματικών*. Αθήνα.
- Skoumpourdi, C., & Kalavassis, F. (2007). Games as a mathematical activity: The coexistence of differing perceptions in the primary school community (teachers, students, parents). *Proceedings of CIEAEM 59, Mathematical Activity in Classroom Practice and as Research Object in Didactics: Two Complementary Perspectives* (pp. 92-95). Hungary.
- Varol, F., & Farran, D.C. (2006). Early mathematical growth: How to support young children's mathematical development. *Early Childhood Education Journal*, 33, 381-387.
- Virvou, M., Katsionis, G., & Manos, K. (2005). Combining software games with education: evaluation of its educational effectiveness. *Educational Technology and Society*, 8(2), 54-65.

Δικτυακό υλικό για πειράματα από απόσταση

Νικόλαος Δίντσιος¹, Σταματία Αρτέμη², Χαρίτων Πολάτογλου³

¹ Καθηγητής Φυσικής Β/θμιας Εκπ/σης, ² Υποψήφια Διδάκτωρ,

³ Αν. Καθηγητής, Τμήματος Φυσικής, Α.Π.Θ.

nikos.dintsios@gmail.com

stamart84@gmail.com

hariton@auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στη δυνατότητα που παρέχει η ομάδα e-science του τμήματος Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης σε μαθητές, φοιτητές, εκπαιδευτικούς (και όχι μόνο) να εκτελέσουν μια σειρά πραγματικών πειραμάτων μέσω του διαδικτύου από τον προσωπικό τους υπολογιστή, το tablet τους, αλλά και το κινητό τους τηλέφωνο. Πιο συγκεκριμένα περιγράφουμε τα πειράματα που σήμερα είναι διαθέσιμα, όπως είναι η επιβεβαίωση του νόμου του Ohm, η πειραματική επιβεβαίωση της σχέσης που δίδει τους αντιστάτες που είναι συνδεδεμένοι παράλληλα ή σε σειρά, ο προσδιορισμός της σταθεράς του Planck με χρήση κόκκινου και μπλε LED, η προσέγγιση του νόμου του Ohm σε LED, η προσέγγιση του νόμου του Ohm σε λαμπτήρα πυρακτώσεως κ.α.. Μαζί με την παρουσίαση των πειραμάτων παρατίθεται μια πλήρης περιγραφή της ιστοσελίδας που υποστηρίζει την εφαρμογή τους. Τέλος περιγράφονται τα φύλλα εργασίας που προτείνει η ομάδα e-science για τα παραπάνω πειράματα.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Πραγματικά Πειράματα εξ αποστάσεως, Remote experiments, WebLab, eLab.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αποτελεί κοινή παραδοχή ότι τα πειράματα αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του μαθήματος της Φυσικής και αποτελεσματικό εκπαιδευτικό εργαλείο (Χαλκιά, 2000; Καλκάνης, 2003). Είναι, επίσης, αποδεκτό ότι η εργαστηριακή άσκηση είναι απαραίτητη στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Nersessian, 1991). Άλλωστε, η αξία των πειραμάτων κατά τη διδακτική πράξη έχει αναφερθεί και αναγνωριστεί εδώ και πολλά έτη (Κόκκοτας, 1998).

Παράλληλα, οι πειραματικές δραστηριότητες δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να συμμετέχουν ενεργά στην εκπαιδευτική διαδικασία (Hofstein & Lunetta, 2004) καθιστώντας τους ικανούς να ερμηνεύουν τα φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών, αφού μέσα από υποθέσεις, ελέγχουν και αναδομούν τη γνώση τους.

Από την άλλη μεριά, η εξ αποστάσεως εκπαίδευση παρουσιάζει μια σειρά από οφέλη για τους ίδιους τους μαθητές. Σύμφωνα με το Λιοναράκη (2005, σ.26) η εξ αποστάσεως εκπαίδευση είναι αυτή που «διδάσκει και ενεργοποιεί το μαθητή πώς να μαθαίνει μόνος του και πώς να λειτουργεί αυτόνομα προς μία ευρετική πορεία αυτομάθησης». Επίσης ο Λιοναράκης (1999, σ.9) αναφέρει ότι «...το μέλλον της εκπαίδευσης δεν είναι η διδασκαλία, αλλά η μάθηση. Η μάθηση με την έννοια μιας διαρκούς δραστηριότητας του ανθρώπου να αντλεί πληροφορίες από το περιβάλλον του που είναι γεμάτο πληροφορίες και με ποικίλους τρόπους να τις επεξεργάζεται...»

Συνδυάζοντας όλα τα παραπάνω, είναι φυσικό πως η εργαστηριακή άσκηση από απόσταση βοηθά ενεργά στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση (Gomes, et.al., 2009) και συντελεί στην υλοποίηση εργαστηριακών ασκήσεων, οι οποίες δεν εμπίπτουν στο αναλυτικό πρόγραμμα. Επίσης, παρέχει τη δυνατότητα στους μαθητές να πειραματιστούν σε διατάξεις οι οποίες θα ήταν επικίνδυνες αν υλοποιούνταν στα πλαίσια της σχολικής τάξης (Gomes, et al., 2009), όπως για παράδειγμα την ακτινοβολία μιας ραδιενεργούς πηγής και την μέτρηση της με έναν ανιχνευτή Geiger – Müller.

Τέλος, είναι αναγκαίο να επισημανθεί η θετική αντιμετώπιση που είχαν μαθητές με ειδικές ανάγκες, όπως κινησιολογικές (δυσκολία κίνησης στο χώρο του εργαστηρίου, καθώς και δυσκολία στη χρήση των οργάνων μέτρησης και παρατήρησης) αλλά και ακοής ή/και όρασης (Scanlon, et.al., 2004).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΑΠΟ ΑΠΟΣΤΑΣΗ

Η βασική ιδέα των πραγματικών πειραμάτων εξ αποστάσεως θα μπορούσε να συνοψιστεί στη παρακάτω σχηματική απεικόνιση (σχήμα 1). Όπως φαίνεται και από το σχήμα ο χρήστης (οποιασδήποτε βαθμίδας) συνδέεται από τον προσωπικό του υπολογιστή, tablet, κινητό τηλέφωνο με έναν διακομιστή (server) ο οποίος βρίσκεται τοποθετημένος στο τμήμα Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Κατόπιν ο διακομιστής συνδέεται με τη πειραματική διάταξη και με τον τρόπο αυτό ο χρήστης διενεργεί το πείραμα.

Η εξ αποστάσεως εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων θα μπορούσε να ειπωθεί πως είναι ο ένας από τους τρεις τρόπους για να διενεργηθεί μια πειραματική άσκηση μιας και έχουμε:

- πραγματικό πείραμα
- προσομοίωση
- πραγματικό πείραμα από απόσταση

Η προσομοίωση και το πραγματικό πείραμα από απόσταση άρχισαν να αναπτύσσονται όταν οι υπολογιστές και το διαδίκτυο απέκτησαν τις απαιτούμενες προδιαγραφές να υποστηρίξουν ένα τέτοιο εγχείρημα.

Σχήμα 1: Η βασική ιδέα των πραγματικών πειραμάτων από απόσταση



Στη σημερινή πραγματικότητα το πραγματικό πείραμα μέσα στην αίθουσα διδασκαλίας, είτε αυτό εκτελείται από μαθητές, είτε από φοιτητές προσκρούει σε κάποιες αντικειμενικές δυσκολίες. Ενδεικτικά αναφέρουμε

- δαπανηρός υλικοτεχνικός εξοπλισμός και η διατήρησή του
- χρονικός περιορισμός κατά την διεξαγωγή πειραμάτων
- έλλειψη εργαστηριακών εγκαταστάσεων
- εξάλειψη κινδύνου καταστροφής πειραματικών διατάξεων
- συνεισφορά στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση
- μη εμπλοκή ατόμων με ειδικές ανάγκες
- εκτέλεση πειραμάτων με κάποιο βαθμό επικινδυνότητας (ραδιενεργά)

Λύση στις παραπάνω δυσκολίες προσφέρει η υλοποίηση πραγματικών πειραμάτων από απόσταση. Τέτοιου είδους πειράματα (πραγματικά εξ αποστάσεως) χρησιμοποιούνται σήμερα από διάφορα ιδρύματα καθώς και επιχειρήσεις και προσβλέπουν στην εκπαίδευση των χρηστών. Ενδεικτικά αναφέρουμε το πανεπιστήμιο MIT (<https://wikis.mit.edu/confluence/display/ILAB2/Home>) το πανεπιστήμιο του Cambridge

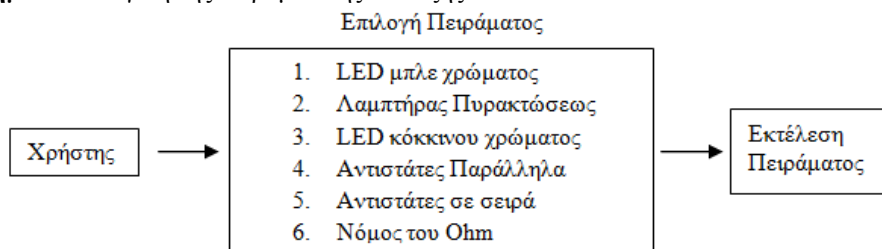
(<http://como.cheng.cam.ac.uk/index.php?Page=Research&Section=Weblabs>), την “βιβλιοθήκη πειραμάτων” LiLa (<http://www.lila-project.org/>) μια ευρωπαϊκή προσπάθεια από οκτώ πανεπιστήμια και τρεις επιχειρήσεις και τις προσπάθειες παλαιότερων ετών (Harms, et al., 1998), (Shen, et al., 1999), (Tuttas, et al., 2001), (Tuttas, et al., 2002).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ

Πειραματική διάταξη

Η λειτουργία των πειραμάτων από απόσταση βασίζεται σε ένα μικροεπεξεργαστή το Arduino. Η συνολική πειραματική διάταξη θα μπορούσε να απεικονιστεί στο σχήμα 2. Αρχικά ο χρήστης επιλέγει μέσω της ιστοσελίδας ποιο πείραμα επιθυμεί να εκτελέσει και κατόπιν το διενεργεί.

Σχήμα 2: Η λογική της πειραματικής διάταξης



Η επιλογή του πειράματος επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός μικροεπεξεργαστή Arduino και έξι ηλεκτρονόμων (relays). Επιλέγοντας ο χρήστης το πείραμα που επιθυμεί, η εντολή οδηγείται στο Arduino και στη συνέχεια το Arduino “οπλίζει” το αντίστοιχο relay ενεργοποιώντας τον κλάδο του κυκλώματος που επέλεξε ο χρήστης. Στο σχήμα 3 φαίνεται να έχει επιλεγεί το πείραμα με το λαμπτήρα πυρακτώσεως. Το πράσινο LED στο αριστερό τμήμα της εικόνας απλά σημειώνει ποιο πείραμα εκτελείται (δηλαδή ποιος κλάδος της διάταξης διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.)

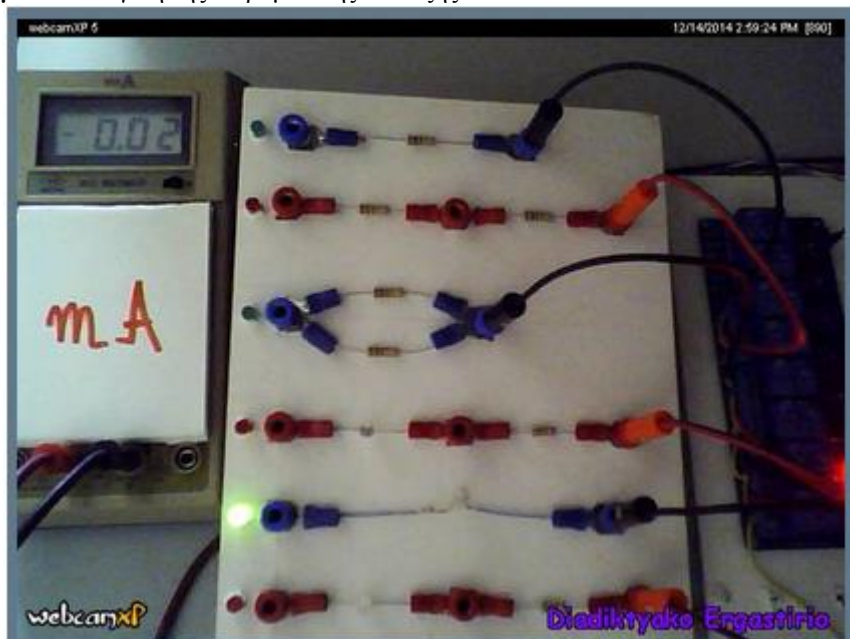
Μετά την επιλογή του πειράματος ο χρήστης θέτει τις επιθυμητές τιμές τάσης οι οποίες και πάλι εφαρμόζονται στην πειραματική διάταξη με τη βοήθεια του Arduino. Η αναλυτική περιγραφή παραγωγής της αναλογικής τάσης (Δίντσιος, κ.α., 2011) θεωρείται ότι δεν εμπίπτει στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

Ιστοσελίδα

Σημαντικό τμήμα της εργασίας είναι και η ιστοσελίδα (<http://e-science.web.auth.gr/circuits/>) (σχήμα 4) μέσω της οποίας ο χρήστης συνδέεται, εκτελεί και παρακολουθεί την εξέλιξη του πειράματος. Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα η ιστοσελίδα διαθέτει επτά διαφορετικές επιλογές τις εξής:

Στην επιλογή **Αρχική** απευθύνεται χαιρετισμός προς τους επισκέπτες, ενώ στην **Εισαγωγή** επιχειρείται μια θεωρητική τεκμηρίωση της εργασίας. Επιλέγοντας το **Πείραμα** κάποιος θα πρέπει να διαθέτει όνομα χρήστη και συνθηματικό για να εκτελέσει τα πειράματα, ειδάλλως η σελίδα τον οδηγεί στο να δημιουργήσει.

Σχήμα 3: Η λογική της πειραματικής διάταξης



- Αρχική
- Εισαγωγή
- Πείραμα
- Φύλλο Εργασίας
- Εργασίες σε Συνέδρια
- Επικοινωνία

Αμέσως μετά τη σύνδεση ο χρήστης καλείται να επιλέξει το πείραμα που επιθυμεί να διενεργήσει μέσω της σελίδας που φαίνεται στο σχήμα 5, ενώ στη συνέχεια εισέρχεται στην ιστοσελίδα για να εκτελέσει το πείραμα. Η σελίδα στην οποία ο χρήστης εκτελεί το εκάστοτε πείραμα περιέχει μία σχηματική απεικόνιση του πειράματος με μία συνοπτική περιγραφή, καθώς επίσης και ένα ερωτηματολόγιο που καλείται να απαντήσει.

Σχήμα 4: Η ιστοσελίδα

Διαδίκτυακό εργαστήριο ηλεκτρικών κυκλωμάτων

Αρχική Εισαγωγή Πείραμα Φύλλο εργασίας Εργασίες σε Συνέδρια Επικοινωνία

Αρχική

Η ομάδα e-science του τμήματος Φυσικής του ΑΠΘ σας καλωσορίζει στο ιστοχώρο του εργαστηρίου από απόσταση που λειτουργεί αποκλειστικά για αυτούς που επιθυμούν να ζήσουν την εμπειρία υλοποίησης πραγματικού πειράματος χρησιμοποιώντας τον προσωπικό υπολογιστή τους.

Στην παρούσα ιστοσελίδα, ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει από απόσταση διάφορα πειράματα που αφορούν στο κεφάλαιο του ηλεκτρισμού, τα οποία συνοδεύονται και από τα αντίστοιχα φύλλα εργασίας.

Σε περίπτωση που επιθυμείτε συνεργασία με την ομάδα μας ή περισσότερες πληροφορίες για την προσπάθεια αυτή μπορείτε να επικοινωνήσετε μαζί μας. Στοιχεία μας θα βρείτε στον σύνδεσμο "Επικοινωνία".

Εκ μέρους της ομάδας
Νίκος Δίνσιος
Σταματία Αρτέμη
Χαρίτων Πολιάτογλου

© 2012-2015 e-science | Powered by Stamatia Artemi

Σχήμα 5: Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το πείραμα που επιθυμεί

Αρχική Εισαγωγή Πείραμα Φύλλο εργασίας Εργασίες σε Συνέδρια Επικοινωνία

Hi nikos,

Επιλέξτε Πείραμα:

- 1: LED μπλε χρώματος [\(Βραβείο Νόμπελ Φυσικής 2014!\)](#)
- 2: Λαμπτήρας Πυρακτώσεως
- 3: LED κόκκινου χρώματος
- 4: Αντιστάτες παράλληλα
- 5: Αντιστάτες σε σειρά
- 6: Νόμος Ohm

και έχει στόχο να αξιολογήσει την όλη προσπάθεια (σχήμα 6).

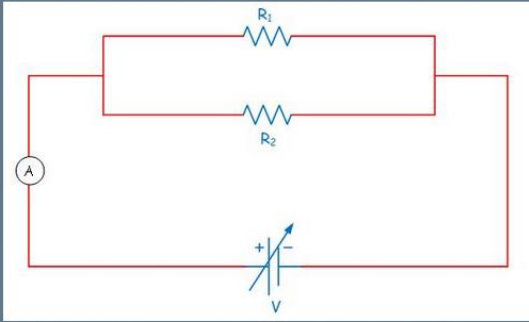
Σχήμα 6: Στην ιστοσελίδα υπάρχει σχηματική απεικόνιση του πειράματος και μια σύντομη περιγραφή

Διαδίκτυακό εργαστήριο ηλεκτρικών κυκλωμάτων

Αρχική Εισαγωγή Πείραμα Φύλλο εργασίας Εργασίες σε Συνέδρια Επικοινωνία

Hi nikos.
Log out

ΠΕΙΡΑΜΑ 4 : ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΤΩΝ



Όπως βλέπετε και από την κάμερα, η συγκεκριμένη πειραματική διάταξη αποτελείται από δύο αντιστάσεις συνδεδεμένες παράλληλα και ένα αμπερόμετρο το οποίο μετράει την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (σε mA).

Αριστερά υπάρχει και η σχηματική του απεικόνιση.

Μπορείτε να αλλάξετε τις τιμές της τάσης στο παρακάτω πεδίο και με την βοήθεια της κάμερας να δείτε το πείραμα να συμβαίνει σε πραγματικό χρόνο.

Το πράσινο λαμπάκι στο αριστερό τμήμα της πειραματικής διάταξης δηλώνει το πείραμα το οποίο εκτελείται (και δεν συμμετέχει στο κύκλωμα).

Παρακαλώ μην ξεχάσετε να συμπληρώσετε το ερωτηματολόγιο:
"Έχεις 5'?"

ενώ στο κάτω τμήμα της σελίδας υπάρχει η εικόνα που βλέπει η κάμερα σε πραγματικό χρόνο, μαζί με τον επιλογέα τάσης τον οποίο χειρίζεται ο χρήστης (σχήμα 7).

Όταν ο χρήστης επιλέγει την τάση που επιθυμεί, αυτή εφαρμόζεται κάθε φορά στο κλάδο της πειραματικής διάταξης που έχει ο ίδιος επιλέξει και καταγράφει τις εντάσεις του ηλεκτρικού ρεύματος με τη βοήθεια της κάμερας σε πραγματικό χρόνο. Επίσης από την αρχική ιστοσελίδα υπάρχει η επιλογή **Φύλλα Εργασίας** τα οποία είναι υποστηρικτικό υλικό για τα πειράματα από απόσταση, ενώ τέλος οι επιλογές **Εργασίες σε συνέδρια** και **Επικοινωνία** παρουσιάζουν τις δημοσιευμένες εργασίες που αφορούν το εν λόγω εγχείρημα και τρόπους επικοινωνίας με την ομάδα e-science αντίστοιχα.

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Ανατρέχοντας στη βιβλιογραφία παρατηρούμε ότι ενώ τα πραγματικά πειράματα από απόσταση τυγχάνουν μεγάλης αποδοχής στα πανεπιστήμια του εξωτερικού, ωστόσο στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση είναι περιορισμένα. Στη παρούσα εργασία αναφερόμαστε σε 7 βασικές εργαστηριακές ασκήσεις από απόσταση οι οποίες μπορούν να εκτελεστούν από μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην ενότητα ηλεκτρισμός.

Σχήμα 7: Στην ιστοσελίδα υπάρχει ο επιλογέας τάσης και η κάμερα μέσω της οποίας φαίνεται η πειραματική διάταξη σε πραγματικό χρόνο



Προσδιορισμός της σταθεράς του Planck με χρήση κόκκινου ή μπλε LED

Η πρώτη εργαστηριακή άσκηση που προτείνουμε είναι ο υπολογισμός της σταθεράς του Planck με τη χρήση φωτοдиодων, πείραμα που πολλά ιδρύματα έχουν συμπεριλάβει στις εργαστηριακές τους ασκήσεις. Το πείραμα αυτό θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί στην τάξη της Β' και της Γ' λυκείου στα πλαίσια του μαθήματος “Φυσική Γενικής Παιδείας”, παρόλο που δεν περιλαμβάνεται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα σαν εργαστηριακή άσκηση. Οι μαθητές διαθέτουν το θεωρητικό υπόβαθρο που απαιτείται, όπως για παράδειγμα ενέργεια ακτινοβολίας (φωτονίου) και συνδεσμολογία ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Προσέγγιση του νόμου του Ohm σε λαμπτήρα πυρακτώσεως ή σε LED

Όπως είναι γνωστό ο νόμος του Ohm δεν ικανοποιείται σε λαμπτήρα πυρακτώσεως ο οποίος ακτινοβολεί, ή σε LED. Αυτό είναι και το αντικείμενο του δεύτερου πειράματος εξ αποστάσεως που κάποιος μπορεί να εκτελέσει. Η συγκεκριμένη εργαστηριακή άσκηση μπορεί να συμπεριληφθεί στα πειράματα που θα εκτελέσουν οι μαθητές της Γ' γυμνασίου αλλά και της Β' λυκείου.

Στόχος αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι να παρατηρήσουν οι μαθητές τη περιορισμένη ισχύ του νόμου του Ohm και πιο συγκεκριμένα ότι δεν επιβεβαιώνεται στη περίπτωση ενός λαμπτήρα ο οποίος ακτινοβολεί ή σε μία φωτοдиодο (LED).

Επιβεβαίωση του νόμου του Ohm

Η επόμενη εργαστηριακή άσκηση που προτείνουμε είναι η επιβεβαίωση του νόμου του Ohm, πείραμα το οποίο συμπεριλαμβάνεται στο κεφάλαιο ηλεκτρισμός της Γ' γυμνασίου

ενώ ταυτόχρονα θα μπορούσε να ενταχθεί στις εργαστηριακές ασκήσεις της Β΄ λυκείου γενικής παιδείας. Ο μαθητής εφαρμόζει την επιθυμητή τάση από τον προσωπικό του υπολογιστή και λαμβάνει τις τιμές της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος με τη βοήθεια κάμερας, όπως έχουμε ήδη αναφέρει.

Πειραματική επιβεβαίωση ισοδύναμης αντίστασης σε συνδεσμολογία παράλληλα και σε σειρά

Δύο ακόμη υποχρεωτικές ασκήσεις για την τάξη της Γ΄ γυμνασίου είναι η συνδεσμολογία αντιστατών παράλληλα και σε σειρά (πείραμα το οποίο θα μπορούσε να ενταχθεί και στη Β΄ λυκείου γενικής παιδείας). Οι μαθητές μπορούν να εκτελέσουν τα δύο αυτά πειράματα από απόσταση καταλήγοντας στις μαθηματικές εκφράσεις της συνολικής αντίστασης σε κάθε περίπτωση ($R_{ολ}=R_1+R_2$ και $\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$).

ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ

Όπως κάθε διδακτική πρακτική έτσι και η προτεινόμενη ακολουθείται από μία σειρά στόχων. Οι στόχοι χωρίζονται σε γνωστικούς, συναισθηματικούς και ψυχοκινητικούς.

Γνωστικοί Στόχοι

Οι γνωστικοί στόχοι που τίθενται ποικίλουν ανάλογα με το πείραμα που διεξάγουν οι μαθητές και αναγράφονται στο αντίστοιχο φύλλο εργασίας. Ενδεικτικά αναφέρουμε την επιβεβαίωση του νόμου του Ohm από τους μαθητές, όπως και τη μη επιβεβαίωση του σε μη Ωμικό στοιχείο, όπως για παράδειγμα στη περίπτωση του LED και στη περίπτωση του λαμπτήρα πυρακτώσεως. Παρόμοιες περιπτώσεις αποτελούν ο προσδιορισμός της άγνωστης τιμής ωμικού αντιστάτη με χρήση του νόμου του Ohm και ο προσδιορισμός της σταθεράς του Planck με τη βοήθεια των δύο LED (κόκκινο και μπλε). Σημαντικούς στόχους αποτελούν ακόμη η ικανότητα τοποθέτησης των ζευγών των τιμών σε διάγραμμα (π.χ. V-I) καθώς και η χάραξη της χαρακτηριστικής ευθείας (στη περίπτωση του Ωμικού αντιστάτη).

Συναισθηματικοί Στόχοι

Στους συναισθηματικούς στόχους θα μπορούσαμε να συμπεριλάβουμε την αλλαγή της στάσης των μαθητών απέναντι στην επιστήμη της Φυσικής και πιο συγκεκριμένα στο μάθημα της Φυσικής στο Γυμνάσιο. Στις μέρες μας είναι γνωστή η αποδοχή του διαδικτύου από τους μαθητές. Μάλιστα, οι μαθητές έχουν αναπτύξει δεξιότητες όσον αφορά στο διαδίκτυο, τις οποίες θα μπορούσε να «εκμεταλλευτεί» ο εκπαιδευτικός και να τις αξιοποιήσει προς όφελος των μαθητών του ποικιλοτρόπως. Η σύνδεση λοιπόν του μαθήματος της Φυσικής με το διαδίκτυο, το οποίο αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι των σημερινών εφήβων παρουσιάζει την επιστήμη της Φυσικής με πιο ελκυστικό τρόπο τροποποιώντας τις αρχικά αρνητικές στάσεις των μαθητών για το μάθημα.

Ψυχοκινητικοί Στόχοι

Όσον αφορά στους ψυχοκινητικούς στόχους που προσεγγίζονται κατά τη προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση αυτοί έχουν να κάνουν κυρίως με τη χρήση του διαδικτύου. Ζητείται από το μαθητή να χρησιμοποιήσει το διαδίκτυο αρχικά για τη σύνδεσή του στην ιστοσελίδα του πειράματος, ενώ στη συνέχεια οδηγείται στο να δημιουργήσει *όνομα χρήστη* και *συνθηματικό* για να προχωρήσει στην εκτέλεση των πειραμάτων. Τέλος η πραγματοποίηση των πειραμάτων απαιτεί χειρισμούς ακρίβειας, όπως η επιλογή της επιθυμητής τιμής της τάσης μέσω μιας γραμμής ολίσθησης (slide bar).

Κλείνοντας την ανάλυση των στόχων θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθούμε στις ικανότητες κλειδιά οι οποίες μπορούν να καλλιεργηθούν από την εξ αποστάσεως εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων. Αναφέρουμε επιγραμματικά την:

- Αυτενέργεια
- Υπευθυνότητα
- Οργάνωση και Διαχείριση προσωπικού χρόνου
- Τήρηση χρονοδιαγραμμάτων (χωρίς την άμεση επιτήρηση)
- Πειθάρχηση σε οδηγίες (χωρίς την άμεση επιτήρηση)
- Δόκιμη και Συνετή Χρήση ΤΠΕ
- Ανάπτυξη κριτικής σκέψης
- Λήψη αποφάσεων
- Ανάλυση ρίσκου
- Αναζήτηση και χρήση πηγών

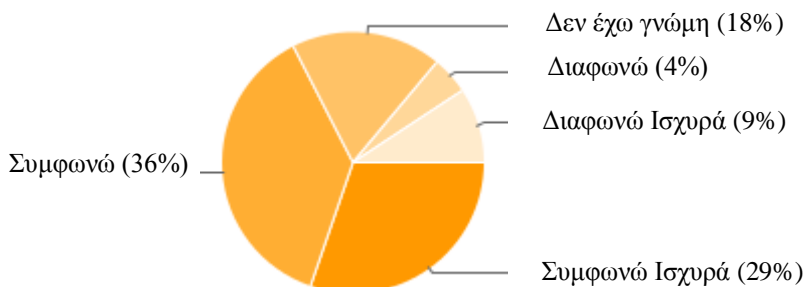
οι οποίες είναι κάποιες από τις ικανότητες κλειδιά που μπορεί να αναπτύξει ο μαθητής εκτελώντας τα εξ αποστάσεως πειράματα, οι οποίες θα τον «οπλίσουν» με τα απαραίτητα εφόδια για να μπορέσει να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις της σύγχρονης κοινωνικής πραγματικότητας.

ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Η αξιολόγηση του εργαλείου από τους μαθητές – χρήστες

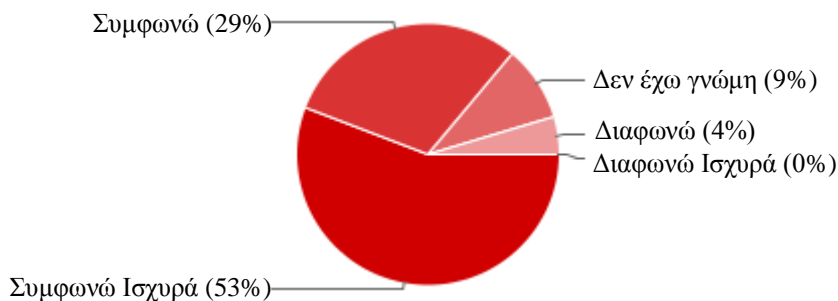
Από την εφαρμογή της παραπάνω διδακτικής πρότασης προέκυψαν κάποια ερευνητικά δεδομένα για το συγκεκριμένο εργαλείο. Τα δεδομένα αυτά αντλήθηκαν από το ερωτηματολόγιο, το οποίο ζητείται από τους μαθητές-χρήστες να συμπληρώσουν αμέσως μετά τη διεξαγωγή των πειραμάτων. Θα μπορούσε κάποιος να συμπεράνει μελετώντας τις απαντήσεις των μαθητών ότι η πραγματοποίηση πραγματικών πειραμάτων εξ αποστάσεως τυγχάνει μεγάλης αποδοχής από τη μαθητική κοινότητα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Έτσι παρατηρούμε ότι στην ερώτηση «*Θα πρότεινα τη συγκεκριμένη ιστοσελίδα σε κάποιο γνωστό μου που ασχολείται με τη Φυσική.*» το 65% απαντά θετικά, ενώ οι αρνητικές απαντήσεις (δεν θα το πρότεινα) περιορίζονται σε ένα 11% (διάγραμμα 1).

Διάγραμμα 1: Απαντήσεις στη πρόταση: «Θα πρότεινα τη συγκεκριμένη ιστοσελίδα σε κάποιον γνωστό μου που ασχολείται με τη Φυσική.»



Επίσης ενδεικτικές είναι και οι απαντήσεις των μαθητών στη πρόταση «Πιστεύω πως η πραγματοποίηση πειραμάτων μέσω του διαδικτύου θα μπορούσε να βοηθήσει το μάθημα της Φυσικής.», οι οποίες συνοψίζονται στο διάγραμμα 2.

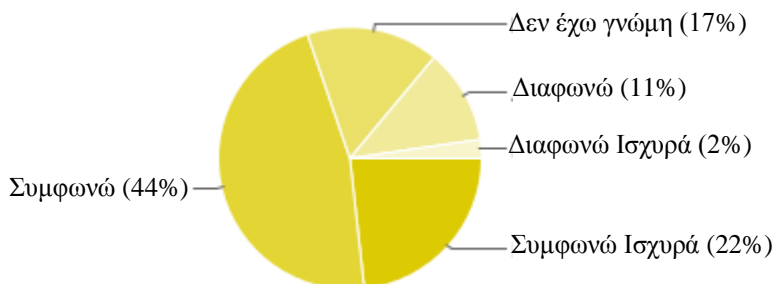
Διάγραμμα 2: Απαντήσεις στη πρόταση: «Πιστεύω πως η πραγματοποίηση πειραμάτων μέσω του διαδικτύου θα μπορούσε να βοηθήσει το μάθημα της Φυσικής.»



Όπως προκύπτει και από το παραπάνω γράφημα το 82% πιστεύει ότι τα πραγματικά πειράματα εξ αποστάσεως μπορούν να βοηθήσουν στη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής, ενώ εντύπωση προκαλεί το 4% των διαφωνούντων.

Τέλος στο ίδιο πνεύμα βρίσκονται και οι αποκρίσεις των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην πρόταση: «Το πείραμα που εκτέλεσα εξ αποστάσεως με βοήθησε να κατανοήσω καλύτερα το μάθημα». Στη παραπάνω διατύπωση οι αποκρίσεις των χρηστών συνοψίζονται στο διάγραμμα 3, από όπου και προκύπτει ότι το 66% των ερωτηθέντων απαντά καταφατικά, συμφωνώντας με την πρόταση ότι το εξ αποστάσεως πείραμα τον/την βοήθησε, ώστε να κατανοήσει καλύτερα το μάθημα.

Διάγραμμα 3: Απαντήσεις στη πρόταση: «Το πείραμα που εκτέλεσα εξ αποστάσεως με βοήθησε να κατανοήσω καλύτερα το μάθημα.»



Από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε και αφορά στο εργαλείο τα πρώτα αποτελέσματα είναι άκρως ενθαρρυντικά ως προς την αποδοχή του από τους μαθητές και συνηγορούν στη συνέχιση της προσπάθειας ένταξης των πραγματικών πειραμάτων στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του εργαλείου

Οι μαθητές ταυτόχρονα με τη πραγματοποίηση του εξ αποστάσεως πειράματος συμπλήρωναν και ένα σχετικό φύλλο εργασίας. Από τα φύλλα τα οποία παραδόθηκαν από τους μαθητές και μελετήθηκαν προέκυψε ότι πάνω από το 90% των συμμετεχόντων κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο λόγος V / I (τάση/ ένταση) σε έναν Ωμικό αντιστάτη παραμένει σταθερός. Επίσης οι μαθητές τοποθέτησαν τα ζευγάρια τιμών $V - I$ στο αντίστοιχο διάγραμμα και σχεδίασαν την ευθεία που διέρχεται πλησιέστερα των σημείων (σχήμα 8).

ΣΚΕΨΕΙΣ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

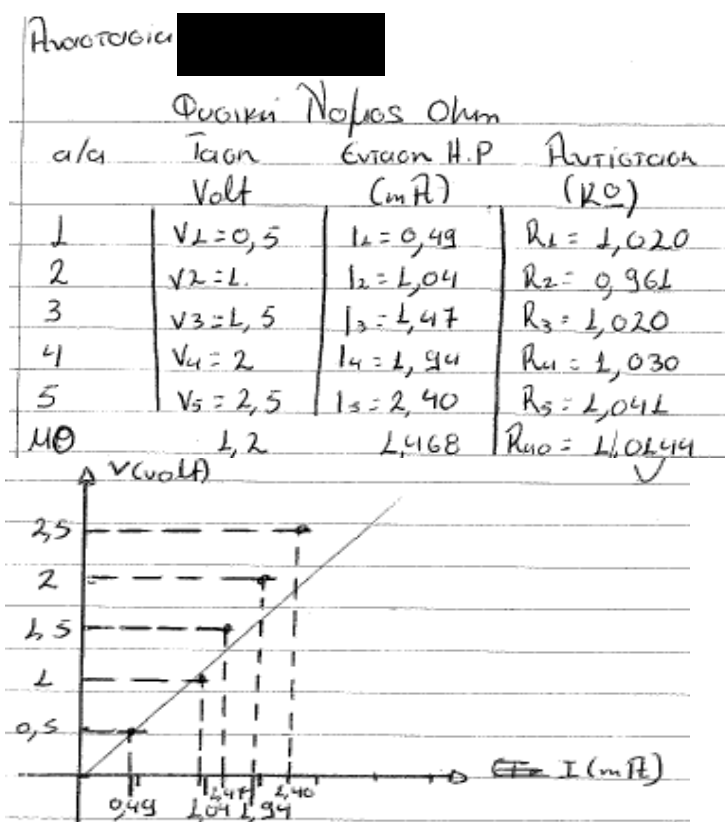
Μελετώντας κανείς τη διεθνή βιβλιογραφία παρατηρεί πως τα πραγματικά πειράματα από απόσταση είναι μία σχετικά νέα πτυχή της σύγχρονης εκπαίδευσης η οποία μπορεί να προσφέρει στο διδακτικό έργο (Ma, et al., 2006; Samoila, et al., 2007). Το χαμηλό κόστος της εξ αποστάσεως εργαστηριακής άσκησης σε σχέση με το υψηλό κόστος του πραγματικού πειράματος, η αποδοχή του από τους φοιτητές καθώς και η διεύθυνση που παρατηρήθηκε σε ομάδες ατόμων με ειδικές ανάγκες, το καθιστά ένα πολλά υποσχόμενο νέο εργαλείο στα χέρια των εκπαιδευτών.

Στόχος των πειραμάτων από απόσταση είναι η ενασχόληση των μαθητών με ένα επιστημονικό θέμα, κάνοντας χρήση σύγχρονων μέσων επικοινωνίας. Ο υπολογιστής, το tablet και το κινητό τηλέφωνο είναι συσκευές με τις οποίες οι μαθητές που φοιτούν στα ελληνικά σχολεία (και όχι μόνο) είναι ιδιαίτερα εξοικειωμένοι, ενώ παράλληλα αποτελούν ένα αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητάς τους. Η επιστημονική προσέγγιση λήψης μετρήσεων, η κατανόηση της ύπαρξης σφαλμάτων κατά τις μετρήσεις, ο χρονικός προγραμματισμός που θα ακολουθήσει ο κάθε μαθητής για να εκτελέσει

οποιαδήποτε ώρα της ημέρας τα πειράματα είναι κάποιες από τις ικανότητες που ευελπιστούμε να αποκομίσουν οι εμπλεκόμενοι (Δίντσιος, κ.α. 2013). Επίσης η χρήση του διαδικτύου, η εργασία εξ αποστάσεως, ο χειρισμός διατάξεων μέσω υπολογιστή, η επικοινωνία με μέλη ομάδας εξ αποστάσεως είναι εφόδια που χρειάζονται οι σημερινοί μαθητές ως αυριανοί πολίτες.

Η παρούσα εργασία βρίσκεται στη φάση της αξιολόγησης του πραγματικού πειράματος από απόσταση στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και απομένει να εκτιμηθεί η συνεισφορά του στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Σχήμα 8: Ο πίνακας με τα ζευγάρια τιμών V-I και το αντίστοιχο διάγραμμα όπως κατασκευάστηκε από μαθήτρια της Γ' Γυμνασίου.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δίντσιος, Ν. & Πολάτογλου, Χ. (2011). Σχεδιασμός Δικτυακής Εφαρμογής και Διάταξης για την Εξ Αποστάσεως Εργαστηριακή Άσκηση. *Proceedings of 6th International Conference in Open & Distance Learning*, σσ. 151-156, Λουτράκι.
- Δίντσιος, Ν., & Αρτέμη, Σ., & Πολάτογλου, Χ. (2013). Η εξ Αποστάσεως Εργαστηριακή Άσκηση και οι ικανότητες κλειδιά. Εφαρμογή: Υπολογισμός της σταθεράς του Planck με χρήση διόδων εκπομπής φωτός (LED). *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου «Ποια Φυσική έχει νόημα να διδάσκονται τα παιδιά μας σήμερα;»*, σσ. 343-349, Θεσσαλονίκη.
- Καλκάνης, Γ. Θ. (2003). Το ιστορικό (;) μέλλον των ερευνητικών και εκπαιδευτικών πειραμάτων. Στο Κ. Σκορδούλης & Λ. Χαλκία (Επ.). *Πρακτικά 2^ο Πανελληνίου Συνεδρίου: «Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φ.Ε.»* (σ. 99-108). Αθήνα: Π.Τ.Δ.Ε.
- Κόκκοτας, Π. (1998). Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης. Αθήνα
- Λιοναράκης, Α. (1999). Εξ αποστάσεως και συμβατική εκπαίδευση: συγκλίνουσες ή αποκλίνουσες δυνάμεις. *Η Ανοικτή και εξ αποστάσεως εκπαίδευση των εκπαιδευτικών* (σελ. 8-27). Αθήνα: Ομοσπονδία Ιδιωτικών Εκπαιδευτικών Λειτουργιών Ελλάδας.
- Λιοναράκης, Α. (2005). Ανοικτή και εξ αποστάσεως εκπαίδευση και διαδικασίες μάθησης. Στο: Α. Λιοναράκης (Επιμ.). *Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση. Παιδαγωγικές και Τεχνολογικές Εφαρμογές* (σελ. 13-38). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Χαλκιά, Κ. (2000). Το πείραμα στο μάθημα της Φυσικής: Σχολιασμός και Επισημάνσεις για το ρόλο και τη σημασία του. *Εκπαιδευτικές προσεγγίσεις για τις Φυσικές Επιστήμες*, 6, 12-18.
- Gomes, L. & Bogosyan, S. (2009). Current trends in remote laboratory, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 56, No. 1, pp. 4744-4756.
- Harms, U. and Kurz, G., (1998). Virtual laboratory - an introductory unit 'POHL's torsional pendulum. *Proceedings of the Third IEEE International Conference on Multimedia Engineering Education*, # 51. City University of Hongkong, China, Hongkong.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science education*, 88(1), 28-54.
- Ma, J. & Nickerson, J. V., (2006). Hands-On, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review. *ACM Computing Surveys*, Vol.38, No. 3, Article 7, pp. 1-24.
- Nersessian, N. J. (1991). Conceptual change in science and in science education. In *History, Philosophy, and Science Teaching*, M. R. Matthews, Ed. OISE Press, Toronto, Canada, pp. 133-148.
- Samoila, C., & Cosh, S.G., & Ursutiu, D., (2007). Advances on Remote Laboratories and E-Learning Experiences, University of Duesto, pp.63-96

- Scanlon, E., Colwell, C., Cooper, M., and Paolo, T. D., (2004). Remote experiments, reversioning and rethinking science learning. *Comput. and Education* 43, 1–2, pp. 153–163.
- Shen, H., Xu, Z., Dalager, B., Kristiansen, V., Strøm, Ø., Shur, M. S., Fjeldly, T. A., Lu, J., Ytterdal, T., (1999). "Conducting Laboratory Experiments over the Internet", *IEEE Trans. on Education*, Vol. 42, No. 3, pp. 180-185.
- Tuttas, J., Wagner, B. (2001). "Distributed Online Laboratories"; *International Conference on Engineering Education (ICEE01)*. Oslo, Norway, August 6-10.
- Tuttas, J., Wagner, B. (2002). "The Relevance of Haptic Experience in Remote Experiments". *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications (ED Media 2002)*, Denver, USA, June 24-29.

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων για το μάθημα της Γεωγραφίας στην υποχρεωτική εκπαίδευση

Αικατερίνη Κλωνάρη

Τμήμα Γεωγραφίας Πανεπιστήμιο Αιγαίου

aklonari@geo.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ψηφιακή εποχή δεν έχει απλά αλλάξει τη φύση των πηγών και των πληροφοριών που οι άνθρωποι έχουν πρόσβαση, αλλά έχουν μετασχηματίσει και τον τρόπο με τον οποίο αυτές προσεγγίζονται. Ένα σημαντικό ζήτημα που τίθεται στην ψηφιακή εποχή μας, είναι η δημιουργία κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού, στη συγκεκριμένη περίπτωση για την Γεωγραφία, ώστε να αντιμετωπιστούν με επιτυχία οι βασικές προκλήσεις που έχουν εντοπιστεί για την αποτελεσματική χρήση των πόρων μέσα από συγκεκριμένα μαθησιακά περιβάλλοντα. Το άρθρο αυτό, αναφέρεται στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη μιας ποικιλίας μαθησιακών αντικειμένων με σκοπό αφενός μεν τον εμπλουτισμό των ηλεκτρονικών βιβλίων Γεωγραφίας και ΜτΠ, αφετέρου δε την χρησιμοποίησή τους, ως αυτόνομες και επαναχρησιμοποιήσιμες μονάδες ψηφιακού υλικού που μπορούν να αξιοποιηθούν για τη διδασκαλία και τη μάθηση, μέσα από την ανάρτησή τους στο πανελλήνιο αποθετήριο μαθησιακών αντικειμένων «Φωτόδεντρο». Στα πλαίσια αυτά θα συζητηθούν οι δυνατότητες χρήσης τους στην σχολική πρακτική μέσα από δραστηριότητες που υποστηρίζουν την διερευνητική μάθηση.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *e-books, μαθησιακά αντικείμενα, Γεωγραφία, Φωτόδεντρο*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην εποχή μας, οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) θεωρούνται ευρέως ως παράγοντες που μπορούν να συμβάλλουν στις εκπαιδευτικές αλλαγές, αλλά και ως μέσα σημαντικών καινοτομιών στη σχολική πράξη. Οι ΤΠΕ μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντικά εκπαιδευτικά και παιδαγωγικά αποτελέσματα και να υποστηρίξουν την ανάπτυξη γνώσεων και δεξιοτήτων των μαθητών, που απαιτούνται, για να επιτύχουν στην κοινωνία του 21ου αιώνα. Κατά την τελευταία δεκαετία, η φύση του Web2.0 (παγκόσμιος ιστός/διαδικτύου), η πρόσβαση και ο τρόπος χρήσης των πόρων του από τους ανθρώπους, για προσωπικούς, εκπαιδευτικούς, επαγγελματικούς, ψυχαγωγικούς και άλλους κοινωνικούς σκοπούς, έχουν αλλάξει ριζικά. Η χρήση των

διαδικτυακών εργαλείων για μαθησιακούς σκοπούς αναμένεται να ασκήσει σημαντική επίδραση στην εκπαίδευση και τον τρόπο που οι άνθρωποι μαθαίνουν εξαιτίας της αλλαγής στη σχέση μεταξύ της διδασκαλίας και της μάθησης, της έρευνας και κατασκευής της γνώσης, και των ορίων ανάμεσα στις δραστηριότητες στην τάξη και στο σπίτι.

Ακαδημαϊκοί, ερευνητές, εκπαιδευτικοί αλλά και διαμορφωτές εκπαιδευτικής πολιτικής έχουν υποστηρίξει ότι τα διαδικτυακά εργαλεία και οι εφαρμογές τους, έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν περισσότερες ευκαιρίες μάθησης για τους μαθητές και εκπαιδευτικούς. Ως εκ τούτου, σημαντικές αλλαγές αναμένονται στον τρόπο που το εκπαιδευτικό υλικό σχεδιάζεται, αναπτύσσεται και δίδεται προς χρήση τόσο στους μαθητές και σπουδαστές, όσο και στους ενήλικους, που ενδιαφέρονται να μάθουν. Οι τρέχουσες τεχνολογικές και παιδαγωγικές εξελίξεις, σχετικά με τις εκπαιδευτικές εφαρμογές των ΤΠΕ, έχουν οδηγήσει σε ένα αυξημένο ενδιαφέρον σε θέματα ανάπτυξης ψηφιακών εκπαιδευτικών πόρων (EUN-iTEC Project, 2010-2014, Aillerie, 2014).

Τα συστήματα μαθησιακών αντικειμένων που βασίζονται στον παγκόσμιο ιστό περιλαμβάνουν διάφορα εργαλεία που έχουν σχεδιαστεί για την υποστήριξη της διδασκαλίας και της μάθησης βοηθώντας τους μαθητές να εξερευνήσουν, να μοιραστούν, να οικοδομήσουν και να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους. Η ανάπτυξη και η ενσωμάτωση των αντικειμένων μάθησης στην πρακτική της τάξης έχει εξελιχθεί δυναμικά τα τελευταία χρόνια, σε διάφορα εκπαιδευτικά πλαίσια που κυμαίνονται από την πρωτοβάθμια (Lim, Song & Lee, 2011) και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Baki & Cakiroglu, 2010; Lowe et al., 2010; Kay & Knaack, 2008a; 2008b) ως και τη τριτοβάθμια εκπαίδευση (Lam, Lam & McNaught, 2009).

Η εργασία αυτή παρουσιάζει τα κύρια αποτελέσματα του αναπτυξιακού έργου που αφορά την κατασκευή μαθησιακών αντικειμένων και την ένταξή τους στα ηλεκτρονικά βιβλία Γεωγραφίας (εμπλουτισμένα βιβλία) για την υποχρεωτική εκπαίδευση στην Ελλάδα. Το έργο υλοποιήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος του Ψηφιακού Σχολείου (<http://dschool.edu.gr/>, 2010), ένα πρόγραμμα που συγχρηματοδοτείται από την Ε.Ε., το οποίο διαχειρίζεται το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων (ΙΤΥΕ) «Διόφαντος», υπό την αιγίδα του Υπουργείου Παιδείας και Θρησκευμάτων (ΥΠΠΑΙΘ). Το άρθρο είναι δομημένο ως εξής. Η πρώτη ενότητα πραγματεύεται τόσο τη θεωρητική θεμελίωση και εκπαιδευτικά θέματα σχεδιασμού σχετικά με τη μέθοδο του σχεδιασμού και της ανάπτυξης που ακολουθείται. Μετά από αυτό, δίνονται ενδεικτικά παραδείγματα των μαθησιακών αντικειμένων που είναι ενσωματωμένα στα εμπλουτισμένα ψηφιακά βιβλία Γεωγραφίας και στο Φωτόδεντρο (<http://photodentro.edu.gr/lor/?locale=el>, 2013), το ελληνικό αποθετήριο μαθησιακών αντικειμένων, τα οποία προτείνονται για την υποστήριξη των μαθησιακών δραστηριοτήτων και πρακτικών στην τάξη. Τα συμπεράσματα που συνάγονται για εκπαιδευτικές πρακτικές και την περαιτέρω έρευνα στον τομέα.

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Ηλεκτρονικά βιβλία, βιβλία με ψηφιακά εμπλουτισμένο περιεχόμενο

Ο όρος ηλεκτρονικό βιβλίο απαντά στην αγγλόφωνη βιβλιογραφία ως ebook, e-textbook, web textbook, online textbook, digital textbook. Δηλώνει την έκδοση ενός έντυπου βιβλίου σε ηλεκτρονική ή ψηφιακή μορφή, το οποίο μπορεί να διαβάσει κανείς σε επιτραπέζιο ηλεκτρονικό υπολογιστή, σε φορητό υπολογιστή, σε υπολογιστή χειρός, σε ειδικές ηλεκτρονικές πλατφόρμες ή φυλλομετρητές διαδικτύου (Internet Explorer, Mozilla κ.λπ.). Στην εκδοχή αυτή, το ηλεκτρονικό βιβλίο μπορεί επίσης να καταγραφεί σε CD-ROM ή DVD-ROM ή να "μεταφορτωθεί" δωρεάν ή επί πληρωμή από το διαδίκτυο στον ηλεκτρονικό υπολογιστή ή σε αυτόνομες συσκευές οι οποίες λειτουργούν αποκλειστικά ως "αναγνώστες", σε διάφορες μορφές με επικρατούσα αυτήν του pdf.

Υπό μία ευρύτερη προοπτική, ο όρος «ηλεκτρονικό βιβλίο» δηλώνει το ψηφιοποιημένο και εμπλουτισμένο με στοιχεία πολυμέσων κείμενο. Τέτοια πολυμεσικά στοιχεία είναι ο ήχος, η εικόνα, οι υπερσύνδεσμοι, καθώς και μέσα τα οποία επιτρέπουν τη δημιουργία σελιδοδεικτών, σημειώσεων στα περιθώρια της σελίδας και υπογραμμίσεων στο κείμενο, την αναζήτηση λέξης ή φράσης μέσω ευρετηρίων κ.ά. Η διαθέσιμη τεχνολογία ενισχύει τη λειτουργικότητα του ηλεκτρονικού βιβλίου με δυνατότητες όπως η αλλαγή του τύπου και του μεγέθους των γραμματοσειρών, η ερμηνεία και μετάφραση όρων και λέξεων από ενσωματωμένα λεξικά, η αντιγραφή και μεταφορά μέρους του κειμένου σε άλλες εφαρμογές, η εκτύπωση κειμένου κ.λπ.

Ως εκ τούτου, με τον όρο "ηλεκτρονικό βιβλίο" δεν πρέπει να εννοούμε μόνον την ψηφιακή έκδοση ενός συμβατικού βιβλίου αλλά το δυναμικό και διαδραστικό μέσο μάθησης που λειτουργεί ως πολυμεσικό εργαλείο γνώσης (Turnbull, 2000; Cavanaugh & Cavanaugh, 2002; Maynard & Cheyne, 2005) Με αυτήν την έννοια, ο όρος δεν συνδέεται απλώς με τη δυνατότητα πρόσβασης του χρήστη σε κείμενα, ήχους και εικόνες. Αντιθέτως, το "ηλεκτρονικό βιβλίο" συνιστά ένα σύνθετο και δυναμικό περιβάλλον μάθησης, που έχει ως στόχο να βοηθήσει τους μαθητές και τους σπουδαστές να εξερευνούν, να μοιράζονται, να οικοδομούν και να εφαρμόζουν τις γνώσεις τους (Wilson, Landoni, Gibb, 2002; Rowhani & Sedig, 2005). Η πρόσβαση του εκπαιδευτικού και του μαθητή σε πολλαπλές πηγές μάθησης μέσω υπερσυνδέσμων, καθώς και η δυνατότητα διάδρασης, μπορούν να καταστήσουν το μέσο αυτό ποιοτικό εργαλείο, όχι μόνον όσον αφορά στην άντληση πληροφοριών αλλά και όσον αφορά στην κατάκτηση και τη σύνθεση της νέας γνώσης [βλ. Πρόταση Παιδαγωγικού Ινστιτούτου (νυν ΙΕΠ) για τα Νέα Προγράμματα Σπουδών: Β. Στόχοι των νέων ΠΣ, Γ. Γενικές αρχές για τη σύνταξη των ΠΣ, Δ. Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) και ΠΣ].

Μαθησιακά Αντικείμενα (ΜΑ)

Η τεχνολογία είναι ένας παράγοντας αλλαγής, και οι μεγάλες τεχνολογικές καινοτομίες μπορεί να οδηγήσουν στην αλλαγή του παραδείγματος στην εκπαίδευση. Το διαδίκτυο είναι μια τέτοια καινοτομία, η οποία έχει φέρει σαρωτικές αλλαγές στον τρόπο που οι άνθρωποι επικοινωνούν και συναλλάσσονται, και ταυτόχρονα έχει επηρεάσει (αλλάξει το παράδειγμα) και τον τρόπο που οι άνθρωποι μαθαίνουν. Κατά συνέπεια, μια μεγάλη

αλλαγή μπορεί επίσης να προέρχεται και μέσα από τον τρόπο με τον οποίο ένα εκπαιδευτικό υλικό σχεδιάστηκε, αναπτύχθηκε και δόθηκε προς χρήση σε μια κοινότητα μάθησης. Η εκπαιδευτική τεχνολογία, που ονομάζεται «**Μαθησιακά Αντικείμενα**» (**Learning Objects**) (LTSC, 2000a), οδηγεί σήμερα στην επόμενη γενιά του εκπαιδευτικού σχεδιασμού, εξαιτίας της δυνατότητας που έχει στην ανάπτυξη και διανομή **ΜΑ** με ιδιότητες όπως: επαναχρησιμοποίηση, δημιουργικότητα, προσαρμοστικότητα, και επεκτασιμότητα (Hodgins, 2000; Urdan & Weggen, 2000; Gibbons, Nelson & Richards, 2000).

Κατά τα τελευταία χρόνια, υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη χρήση των Μαθησιακών Αντικειμένων ως ψηφιακές πηγές για τη μάθηση. Πολλαπλοί ορισμοί έχουν αναπτυχθεί για να περιγράψουν το Μαθησιακό Αντικείμενο. Για παράδειγμα τα Μαθησιακά Αντικείμενα θεωρούνται στοιχεία ενός νέου τύπου διδασκαλίας που βασίζονται στις Νέες Τεχνολογίες και στο παράδειγμα ανάπτυξης εφαρμογών object-oriented ("αντικείμενο-προσανατολισμένων"), από την επιστήμη των υπολογιστών. Το παράδειγμα αυτό εκτιμά ιδιαίτερα τη δημιουργία στοιχείων (που ονομάζονται "αντικείμενα"), που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν (Dahl & Nygaard, 1966) σε πολλές περιπτώσεις. Αυτή είναι η βασική ιδέα πίσω από τα Αντικείμενα Μάθησης: οι εκπαιδευτικοί σχεδιαστές μπορούν να χτίσουν μικρές εκπαιδευτικές συνιστώσες (εφαρμογές) που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν πολλές φορές σε διαφορετικά περιβάλλοντα μάθησης. Επιπλέον, τα Μαθησιακά Αντικείμενα είναι γενικά κατανοητό ότι είναι ψηφιακές οντότητες που παρέχονται μέσω του Διαδικτύου, που σημαίνει ότι όλοι οι άνθρωποι που μπορούν να έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν ταυτόχρονα (σε αντίθεση με τα παραδοσιακά εκπαιδευτικά πολυμέσα, όπως ο βιντεοπροβολέας ή βιντεοταινία, κ.α. τα οποία μπορούν να υπάρξουν σε μια δεδομένη στιγμή μόνο σε ένα συγκεκριμένο τόπο, π.χ. μια τάξη). Επιπλέον, όσοι ενσωματώνουν Μαθησιακά Αντικείμενα στην διαδικασία διδασκαλίας και μάθησης μπορούν να συνεργαστούν και να επωφεληθούν από τις νέες εκδόσεις, μια και μπορούν εύκολα να αντικαθίστανται τα παλαιότερα και να χρησιμοποιούνται άμεσα. Αυτές είναι σημαντικές διαφορές μεταξύ των αντικειμένων μάθησης και των άλλων προηγούμενων εκπαιδευτικών μέσων.

Στηρίζοντας την έννοια των μικρών, επαναχρησιμοποιήσιμων στοιχείων των διδακτικών μέσων, οι Reigeluth και Nelson (1997) υποστηρίζουν ότι οι εκπαιδευτικοί, ούτως ή άλλως, όταν πρωτοαποκτήσουν πρόσβαση σε κάποιο εκπαιδευτικό υλικό, συχνά σπάνε το υλικό αυτό στα επιμέρους συστατικά του. Στη συνέχεια επανασυναρμολογούν τα επιμέρους τμήματα με τέτοιο τρόπο ώστε να υποστηρίζουν τους επιμέρους διδακτικούς τους στόχους. Αυτό δείχνει και τον λόγο που τα επαναχρησιμοποιήσιμα εκπαιδευτικά στοιχεία, ή Μαθησιακά Αντικείμενα, μπορεί να παρέχουν εκπαιδευτικά οφέλη: αν οι εκπαιδευτικοί θεωρήσουν τα διδακτικά μέσα ως επιμέρους στοιχεία, οπότε και το αρχικό αυτό στάδιο της διάσπασης θα μπορούσε να παρακαμφθεί, αυξάνοντας ενδεχομένως την ταχύτητα και την αποτελεσματικότητα της διδακτικής ανάπτυξης.

Μια πληθώρα ορισμών έχει δοθεί από τους επιστήμονες για την έννοια των Μαθησιακών Αντικειμένων, μια ευρέως αποδεκτή είναι και εκείνη του Wiley (2000): "ένα

μαθησιακό αντικείμενο είναι κάθε ψηφιακός πόρος ο οποίος μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί για να υποστηρίξει τη μάθηση. Ο όρος "Μαθησιακά Αντικείμενα" ισχύει γενικά για εκπαιδευτικό υλικό που σχεδιάστηκε και δημιουργήθηκε σε μικρά κομμάτια, με σκοπό τη μεγιστοποίηση του αριθμού των καταστάσεων μάθησης στις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο πόρος". Ο Chiappe (2007) ορίζει το Μαθησιακό Αντικείμενο ως: "Μια ψηφιακή αυτοδύναμη και επαναχρησιμοποιήσιμη οντότητα, με σαφή εκπαιδευτικό σκοπό, με τουλάχιστον τρία εσωτερικά και επεξεργάσιμα συστατικά: το περιεχόμενο, τις μαθησιακές δραστηριότητες και τα στοιχεία του διδακτικού πλαισίου. Τα Μαθησιακά Αντικείμενα πρέπει να έχουν μια εξωτερική δομή πληροφοριών, για να διευκολυνθεί η ταυτοποίηση, η αποθήκευση και η ανάκτηση τους: τα μεταδεδομένα."

Αποθετήριο Μαθησιακών Αντικειμένων (AMA)

Ένα Αποθετήριο Μαθησιακών Αντικειμένων (**Learning Object Repository**) είναι μια online ψηφιακή βιβλιοθήκη αναζήτησης Αντικειμένων Μάθησης που έχουν καταγραφεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς, σε συνδυασμό με ένα σύνολο μηχανισμών διαχείρισης, αναζήτησης και πρόσβασης. Αυτή περιέχει τα μαθησιακά αντικείμενα και τα μεταδεδομένα τους. Τα μεταδεδομένα επιτρέπουν στο αντικείμενο να αναπροσαρμόζεται, καθιστώντας την ανάκτηση και την επαναχρησιμοποίηση αυτού του υλικού μάθησης τεχνολογικά πιο εύκολη.

Τα Αποθετήρια εφαρμόζουν ένα πρότυπο μεταδεδομένων για την υποστήριξη της σημασιολογικής διαλειτουργικότητάς τους. Οι Neven και Duval (2002) παρουσίασαν τη φύση αποθετηρίων που περιέχουν μαθησιακά αντικείμενα και διερεύνησαν τα ισχύοντα αποθετήρια, συγκρίνοντας τα χαρακτηριστικά και την αρχιτεκτονική τους· όπως εξήγησαν "το σχήμα μεταδεδομένων των Αποθετηρίων Μαθησιακών Αντικειμένων (**Learning Object Metadata**) βασίζεται στις προδιαγραφές του IEEE (2002) μέσα από μια διαδικασία που συνήθως αναφέρεται ως "προφίλ εφαρμογών".

Ένας μεγάλος αριθμός αποθετηρίων μαθησιακών αντικειμένων έχουν δημιουργηθεί σε όλο τον κόσμο. Η πλειοψηφία από αυτά στοχεύουν στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, π.χ. το αποθετήριο MERLOT (Shell and Burns, 2002), που φιλοξενεί κυρίως άρθρα από επιστημονικά περιοδικά, σεμινάρια, μαθήματα, διαλέξεις και βίντεο· ενώ παραδείγματα AMA που στοχεύουν σε εκπαιδευτικούς και σχολεία αποτελούν τα LeMill (lemill.net) και Learning Resource Exchange (LRE) for schools (EUN, LRE Retrieved:2014).

ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ

Όπως παραπάνω αναφέρθηκε ένα ηλεκτρονικό βιβλίο δεν αποτελεί απλά την ψηφιακή εκδοχή, σε μορφή pdf ή html, ενός συμβατικού εγχειριδίου ή εκπαιδευτικού υλικού. Το ηλεκτρονικό βιβλίο αλλάζει τη φύση του παραδοσιακού βιβλίου και τους τρόπους αξιοποίησής του από μαθητές και εκπαιδευτικούς, καθώς:

- διαθέτει υπερκειμενικά-διαδραστικά χαρακτηριστικά, τα οποία επιτρέπουν εύκολα την αναζήτηση περιεχομένου (π.χ. με λέξεις κλειδιά).

- δεν περιορίζεται σε κείμενο και στατικές εικόνες αλλά ενσωματώνει ήχο, βίντεο, κινούμενη εικόνα και δυναμικές προσομοιώσεις.
- δεν έχει περιορισμούς όγκου και φυσικής διανομής ή αποθήκευσης.
- μπορεί να διανέμεται μέσω του Διαδικτύου και να είναι προσβάσιμο από απόσταση, χωρίς χρονικούς περιορισμούς, μέσα από μια πληθώρα κινητών συσκευών, όπως net-books, tablets ακόμη και κινητά τηλέφωνα.
- Μπορεί να ανανεώνεται και να εμπλουτίζεται με πρόσθετο υλικό, εύκολα και με χαμηλό κόστος (π.χ. σύνθεση ολόκληρων κεφαλαίων από διαφορετικά βιβλία).
- Ενσωματώνει πρόσθετα χαρακτηριστικά και δυνατότητες (π.χ. δυναμικές προσομοιώσεις, συνδέσεις με εξωτερικούς πόρους, on-line ασκήσεις κ.λπ.).
- Μπορεί να ενσωματωθεί σε συστήματα διαχείρισης ηλεκτρονικής μάθησης (LMS) και να συνδυαστεί διδακτικά με άλλες εφαρμογές, όπως ηλεκτρονικές συζητήσεις (forums), ιστολόγια, wiki κ.λπ., ώστε να ενισχύσει τη συνεργατική μάθηση και την οικοδόμηση νέων γνώσεων.

Από τα ψηφιακά εμπλουτισμένα βιβλία στα επαναχρησιμοποιήσιμα μαθησιακά αντικείμενα

Εκπαιδευτικοί και μαθητές είναι γενικά πολύ εξοικειωμένοι με τα έντυπα βιβλία. Αυτός ήταν και ο λόγος αρχικά που αποφασίστηκε από το ΥΠΑΙΘ να χρησιμοποιηθούν τα εμπλουτισμένα ψηφιακά βιβλία ως όχημα για την ομαλή μετάβαση προς την εξοικείωση των εκπαιδευτικών με τους ψηφιακούς μαθησιακούς πόρους. Σε ένα κεντρικά οργανωμένο εκπαιδευτικό σύστημα, όπως το ελληνικό, υπάρχει ένα επίσημο σχολικό εγχειρίδιο για κάθε μάθημα και ανά τάξη, κοινό για όλους τους μαθητές της επικράτεια, επομένως μια τέτοια απόφαση ήταν εύκολο να υλοποιηθεί.

Η διαδικασία εμπλουτισμού των ελληνικών σχολικών εγχειριδίων με διαδραστικό εκπαιδευτικό υλικό αποτέλεσε το έναυσμα για την ανάπτυξη μερικών χιλιάδων μαθησιακών αντικειμένων (Kynigos, 2012; Dalakosta, Korakakis, Pavlatou, 2012; Chrysostomou, 2013; Jimoyiannis et al., 2013; Σαλονικίδης, κ.ά., 2013). Η σύνδεση μαθησιακών πόρων σε html σελίδες σε μια online έκδοση ψηφιακών σχολικών εγχειριδίων θεωρήθηκε - και αποδείχθηκε ότι είναι- μια καλή, εναλλακτική προσέγγιση για τη σύνδεση των πόρων με τους μαθησιακούς στόχους του Προγράμματος Σπουδών. Τα διαδραστικά ψηφιακά βιβλία προσφέρουν στους εκπαιδευτικούς ένα οικείο περιβάλλον εργασίας, ώστε να μπορούν να περιηγηθούν στους μαθησιακούς πόρους που αυτά περιέχουν (<http://ebooks.edu.gr/new/allcourses.php>).

Παρόλα αυτά, αν και αυτή η προσέγγιση εκτιμήθηκε ιδιαίτερα, υπήρξε μια πρώτη μεγάλη ανησυχία σχετικά με την αποτελεσματικότητα της επένδυσης, κυρίως όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση των μαθησιακών πόρων που είχαν δημιουργηθεί. Ένα βασικό ερώτημα τέθηκε "τι θα συμβεί όταν αλλάξουν τα βιβλία, ή, όταν μια έννοια που διδάσκεται σήμερα, για παράδειγμα, στην 2η τάξη του Γυμνασίου, θα πρέπει να διδαχθεί τον επόμενο χρόνο στην 3η τάξη, κοκ. Έτσι αποφασίστηκε (μια στρατηγική απόφαση) η προώθηση και η ανάπτυξη επαναχρησιμοποιήσιμων μαθησιακών αντικειμένων, καθώς

και η ανάπτυξη ενός εθνικού αποθετηρίου μαθησιακών αντικειμένων, στο οποίο θα μπορούν να αποθηκεύονται, να οργανώνονται, να περιγράφονται, και να διατηρούνται τα δημιουργημένα ΜΑ, προκειμένου να επιτευχθεί η βιωσιμότητα τους. Το Φωτόδεντρο LOR (<http://photodentro.edu.gr/lor/>) σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε κυρίως για να εξυπηρετήσει αυτόν τον σκοπό.

Για το σκοπό αυτό, οι κατευθυντήριες γραμμές που δόθηκαν στις ομάδες των εμπειρογνομόνων που έχουν αναπτύξει αυτούς τους πόρους ήταν κατά τον σχεδιασμό των μαθησιακών πόρων να έχουν στο μυαλό τους: 1) την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης τους, 2) την ανάπτυξη μικρών, αυτοδύναμων, σημασιολογικά και λειτουργικά αυτόνομων δομημάτων μάθησης, 3) την αποπλαισίωση των υφιστάμενων πόρων από το πλαίσιο του ψηφιακού βιβλίου, για το οποίο είχαν αρχικά αναπτυχθεί, και την επαναχρησιμοποίησιμότητά τους σε διαφορετικά πλαίσια. Προς την κατεύθυνση αυτή, η περιγραφή τους με μεταδεδομένα συνέβαλλε στην αναπλαισίωση τους.

ΕΡΓΟ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Η ομάδα «Γεωγραφίας και Περιβάλλοντος» σύμφωνα με τα παραπάνω, εργάστηκε στο πλαίσιο του έργου «Προδιαγραφές Ψηφιακής Εκπαιδευτικής Πλατφόρμας, Ανάπτυξη και Λειτουργία Ψηφιακής Βάσης Γνώσης, Ψηφιακή Διαμόρφωση και Τεχνικός Μετασχολιασμός Εκπαιδευτικού Υλικού, Υποδομή και Υποδειγματικές Διδασκαλίες και Αξιοποίηση Συμμετοχικού Ιστού», το οποίο υλοποιείται από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος» - ΙΤΥΕ.

Στα πλαίσια αυτού του έργου ανέλαβε το σχεδιασμό και τη δημιουργία ψηφιακού διαδραστικού υλικού, για τον εμπλουτισμό της ηλεκτρονικής μορφής των σχολικών βιβλίων (βιβλία μαθητών) Γεωγραφίας και Μελέτης του Περιβάλλοντος από την Γ΄ τάξη του Δημοτικού μέχρι και την Β΄ τάξη του Γυμνασίου, σύμφωνα με τις κατά περίπτωση παιδαγωγικές και τεχνικές προδιαγραφές εμπλουτισμού. Αρχικά, όλο το παραγόμενο υλικό ήταν προσβάσιμο από την ψηφιακή εκπαιδευτική πλατφόρμα «Ψηφιακό Σχολείο» (<http://digitalschool.minedu.gov.gr/>), ενώ σήμερα όλο το υλικό βρίσκεται αναρτημένο στο Φωτόδεντρο-Πανελλήνιο Αποθετήριο Μαθησιακών Αντικειμένων (<http://photodentro.edu.gr/lor/>).

Η ομάδα «Γεωγραφίας και Περιβάλλοντος» αποτελείται από την επιστημονική υπεύθυνη και συντονίστρια της ομάδας καθώς και 8 μέλη/ εμπειρογνώμονες χωρισμένους σε 3 υπο-ομάδες:

- Την Ομάδα Διαχείρισης Υλικού, η οποία προγραμματίζει την παραγωγή του εκπαιδευτικού υλικού, τη διασύνδεση των πόρων εμπλουτισμού με τα ψηφιακά βιβλία, πραγματοποιούσε τον έλεγχο λειτουργικότητας, επεσήμανε σφάλματα και επιμελείται τα παραδοτέα σύμφωνα με τον αρχικό προγραμματισμό του έργου.
- Την Ομάδα Ανάπτυξης Εκπαιδευτικού Υλικού, η οποία σχεδίαζε και δημιουργούσε το ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό σύμφωνα με τις υποδείξεις του επιστημονικού υπεύθυνου της ομάδας.

- Την Ομάδα Ανάπτυξης Χαρτογραφικού Υλικού, η οποία ανέπτυξε το χαρτογραφικό υπόβαθρο και παρείχε τα δεδομένα, τα οποία αξιοποιήθηκαν από την ομάδα ανάπτυξης για τη δημιουργία πολυ-επίπεδων δισδιάστατων διαδραστικών χαρτών, καθώς και τρισδιάστατων.

Για την δημιουργία όλων των μαθησιακών αντικειμένων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω λογισμικά, εφαρμογές πολυμέσων και άλλες πηγές ψηφιακού υλικού: Adobe Director 11.5, Adobe Flash Pro CS5.5, Adobe Photoshop, Articulate Studio 9.0, Google Earth, Google Maps Api, Visual Understanding Environment (VUE), Πλατφόρμα ArcGIS ERDAS IMAGINE 8.7, ελεύθερες εφαρμογές JavaScript, διαδικτυακή εγκυκλοπαίδεια Wikipedia (<http://el.wikipedia.org>), ψηφιακοί πόροι από την Εκπαιδευτική Τηλεόραση (<http://www.edutv.gr/>), από το Ψηφιακό Αρχείο της ΕΡΤ (<http://www.ert-archives.gr>) και φωτογραφίες που διατίθενται με άδεια Creative Commons ή προέρχονται από το προσωπικό αρχείο των μελών της ομάδας.

ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΑΝΑ ΒΙΒΛΙΟ ΚΑΙ ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ

Τα στοιχεία εμπλουτισμού, που ανέπτυξε η ομάδα «Γεωγραφίας και Περιβάλλοντος» και διασύνδεσε στα ψηφιακά ηλεκτρονικά βιβλία (βιβλία μαθητών) Γεωγραφίας και Μελέτης του Περιβάλλοντος, φαίνονται στους Πίνακες 1 και 2. Πρόκειται για εφαρμογές (ανοιχτού και κλειστού τύπου) που αναπτύχθηκαν εξ ολοκλήρου ή τροποποιήθηκαν από την ομάδα παραγωγής και υπερσύνδεσμοι και πολυμεσικά στοιχεία από έγκυρους εξωτερικούς διαδικτυακούς τόπους.

Η προσέγγιση εμπλουτισμού που ακολουθήθηκε για τον εμπλουτισμό των βιβλίων Γεωγραφίας και ΜτΠ (Γ' και Δ') Δημοτικού και Γυμνασίου βασίστηκε:

α) Στα πορίσματα της Διδακτικής της Γεωγραφίας και, ειδικότερα, στη σχετική βιβλιογραφία που αφορά (Baxter, 1989; Henriques, 2002; Mackintosh, 1999; Philips, 1991)

- στις νοητικές αναπαραστάσεις στις παρανοήσεις και στις εννοιολογικές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές για βασικές γεωγραφικές και γεωλογικές διαδικασίες (εσωτερικό της γης, δημιουργία σεισμών, ηφαιστειών, τσουνάμι, κινήσεις της γης και αποτελέσματα των κινήσεων, καιρός κλίμα, κ.λπ.)
- στην ανάπτυξη χωρικής σκέψης των μαθητών
- στα διδακτικά εμπόδια που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί, σχετικά με τη διδασκαλία της Γεωγραφίας και τη χρήση κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού.

β) Στο Νέο Πρόγραμμα Σπουδών Γεωγραφίας (Ομάδα Εργασίας, 2011) και τη φιλοσοφία του, όπου οι ΤΠΕ προσεγγίζονται ως εργαλεία έρευνας, δημιουργίας, συνεργασίας, μοντελοποίησης και επίλυσης προβλημάτων.

Το ψηφιακό περιεχόμενο που αναπτύχθηκε (Πίνακας 2) περιλαμβάνει ποικίλα στοιχεία εμπλουτισμού πολυμεσικών μορφών, όπως: Οπτικοποιήσεις, Δυναμικές προσομιώσεις, ταινίες/βιντεο, ασκήσεις/ παιχνίδια, Συνδέσεις με εξωτερικούς πόρους (π.χ. Wikipedia), εκπαιδευτικά λογισμικά, παρουσιάσεις, πίνακες, γραφήματα, και κυρίως ένα πλήθος πολυχαρτών 2Δ και 3Δ, εικονικές περιηγήσεις κ.λπ.

Ακολουθήθηκε ένα ενιαίο πλαίσιο σχεδιασμού και ανάπτυξης το οποίο περιλαμβάνει, για κάθε στοιχείο ψηφιακού εμπλουτισμού, το σενάριο εμπλουτισμού και τη διδακτική διεπαφή. Οι παραπάνω συνιστώσες προσδιορίζουν το μαθησιακό στόχο και τον τρόπο που η μάθηση προσεγγίζεται ή υποστηρίζεται από κάθε συγκεκριμένη εφαρμογή, προσομοίωση ή ψηφιακό πόρο.

Πίνακας 1: Αριθμός πόρων εμπλουτισμού ανά βιβλίο και στο Φωτόδεντρο

ΤΙΤΛΟΣ ΒΙΒΛΙΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΟΡΩΝ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΠΟΥ ΑΝΑΠΤΥΧΘΗΚΑΝ Ή ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΗΚΑΝ ΓΙΑ ΤΑ E-BOOKS	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΟΡΩΝ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΛΟΥΝ ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΣΤΟ ΦΩΤΟΔΕΝΤΡΟ
Μελέτη Περιβάλλοντος (Γ' Δημοτικού)	193	118
Μελέτη Περιβάλλοντος (Δ' Δημοτικού)	221	82
Γεωγραφία (Ε' Δημοτικού)	404	125
Γεωγραφία (Στ' Δημοτικού)	304	153
Γεωλογία – Γεωγραφία (Α' Γυμνασίου)	270	50
Γεωλογία – Γεωγραφία (Β' Γυμνασίου)	361	122
ΠολυΧάρτες, Εργαλεία Geocoder, 3D Περιηγήσεις	(περιέχονται παραπάνω βιβλία)	στα 109
ΣΥΝΟΛΟ	1753	759

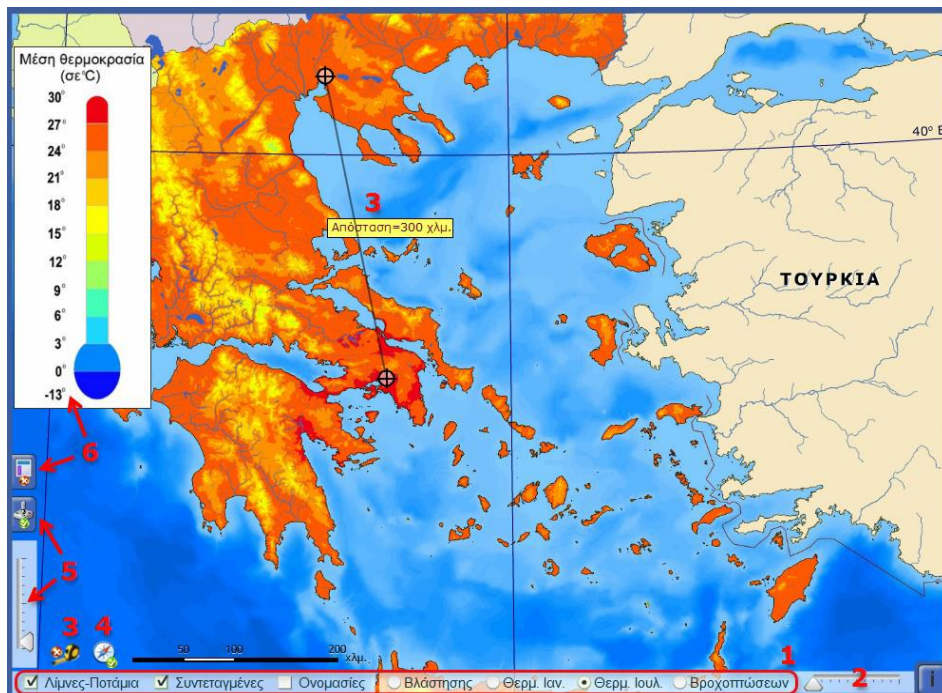
Πίνακας 2: Είδος πόρων εμπλουτισμού

ΕΙΔΟΣ ΠΟΡΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ
Ασκήσεις-Παιχνίδια	157
Ταινίες/Βίντεο	236
Υπερσύνδεσμοι	191
Διασυνδέσεις τοπωνυμίων σε χάρτες	415
Χάρτες	355
Παρουσιάσεις, εικόνες, πίνακες, γραφήματα κ.ά.	202
Εφαρμογές διερευνητικού χαρακτήρα	197
ΣΥΝΟΛΟ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ	1753

ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ

Πολυχάρτες

Εικόνα 1: Πολυχάρτης Ελλάδας (ζωνών βλάστησης, θερμοκρασιών, βροχοπτώσεων, γεωμορφολογικός)



Οι πολυχάρτες (Εικόνα 1) είναι εφαρμογές που αναπτύχθηκαν με σκοπό τη διευκόλυνση ομαδο-συνεργατικών δραστηριοτήτων, οι οποίες βασίζονται στην αξιοποίηση πληροφοριών που περιλαμβάνονται στους χάρτες. Συνολικά δημιουργήθηκαν 75 εφαρμογές που καλύπτουν χαρτογραφικά τον κόσμο, τις ηπείρους, την Ελλάδα και την Κύπρο. Σε κάθε εφαρμογή οι χάρτες ομαδοποιήθηκαν ανάλογα με τους στόχους και το περιεχόμενο των διδακτικών ενοτήτων των σχολικών εγχειριδίων. Έτσι υπάρχουν χάρτες για την γεωμορφολογική εξέταση, για τη μελέτη κλιματικών δεδομένων, για τη βλάστηση και το ανθρωπογενές περιβάλλον (πόλεις και πρωτεύουσες, κατανομή πληθυσμού και πυκνότητα πληθυσμού, συγκοινωνιακά δίκτυα, πολιτισμικά στοιχεία, κ.α.) των διαφόρων γεωγραφικών περιοχών.

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εμφανίσει τον χάρτη που επιθυμεί κάνοντας κλικ στα κουμπιά που βρίσκονται στο κάτω μέρος της εφαρμογής (1), ενώ σύροντας τον

μεταβολέα (2) μπορεί να εμφανίσει, σε διαβαθμίσεις διαφάνειας, το γεωμορφολογικό χάρτη της περιοχής που μελετά. Παρέχεται εργαλείο μέτρησης αποστάσεων σε ευθεία (3), πυξίδα (4), εργαλείο μεγέθυνσης/σμίκρυνσης και πλοήγησης στο χάρτη (5) καθώς και κουμπί εμφάνισης του υπομνήματος του κάθε χάρτη (6).

Με τη χρήση των πολυχαρτών μπορούν να υλοποιηθούν μαθησιακοί στόχοι που σχετίζονται με την ανάπτυξη των χωρικών ικανοτήτων των μαθητών μια και τους δίνεται η δυνατότητα να παρατηρήσουν χωρικές κατανομές φαινομένων, να διαπιστώσουν χωρικές σχέσεις, χωρικά πρότυπα και διαφοροποιήσεις, να ερμηνεύσουν χωρικά φαινόμενα και διαδικασίες, κ.α. Επίσης έχουν την δυνατότητα να ασκηθούν στον υπολογισμό αποστάσεων, χρησιμοποιώντας το εργαλείο μέτρησης, να εκτιμήσουν αποστάσεις χρησιμοποιώντας χάρτες διαφορετικής κλίμακας, και να αναπτύξουν δεξιότητες αποκωδικοποίησης και ερμηνείας συμβόλων, με τη χρήση διαφορετικών υπομνημάτων.

Γεωγραφικοί όροι, τρισδιάστατοι χάρτες και εικονικές περιηγήσεις

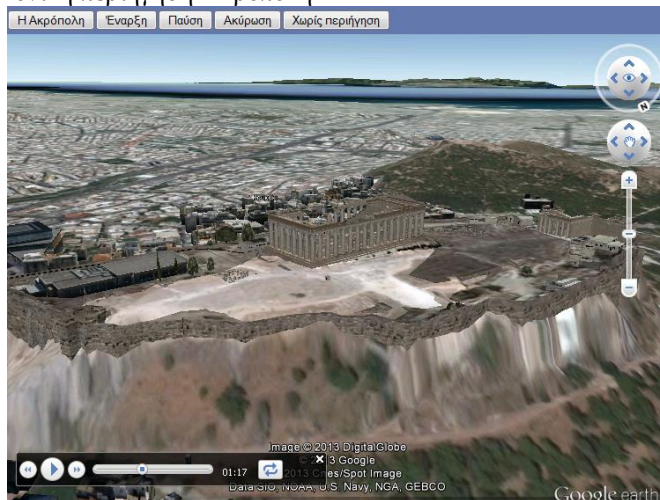
Οι τρισδιάστοι χάρτες (Εικόνα 2) που έχουν δημιουργηθεί είναι της Ελλάδας και όλων των ηπείρων (Ευρώπης, Ασίας, Αφρικής, Β. και Ν. Αμερικής, Ωκεανίας) καθώς και όλων των γεωγραφικών όρων που αναφέρονται στη ΜτΠ της Γ και Δ΄ τάξης Δημοτικού.

Το σημαντικό είναι ότι στους χάρτες αυτούς υπάρχει η δυνατότητα πλοήγησης των μαθητών και η θέαση τους από διαφορετικές κατευθύνσεις, πράγμα που βοηθά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων προσανατολισμού, αλλά και καλύτερης αντίληψης του χώρου σε ότι αφορά τη μορφολογία του εδάφους, των ακτών και του υποθαλάσσιου αναγλύφου. Οι 3D χάρτες βοηθούν το μαθητή να καταλάβει το ρόλο των υψομετρικών καμπυλών βλέποντας το χώρο με την τρίτη του διάσταση, αντί να προσπαθεί να τον δημιουργήσει νοητά, κοιτάζοντας απλά τις ισοϋψείς (Apostoloroulou & Klonari 2011). Επιπλέον οι συγκεκριμένη χάρτες συνδέονται με εικονικές περιηγήσεις στο Google Earth και οι μαθητές μπορούν να έχουν την εικόνα μιας περιοχής (παράδειγμα) μέσα από τη χρήση μιας εικονικής σφαίρας (εικονική πραγματικότητα) και να προηγηθούν σε αυτήν με χρήση 3D μοντέλων (Εικόνα 3).

Εικόνα 2: Οι γεωγραφικοί όροι: πεδιάδα, λίμνη

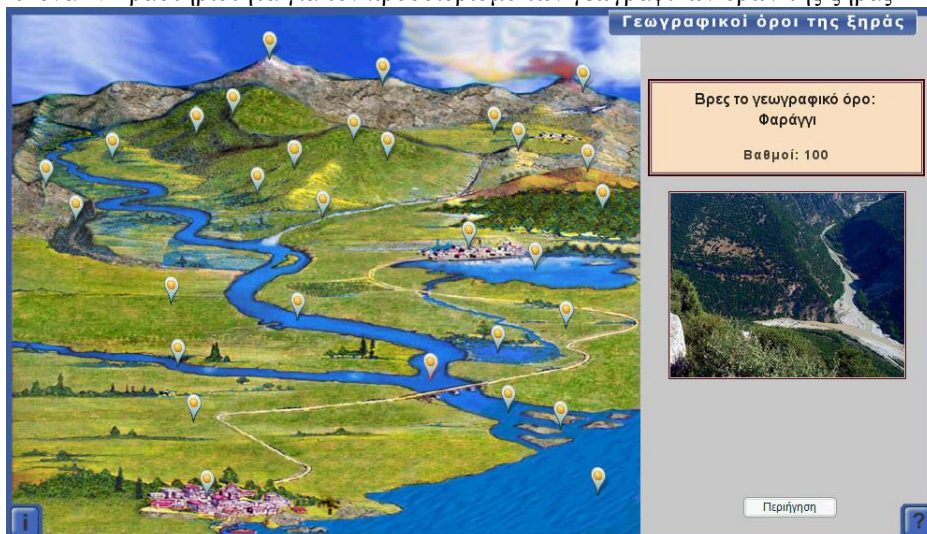


Εικόνα 3: Εικονική περιήγηση Ακρόπολη



Δραστηριότητες παιχνίδια

Εικόνα 4: Δραστηριότητα για τον προσδιορισμό των γεωγραφικών όρων της ξηράς



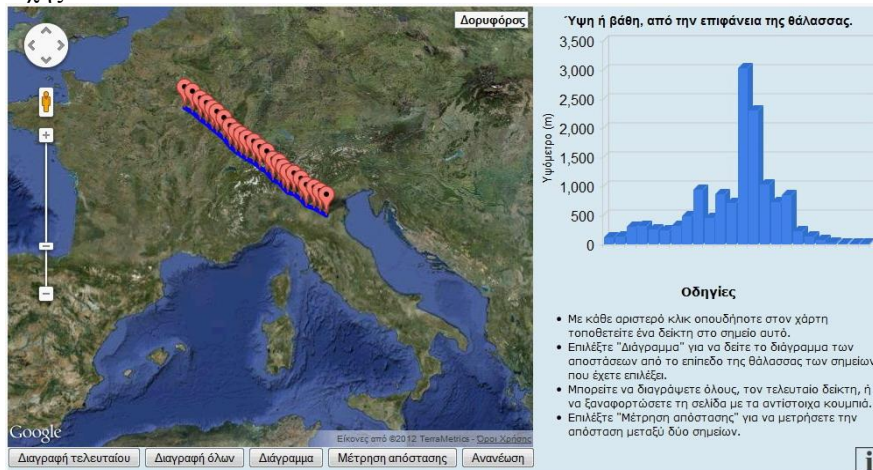
Οι μαθητές σε αυτή την εφαρμογή πρέπει να εντοπίσουν τον γεωγραφικό όρο που τους ζητείται, μπορούν να δουν την φωτογραφία ενός τόπου που αντιστοιχεί στο όρο που ζητείται, οι μαθητές σε κάθε πετυχημένη επιλογή παίρνουν βαθμούς και αν αποτύχουν μετά από επανειλημμένες προσπάθειες έχουν την δυνατότητα να περιηγηθούν στην εικόνα και να δουν την σωστή αντιστοίχιση των όρων. Η Συγκεκριμένη δραστηριότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως δραστηριότητα εμπέδωσης, είτε και ως άσκηση αυτοαξιολόγησης.

Εφαρμογές Google Earth και Google Earth Api

Σε πολλά μαθησιακά αντικείμενα που έχουν δημιουργηθεί για την Γεωγραφία, αξιοποιείται η μηχανή εικονικής περιήγησης του λογισμικού Google Earth, εφαρμογές Google Earth Api (π.χ. για πολλαπλές μετρήσεις όπως στην Εικόνα 5, όπου οι μαθητές μπορούν να οπτικοποιήσουν το ύψος διαδοχικών σημείων στην επιφάνεια της γης δημιουργώντας μια νοητή τομή στη μορφολογία του εδάφους), αλλά και συνδυασμός εικονικής περιήγησης του λογισμικού Google Earth και της γλώσσας JavaScript όπως π.χ. για να παρουσιαστεί ο περίπλους της Γης από τον Μαγγελάνο (Εικόνα 6). Με την περιήγηση οι μαθητές μπορούν να δουν τους σταθμούς στο ταξίδι του Μαγγελάνου, αλλά και διάφορα ιστορικά στοιχεία από το ημερολόγιο του ταξιδιού. Το βασικό πλεονέκτημα χρήσης των εικονικών σφαιρών έναντι των χαρτών είναι ότι παρουσιάζουν με ακρίβεια το μέγεθος και το σχήμα των ωκεανών των ηπείρων και των χωρών και δίνεται η

δυνατότητα στους μαθητές να συγκρίνουν περιοχές όπως φαίνονται στους χάρτες και σε μια σφαίρα.

Εικόνα 5: Δραστηριότητα για τη μέτρηση (υψομέτρου) μιας τομής στο ανάγλυφο μιας περιοχής



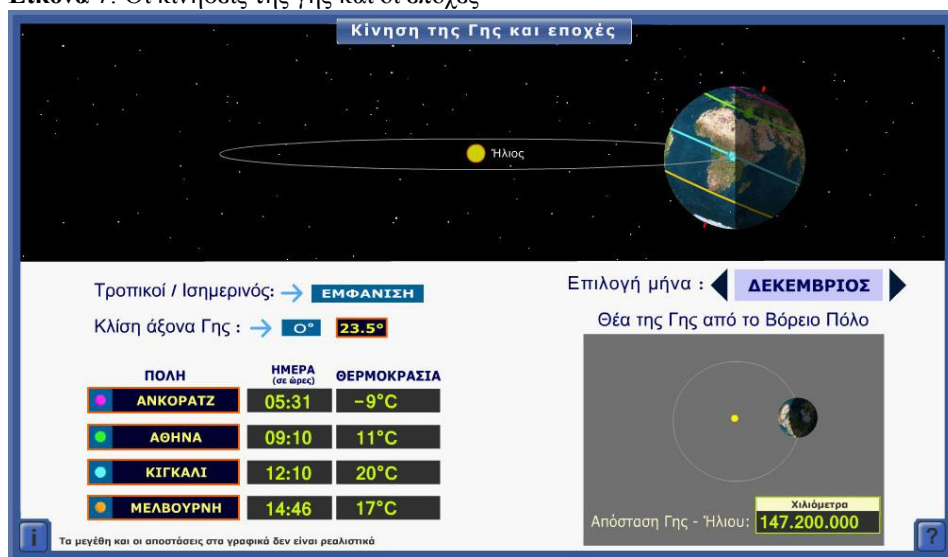
Εικόνα 6: Ο περίπλους της γης από το Μαγγελάνο



Προσομοιώσεις

Όπως ήδη αναφέρθηκε έχουν δημιουργηθεί πολλές προσομοιώσεις, κυρίως για διαδικασίες που οι μαθητές έχουν δυσκολίες να τις αντιληφθούν και πολλές φορές έχουν εναλλακτικές ιδέες για αυτές εξαιτίας του ότι δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμες και η επιστημονική ερμηνεία τους δεν συμφωνεί με τα βιώματα των μαθητών (Εικόνα 7).

Εικόνα 7: Οι κινήσεις της γης και οι εποχές



Εφαρμογές διερευνητικού χαρακτήρα

Στις εφαρμογές αυτές δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη δομή ενός σεναρίου, ώστε να είναι εστιασμένο και να προσομοιώνει σημαντικές φάσεις του, με στόχο την ολοκλήρωση ενός έργου, που μπορεί να υλοποιηθεί μέσα από το περιβάλλον του μαθησιακού αντικειμένου. Πρόκειται για διαδραστικές εφαρμογές αναπαράστασης και διερεύνησης που έχουν ως στόχο την υλοποίηση μιας ολοκληρωμένης εργασίας π.χ. ένα σενάριο που αφορά ένα ταξίδι στο Δούναβη από τις πηγές μέχρι και τις εκβολές του, που οι μαθητές οι ίδιοι είναι οι ταξιδιώτες και θα πρέπει να περιγράψουν το ταξίδι τους αυτό (Εικόνα 8).

Άλλες εφαρμογές αυτής της κατηγορίας είναι μαθησιακά αντικείμενα τα οποία περιέχουν πολλαπλές αναπαραστάσεις ή και δεδομένα π.χ. με μορφή πινάκων, διαγραμμάτων, χαρτών, εικόνων, κειμένων, κ.ά. όπου ζητείται από τους μαθητές να τα επεξεργαστούν και να απαντήσουν σε ερωτήματα, ή ακόμα και να προτείνουν λύσεις σε προβλήματα ή ζητήματα στα οποία αναφέρονται (Εικόνες 9,10).

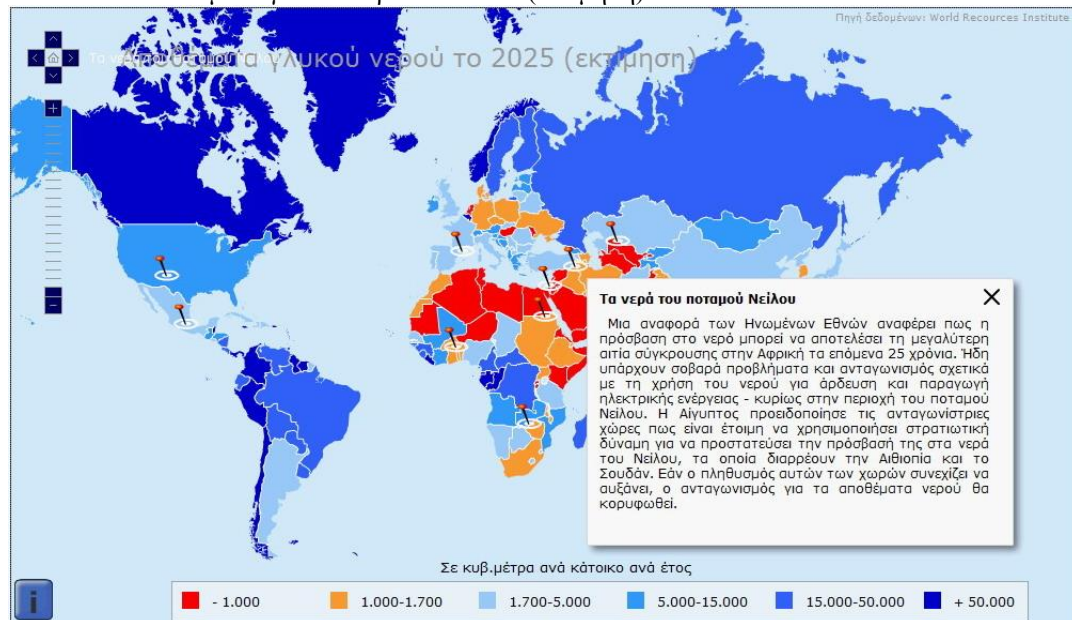
Εικόνα 8: Ταξιδεύοντας από τη Βόρεια στη Μαύρη Θάλασσα



Εικόνα 9: Φυσιογραφικές περιοχές της Ευρώπης

Εργασία	Κριτήρια σύγκρισης	Εργαλεία σύγκρισης
1η. Να συγκριθεί μια περιοχή της Ευρώπης των υψηλών οροσειρών (π.χ. η νότια Ελβετία) με μια περιοχή της Ευρώπης των πεδιάδων (π.χ. την Ολλανδία).	Το ανάγλυφο και η πληθυσμιακή πυκνότητα .	"Γεωμορφολογικός χάρτης" και "Πίνακας με πυκνότητα πληθυσμού Ευρώπης" (πίνακας 25.3).
2η. Να συγκριθεί μια περιοχή της Ευρώπης των δυτικών υψιπέδων (π.χ. το κέντρο της Ιβηρικής Χερσονήσου) με μια περιοχή της Ευρώπης των κεντρικών υψιπέδων (π.χ. τη βόρεια Τσεχία).	Το ανάγλυφο και ο ορκτικός πλούτος .	"Γεωμορφολογικός χάρτης" και "Χάρτης ορκτικού πλούτου της Ευρώπης".
3η. Να συγκριθεί μια περιοχή της Ευρώπης των πεδιάδων (π.χ. το Βέλγιο) με μια περιοχή της Ευρώπης των βόρειων υψιπέδων (π.χ. τη βόρεια Σουηδία).	Το ανάγλυφο και η βλάστηση .	"Γεωμορφολογικός χάρτης" και "Χάρτης βλάστησης της Ευρώπης".
4η. Να συγκριθεί μια περιοχή της Ευρώπης των υψηλών οροσειρών (π.χ. η Ελλάδα) με μια περιοχή της Ευρώπης των βόρειων υψιπέδων (π.χ. τη Σκωτία).	Το ανάγλυφο και το κλίμα .	"Γεωμορφολογικός χάρτης" και "Κλιματικός χάρτης της Ευρώπης".

Χάρτης φυσιογραφικών περιοχών της Ευρώπης

Εικόνα 10: Αποθέματα γλυκού νερού το 2025 (εκτίμηση)

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Τα ψηφιακά εμπλουτισμένα ηλεκτρονικά βιβλία αποτελούν πλέον πραγματικότητα για το ελληνικό σχολείο. Ιδιαίτερα για το μάθημα της Γεωγραφίας υπάρχει στη διάθεση των εκπαιδευτικών και των μαθητών μια πληθώρα εφαρμογών και ψηφιακών στοιχείων που αναμένεται να αξιοποιηθούν στην πράξη ενισχύοντας τη διδασκαλία και την εργασία των μαθητών. Είναι προφανές ότι η εποικοδομητική κριτική και οι προτάσεις των εκπαιδευτικών που διδάσκουν τη Γεωγραφία είναι καλοδεχούμενες και μπορούν να συμβάλλουν στη βελτίωση του ψηφιακού υλικού για τα μαθήματα Γεωγραφίας και ΜτΠ στο σχολείο.

Η ενσωμάτωση του ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού στην καθημερινή πρακτική απαιτεί χρόνο και συνεχή προσπάθεια. Οι εκπαιδευτικοί της πράξης αποτελούν τον καθοριστικό παράγοντα για την επιτυχή ένταξη των εμπλουτισμένων ηλεκτρονικών βιβλίων ή τη χρήση των μαθησιακών αντικειμένων από το Φωτόδεντρο, στη διδασκαλία του μαθήματος της Γεωγραφίας και ΜτΠ. Θα πρέπει να υποστηριχθούν και να προετοιμαστούν κατάλληλα, ώστε να είναι σε θέση να επανοργανώσουν τη διδασκαλία τους χρησιμοποιώντας νέες εκπαιδευτικές στρατηγικές που θα στοχεύουν στην ενεργητική συμμετοχή των μαθητών, στη διερεύνηση, στον πειραματισμό και, τελικά, στην οικοδόμηση νέων γνώσεων. Απώτερος στόχος είναι όλοι οι μαθητές που ολοκληρώνουν τις γυμνασιακές τους σπουδές να έχουν την ευκαιρία να αναπτύξουν τις

απαραίτητες ψηφιακές ικανότητες (γνώσεις, δεξιότητες και στάσεις) για τη συμμετοχή τους στην κοινωνία της γνώσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aillerie, K. (2014). What type of support is required for particular media literacy skills? From innovative teaching methods to daily practices. Presented in National forum “youths and medias”. Youth: media players, Lyon. (Retrieved on 16.12.2014 <http://jeunesacteursdesmedias.com>)
- Apostolopoulou E. & Klonari, A. (2011a). Pupils' representations of rivers on 2D and 3D maps. *Procedia - Social and Behavioural Sciences*, 19, 443-449.
- Baki, A., & Cakiroglu, U. (2010). Learning objects in high school mathematics classrooms: Implementation and evaluation. *Computers & Education*, 55(4), 1459-1469.
- Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11, 502-513.
- Cavanaugh, C. & Cavanaugh, T. (2002). E-Books for Education. In C. Crawford et al. (Eds.). *Proceedings of Society for Information Technology and Teacher Education International Conference 2002*, 1127-1129. Chesapeake, VA: AACE.
- Chiappe, A., Segovia, Y. & Rincon, Y. (2007). Toward an instructional design model based on learning objects. *Educational Technology Research and Development*, 55, 671-681.
- Chrysostomou, S., (2013). The use of media-enriched text books in the music classroom: examples from Greece and Cyprus. *In Proc. of RIME2013*.
- Dalacosta, K., Korakakis, G., Pavlatou, E. (2012). Using Multimedia Educational Games for Teaching Sciences in Primary and Secondary Educational E-Books. *In Proc. of ICERI2012 conference*, Madrid, Spain
- EUN, iTEC project (2010-2014). Designing the Future Classroom. iTEC Knowledge Map (retrieved on 16.12.2014 <http://itec.eun.org/web/guest/knowledge-map>)
- EUN, LRE. *Learning Resource Exchange for Schools*. <http://lreforschools.eun.org/> (Retrieved on 16.12.2014).
- Henriques, L. (2002). Children's Ideas about Weather: A Review of the Literature. *School Science and Mathematics*, 102(5), 202-215.
- IEEE 1484.12.1-2002, 15 July 2002. *Draft Standard for Learning Object Metadata*. IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC).
- Jimoyiannis, A., Christopoulou, E., Paliouras, A., Petsos, A., Saridaki, A., Toukiloglou, P., Tsakonas, P. (2013). Design and development of learning objects for lower secondary education in Greece: The case of computer science e-books. *In Proc. of EDU-LEARN13 Conf.*, 41-49.

- Kay, R. H., & Knaack, L. (2008a). A formative analysis of individual differences in the effectiveness of learning objects in secondary school. *Computers & Education*, 51(3), 1304-1320.
- Kay, R. H., & Knaack, L. (2008b). An examination of the impact of learning objects in secondary school. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(6), 447-461.
- Klerkx, J., Duval, E., Meire, M. (2004). Using Information Visualization for Accessing Learning Object Repositories. In *Proceedings of 8th International Conference on Information Visualisation*, IV 2004, 14-16 July 2004, London, UK, 465-470.
- Kynigos, C. (2012). Niches for Constructionism: forging connections for practice and theory. In *Proc. of Constructionism 2012 Conference*, Athens, Greece.
- Lam, P., Lam, S. L., Lam, J. & McNaught, C. (2009). Usability and usefulness of eBooks on PPCs: How students' opinions vary over time. *Australasian Journal of Educational Technology*, 25(1), 30-44
- Lim, C., Song, H.D. & Lee, Y. (2012). Improving the Usability of the User Interface for a Digital Textbook Platform for Elementary-School Students. *Educational Technology Research and Development*, 60(1), 159-173.
- Mackintosh, M. (1999). Children's Views in Physical Geography. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 8(1), 69-72.
- Maynard, S. & Cheyne, E. (2005). Can Electronic Textbooks help Children learn? *The Electronic Library* 23 (1), 103-115.
- Megalou, E. & Kaklamanis, C. (2014). Photodentro L.O.R., Greek National Learning Object Repository. In *8th International Technology, Education and Development Conference*, Valencia (Spain), 10-12 March, 2014
- Nelson, M. R. (2008). E-books in higher education: Nearing the end of the era of hype? *Educause Review*, March/April, 40-56.
- Neven, F. and Duval, E (2002). Reusable learning objects: a survey of LOM-based repositories. In *Proceedings of MULTIMEDIA '02 ACM International Conference on Multimedia*, 291-294.
- Ομάδα Εργασίας (2011). *Νέα Προγράμματα Σπουδών Γεωγραφίας Δημοτικού Γυμνασίου*. (http://ebooks.edu.gr/info/newps/Φυσικές_επιστήμες/Γεωγραφία_Δημοτικού.pdf και http://ebooks.edu.gr/info/newps/Φυσικές_επιστήμες/Γεωγραφία_Γυμνασίου.pdf)
- Philips, W.C. (1991). Earth science misconceptions. *The Science Teacher*, 58(2), 21-23.
- Rowhani, S. & Sedig, K. (2005). E-Books Plus: Role of Interactive Visuals in Exploration of Mathematical Information and E-Learning. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 24 (3), 273-298.
- Σαλονικίδης, Ι., Αθανασιάδης, Κ., Αντωνίου, Α., Κλωνάρη, Αικ., Κωτσάνης, Ι., Μανουσαρίδης, Ζ. & Τάταρης, Γ. (2013). Ψηφιακό Σχολείο: Έργο της Ομάδας εμπλουτισμού των ηλεκτρονικών βιβλίων Γεωγραφίας και Μελέτης Περιβάλλοντος. Στα *Πρακτικά 7^ο Πανελλήνιου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΠΙΕ*, (retrieved on <http://e-diktyo.eu/>, 16.12.2014).

- Schell, P. G., and Burns, M. (2002). Merlot: A Repository of e-Learning Objects for Higher Education. *e-Service Journal*,1(2), Winter 2002, 53-64.
- Turnbull, G. (2000). E-Books in Education. Write the Web, available at: <http://writetheweb.com/Members/gilest/old/60/view> (Retrieved on 16.12.2014).
- Wiley, D. A. (2000). Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In D. A. Wiley (ed.), *The instructional use of learning objects* (1-35). Retrieved 16 December 2014, from <http://www.reusability.org/read/chapters/wiley.doc>.
- Wilson, R., Landoni, M., and Gibb, F. (2002). A user-centred Approach to E-Book. *The Electronic Library*, 20 (4), 322-330.
- Φωτόδεντρο (2013). <http://photodentro.edu.gr/lor/?locale=en>
- Ψηφιακό Σχολείο (2010). <http://dschool.edu.gr>

Σύνθεση Μεταγνωστικού Περιβάλλοντος Συνεργατικής Μάθησης στη Φυσική από Ανεξάρτητα Λογισμικά

Γεώργιος Κρητικός¹ και Αγγελική Δημητρακοπούλου²

Πανεπιστήμιο Αιγαίου
¹gkritikos@rhodes.aegean.gr, ²adimitr@aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μοντελοποίηση ως μαθησιακή διαδικασία απασχολεί τους ερευνητές, ιδίως τα τελευταία χρόνια, που η συμβολή της τεχνολογίας έχει δημιουργήσει ένα νέο τοπίο στα μαθησιακά περιβάλλοντα. Ωστόσο, αρκετά αξιόλογα λογισμικά μοντελοποίησης δεν υποστηρίζουν ούτε τη μεταγνώση ούτε τη συνεργασία μεταξύ των μαθητών. Τίθεται, λοιπόν, το ερώτημα: Πώς μπορεί να αξιοποιηθεί ένα τέτοιο λογισμικό μοντελοποίησης σε δραστηριότητες συνεργατικής μάθησης με μεταγνωστικό χαρακτήρα; Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε ένα διδακτικό πλαίσιο στο οποίο οι μαθητές συλλογίζονται αναλογικά, προκειμένου να αναστοχαστούν σε δραστηριότητες μοντελοποίησης, με σκοπό την αξιοποίηση και βελτίωση των μεταγνωστικών τους ικανοτήτων. Το τεχνολογικό περιβάλλον μάθησης απαρτίζεται από τέσσερα επιμέρους ανεξάρτητα λογισμικά: *Modellus*, *TeamViewer*, *Camtasia*, *ART*. Οι δραστηριότητες μοντελοποίησης υλοποιήθηκαν στο *Modellus*, η συνεργασία των μαθητών πραγματοποιήθηκε μέσω του *TeamViewer*, ενώ το *Camtasia* χρησιμοποιήθηκε κατά τη φάση του ιδιο-αναστοχασμού των μαθητών. Τέλος, έχουμε σχεδιάσει το *ART*, το οποίο είναι ένα λογισμικό καθοδήγησης και υποστήριξης των μαθητών κατά τον αναλογικό αναστοχασμό.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Μοντελοποίηση, Τεχνολογικό Περιβάλλον, Συνεργατική Μάθηση, Μεταγνώση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ένταξη των ΤΠΕ στα σχολεία έχει δημιουργήσει ένα νέο τεχνολογικό περιβάλλον εκπαίδευσης, στο οποίο κυρίαρχο στοιχείο είναι η επικοινωνία και η συνεργασία μεταξύ των μαθητών. Η χρήση των ΤΠΕ στην τάξη μπορεί να οδηγήσει σε ένα νέο μαθησιακό περιβάλλον, το οποίο διαφέρει σε σχέση με το παραδοσιακό περιβάλλον μάθησης από πολλές απόψεις και κυρίως στο ότι ευνοεί την επικοινωνία και τη συνεργασία μεταξύ των μαθητών (Σολομωνίδου, 2002). Τα ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τη μοντελοποίηση στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, ειδικά όταν πραγματοποιείται σε τεχνολογικό

περιβάλλον, δείχνουν ότι η χρήση μοντέλων, είτε ως διδακτικά είτε ως διερευνητικά μαθησιακά εργαλεία, έχει θετικά αποτελέσματα για τους μαθητές. Στο ερευνητικό πεδίο της μεταγνώσης, ο αναστοχασμός διακρίνεται σε δύο είδη, ανάλογα με το αν οι μαθητές αναστοχάζονται στις ενέργειές τους, ή σε ενέργειες τρίτων. Ο αναστοχασμός, όπως αναδεικνύεται σε προηγούμενες έρευνες, προκύπτει μέσα από τις ενέργειες του ίδιου του μαθητή (*ιδιο-αναστοχασμός*) ή τρίτων, όπως οι συμμαθητές του, το λογισμικό στο οποίο εργάζεται, τα φύλλα εργασίας ή εγχειρίδια οδηγιών (*συγκριτικός αναστοχασμός*). Στην παρούσα εργασία, προτείνουμε και εξετάζουμε τον αναστοχασμό, που προκύπτει από αντιπαράβολή των ενεργειών του μαθητή με αναλογίες. Αυτό το είδος αναστοχασμού το ονομάτισαμε *αναλογικό αναστοχασμό* (*analogical reflection*), ο οποίος αποτελεί ειδική περίπτωση συγκριτικού αναστοχασμού.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Συνεργατική Μάθηση

Σε ένα συνεργατικό περιβάλλον μάθησης, οι μαθητές έχουν τον κυρίαρχο και πρωταγωνιστικό ρόλο στη χρήση των ΤΠΕ κατά τη διδακτική ώρα, ενώ ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι επικουρικός και ελάχιστα καθοδηγητικός. Αυτό όμως δε σημαίνει ότι ο ρόλος του εκπαιδευτικού υποβαθμίζεται. Ο εκπαιδευτικός απαιτείται να "μάθει να διδάσκει" με πολύ διαφορετικό τρόπο από αυτόν που του είναι οικείος (Κόλλιας κ.ά., 2008). Ωστόσο, η συνεργασία από μόνη της δεν παράγει συστηματική μάθηση. Ένας τρόπος, για να είναι αποτελεσματική η συνεργασία, είναι η ενασχόληση των μαθητών με φύλλα εργασίας, που περιέχουν καλώς καθορισμένα σενάρια μελέτης. Ένα φύλλο εργασίας για συνεργατική μάθηση περιλαμβάνει οδηγίες, συστάσεις και καθοδήγηση των μαθητών για αλληλεπίδραση και συνεργασία μεταξύ τους (Dillenbourg, 2002). Επίσης, τα σενάρια πρέπει να είναι συγκεκριμένα και με παραδείγματα, τα οποία έχουν βιώσει ή γνωρίζουν οι μαθητές. Για παράδειγμα, ένα σενάριο για τη μελέτη της "ελεύθερης πτώσης" είναι η "ρίψη νομίσματος" (Mol et al., 2003).

Μεταγνώση

Η μεταγνώση αναφέρεται στη γνώση, που έχει το άτομο για τις διαδικασίες της σκέψης του (Flavell, 1979) και μπορεί να οριστεί ως η γνώση της γνώσης, δηλαδή, η ενημερότητα επίγνωσης ή άγνοιας (Κωσταρίδου-Ευκλείδη, 2005). Οι βασικότερες μεταγνωστικές δεξιότητες είναι (α) η ενημερότητα, (β) ο αναστοχασμός και (γ) η αυτο-ρύθμιση. Η ενημερότητα αφορά στη γνώση των πληροφοριών, που σχετίζονται με τον εαυτό του ατόμου ή με το γνωστικό περιβάλλον του (λογισμικό, συμμαθητές, συνεργάτες, εκπαιδευτής, κλπ) και προκύπτει ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του ατόμου με το περιβάλλον του (Gutwin & Greenberg, 2001). Ο αναστοχασμός είναι η νοητική δραστηριότητα, κατά την οποία τα άτομα συμμετέχουν στη διερεύνηση των εμπειριών τους για να ωφάσουν σε νέες αντιλήψεις (Boud et al., 1985). Ο αναστοχασμός μπορεί να λάβει χώρα είτε κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων, που χαρακτηρίζεται ως αναστοχασμός εν δράσει (*reflection in action*), είτε μετά το πέρας των δραστηριοτήτων,

που χαρακτηρίζεται ως αναστοχασμός μετά τη δράση (reflection on action) (van Joolingen et al., 2005). Για την αυτο-ρύθμιση, ένας πολύ γενικός ορισμός είναι ο εξής: "Αυτο-ρύθμιση είναι η ικανότητα του ατόμου να παρακολουθεί και να τροποποιεί/ελέγχει τη συμπεριφορά, το γινώσκειν, και το θυμικό του, καθώς και το περιβάλλον, αν χρειάζεται, προκειμένου να πετύχει έναν στόχο." (Κωσταρίδου-Ευκλείδη, 2005:248). Η αυτο-ρυθμιζόμενη μάθηση ενσωματώνει και ολοκληρώνει, σε ένα ενιαίο πλαίσιο μάθησης, τις μεταγνωστικές δεξιότητες (α) ενημερότητα, (β) αναστοχασμό και (γ) αυτο-ρύθμιση, διαδοχικά και επαναλαμβανόμενα σε σπειροειδή μορφή. Σε ένα μεταγνωστικό πλαίσιο μάθησης, ο μαθητής αρχικά παρακολουθεί (monitoring) τις ενέργειές του, και τις ενέργειες των συμμαθητών του, καθώς επίσης και το συνολικό περιβάλλον μάθησης (βιβλίο, λογισμικό, εκπαιδευτικός). Έτσι αποκτά ενημερότητα για τον εαυτό του (self-awareness) και για την ομάδα στην οποία εργάζεται (group-awareness). Στη συνέχεια, ο μαθητής αναστοχάζεται με βάση την ανατροφοδότηση, που παίρνει από τον εαυτό του (self-reflection) και από το μαθησιακό περιβάλλον (comparative reflection, collective reflection). Τα αποτελέσματα του αναστοχασμού επεξεργάζονται ως ανατροφοδότηση, προκειμένου ο μαθητής να αυτο-ρυθμίσει τις ενέργειές του, κλείνοντας και, παράλληλα, ανοίγοντας έναν νέο κύκλο αυτο-ρυθμιζόμενης μάθησης.

Αναστοχασμός σε Τεχνολογικά Περιβάλλοντα Μάθησης

Οι έρευνες για την ανάδειξη του αναστοχασμού βασίζονται, εν γένει, στους διαλόγους εκπαιδευτή-μαθητή (Kor et al., 2001). Ο εκπαιδευτής μπορεί να είναι είτε ο ίδιος ο εκπαιδευτικός σε παραδοσιακό ή τεχνολογικό περιβάλλον, είτε κάποιο λογισμικό-πράκτορας, είτε η διεπιφάνεια ενός λογισμικού. Οι διάλογοι περιλαμβάνουν ερωτήσεις προς τους μαθητές σχετικά με την πορεία που ακολούθησαν κατά τη διάρκεια μιας δραστηριότητας και την τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων τους. Εκτός από τις ερωτήσεις, οι εκπαιδευτές αντιπαραθέτουν σχόλια-προτάσεις όταν εντοπίσουν τα λάθη των μαθητών, προκειμένου οι τελευταίοι να αναθεωρήσουν.

Στη φάση του αναστοχασμού, οι εκπαιδευτές ζητούν από τους μαθητές να αναστοχαστούν πάνω στις ενέργειές τους, με σκοπό την ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων, δηλαδή, να αντιληφθούν τον τρόπο με τον οποίο μαθαίνουν και να είναι σε θέση να αναθεωρούν. Καθώς ένας μαθητής αναστοχάζεται, ξανασκέφτεται την πορεία που ακολούθησε και, με την κατάλληλη καθοδήγηση από τον εκπαιδευτή, μπορεί να αναθεωρήσει. Η καθοδήγηση μπορεί να περιλαμβάνει ερωτήσεις σχετικά με την τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων ή να επισημαίνει το λάθος.

Αναλογικός συλλογισμός

Ο αναλογικός συλλογισμός είναι η νοητική διεργασία, μέσω της οποίας ο μαθητεύομενος προσαρμόζει τις γνώσεις του από ένα οικείο γνωστικό πεδίο στο πεδίο που μελετάται, εφόσον τα δύο πεδία παρουσιάζουν ομοιότητες (Ραβάνης, 2001).

Τα μοντέλα, που δημιουργούνται στο πλαίσιο του αναλογικού συλλογισμού, ονομάζονται αναλογικά μοντέλα (ή ανάλογα). Τα αναλογικά μοντέλα συνιστούν μία ειδική κατηγορία μοντέλων. Το βασικό τους χαρακτηριστικό, που τα διακρίνει από τα

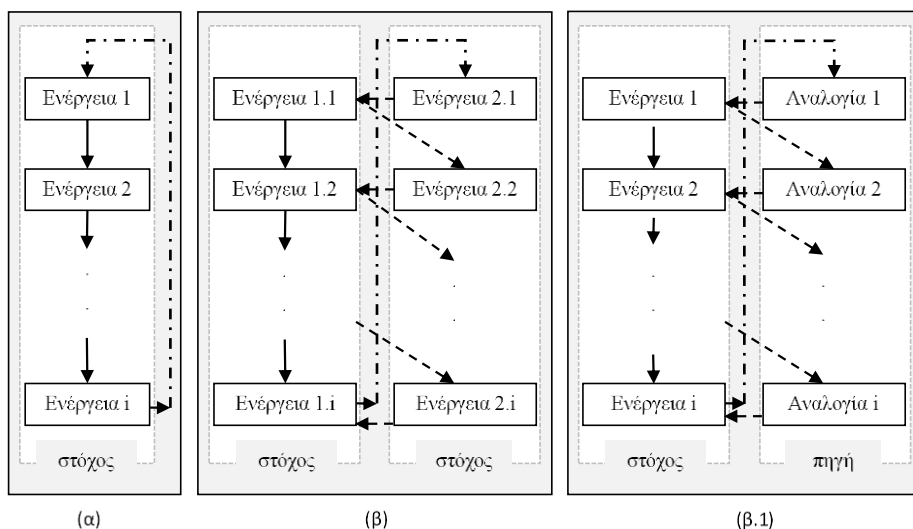
υπόλοιπα μοντέλα, είναι ότι δεν αναπαριστούν το σύστημα που μελετάται, αλλά ένα άλλο σύστημα με παρόμοια συμπεριφορά. Το σύστημα που αναπαρίσταται ονομάζεται "πηγή" (ή "ανάλογο"), ενώ το σύστημα που μελετάται ονομάζεται "στόχος" (Hesse, 1963). Ένας στόχος μπορεί να σχετίζεται με πηγές από διαφορετικά πεδία (Meyer, 2002). Για παράδειγμα, ένα δίκτυο υπολογιστών (στόχος) μπορεί να αναπαρασταθεί με διαφορετικές αναλογίες (πηγές), όπως οδικό δίκτυο, σιδηροδρομικό δίκτυο ή ταχυδρομείο.

Τα χαρακτηριστικά της πηγής, τα οποία παρουσιάζουν ουσιαστικές-πραγματικές ομοιότητες με χαρακτηριστικά του στόχου, συγκρίνονται και αντιστοιχούνται ένα προς ένα. Ο Harrison (2001) αναφέρει ότι, σύμφωνα με την Hesse (1963), αυτού του είδους η σύγκριση ονομάζεται "θετική αναλογία". Αν υπάρχουν χαρακτηριστικά της πηγής, που εμφανίζονται όμοια με χαρακτηριστικά του στόχου, αλλά στην πραγματικότητα παρουσιάζουν αντιθέσεις, τότε η σύγκριση ονομάζεται "αρνητική αναλογία". Τέλος, αν ορισμένα χαρακτηριστικά της πηγής εμφανίζονται όμοια με χαρακτηριστικά του στόχου, χωρίς ωστόσο να υπάρχει ξεκάθαρη ομοιότητα ή αντίθεση, τότε η σύγκριση ονομάζεται "ουδέτερη αναλογία". Οι αρνητικές αναλογίες ενδέχεται να δημιουργήσουν στους μαθητές παρανοήσεις και γι' αυτό θα πρέπει να αποσαφηνίζονται με ιδιαίτερη έμφαση (Σκαμάγκα κ.ά., 2008).

Αναλογικός Αναστοχασμός

Κατά τον αναλογικό αναστοχασμό (*analogical reflection*) ο μαθητής καλείται να συσχετίσει την πηγή με τον στόχο (Σχήμα 1). Έτσι, αναστοχάζεται μέσα από ένα οικείο γνωστικό πεδίο υποστηριζόμενος από αναλογίες.

Σχήμα 1: (α) ιδιο-αναστοχασμός, (β) συγκριτικός αναστοχασμός (β.1) αναλογικός αναστοχασμός.



Με τον αναλογικό αναστοχασμό αξιοποιούνται οι ορθές αντιλήψεις των μαθητών στην αναθεώρηση λανθασμένων αντιλήψεων. Ο αναλογικός αναστοχασμός, ως ιδέα για ανάπτυξη της έρευνάς μας, προέκυψε από την ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης και συγκεκριμένα από τη σύνθεση του αναλογικού συλλογισμού με τον συγκριτικό αναστοχασμό:

Αναλογικός συλλογισμός
Συγκριτικός αναστοχασμός } *Αναλογικός αναστοχασμός*

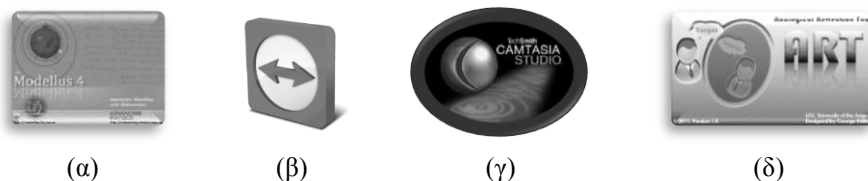
ΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΑΘΗΣΗΣ

Πολλά λογισμικά, παρότι έχουν σημαντική διδακτική αξία, δεν επιτρέπουν κανενός είδους επικοινωνία ανάμεσα σε διαφορετικούς χρήστες. Με την ανάπτυξη των εργαλείων (δια)δικτυακής επικοινωνίας γενικής χρήσης, ακόμα και ένα λογισμικό, που δεν υποστηρίζει κανενός είδους συνεργασία, μπορεί να αξιοποιηθεί σε συνεργατικές δραστηριότητες μάθησης. Για παράδειγμα, το Modellus είναι ένα εκπαιδευτικό λογισμικό μοντελοποίησης, με σπουδαία συνεισφορά στη διδακτική των θετικών επιστημών (Teodoro & Neves, 2011), το οποίο όμως δεν υποστηρίζει την επικοινωνία μεταξύ των χρηστών. Το TeamViewer είναι ένα ελεύθερο λογισμικό σύγχρονης επικοινωνίας σε τοπικό δίκτυο ή διαμέσου του παγκόσμιου ιστού, που επιτρέπει τον διαμοιρασμό της οθόνης ενός χρήστη σε άλλον/άλλους. Έτσι, καθώς ο ένας χρήστης εργάζεται σε ένα αρχείο-μοντέλο του Modellus, τοπικά σε έναν υπολογιστή, ο άλλος χρήστης μπορεί να συνεργαστεί πάνω στο ίδιο αρχείο από έναν άλλο υπολογιστή. Επιπλέον, μέσω του TeamViewer μπορεί να πραγματοποιηθεί η ανταλλαγή μηνυμάτων (chat) και αρχείων. Επομένως, ακόμα και αν ένα λογισμικό δεν αποτελεί ολοκληρωμένο σύστημα συνεργατικής μάθησης, μπορεί να αποτελέσει τη συνιστώσα ενός τεχνολογικού περιβάλλοντος, που δημιουργεί ο εκπαιδευτικός με βάση τις ανάγκες των δραστηριοτήτων μάθησης.

Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας, δημιουργήσαμε ένα τεχνολογικό μαθησιακό περιβάλλον μάθησης, με κεντρικό λογισμικό των δραστηριοτήτων το Modellus. Τα υπόλοιπα 3 λογισμικά (TeamViewer, Camtasia και ART) καλύπτουν τις ελλείψεις του Modellus, ως προς τη συνεργασία, τον αναστοχασμό και τον αναλογικό αναστοχασμό. Έτσι, το τεχνολογικό περιβάλλον μάθησης, στο οποίο εργάστηκαν οι μαθητές κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων της έρευνας, απαρτίζεται από τέσσερα επιμέρους λογισμικά (Εικόνα 1):

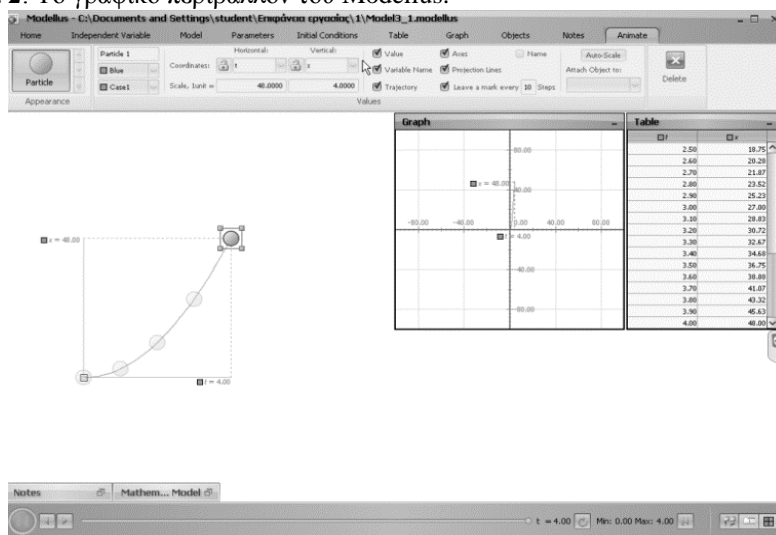
1. Modellus (για τη μοντελοποίηση)
2. TeamViewer (για τη συνεργασία)
3. Camtasia (για τον ιδιο-αναστοχασμό)
4. ART (για τον αναλογικό αναστοχασμό)

Εικόνα 1: Τεχνολογικό περιβάλλον δραστηριοτήτων: (α) Modellus (β) TeamViewer (γ) Camtasia (δ) ART.



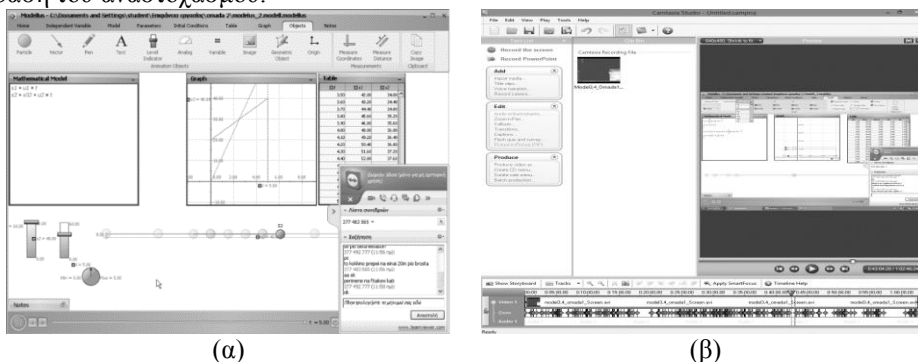
Οι δραστηριότητες μοντελοποίησης υλοποιήθηκαν στο Modellus (Teodoro & Neves, 2011). Το Modellus (Εικόνα 2) είναι ένα "ανοιχτό" εκπαιδευτικό λογισμικό με τη βοήθεια του οποίου δημιουργούνται προσομοιώσεις ποικίλων φαινομένων. Η σύνταξη των μοντέλων γίνεται με μαθηματική μοντελοποίηση.

Εικόνα 2: Το γραφικό περιβάλλον του Modellus.



Η συνεργασία των μαθητών πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού TeamViewer (Εικόνα 3α), που επιτρέπει την (δια)δικτυακή επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο, με εργαλεία όπως ο διαμοιρασμός οθόνης, το πλαίσιο διαλόγου (chat) και ο διαμοιρασμός αρχείων. Το Camtasia (Εικόνα 3β) είναι ένα λογισμικό καταγραφής σε βίνεο των δραστηριοτήτων των μαθητών, το οποίο χρησιμοποιήθηκε κατά τη φάση του ιδιο-αναστοχασμού των μαθητών. Τέλος, το ART (Εικόνα 4) είναι ένα λογισμικό, το οποίο σχεδιάσαμε για την καθοδήγηση και υποστήριξη των μαθητών κατά τον αναλογικό αναστοχασμό.

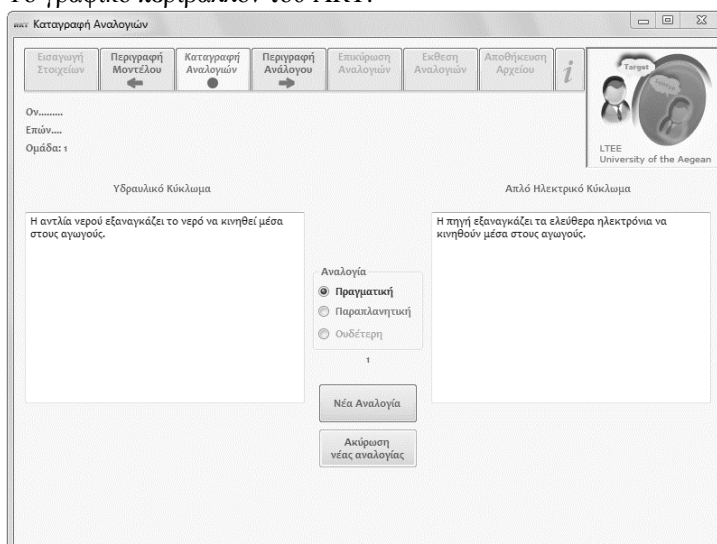
Εικόνα 3: Στιγμιότυπα από: (α) το Modellus με το TeamViewer, (β) το Camtasia κατά τη φάση του αναστοχασμού.



ART (Analogical Reflection Tool)

Προκειμένου να υποστηρίξουμε τους μαθητές κατά τη διάρκεια του αναλογικού αναστοχασμού, σχεδιάσαμε ένα λογισμικό, το ART (Analogical Reflection Tool) (Kritikos & Dimitracopoulou, 2014). Πρόκειται για ένα εργαλείο κλιμακωτής καθοδήγησης (scaffolding), το οποίο περιλαμβάνει πέντε βήματα: (1) Περιγραφή Μοντέλου, (2) Καταγραφή Αναλογιών, (3) Περιγραφή Ανάλογου, (4) Επικύρωση Αναλογιών και (5) Έκθεση Αναλογιών.

Εικόνα 4: Το γραφικό περιβάλλον του ART.



(1) *Περιγραφή Ανάλογου*: Οι μαθητές περιγράφουν το μοντέλο (Meyer, 2002), που έχουν σχεδιάσει προηγουμένως σε ένα λογισμικό μοντελοποίησης, όπως το Modellus. Η περιγραφή περιλαμβάνει τις οντότητες, τις παραμέτρους, τα εμπλεκόμενα φυσικά μεγέθη και τη λειτουργία του μοντέλου.

(2) *Καταγραφή Αναλογιών*: Οι μαθητές συσχετίζουν τα χαρακτηριστικά του μοντέλου με τα χαρακτηριστικά ενός ανάλογου, που τους έχει δοθεί προηγουμένως, μέσω αναλογιών (θετικών, αρνητικών, ουδέτερων). Αλλάξαμε τους όρους "θετική" και "αρνητική" αναλογία σε "πραγματική" και "παραπλανητική" αναλογία, αντίστοιχα, ώστε να είναι περισσότερο κατανοητές από τους μαθητές.

(3) *Περιγραφή Ανάλογου*: Οι μαθητές μελετούν μία έτοιμη περιγραφή του ανάλογου, ή περιγράφουν από μόνοι τους το ανάλογο (ανάλογα με τον σχεδιασμό που επιλέγει ο εκπαιδευτικός). Η περιγραφή περιλαμβάνει τις οντότητες, τις παραμέτρους, τα εμπλεκόμενα φυσικά μεγέθη και τη λειτουργία του ανάλογου.

(4) *Επικύρωση Αναλογιών*: Μετά την περιγραφή του ανάλογου, οι μαθητές επικυρώνουν (Elbers, 2003) ή αναθεωρούν ή διαγράφουν κάποιες από τις αναλογίες, που είχαν καταγράψει στο δεύτερο βήμα (Καταγραφή Αναλογιών), ή προσθέτουν νέες αναλογίες.

(5) *Έκθεση Αναλογιών*: Στο τελικό βήμα, παρουσιάζεται στους μαθητές μία έκθεση των αναλογιών, που είχαν καταγράψει αρχικά στο δεύτερο βήμα και αυτών που επικύρωσαν, αναθεώρησαν, διέγραψαν ή πρόσθεσαν στο τέταρτο βήμα, με σκοπό να αναστοχαστούν. Έτσι, το "μοντέλο μαθητή" (student model) παρουσιάζεται στον μαθητή, όπως συμβαίνει με τα OLM (Open Learner Model) συστήματα (Dimitracopoulou & Komis, 2005; Elbers, 2003). Η έκθεση αποτελείται από πέντε καρτέλες: (i) Πραγματικές Αναλογίες, (ii) Παραπλανητικές Αναλογίες, (iii) Ουδέτερες Αναλογίες, (iv) Διαγραμμένες Αναλογίες και (v) Συνολικές Ενέργειες. Συγκεκριμένα, η έκθεση περιλαμβάνει όλες τις πραγματικές (θετικές), παραπλανητικές (αρνητικές) και ουδέτερες αναλογίες, τις οποίες οι μαθητές είχαν καταγράψει και επικυρώσει, αλλά και αυτές που είχαν αλλάξει ή διαγράψει ή είχαν προσθέσει. Η καρτέλα "Συνολικές Ενέργειες" παρουσιάζει τον αριθμό των αρχικά καταγραμμένων αναλογιών (βήμα "Καταγραφή Αναλογιών"), των τελικά επικυρωμένων αναλογιών και αυτών που είχαν αλλαχθεί, προστεθεί ή διαγραφεί, ξεχωριστά για τον κάθε τύπο αναλογιών.

Συνοψίζοντας, στο 1^ο βήμα (Περιγραφή Μοντέλου) οι μαθητές καλούνται να ιδιο-αναστοχαστούν, ενώ στο 2^ο βήμα (Καταγραφή Αναλογιών) καθοδηγούνται προς τον αναλογικό συλλογισμό. Στο 3^ο βήμα (Περιγραφή Ανάλογου) το ART εισάγει τους μαθητές στον αναλογικό αναστοχασμό, ενώ στο 4^ο βήμα (Επικύρωση Αναλογιών) τους υποστηρίζει στον αναλογικό αναστοχασμό εν δράσει (in action). Τέλος, τα αρχεία καταγραφής (log), που δίνει το ART στο 5^ο βήμα (Έκθεση Αναλογιών) και αποθηκεύονται σε ένα αρχείο *.art, υποστηρίζουν τον αναλογικό αναστοχασμό μετά τη δράση (on action).

ΕΡΕΥΝΑ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνηθεί η συνεισφορά ανεξάρτητων συνεργατικών/μεταγνωστικών λογισμικών σε λογισμικά μοντελοποίησης (μη

συνεργατικής/μεταγνωστικής υποστήριξης), για τη δημιουργία ολοκληρωμένου μεταγνωστικού περιβάλλοντος συνεργατικής μάθησης στη Φυσική. Το δείγμα των μαθητών αποτελούνταν από 12 μαθητές σε 3 όμοιες ομάδες ετερογενούς σύστασης. Κάθε ομάδα αποτελούνταν από 2 μαθητές υψηλών επιδόσεων (με βάση τη σχολική βαθμολογία τους στο μάθημα της Φυσικής), 1 μαθητή μέτριων επιδόσεων και 1 μαθητή χαμηλών επιδόσεων. Οι μαθητές εργάστηκαν σε 3 διαφορετικά σετ δραστηριοτήτων μοντελοποίησης, κλιμακωτής δυσκολίας. Η ευρύτερη έρευνα είχε τρεις άξονες: (Α) Μοντελοποίηση, (Β) Συνεργασία, (Γ) Μεταγνώση. Στην παρούσα εργασία, εστιάσουμε στους άξονες Β και Γ, αφού μας ενδιαφέρει ο εμπλουτισμός του Modellus με συνεργατικά και μεταγνωστικά εργαλεία και όχι το ίδιο το περιβάλλον μοντελοποίησης. Τα αντίστοιχα ερευνητικά είναι τα εξής:

(Β) ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ: Πώς επιδρά η συνεργασία των μαθητών στη δημιουργία μοντέλων;

B.1 Προσφορά βοήθειας προς τα μέλη της ομάδας.

- (a) στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος.
- (b) στην επιλογή ή στον έλεγχο των τιμών.
- (c) στη χρήση γραφημάτων, πινάκων τιμών.
- (d) στη βελτίωση του μοντέλου.
- (e) στην τεχνική χρήση του λογισμικού.

B.2 Αναζήτηση βοήθειας από τα μέλη της ομάδας.

- (a) στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος.
- (b) στην επιλογή ή στον έλεγχο των τιμών.
- (c) στη χρήση γραφημάτων, πινάκων τιμών.
- (d) στη βελτίωση του μοντέλου.
- (e) στην τεχνική χρήση του λογισμικού.

B.3 Επίπεδο ποιότητας συνεργασίας.

- (a) Ενθουσιασμός και εμπύχωση.
- (b) Εμπλοκή και συμμετοχή.
- (c) Αιτιολόγηση των ενεργειών του ενός στον άλλο.
- (d) Εξήγηση σε περίπτωση αντίθετης γνώμης/απορίας.
- (e) Επινόηση-έκφραση ιδεών.
- (f) Συντονισμός.
- (g) Αποτελεσματικότητα.

(Γ) ΜΕΤΑΓΝΩΣΗ

Γ.1 Εντοπίζουν οι μαθητές την "παράξενη συμπεριφορά" του μοντέλου μέσα από τις πολλαπλές αναπαραστάσεις κατά τον αναστοχασμό εν δράσει;

Γ.2 Εντοπίζουν οι μαθητές την "παράξενη συμπεριφορά" του μοντέλου μέσα από τις πολλαπλές αναπαραστάσεις κατά τον αναλογικό αναστοχασμό;

Η έρευνα που πραγματοποιήσαμε ήταν μία μελέτη περίπτωσης, με δείγμα μαθητές από την Α Λυκείου, κατά το σχολικό έτος 2011-12. Οι μαθητές ασχολήθηκαν με δραστηριότητες συνεργατικής μοντελοποίησης στο γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής (Μηχανική και Ηλεκτρισμός), ενώ οι δραστηριότητες πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο υπολογιστών του σχολείου. Τα δεδομένα της έρευνας αντλήθηκαν από

ποικίλες πηγές: φύλλα εργασίας, pre-test/post-test, αρχεία από το Modellus, το Camtasia και το ART, ερωτηματολόγια, συνεντεύξεις, εκθέσεις αναφοράς, ad hoc ερωτήσεις.

Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου SPSS. Η στατική ανάλυση περιλαμβάνει στοιχεία περιγραφικής στατιστικής (απόλυτη και σχετική συχνότητα, μέγιστη και ελάχιστη τιμή, μέση τιμή, τυπική απόκλιση, συσχέτιση Kendall) και επαγωγικής στατιστικής (έλεγχος υποθέσεων καλής προσαρμογής χ^2 , έλεγχος υποθέσεων για τη μέση τιμή t-test).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Άξονας (B): Συνεργασία

Στον άξονα "(B): Συνεργασία", διερευνήσαμε την ποιότητα συνεργασίας των μαθητών κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων και την επίδραση της συνεργασίας στη μοντελοποίηση. Όσον αφορά στα δύο πρώτα σετ δραστηριοτήτων, η προσφορά βοήθειας με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφανίστηκε στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος (B.1.a). Αντίθετα, στη χρήση γραφημάτων και πινάκων τιμών (B.1.c) και στη βελτίωση του μοντέλου (B.1.d), υπήρξε μικρή προσφορά βοήθειας. Η αναζήτηση βοήθειας με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφανίστηκε και πάλι στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος (B.2.a). Αρκετοί, όμως, ήταν οι μαθητές που αναζήτησαν βοήθεια στην επιλογή ή στον έλεγχο των τιμών (B.2.b), παρότι η αντίστοιχη προσφορά ήταν μικρή. Αντίθετα, η μικρότερη αναζήτηση βοήθειας εντοπίστηκε στη χρήση γραφημάτων και πινάκων τιμών (B.2.c), όπου και η αντίστοιχη προσφορά ήταν μικρή. Στην τεχνική χρήση του λογισμικού, η προσφορά (B.1.e) ήταν περίπου ίση με την αναζήτηση (B.2.e) βοήθειας και οι συχνότητες αντιστοιχούσαν περίπου στους μισούς μαθητές. Συνολικά, οι περισσότεροι μαθητές ζήτησαν βοήθεια παρά προσέφεραν.

Όσον αφορά στις απόψεις των μαθητών για την ποιότητα της συνεργασίας, οι μεγαλύτερες συχνότητες αποτίμησης της συνεργασίας ως "καλής" υπήρξαν στην εμπλοκή και συμμετοχή (B.3.b), στην εξήγηση σε περίπτωση αντίθετης γνώμης/απορίας (B.3.d) και στην αποτελεσματικότητα (B.3.g). Μικρότερες συχνότητες, περίπου 50%, με χαρακτηρισμό "καλή" συνεργασία, εμφανίστηκαν στον ενθουσιασμό και την εμπύχωση (B.3.a), στην επινόηση-έκφραση ιδεών (B.3.e), στην αιτιολόγηση των ενεργειών του ενός στον άλλο (B.3.c) και στον συντονισμό (B.3.f).

Ανάμεσα στις συνιστώσες της μεταβλητής B.1, δεν υπήρξε καμία σημαντική συσχέτιση. Αυτό σημαίνει πως το γεγονός ότι ένας μαθητής προσέφερε βοήθεια, σε κάποια συνιστώσα της B.1, δε σχετιζόταν με το αν προσέφερε βοήθεια και σε κάποια άλλη συνιστώσα. Αντίθετα, στις συνιστώσες της μεταβλητής B.2 υπήρξε σημαντική συσχέτιση στην αναζήτηση βοήθειας, ανάμεσα στην επιλογή ή στον έλεγχο των τιμών (B.2.b) και στη χρήση γραφημάτων, πινάκων τιμών (B.2.c). Οι μαθητές, που δεν αναζήτησαν βοήθεια στην επιλογή ή στον έλεγχο των τιμών (B.2.b), δεν αναζήτησαν βοήθεια ούτε στη χρήση γραφημάτων, πινάκων τιμών (B.2.c). Παράλληλα, κανένας μαθητής δεν αναζήτησε βοήθεια στην επιλογή ή στον έλεγχο των τιμών (B.2.b), χωρίς να αναζητήσει βοήθεια και στη χρήση γραφημάτων, πινάκων τιμών (B.2.c).

Στο τρίτο σετ δραστηριοτήτων, η συνεργασία δεν πραγματοποιήθηκε σε τεχνολογικό περιβάλλον, αλλά με τη φυσική παρουσία των μαθητών σε έναν υπολογιστή ανά ομάδα. Οι μαθητές μελέτησαν έτοιμα μοντέλα και ανάλογα και αναζήτησαν αναλογίες ανάμεσά τους με στόχο τον αναλογικό αναστοχασμό. Σχεδόν κάθε μαθητής προσέφερε βοήθεια σε όλες τις συνιστώσες της Β.1. Στην αναζήτηση βοήθειας, όλοι οι μαθητές σε όλες τις συνιστώσες της Β.2 αναζήτησαν βοήθεια σε κάποιο σημείο.

Όσον αφορά στις απόψεις των μαθητών για την ποιότητα της συνεργασίας, όλοι ή σχεδόν όλοι οι μαθητές θεώρησαν ότι η συνεργασία έφτασε σε "καλό" επίπεδο, με εξαίρεση την εμπλοκή και συμμετοχή (Β.3.b), όπου ο χαρακτηρισμός "καλή" δε δόθηκε από όλους τους μαθητές, ωστόσο, δόθηκε από τους περισσότερους.

Ανάμεσα στις συνιστώσες της μεταβλητής Β.1, στο τρίτο σετ, υπήρξαν τρεις ταυτίσεις ($\tau=1.0$), ενώ οι υπόλοιπες συσχετίσεις δεν ήταν στατιστικά σημαντικές ($p > .05$). Συγκεκριμένα, στην προσφορά βοήθειας προς τα μέλη της ομάδας υπήρξε ταύτιση ανάμεσα στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος (Β.1.a), στη χρήση γραφημάτων, πινάκων τιμών (Β.1.c) και στην τεχνική χρήση του λογισμικού (Β.1.e). Ανάμεσα στις συνιστώσες της μεταβλητής Β.2, στο τρίτο σετ, υπήρξε είτε ταύτιση ($\tau=1.0$) είτε ισχυρή συσχέτιση. Η αναζήτηση βοήθειας στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος (Β.2.a) ταυτίστηκε με την αναζήτηση βοήθειας στην επιλογή ή στον έλεγχο των τιμών (Β.2.b). Επίσης, η αναζήτηση βοήθειας στη χρήση γραφημάτων, πινάκων τιμών (Β.2.c) ταυτίστηκε με την αναζήτηση βοήθειας στη βελτίωση του μοντέλου (Β.2.d) και την αναζήτηση βοήθειας στην τεχνική χρήση του λογισμικού (Β.2.e).

Συγκρίνοντας το πρώτο (ευκολότερο) και το τρίτο (δυσκολότερο) σετ, στην προσφορά βοήθειας υπήρξαν σημαντικές διαφορές ($p = .013 < .05$) στη χρήση γραφημάτων, πινάκων τιμών (Β.1.c). Συγκεκριμένα, υπήρξε αύξηση των μαθητών, που προσέφεραν βοήθεια στη χρήση γραφημάτων, πινάκων τιμών από 4 σε 10. Στην αναζήτηση βοήθειας από τα μέλη της ομάδας υπήρξαν πολύ σημαντικές διαφορές ($p = .009 < .01$) στη χρήση γραφημάτων, πινάκων τιμών (Β.2.c) και σημαντικές διαφορές ($p = .025 < .05$) στη βελτίωση του μοντέλου (Β.2.d). Επίσης, υπήρξαν σημαντικές διαφορές ($p = .033 < .05$) στο επίπεδο ποιότητας της συνεργασίας ως προς τον συντονισμό (Β.3.f). Στις υπόλοιπες μεταβλητές και συνιστώσες του ερωτήματος Β.1, δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές ($p > .05$). Ειδικότερα, στην προσφορά βοήθειας προς τα μέλη της ομάδας στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος (Β.1.a), στην αναζήτηση βοήθειας από τα μέλη της ομάδας για την καλύτερη κατανόηση του προβλήματος (Β.2.a).

Άξονας (Γ): Μεταγνώση

Στον άξονα "Γ: Μεταγνώση", συγκρίναμε τον ιδιο-αναστοχασμό με τον αναλογικό αναστοχασμό. Με το ερώτημα Γ.1 μελετήσαμε την επίδραση του αναστοχασμού εν δράσει, δηλαδή, κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας (van Joolingen et al., 2005), στον εντοπισμό της "παράξενης συμπεριφοράς" (Hirashima & Horiguchi, 2003) μέσα από τις πολλαπλές αναπαραστάσεις. Οι απαντήσεις των μαθητών προέκυψαν από το ερώτημα

"Ποια παράξενη συμπεριφορά παρατηρείτε στο μοντέλο σας;" κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων, όταν οι μαθητές εντόπιζαν ότι υπήρχε κάποιο λάθος στο μοντέλο τους.

Στο πρώτο σετ, όλοι οι μαθητές εντόπισαν κάποια "παράξενη συμπεριφορά". Αντίθετα, στο δεύτερο σετ, οι περισσότεροι μαθητές δεν μπόρεσαν να εντοπίσουν κάποιο λάθος στην προσομοίωση, ή θεώρησαν ότι δεν υπήρχε πρόβλημα στο ίδιο το μοντέλο, αλλά στην κλίμακα της απεικόνισης, ενώ λίγοι μαθητές εντόπισαν κάποια "παράξενη συμπεριφορά" στις πολλαπλές αναπαραστάσεις.

Από το πρώτο στο δεύτερο σετ υπήρξαν πολύ σημαντικές διαφορές ($p \ll .01$) ως προς τον εντοπισμό της "παράξενης συμπεριφοράς" μέσα από τις πολλαπλές αναπαραστάσεις. Στο πρώτο σετ, το γνωστικό πεδίο των δραστηριοτήτων ήταν πιο εύκολο και η καθοδήγηση μεγαλύτερη σε σχέση με το δεύτερο σετ. Έτσι, στο πρώτο σετ, όλοι οι μαθητές εντόπισαν κάποια "παράξενη συμπεριφορά". Αντίθετα, στο δεύτερο σετ οι περισσότεροι μαθητές δεν κατάφεραν να εντοπίσουν την "παράξενη συμπεριφορά" του μοντέλου μέσα από τις πολλαπλές αναπαραστάσεις. Μόνο 3 μαθητές (ένας από κάθε ομάδα) κατάφεραν να εντοπίσουν την "παράξενη συμπεριφορά" του μοντέλου μέσα από τις πολλαπλές αναπαραστάσεις.

Με το ερώτημα Γ.2 μελετήσαμε κατά πόσο οι μαθητές εντοπίζουν την "παράξενη συμπεριφορά" του μοντέλου, μέσα από τις πολλαπλές αναπαραστάσεις, στηριζόμενοι στην "οικεία συμπεριφορά" του ανάλογου, δηλαδή κατά τον αναλογικό αναστοχασμό. Το ερώτημα Γ.2 μελετήθηκε μόνο στο δεύτερο σετ, καθώς στο τρίτο σετ οι μαθητές μελέτησαν ένα έτοιμο μοντέλο (πυκνωτής). Ο εντοπισμός της παράξενης συμπεριφοράς είχε μελετηθεί και στο ερώτημα Γ.1 (ιδιο-αναστοχασμός). Έτσι, συγκρίναμε τον εντοπισμό της παράξενης συμπεριφοράς ως προς το είδος του αναστοχασμού. Ωστόσο, από τον στατιστικό έλεγχο δεν προέκυψε σημαντική διαφορά ($p = .653 \gg .05$). Επομένως, στο δεύτερο σετ, ο αναλογικός αναστοχασμός είχε περίπου τα ίδια αποτελέσματα (πολύ μικρή βελτίωση), με τον ιδιο-αναστοχασμό (εν δράσει).

Τέλος, η ποσοτική μέτρηση της συνεισφοράς του ART στον αναλογικό αναστοχασμό μετά το πέρας των δραστηριοτήτων, πραγματοποιήθηκε μέσα από ένα pre-test και ένα post-test πριν και μετά τον αναλογικό αναστοχασμό, αντίστοιχα. Με βάση τα αποτελέσματα, υπήρξε στατιστικά σημαντική βελτίωση από το pre-test στο post-test.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η συνεργασία μεταξύ των μαθητών ευνοεί τη μάθηση, ανακατευθύνοντας τη γνώση από το άτομο στην ομάδα (Olivares, 2007). Στα τεχνολογικά περιβάλλοντα σύγχρονης επικοινωνίας, η συνεργασία, η ανατροφοδότηση και η διαφωνία των μαθητών πάνω σε ένα πρόβλημα προς μελέτη, μπορεί να τους βοηθήσει να αντιληφθούν παρανοήσεις, να αποσαφηνίσουν έννοιες και να αναζητήσουν τη σωστή λύση του προβλήματος (Faggiano et al., 2005). Σημαντικός παράγοντας για την αποτελεσματική συνεργασία είναι η ενασχόληση των μαθητών με φύλλα εργασίας, που περιέχουν καλώς καθορισμένα σενάρια μελέτης, με οδηγίες, συστάσεις και καθοδήγηση των μαθητών για αλληλεπίδραση και συνεργασία μεταξύ τους (Dillenbourg, 2002), ενώ τα σενάρια πρέπει

να είναι συγκεκριμένα και με παραδείγματα τα οποία έχουν βιώσει ή γνωρίζουν οι μαθητές (Mol et al., 2003).

Οι συνεργατικές δραστηριότητες συνεισφέρουν σε μια πολύπλευρη μάθηση, μέσα από την οποία αποκτώνται γνωστικές και μεταγνωστικές αλλά και κοινωνικές δεξιότητες (Dillenbourg, 2002; Anouris et al., 2004). Ο εκπαιδευτικός επιλέγει το κατάλληλο υπολογιστικό σύστημα, που διαθέτει τα χαρακτηριστικά εκείνα τα οποία εξυπηρετούν στους σκοπούς των μαθησιακών δραστηριοτήτων. Κατά την επιλογή, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη διάφορες παράμετροι, όπως η ηλικία των μαθητών, το γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών, οι μαθησιακές δυσκολίες στο γνωστικό πεδίο των δραστηριοτήτων κ.ά. Οι προδιαγραφές, που πρέπει να πληροί ένα σύστημα σύγχρονης συνεργατικής μάθησης είναι (α) Ενημέρωση σχετικά με τον κοινό χώρο εργασίας, (β) Υποστήριξη των μαθητών, (γ) Υποστήριξη των εκπαιδευτικών, (δ) Υποστήριξη του διαλόγου και (ε) Συντονισμός δράσης και διαλόγου. Τα εργαλεία υποστήριξης βοηθούν τον εκπαιδευτικό να αξιολογήσει τις δραστηριότητες, ενώ οι μαθητές χρησιμοποιούν τα εργαλεία ανάλυσης των δραστηριοτήτων για να ελέγξουν την ορθότητα των συλλογισμών και των αποτελεσμάτων τους.

Ωστόσο, από τα διαθέσιμα ολοκληρωμένα συστήματα συνεργατικής μάθησης, ενδέχεται κανένα να μην ικανοποιεί τις παραπάνω απαιτήσεις. Σε αυτή την περίπτωση, ο εκπαιδευτικός μπορεί να δημιουργήσει ένα σύνθετο σύστημα από ανεξάρτητες μονάδες. Στην κύρια έρευνα της διατριβής, δημιουργήσαμε ένα σύνθετο τεχνολογικό περιβάλλον μάθησης, στο οποίο εργάστηκαν οι μαθητές κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων και απαρτίζεται από τέσσερα επιμέρους λογισμικά: (1) Modellus, (2) TeamViewer, (3) Camtasia και (4) ART.

Στον άξονα "(B): Συνεργασία", διερευνήσαμε την ποιότητα της συνεργασίας των μαθητών κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων και την επίδραση της συνεργασίας στη μοντελοποίηση. Στα δύο πρώτα σεντ δραστηριοτήτων, η συνεργασία των μαθητών έλαβε χώρα στο τεχνολογικό περιβάλλον (αλλά και με φυσική παρουσία δύο μαθητών ανά υπολογιστή), ενώ στο τρίτο σεντ οι μαθητές εργάστηκαν σε έναν υπολογιστή ανά ομάδα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα από το πρώτο σεντ δραστηριοτήτων, οι περισσότεροι μαθητές προσέφεραν βοήθεια στους συμμαθητές τους, κυρίως, για να συνεισφέρουν στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος και όχι τόσο στη χρήση γραφημάτων και πινάκων τιμών ή στη βελτίωση του μοντέλου. Επίσης, οι περισσότεροι μαθητές αναζήτησαν βοήθεια, κυρίως, για να κατανοήσουν καλύτερα το πρόβλημα, αλλά και για να επιλέξουν ή να ελέγξουν τις διάφορες τιμές των μεταβλητών και των σταθερών, ενώ δεν αναζήτησαν βοήθεια για τη χρήση γραφημάτων και πινάκων τιμών. Επομένως, η συνεργασία ήταν αποδοτική για την καλύτερη κατανόηση του προβλήματος και ουσιαστική, με συμμετοχή σχεδόν όλων των μαθητών, αφού η προσφορά βοήθειας ανταποκρινόταν στη μεγάλη αναζήτηση βοήθειας. Αντίθετα, η συνεργασία δεν απέδωσε θετικά στην επιλογή και στον έλεγχο των τιμών των μεταβλητών και των σταθερών, αφού η προσφορά βοήθειας ήταν μικρή, ενώ η αντίστοιχη αναζήτηση ήταν μεγάλη. Στη χρήση των γραφημάτων και των πινάκων τιμών φαίνεται πως δεν υπήρξε ουσιαστική συνεργασία, αφού δεν υπήρξε σημαντική αναζήτηση βοήθειας ούτε προσφορά βοήθειας. Στην τεχνική χρήση του

λογισμικού, η συνεργασία αφορούσε περίπου τους μισούς μαθητές, για τους οποίους υπήρξαν θετικά αποτελέσματα, με την προσφορά βοήθειας να ανταποκρίνεται στην αναζήτηση. Γενικότερα, όμως, η αναζήτηση βοήθειας ήταν μεγαλύτερη από την προσφορά. Όταν οι μαθητές συναντούσαν κάποια δυσκολία, ζητούσαν βοήθεια από τους συμμαθητές τους. Όταν όμως κάποιος είχε μία δυσκολία, τότε ήταν πολύ πιθανό και οι υπόλοιποι μαθητές της ομάδας του να είχαν την ίδια δυσκολία, με αποτέλεσμα η προσφορά βοήθειας να είναι μικρότερη από την αναζήτηση. Εντούτοις, η προσφορά βοήθειας δεν περιορίστηκε μόνο στην απόκριση όταν υπήρχε αναζήτηση βοήθειας. Η αυθόρμητη προσφορά βοήθειας από έναν μαθητή προς έναν συμμαθητή του, που εμφανίζε δυσκολία, ήταν φανερή σε αρκετές περιπτώσεις. Συνολικά, οι περισσότεροι μαθητές ζήτησαν βοήθεια παρά προσέφεραν. Ωστόσο, κάποιοι μαθητές προσέφεραν βοήθεια έμμεσα, για παράδειγμα, από τις ενέργειές τους, τις οποίες παρακολουθούσαν τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας.

Η συνεργασία στο τρίτο σετ έφτασε σε πολύ υψηλό επίπεδο, ώστε η ανταλλαγή βοήθειας να είναι βασικός παράγοντας των δραστηριοτήτων, αφού η προσφορά βοήθειας ανταποκρινόταν στη μεγάλη αναζήτηση βοήθειας σε κάθε σημείο. Το γεγονός αυτό οφείλεται αφενός στη φυσική παρουσία των μαθητών και αφετέρου στην αναγκαιότητα για αλληλοβοήθεια εξαιτίας του υψηλού επιπέδου δυσκολίας των δραστηριοτήτων στο τρίτο σετ.

Ο κεντρικός στόχος των δραστηριοτήτων στο τρίτο σετ άλλαξε, αφού οι μαθητές δε μοντελοποίησαν αλλά μελέτησαν ένα έτοιμο μοντέλο. Το επίπεδο ικανοποίησης των μαθητών από τη συνεργασία εμφάνισε σημαντική συσχέτιση με την προσφορά βοήθειας σε τρία σημεία από τα πέντε σημεία που είχαμε ορίσει: την καλύτερη κατανόηση του προβλήματος, τη χρήση γραφημάτων και πινάκων τιμών και την τεχνική χρήση του λογισμικού. Βεβαίως, το σημείο που αφορούσε στη βελτίωση του μοντέλου ήταν αναμενόμενο να μην εμφανίζει συσχέτιση με το επίπεδο ικανοποίησης, δεδομένου ότι οι μαθητές δε μοντελοποίησαν στο τρίτο σετ, αλλά περιορίστηκαν σε ενέργειες, που αποσκοπούσαν στην καλύτερη ευκρίνεια των πολλαπλών αναπαραστάσεων (προσομοίωση, γραφήματα και μετρητές τιμών) του δοθέντος έτοιμου μοντέλου.

Στον άξονα "Γ: Μεταγνώση", συγκρίναμε τον ίδιο-αναστοχασμό με τον αναλογικό αναστοχασμό και διερευνήσαμε τη συνεισφορά του αναλογικού αναστοχασμού στη μοντελοποίηση. Αρχικά, εξετάσαμε τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές ελέγχουν την ορθότητα ενός μοντέλου, που έχουν δημιουργήσει σε λογισμικό πρωτογενούς μοντελοποίησης. Η αναθεώρηση των μοντέλων και η επικύρωση της ορθότητάς τους φαίνεται πως προκύπτει από τη "συμπεριφορά" του μοντέλου. Η επικύρωση προκύπτει όταν οι μαθητές παρατηρήσουν στην προσομοίωση μία "ορθή συμπεριφορά", ενώ ο εντοπισμός των λαθών και η αντίστοιχη αναθεώρηση μπορεί να προκύψει όταν η προσομοίωση φανερώσει μία "παράξενη συμπεριφορά" (Hirashima & Horiguchi, 2003). Για παράδειγμα, στη λανθασμένη συσχέτιση των μεγεθών "θέση, x " και "χρόνος, t ", οι μαθητές εντόπισαν το λάθος τους τρέχοντας το μοντέλο και παρατηρώντας μία παραβολική αντί της αναμενόμενης ευθύγραμμης τροχιάς του σώματος. Βασική προϋπόθεση για την αναγνώριση του λάθους είναι η γνώση της ορθής

συμπεριφοράς και του θεωρητικού πλαισίου που σχετίζεται με το φαινόμενο. Στο προηγούμενο παράδειγμα, υπήρξαν μαθητές που δεν παρατήρησαν κάτι παράξενο στην παραβολική τροχιά. Οι μαθητές αυτοί, που είχαν χαμηλές επιδόσεις στη Φυσική, θεώρησαν απολύτως σωστή την παραβολική τροχιά και την ταύτισαν με τη γραφική παράσταση $x-t$ στην επιταχυνόμενη κίνηση. Όχι μόνο δεν παρατήρησαν ότι η τροχιά του σώματος δεν ήταν ευθύγραμμη και, συνεπώς, δε συμφωνούσε με το σενάριο μελέτης της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης, αλλά επιπλέον δε γνώριζαν ότι η γραφική παράσταση $x-t$ έπρεπε να είναι ευθεία και όχι παραβολή. Επομένως, όταν το γνωστικό υπόβαθρο είναι ελλιπές, τότε η προσομοίωση ενδέχεται να μην καταρρίπτει τις παρανοήσεις, αλλά αντίθετα να τις ενισχύει. Επιπλέον, η προσομοίωση ενδέχεται να μη φανερώσει καμία παράξενη συμπεριφορά, ενώ το μοντέλο είναι λανθασμένο και, συνεπώς, οι μαθητές δεν εντοπίζουν τα λάθη τους. Αν ένα μοντέλο έχει λάθος, που αποτυπώνεται στην προσομοίωση, είναι εύκολο να εντοπιστεί, ενώ αν η προσομοίωση ενός λανθασμένου μοντέλου δεν εμφανίζει παράξενη συμπεριφορά, τότε δεν εμφανίζονται εύκολα τα λάθη. Για παράδειγμα, στο δεύτερο σετ δραστηριοτήτων, εντοπίσαμε μία λανθασμένη ενέργεια και στις τρεις ομάδες, που τους οδήγησε σε λανθασμένα συμπεράσματα. Το λάθος αφορούσε στην προσαρμογή ενός μοντέλου, που είχαν ήδη δημιουργήσει οι μαθητές, σε νέες συνθήκες, (αλλαγή της επιτάχυνσης της βαρύτητας). Οι μαθητές δεν εντόπισαν το λάθος τους, καθώς η προσομοίωση δεν εμφάνισε κανένα σημάδι δυσλειτουργίας ή παράξενη συμπεριφορά.

Προκειμένου να μελετήσουμε τη συνεισφορά του αναλογικού αναστοχασμού στη μοντελοποίηση, εξετάσαμε αν οι μαθητές εντοπίζουν την "παράξενη συμπεριφορά" του μοντέλου μέσα από τις πολλαπλές αναπαραστάσεις, μέσω του αναλογικού αναστοχασμού. Στο δεύτερο σετ δραστηριοτήτων, μόνο 4 από τους 12 μαθητές εντόπισαν κάποια "παράξενη συμπεριφορά", μέσα από τις πολλαπλές αναπαραστάσεις, στηριζόμενοι στην οικεία συμπεριφορά του ανάλογου. Συγκρίνοντας τον εντοπισμό της παράξενης συμπεριφοράς κατά τον ίδιο-αναστοχασμό (εν δράσει) και κατά τον αναλογικό αναστοχασμό δεν προέκυψε σημαντική διαφορά, στο δεύτερο σετ. Συγκεκριμένα, ο αναλογικός αναστοχασμός επέφερε μικρή βελτίωση (από 3 σε 4 μαθητές), με τον ίδιο-αναστοχασμό εν δράσει. Επομένως, η συνεισφορά του αναλογικού αναστοχασμού στον εντοπισμό της παράξενης συμπεριφοράς του μοντέλου ήταν μηδαμινή. Η παράξενη συμπεριφορά φαίνεται να εντοπίζεται με βασικό εργαλείο τις πολλαπλές αναπαραστάσεις κατά τον ίδιο-αναστοχασμό εν δράσει, δηλαδή κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων.

Η συνεισφορά του εργαλείου ART στον αναλογικό αναστοχασμό, εξετάστηκε μέσα από δύο περιπτώσεις, τον αναλογικό αναστοχασμό εν δράσει (in action) και τον αναλογικό αναστοχασμό μετά τη δράση (on action). Το βήμα "Επικύρωση αναλογιών" του ART, καθοδηγεί τους μαθητές στον αναλογικό αναστοχασμό εν δράσει. Η "Επικύρωση αναλογιών" ακολουθεί το βήμα "Περιγραφή ανάλογου", το οποίο έχει ως στόχο να ενισχύσει τον αναλογικό αναστοχασμό εν δράσει, αμέσως μετά τον αναλογικό συλλογισμό, που έχει προηγηθεί στο βήμα "Εντοπισμός αναλογιών". Ως προς τον αναστοχασμό εν δράσει, η "Περιγραφή Ανάλογου", που δόθηκε στους μαθητές αμέσως

μετά τον "Εντοπισμό Αναλογιών", δεν επέφερε σημαντικές αλλαγές. Επομένως, η συνεισφορά του ART στον αναλογικό αναστοχασμό εν δράσει δεν ήταν σημαντική.

Με βάση τα αποτελέσματα της ποσοτικής μέτρησης της συνεισφοράς του ART στον αναλογικό αναστοχασμό μετά το πέρας των δραστηριοτήτων (pre/post test), υπήρξε στατιστικά σημαντική βελτίωση από το pre-test στο post-test. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι το ART συνεισφέρει θετικά στον αναλογικό αναστοχασμό, για την κατανόηση άγνωστων εννοιών από τους μαθητές, κυρίως μετά το πέρας των δραστηριοτήτων. Το συμπέρασμα αυτό συμπληρώνει το προηγούμενο συμπέρασμα για τον εντοπισμό της παράξενης συμπεριφοράς, όπου ο αναλογικός αναστοχασμός εν δράσει δεν προκάλεσε σημαντική βελτίωση. Ενισχύεται, δηλαδή, το συμπέρασμα ότι, ο αναλογικός αναστοχασμός είναι αποτελεσματικός μετά το πέρας των δραστηριοτήτων, ιδιαίτερα για τις δύσκολες και πρωτόγνωρες έννοιες. Όταν οι μαθητές μελετούν το μοντέλο τους κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων εστιάζουν περισσότερο στις πολλαπλές αναπαραστάσεις, που τους προσφέρει το λογισμικό μοντελοποίησης (Modellus), ενώ δεν αξιοποιούν τις υπάρχουσες γνώσεις τους από το οικείο γνωστικό πεδίο της αναλογίας. Όταν, όμως, συλλογίζονται αναλογικά σε ένα ξεχωριστό περιβάλλον λογισμικού (ART) τότε, με την κατάλληλη καθοδήγηση αναστοχάζονται, αξιοποιώντας τις υπάρχουσες γνώσεις τους από το οικείο γνωστικό πεδίο της αναλογίας. Επομένως, το ART καθοδηγεί τους μαθητές να φέρουν στο προσκήνιο τις υπάρχουσες γνώσεις τους και να τις αξιοποιήσουν κατάλληλα, ώστε να κατανοήσουν καλύτερα το μοντέλο που μελετούν, να αναθεωρήσουν τις παρανοήσεις τους και να επικυρώσουν τις ορθές αντιλήψεις τους, μέσα από τον αναλογικό αναστοχασμό.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Avouris, N., Margaritis, M. & Komis, V. (2004). Modelling interaction during small-group synchronous problem-solving activities: The Synergo approach. 2nd International Workshop on Designing Computational Models of Collaborative Learning Interaction held in the 7th Conference on Intelligent Tutoring Systems, Maceio, Brasil, September.
- Boud, D., Keogh, R. & Walker, D. (1985). Promoting reflection in learning: A model. In D. Boud, R. Keogh, & D. Walker (eds.), *Reflection: Turning experience into learning*, London: Routledge Falmer, 18-40.
- Dillenbourg, P. (2002). Over-scripting CSCL: The risks of blending collaborative learning with instructional design. *Three worlds of CSCL. Can we support CSCL*, Heerlen, Open Universiteit Nederland, 61-91.
- Dimitracopoulou, A. & Komis, V. (2005). Design principles for an open environment supporting education actors during modelling, collaboration and learning. In C. Constantinou, Z. Zacharias & P. Kommers (eds.), *Continuing Engineering Education and Lifelong Learning*, Special Issue on the "Role of Information and Communication Technologies in Science Teaching and Learning", 15(1-2), 30-55.

- Elbers, E. (2003). Classroom Interaction as Reflection: Learning and Teaching Mathematics in a Community of Inquiry. *Journal of Educational Studies in Mathematics*, 54(1), 77-99.
- Flavell, J. (1979). Metacognition and Cognitive Monitoring. *American Psychologist*, 34, 906-911.
- Gutwin, C. & Greenberg, S. (2001). The importance of awareness for team cognition in distributed collaboration, Dept. Computer Science, University of Calgary, Alberta, Canada, url: <http://www.cpsc.ucalgary.ca/grouplab/papers>
- Harrison, A. (2001). How do Teachers and Textbook Writers Model Scientific Ideas for Students? *Research in Science Education*, The Netherlands: Springer, 31(3), 401-435.
- Hess, M. B. (1963). *Model and analogies in Science*, London: Seed and Ward.
- Hirashima, T. & Horiguchi, T. (2003). Difference Visualization to Pull the Trigger of Reflection. *Proceedings of AIED2003*, Sydney, Australia, 20-24 July, 592-601.
- Kor, A., Self, J. & Tait, K. (2001). Pictorial Socratic dialogue and conceptual change. *International Conference on Computers in Education (ICCE 2001)*, Seoul, Korea.
- Kritikos G. & Dimitracopoulou A. (2014). The Impact of the Analogical Reflection on the Metacognitive Awareness, *The International Journal of Science, Mathematics and Technology Learning*, USA: Common Ground Publishing, ISSN 2327-7971, 20, 39-50.
- Meyer, C. (2002). Hypermedia Environment for learning concepts based on inter-domain analogies as an educational strategy. In S. Cerri, G. Gouardères & F. Paraguaçu (eds.), *Proceedings of 6th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, The Netherlands: Springer, 281-290.
- Mol, A., Stathopoulou, C., Kollias, V. & Vosniadou, S. (2003). Gradual learning of science in a CSCL environment and the quest of epistemologically sophisticated learners. *Proceedings of 3rd IEEE International Conference Of Advanced Learning Technologies*, Athens, Greece, 9-11 July, 374-375.
- Olivares, O. (2007). Collaborative vs Cooperative Learning: The Instructor's Role in Computer Supported Collaborative Learning. In K. Orvis & A. Lassiter (eds.), *Computer-Supported Collaborative Learning: Best Practices and Principles for Instructors*, New York: Information Science Publishing, 20-39.
- Teodoro, V. D. & Neves, R. G. (2011). Mathematical modelling in science and mathematics education. *Computer Physics Communications*, 182(1), 8-10.
- van Joolingen, W., de Jong, T., Lazonder, A., Savelsbergh, E. & Manlove, S. (2005). Co-Lab: research and development of an on-line learning environment for collaborative scientific discovery learning. *Computers in human behavior*, 21(4), 671-688.
- Κόλλιας, Β., Βαμβακούση, Ξ., Καρασαββίδης, Η., Μαμαλούγκος, Ν. & Βοσνιάδου, Σ. (2008). Ο Ρόλος των Εκπαιδευτικών στη Συνεργατική Μάθηση. Στο Ν. Αβούρης, Χ. Καραγιαννίδης & Β. Κόμης (επιμ.), *Συνεργατική Τεχνολογία*, Αθήνα: Κλειδάριθμος, 303-319.

- Κωσταρίδου-Ευκλείδη, Α. (2005). *Μεταγνωστικές Διεργασίες και Αυτό-ρύθμιση*, Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Ραβάνης, Κ. (2001). *Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση*, Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Σκαμάγκα, Κ., Ραβάνης, Κ. & Κολιόπουλος, Δ. (2008). Οι στοιχειώδεις μαγνητικές ιδιότητες ως αναλογικοί συλλογισμοί για τη συγκρότηση ενός πρόδρομου μοντέλου της έννοιας του βάρους στη σκέψη παιδιών 11 ετών. *Θέματα Επιστημών στην Εκπαίδευση*, 1(3), 223-253.
- Σολομωνίδου, Χ. (2002). Συνεργατική μάθηση με τη χρήση των ΤΠΕ: Εμπειρίες από Δημοτικά σχολεία της Θεσσαλίας. *Πρακτικά 3^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή "Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση"*, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος, 26-29 Σεπτεμβρίου, Α, 325-334.

Διασκευάζοντας μικροπειράματα του Ψηφιακού Σχολείου ως εφалτήριο για τον εκπαιδευτικό: Μια περίπτωση σχεδιασμού γύρω από την εξίσωση

Χρόνης Κουηγός¹ και Δημήτρης Διαμαντίδης²

¹ Ε.Ε.Τ., Φ.Σ., Ε.Κ.Π.Α. & Ι.Τ.Υ.Ε. Διόφαντος, ² Ε.Ε.Τ., Φ.Σ., Ε.Κ.Π.Α.
kynigos@ppp.uoa.gr, dimdiam@sch.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα μικροπειράματα είναι μονάδες διδακτικού υλικού που παρέχονται επισήμως στον εκπαιδευτικό των μαθηματικών για χρήση στην τάξη και αποτελούν προτάσεις διδασκαλίας με ψηφιακά εργαλεία. Το άρθρο συζητά την αξία και το πλαίσιο στο οποίο τα μικροπειράματα μπορούν να αποτελέσουν βάση και αφορμή για τη δημιουργία νέου υλικού από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς. Μέσα από ένα παράδειγμα διασκευής ενός μικροπειράματος για την εξίσωση και χρήσης του μαζί με το πρωτότυπο στη σχολική τάξη συζητούμε για τον τρόπο που μπορεί ο εκπαιδευτικός να επανασχεδιάζει τέτοια ψηφιακά δομήματα σύμφωνα με τις ανάγκες του. Αναλύοντας τις αρχές σχεδιασμού των πρωτότυπων μικροπειραμάτων, εντοπίζουμε τις μεταβολές στο σχεδιασμό που επιφέρει ένας εκπαιδευτικός, όταν διασκευάζει ένα μικροπείραμα και το τι μπορεί να σημαίνουν οι αλλαγές αυτές για τον ίδιο τον εκπαιδευτικό που τις κάνει, για την επιστημολογία του και για τις διδακτικές του αντιλήψεις. Τέλος εξετάζουμε ποιος μπορεί να είναι ο ρόλος των μικροπειραμάτων ως φορείς ιδεών μεταξύ εκπαιδευτικών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ψηφιακά εργαλεία, μικροπειράματα, σχεδιασμός, διασυνοριακά αντικείμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ‘μικροπείραμα’ είναι ένα είδος ψηφιακού υλικού που σχεδιάστηκε για να ενισχύσει τη μαθηματική εμπειρία των μαθητών ώστε να μπορούν να ενθαρρυνθούν από τους καθηγητές τους να εμπλακούν με τη χρήση του σε μαθηματική δράση, έκφραση και συλλογισμούς. Διατίθεται στον Έλληνα εκπαιδευτικό των μαθηματικών στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση μέσα από τα επίσημα αποθετήρια του

ΥΠΑΙΘ/ΕΑΙΤΥ¹ 'Φωτόδεντρο' (<http://photodentro.edu.gr>) και 'Διαδραστικά Βιβλία' (<http://ebooks.edu.gr>) όπου για τα μαθηματικά υπάρχουν πάνω από 1740 μικροπειράματα. Το υλικό αυτό μπορεί να ειδωθεί ως μια εθνική υποδομή για την διδακτική των μαθηματικών (ΔτΜ). Παράλληλα όμως συνιστά και πτυχή μιας ευρύτερης παρέμβασης μέσα από το νέο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών και την ευρεία επιμόρφωση Β-Επιπέδου (<http://b-epipedo.cti.gr>)² ακολουθώντας τα κελεύσματα των καιρών για θεμελιώδη μετασχηματισμό του εκπαιδευτικού μοντέλου από τη μνημειακή έκθεση του μαθητή στα απαιτήματα της μαθηματικής επιστήμης στην ρεαλιστική εμπλοκή του με μαθηματική εμπειρία, δράση και συλλογισμό (Chevallard, 2012). Εφόσον οι υποδομές αυτές παραμείνουν σταθερές τα επόμενα χρόνια, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να μελετηθεί η εμπειρία του μαθητή και του εκπαιδευτικού και η παιδαγωγική αξία που μπορεί να αντληθεί από την μαθηματική εμπειρία.

Η εστίαση στο άρθρο αυτό, είναι στον εκπαιδευτικό. Συζητείται το πλαίσιο μέσα από το οποίο μπορεί να σχεδιαστεί και να μελετηθεί η αξιοποίηση αυτών των ψηφιακών υποδομών από τον καθηγητή των μαθηματικών. Ένας από τους ρόλους της θεωρίας στη ΔτΜ είναι αυτός του 'πλαισίου δράσης' (framework of action, diSessa & Cobb, 2004), δηλαδή του εργαλείου με το οποίο σχεδιάζεται μια παρέμβαση και μελετώνται και κατανοούνται δράσεις στα πλαίσια της εφαρμογής της. Στο άρθρο αναλύεται και προτείνεται ένα σύνθετο πλαίσιο περιγραφής του σχεδιασμού των υποδομών ψηφιακού υλικού και της μελέτης της αξιοποίησής τους στην πράξη από την οπτική του καθηγητή μαθηματικών. Λαμβάνουμε πάντα υπόψη ότι όσον αφορά στα μαθηματικά οι υποδομές αυτές έχουν κατά κύριο λόγο τα χαρακτηριστικά ποικιλίας δομημάτων με τα οποία ο μαθητής μπορεί να εμπλακεί σε μαθηματική δραστηριότητα.

Το πλαίσιο που προτείνεται στηρίζεται σε τρεις άξονες που θεωρούν:

1. τον εκπαιδευτικό ως σχεδιαστή υλικού και μαθησιακών δραστηριοτήτων με αυτό
2. τον εκπαιδευτικό ως ανώως εξελισσόμενο ως προς την εμπειρία και τη γνώση του
3. τη διαδικασία διασκευής μικροπειραμάτων ως έκφραση της επιστημολογίας, των πεποιθήσεων και των γνώσεων διδακτικής από πλευράς εκπαιδευτικών.

Στην επόμενη ενότητα εξηγούμε πώς στον πρώτο άξονα προτείνουμε την αξιοποίηση των θεωρητικών δομημάτων της εργαλειακής θεωρίας ('instrumental theory', Rabardel &

¹ Τα αποθετήρια των Μαθηματικών αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της Πράξης Ψηφιακή Εκπαιδευτική Πλατφόρμα, Διαδραστικά Βιβλία και Αποθετήριο Μαθησιακών Αντικειμένων, με κωδ. ΟΠΣ 296441 και Τελικό Δικαιούχο το ΙΤΥΕ του ΕΠΕΔΒΜ, που συγχρηματοδοτείται από το Ελληνικό Δημόσιο στο πλαίσιο του ΕΣΠΑ.

² Πράξη «Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών για την Αξιοποίηση και Εφαρμογή των ΤΠΕ στη Διδακτική Πράξη» του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Ε-ΣΠΑ (2007-2013), που υλοποιείται με τη συγχρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και του Ελληνικού Δημοσίου.

Bourmaud, 2003) σε συνδυασμό με τη θεωρία δημιουργίας κειμένων και χρήσης πηγών ('Documentational Genesis', Guin and Trouche, 1999). Στο δεύτερο άξονα χρησιμοποιούμε το πλαίσιο περιγραφής την γνώσης και σχεδιασμού επιμόρφωσης του εκπαιδευτικού που τιτλοδοτείται T.P.a.C.K. (Drijvers et al, 2014 για την εφαρμογή του στη ΔτΜ) και δίνει έμφαση στις τομές των συνόλων της τεχνολογικής, παιδαγωγικής και μαθηματικής γνώσης των εκπαιδευτικών. Χρησιμοποιούμε επίσης τη θεώρηση για τον ρόλο του μικροπειράματος ως 'βελτιώσιμου αντικειμένου διαμεσολάβησης' ('improvable boundary object, Akermann & Bakker, 2011, Kynigos & Kalogeria, 2012). Προσεγγίσουμε δηλαδή το μικροπείραμα ως ένα δόμημα που σταδιακά γίνεται αντικείμενο εμπλοκής εκπαιδευτικών σε κοινότητες πρακτικής όπου συζητούνται θέματα ΔτΜ και σχεδιασμού εκπαιδευτικής πρακτικής. Για τον τρίτο άξονα επανερχόμαστε στην εργαλειική θεωρία αναλύοντας με λεπτομέρεια την διαδικασία με την οποία η εξέλιξη της αντίληψης για τη χρήση ενός ψηφιακού δομήματος είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη συνεχή διασκευή του από τον εκάστοτε εκπαιδευτικό με στόχο την καλύτερη διδακτική αξιοποίηση ανάλογα με την εκάστοτε τάξη.

Το κάθε μικροπείραμα των συστημικών υποδομών των διαδραστικών βιβλίων και του Φωτόδεντρου αναπτύχθηκε από δύο ή τρία στελέχη μιας ομάδας 30 περίπου επιλεγμένων σχεδιαστών έτσι ώστε να συνδυάζεται η τεχνική και η παιδαγωγική εξειδίκευση και παράλληλα να υπάρχει η εμπειρία από τη σχολική τάξη. Αποτελεί επομένως μια αυτούσια πρόταση διδασκαλίας στο πλαίσιο των νέων αναλυτικών προγραμμάτων σπουδών για τα Μαθηματικά προσαρμοσμένη ώστε να είναι εφικτό να ενταχθεί στις καθημερινές πρακτικές του εκπαιδευτικού από άποψη χρόνου και διδακτικής στόχευσης (Κυνηγός, 2014). Έτσι οι εκπαιδευτικοί μπορούν πρώτα απ' όλα να χρησιμοποιήσουν τα μικροπείραματα «ως έχουν», σαν έτοιμες διδακτικές προτάσεις, ως μέρος του καθημερινού διδακτικού σχεδιασμού τους, χωρίς να χρειάζεται οι ίδιοι να είναι ειδικοί σε θέματα τεχνολογίας ή χρήσης ψηφιακών εργαλείων. Ποιό είναι το νόημα λοιπόν να είναι έτσι φτιαγμένο το μικροπείραμα ώστε να μπορεί ο εκπαιδευτικός να το διασκεύασει;

Ας ξεκινήσουμε από την πρακτική ότι έτσι κι αλλιώς η κατασκευή διδακτικού υλικού με χρήση ψηφιακών εργαλείων δεν είναι μια δραστηριότητα που αφορά μόνο εξειδικευμένους σχεδιαστές. Ο εκπαιδευτικός, ιδίως στα μαθηματικά, είχε πάντα τη συνήθεια ανάπτυξης προσωπικού υλικού, όπως σημειώσεις, ασκήσεις κτλ. Όπως σε πιο κλασικές και παραδοσιακές μορφές διδασκαλίας, έτσι και με την ένταξη των τεχνολογιών εντοπίζεται η αντίστοιχη πρακτική από την πλευρά του. Υπάρχει ήδη αρκετό ψηφιακό υλικό σε δικτυακούς τόπους, που έχει αναπτυχθεί από εκπαιδευτικούς, από ερευνητές της Διδακτικής των Μαθηματικών (ΔτΜ) και γενικότερα από ανθρώπους που ενδιαφέρονται για τη διδασκαλία των Μαθηματικών, αλλά και για τη χρήση ψηφιακών εργαλείων. Επιπρόσθετα, η κοινότητα της ΔτΜ σε διεθνές και εγχώριο επίπεδο δείχνει ότι η πρακτική αυτή μπορεί να γίνει αντικείμενο δημιουργίας κοινότητων εκπαιδευτικών με στόχο την επαγγελματική εξέλιξη και την επικοινωνία συλλογικού αναστοχασμού. Μετασχηματίζεται δηλαδή το προσωπικό εκπαιδευτικό υλικό σε δόμημα διαμεσολάβησης ζητημάτων της διδακτικής (Kynigos, 2007, Kynigos and Kalogeria, 2010).

Ο εκπαιδευτικός είναι αναμενόμενο να έχει την ανάγκη και να του παρέχεται η δυνατότητα να μετατρέψει υπάρχον ψηφιακό υλικό, σε υλικό που να έχει περισσότερο προσωπικό νόημα γι' αυτόν με κριτήριο τι μπορούν να κάνουν οι μαθητές του με το υλικό αυτό στο ρόλο του εργαλείου έκφρασης και μαθηματικού πειραματισμού. Τα μικροπειράματα του ΥΠΑΙΘ σχεδιάστηκαν επομένως με εργαλεία έκφρασης της ΔτΜ έτσι ώστε να είναι εφικτό σχετικά εύκολα ο εκπαιδευτικός να μπορεί να ελέγξει τις λειτουργικότητες και τα δομικά τους στοιχεία και να τα αλλάξει έχοντας βαθειά πρόσβαση σε αυτές (Κυνίγος, 2004). Κατά πόσο μπορεί αυτό όμως να γίνει στην πράξη; Μπορούν οι υποδομές αυτές να λειτουργήσουν ως εφελθήρια για τη δημιουργία νέων μικροπειραμάτων από τον ίδιο τον εκπαιδευτικό στον οποίο απευθύνονται, που να είναι διασκευές των υπάρχόντων; Πώς μπορεί για έναν ερευνητή αυτή η διαδικασία να αποτελέσει εργαλείο μελέτης της επαγγελματικής ανάπτυξης του εκπαιδευτικού;

Λίγους μήνες μετά την παράδοση της πρώτης έκδοσης των αποθετηρίων είναι νωρίς να αντιμετωπιστούν τα ερωτήματα αυτά με έρευνα ευρείας κλίμακας. Στο άρθρο αυτό κάνουμε μια πρώτη διερεύνηση του ζητήματος αναστοχαζόμενοι τη διαδικασία μιας ειδικής περίπτωσης ενός εκπαιδευτικού που ενεπλάκη σε μια τέτοια πρακτική επιλέγοντας ένα συγκεκριμένο δόμημα γύρω από την έννοια της εξίσωσης. Πρόκειται για τη διαδικασία μιας τέτοιας διασκευής ενός μικροπειράματος, που έχει συμβεί και δοκιμαστεί στην τάξη, σε πραγματικές συνθήκες με έναν εκπαιδευτικό και εικοσιεπτά μαθητές σε εργαστήριο υπολογιστών. Σε αυτό το άρθρο περιγράφουμε το ρόλο του εκπαιδευτικού ως σχεδιαστή ή διασκευαστή υλικού και χρήσης του στην τάξη. Στη συνέχεια αναλύουμε το σχεδιασμό του αρχικού μικροπειράματος και τις μετατροπές στο σχεδιασμό που έκανε ο εκπαιδευτικός, καθώς και τη σχέση που έχουν οι αλλαγές αυτές με την επιστημολογία και την αντίληψη του εκπαιδευτικού. Τέλος συζητούμε με αφορμή αυτή την πράξη, πώς μπορούν τα μικροπειράματα να λειτουργήσουν μέσα σε κοινότητες εκπαιδευτικών και όχι μόνο ως κομιστές ιδεών και διδακτικών πρακτικών.

ΤΑ ΜΙΚΡΟΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΩΣ ΦΟΡΕΙΣ ΙΔΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΩΝ

Ο εκπαιδευτικός ως σχεδιαστής ψηφιακών δομημάτων

Οι σύγχρονες αντιλήψεις στο χώρο της ΔτΜ προβάλλουν το ρόλο του εκπαιδευτικού ως σχεδιαστή (Haspekian, 2006; Drijvers, 2012; Kynigos, 2014) είτε εκπαιδευτικού υλικού, είτε των προ-ρυθμίσεων (όσο αυτό είναι δυνατόν) μιας διδακτικής του παρέμβασης. Ο σχεδιασμός των μικροπειραμάτων έτσι ώστε να επιτρέπουν και να προκαλούν τον εκπαιδευτικό να τα διασκευάσει γίνεται κατανοητός στο πλαίσιο της εν λόγω προσέγγισης που οι Γάλλοι ερευνητές έχουν αποκαλέσει 'documental genesis', δηλαδή διαδικασία δημιουργίας κειμενικού (αλλά στην περίπτωσή μας ψηφιακού) υλικού (Gueudet & Trouche, 2009; Guin & Trouche, 1999).

Πρόκειται για μια μέθοδο περιγραφής και μελέτης της επαγγελματικής ανάπτυξης του εκπαιδευτικού που δημιουργεί αενάως εκπαιδευτικό υλικό και το μοιράζεται με συναδέλφους στα πλαίσια αναστοχασμού και διαλόγου για ζητήματα ΔτΜ. Η μέθοδος αυτή έχει πρόσφατα επεκταθεί συμπεριλαμβάνοντας και τα ψηφιακά εργαλεία ως εκπαιδευτικό υλικό που σχεδιάζει και δημιουργεί ο εκπαιδευτικός για να χρησιμοποιήσει

ο μαθητής του. Σύμφωνα με αυτή ερευνούμε το *σύνολο των πηγών* που χρησιμοποιεί ένας εκπαιδευτικός και το *σχήμα της χρήσης* (χρησιμοποιούμε τον όρο από τη γνωσιακή επιστήμη από όπου τον δανείστηκαν και οι εν λόγω Γάλλοι ερευνητές) που τους έχει προσαρτήσει κατασκευάζοντας ένα 'κείμενο-document' δηλαδή μια μονάδα υλικού κειμενικού ή ψηφιακού μαζί με τις πηγές που το συνοδεύουν. Οι πηγές μπορεί να είναι το αναλυτικό πρόγραμμα, το βιβλίο του σχολείου, ένα φύλλο εργασίας, μια συζήτηση με άλλους εκπαιδευτικούς και φυσικά τα μικροπείραμα στα διαδραστικά βιβλία και τα εκπαιδευτικά λογισμικά. Τις πηγές που χρησιμοποιεί κάθε φορά ο εκπαιδευτικός τις μελετάμε ως σύνολο πηγών και όχι μεμονωμένα. Το 'σχήμα της χρήσης' είναι μια γνωστική δομή που χτίζει ο εκπαιδευτικός για τον τρόπο χρήσης ενός συγκεκριμένου συνόλου πηγών, σε μια κλάση καταστάσεων, αλλά με το περιεχόμενο να μην είναι πάντα το ίδιο. Για παράδειγμα, αν θεωρήσουμε ως *κλάση μιας επαγγελματικής κατάστασης* (Rabardel & Bourmaud, 2003) την πρόταση μιας εργασίας για το σπίτι στην πρόσθεση μεταξύ ακέραιων αριθμών, τότε ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιώντας ένα σύνολο πηγών, μπορεί να προτείνει μια λίστα εργασιών για την τάξη του. Αυτή η λίστα έχει ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο που αφορά τη συγκεκριμένη τάξη. Αν η τάξη αλλάξει, τότε και το περιεχόμενο (η λίστα) αλλάζει, αφού έχει άλλες ανάγκες και ιδιαιτερότητες. Τα δύο περιεχόμενα εκπορεύονται από το σχήμα της χρήσης του συγκεκριμένου συνόλου πηγών για τον εκπαιδευτικό. Ένα 'κείμενο' είναι το σύνολο των πηγών που χρησιμοποιεί ο εκπαιδευτικός με προσαρτημένο το σχήμα της χρήσης τους και έχει δυναμική μορφή. Καθώς το 'κείμενο' που αφορά μια συγκεκριμένη επαγγελματική κατάσταση εξελίσσεται μέσα σε διαφορετικά περιεχόμενα, μπορούν να εντοπιστούν οι στάσεις και αντιλήψεις του εκπαιδευτικού με σκοπό π.χ. το σχεδιασμό επιμορφωτικών προγραμμάτων που να τον υποστηρίζουν σύμφωνα με τις ανάγκες του. Παρατηρώντας το 'τι αλλάζει' και 'τι μένει σταθερό' μπορούμε να περιγράψουμε την εξέλιξη της επαγγελματικής ανάπτυξης του εκπαιδευτικού. Η διαδικασία δημιουργίας ενός 'κειμένου' επομένως είναι αυτό που οι Guin και Trouche (1999) ονομάζουν 'documental genesis', ας το αποδώσουμε εδώ ως 'κειμενική δημιουργία'.

Στην περίπτωση του ψηφιακού σχολείου, το Φωτόδεντρο και τα διαδραστικά βιβλία αποτελούν πηγές για τον εκπαιδευτικό. Οι δύο αυτές δομές είναι έτσι σχεδιασμένες ώστε να υποστηρίζουν το ρόλο του εκπαιδευτικού ως σχεδιαστή εκπαιδευτικού υλικού (Κυνηγός, 2014). Ο εκπαιδευτικός των μαθηματικών μπορεί να έχει στον υπολογιστή του τα μικροπείραμα και να τα επανασχεδιάσει χρησιμοποιώντας τα με τον δικό του τρόπο. Επίσης μπορεί να δημοσιοποιήσει σε κοινότητες συναδέλφων του τα δομήματά του και να αποτελέσουν αντικείμενο συζήτησης μέσα σε αυτές. Σε τέτοιες κοινότητες προορίζεται να συμμετέχουν ενεργά συνήθως επαγγελματίες εκπαιδευτικοί με έντονο ενδιαφέρον για τη χρήση των μικροπειραμάτων στη διδασκαλία. Λόγω του επαγγέλματός τους αλλά και των κοινών ενδιαφερόντων τους αναμένεται να αναπτύξουν κοινή 'γλώσσα', δηλαδή ορολογία και τρόπους να επικοινωνούν. Οι κοινότητες αυτές μπορούν να χαρακτηριστούν ως κοινότητες πρακτικής (CoP) (Wenger, 1998) όπου οι εκπαιδευτικοί αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και μαθαίνοντας ο ένας από τον άλλο.

Η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών είναι διεθνώς ένα περικείμενο όπου η δημιουργία και καλλιέργεια κοινοτήτων πρακτικής παίζει κεντρικό ρόλο για τους σχεδιαστές επιμορφωτικών δράσεων και προγραμμάτων. Στην Ελλάδα ένας στόχος της επιμόρφωσης Β' επιπέδου είναι η ανάπτυξη μεταξύ των εκπαιδευτικών μιας κουλτούρας για δημιουργία κοινοτήτων ομοτέχνων, που συζητούν για τις εκπαιδευτικές πρακτικές τους, για τους τρόπους που χρησιμοποιούν τις τεχνολογίες για τη μάθηση των μαθηματικών και αναστοχάζονται πάνω στις απόψεις τους (Κυνίγος and Kalogeria, 2012). Μέσα σε αυτές τις κοινότητες δημοσιοποιούνται εργαλεία, φορείς ιδεών και γνώσης. Πρόκειται για ένα είδος κοινοτήτων πρακτικής. Οι εκπαιδευτικοί με αυτά τα χαρακτηριστικά που συμμετέχουν στην CoP είναι αναστοχάζομενοι επαγγελματίες που μιλούν για τις μεθόδους τους, διαπραγματεύονται πάνω στις πρακτικές που χρησιμοποιούν και δημιουργούν νοήματα σχετικά με αυτές. Κατά έναν τρόπο μια CoP μπορεί να ενισχύσει την διαδικασία της 'κειμενικής δημιουργίας', ως πηγή και ταυτόχρονα δίνοντας έναν χαρακτήρα πιθανής συλλογικότητας σε 'κείμενα'.

Βέβαια μπορεί να υπάρξουν CoP με ενδιαφέρον για τα μικροπειράματα αλλά από άλλη σκοπιά. Για παράδειγμα η κατασκευή των μικροπειραμάτων, σαν διαδικασία ενδιαφέρει και τους σχεδιαστές εκπαιδευτικού λογισμικού, που κατά κύριο λόγο δεν είναι εκπαιδευτικοί, αλλά προγραμματιστές. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε διαφορετικές CoP (π.χ. μαθηματικοί και σχεδιαστές λογισμικού) που τα μέλη τους (π.χ. ένας μαθηματικός και ένας προγραμματιστής) μπορεί να ανταλλάσουν απόψεις με αφορμή τα μικροπειράματα. Μεταξύ των δύο κοινοτήτων αυτών υπάρχει ένα σύνορο (boundary) (Akkerman & Bakker, 2011), δηλαδή υπάρχουν διαφορές σε αντιλήψεις, οπτικές και πρακτικές ακόμα και διαφορές ορολογίας που οδηγούν σε ασυνέχεια της δράσης ή της διάδρασης μεταξύ τους. Σε αυτή την περίπτωση για την επικοινωνία των δύο ομάδων σημαντικό ρόλο παίζουν τα μικροπειράματα. Μπορούν να λειτουργήσουν σαν διασυνοριακά αντικείμενα (boundary objects) (Star & Griesemer, 1989) μεταξύ των δύο CoP, δηλαδή να εκπληρώσουν μια λειτουργία γεφύρωσης των δύο κοινοτήτων. Σε μια τέτοια περίπτωση λαμβάνει χώρα μια διαπραγμάτευση μεταξύ των δύο πλευρών του συνόρου, ώστε η ύπαρξη των αντικειμένων αυτών και ο τρόπος που χρησιμοποιούνται να έχει νόημα και για τις δύο πλευρές του συνόρου. Μέσα από αυτή τη διαπραγμάτευση τα μέλη των δύο κοινοτήτων μπορεί να βρεθούν σε καταστάσεις που να τα προκαλέσουν να λειτουργήσουν σαν σχεδιαστές δραστηριοτήτων και να κινηθούν εγκάρσια του συνόρου των δύο CoPs. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται *boundary crossing* (Suchman, 1994, Akkerman & Bakker, 2011,) και είναι σημαντικός παράγοντας εμφάνισης νέας γνώσης στην CoP. Δηλαδή, μέσα σε αυτό το πλαίσιο και μέσω του 'boundary crossing' μπορεί να σχεδιαστεί, να εντοπιστεί και να περιγραφεί η εξέλιξη της επαγγελματικής ανάπτυξης των εκπαιδευτικών (Κυνίγος & Kalogeria, 2012).

Στο παράδειγμα που αναφέρουμε βρισκόμαστε στην αρχή της διαδικασίας. Ένας εκπαιδευτικός μετατρέπει ένα προτεινόμενο μικροπείραμα και το χρησιμοποιεί με δικό του τρόπο. Επιλέξαμε έναν εκπαιδευτικό που έχει επιμορφωθεί στην χρήση ψηφιακών εργαλείων στη διδασκαλία και που θα μπορούσε να είναι μέλος ενός τέτοιου CoP που περιγράψαμε. Στόχος είναι να αναζητήσουμε πρώτες απαντήσεις στα ερωτήματα: Πώς η

μέθοδος της δημιουργίας κειμένων μπορεί να μας βοηθήσει να αναλύσουμε τις αντιλήψεις του εκπαιδευτικού με απώτερο την μελέτη της επαγγελματικής ανάπτυξής του; Ποια είναι τα στοιχεία του σχεδιασμού ενός μικροπείραματος που θα μας βοηθήσουν σε αυτή την ανάλυση;

Η γνώση του εκπαιδευτικού σχεδιαστή ως εξελισσόμενο επαγγελματία

Αν και υπάρχουν εκπαιδευτικοί που έχουν τη διάθεση να χρησιμοποιήσουν ψηφιακά εργαλεία στη διδασκαλία τους, ωστόσο για να συμβεί αυτό με τρόπο που να έχει πρόσθετη αξία ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα χρειάζεται να περάσουν από μια διαδικασία που να ενισχύει την επαγγελματική τους ανάπτυξη (Drijvers, Tacoma, Besamusca, Heuvel, Doogman, & Boon, 2014), όπως αυτή της επιμόρφωσης, χωρίς να σημαίνει ότι η συνθήκη αυτή είναι ικανή. Συνεπώς δεν αρκεί μόνο μαθηματική ικανότητα από πλευράς εκπαιδευτικού για την επιτυχή ενσωμάτωση των ψηφιακών εργαλείων στη διδασκαλία, αλλά μια πιο περίπλοκη μορφή γνώσης.

Με αφετηρία τις απόψεις του Shulman (1986) και τις συνεισφορές των Drijvers et. al. (2014) και Drijvers (2012) έχει αναπτυχθεί το μοντέλο TPaCK για να περιγραφούν τα είδη γνώσης των εκπαιδευτικών που χρησιμοποιούν ψηφιακά εργαλεία για διδακτικούς σκοπούς. Πρόκειται για μια εξέλιξη του μοντέλου PCK. Τα είδη γνώσης που περιγράφει είναι τα εξής: η Γνώση Περιεχομένου (CK: Content Knowledge) που στην περίπτωση μας είναι η μαθηματική γνώση, η Παιδαγωγική Γνώση (PK: Pedagogical Knowledge), η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (PCK: Pedagogical content knowledge) που είναι η τομή των CK και PK και περιέχει στοιχεία ξεκάθαρης παιδαγωγικής κατανόησης από πλευράς του εκπαιδευτικού στο συγκεκριμένο γνωστικό πεδίο (Drijvers et. al., 2014), η Τεχνολογική Γνώση (TK: Technological Knowledge) και η Τεχνολογική Γνώση Περιεχομένου (TCK: Technological Content Knowledge) δηλαδή η γνώση για τον τρόπο που η τεχνολογία και το περιεχόμενο (μαθηματικά) συσχετίζονται έχοντας ισότιμη συνεισφορά. Επίσης ως TCK περιγράφεται η γνώση για τεχνολογίες που δίνουν δυνατότητα αναπαράστασης συγκεκριμένων μαθηματικών και για τον τρόπο που ακόμα και το θέμα της διδασκαλίας μπορεί να μεταβληθεί όταν υποστηρίζεται από την τεχνολογία. Τέλος είναι και η Τεχνολογική Παιδαγωγική Γνώση (TPK: Technological Pedagogical Knowledge), δηλαδή από τη μία είναι η γνώση για τις τεχνολογίες που υπάρχουν για να υποστηρίξουν κάθε μορφή διδασκαλίας και από την άλλη η γνώση για το πώς μπορεί να εμπλουτιστεί ο τρόπος διδασκαλίας αν χρησιμοποιηθούν οι δυνατότητες που παρέχουν οι διαθέσιμες τεχνολογίες (Mishra & Koehler, 2006). Μέσα από αυτό το μοντέλο αναδεικνύεται ο ρόλος και η σημασία των ίδιων των Μαθηματικών, των αναπαραστάσεών τους, των γενικότερων αναπαραστάσεων που κατασκευάζει κανείς με ένα ψηφιακό εργαλείο, της γνώσης για τις δυνατότητες του ίδιου του εργαλείου, τις παιδαγωγικές αντιλήψεις και της αλληλεπίδρασης μεταξύ όλων αυτών των χαρακτηριστικών, στη χρήση ψηφιακών εργαλείων για διδακτικούς σκοπούς (Kyriogis et al, 2013).

Αρχές σχεδιασμού και διασκευής μικροπειραμάτων

Θα ήταν εύλογο να σκεφτεί κανείς ότι αντίστοιχα πολυπαραγοντική θα είναι και η περιγραφή των αρχών σχεδιασμού ενός μικροπειράματος. Μιλώντας για σχεδιασμό θα μπορούσαμε επομένως να εξετάσουμε αν οι σχεδιαστικές αρχές που ακολουθεί ο εκπαιδευτικός σχετίζονται με τα παραπάνω είδη γνώσης. Συνεπώς, για την περιγραφή των σχεδιαστικών αρχών χρησιμοποιούμε πέντε πεδία σχεδιασμού: Τον παιδαγωγικό σχεδιασμό (Pedagogical Design), τον τεχνολογικό σχεδιασμό (Technological Design), τον μαθηματικό σχεδιασμό που σχετίζεται με το μαθηματικό πλαίσιο του μικροπειράματος, τον σχεδιασμό σε σχέση με τις αναπαραστάσεις (Representational Design) και τον τρόπο που χρησιμοποιούνται κυρίως για παιδαγωγικούς και μαθησιακούς σκοπούς (Kynigos, 2012) και τον σχεδιασμό που λαμβάνει υπόψη του την αλληλεπίδραση των παραπάνω (Interaction Design).

Στον παιδαγωγικό σχεδιασμό αυτό που έχει σημασία είναι οι παράμετροι που κάνουν το μικροπείραμα αποτελεσματικό σαν διδακτικό εργαλείο. Σε αυτό το πλαίσιο βοηθά το σχεδιαστή η γνώση των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι μαθητές όταν διαπραγματεύονται με παραδοσιακά μέσα, τις έννοιες που αναφέρεται το μικροπείραμα και τα προσωπικά νοήματα που πιθανώς δημιουργούν. Έτσι, ο σχεδιασμός θα συντελέσει ώστε η ενασχόληση με το μικροπείραμα να έχει πραγματικά πρόσθετη αξία για το μαθητή που θα το χρησιμοποιήσει. Από τεχνολογικής άποψης, ο σχεδιασμός του μικροπειράματος σχετίζεται με το ψηφιακό εργαλείο που χρησιμοποιεί ο σχεδιαστής, τι δυνατότητες παρέχει το εργαλείο, τι μπορεί να κάνει ο σχεδιαστής με αυτό και με ποιον τρόπο θα το πετύχει. Τα Μαθηματικά φυσικά έχουν κεντρικό ρόλο, καθώς πρόκειται για σχεδιασμό ψηφιακού εργαλείου για τη διδασκαλία των Μαθηματικών. Ο μαθηματικός σχεδιασμός σχετίζεται με το μαθηματικό πλαίσιο του μικροπειράματος (έννοιες που ενυπάρχουν ή μπορεί να χρησιμοποιήσει ο μαθητής, πιθανές ενέργειες του μαθητή κατά τη διερεύνηση). Ο σχεδιαστής πρέπει να είναι βαθύς γνώστης των εννοιών αυτών, ώστε να μη φτιάξει κάτι που δε θα ανταποκρίνεται στην έννοια που θέλει να αναπαραστήσει. Μιλώντας για αναπαραστάσεις φτάνουμε στο σχετικό πεδίο σχεδιασμού του μικροπειράματος (Representational Design). Εδώ έχει σημασία η αναπαράσταση ή οι αναπαραστάσεις που χρησιμοποιεί ο σχεδιαστής στο μικροπείραμα για να αναπαραστήσει είτε ένα φυσικό αντικείμενο και τη λειτουργία του, είτε ένα φαινόμενο φυσικό ή εικονικό (virtual), είτε μια μαθηματική έννοια. Τέλος η αλληλεπίδραση των παραπάνω είναι αντικείμενο ενός άλλου πεδίου σχεδιασμού, ώστε το μικροπείραμα να έχει χαρακτηριστικά που το κάνουν διαδραστικό και προκλητικό για το μαθητή (Interaction Design).

Το παραπάνω μοντέλο του σχεδιασμού ενός μικροπειράματος δεν προϋποθέτει ότι ένας εκπαιδευτικός έχει σκεφτεί με τέτοιο τρόπο πριν σχεδιάσει ένα μικροπείραμα. Συνήθως ο σχεδιασμός γίνεται ταυτόχρονα με την κατασκευή του μικροπειράματος, μάλλον αυθόρμητα και όχι από πριν. Αλλά ακόμα και μετά το σχεδιασμό του μικροπειράματος, αλλά και τη χρήση του δεν συνεπάγεται ότι ο σχεδιαστής συνειδητοποιεί με ποιο τρόπο τοποθετείται το μικροπείραμα που έφτιαξε μέσα στο παραπάνω μοντέλο. Πρόκειται περισσότερο για ένα μοντέλο περιγραφής του σχεδιασμού του μικροπειράματος που μας

επιτρέπει να «διαβάσουμε» τι ήθελε να κάνει με αυτό ο εκπαιδευτικός που το σχεδίασε ή και εκείνος που άλλαξε το σχεδιασμό για να το χρησιμοποιήσει.

Η ανάλυση του σχεδιασμού μπορεί να λειτουργήσει ως ένα εργαλείο για να «διαβάσουμε πίσω από τις γραμμές», δηλαδή να εντοπίσουμε τη σημασία των επιλογών του σχεδιαστή, αλλά και του διασκευαστή ενός μικροπείραματος. Επιλογές που άλλες φορές γίνονται συνειδητά, αλλά και αρκετές φορές ενστικτωδώς. Στο παράδειγμα αυτού του άρθρου η ανάλυση γίνεται με βάση το παραπάνω μοντέλο σχεδιαστικών αρχών.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε ότι αν και υπάρχουν εκπαιδευτικοί που έχουν τη διάθεση να χρησιμοποιήσουν ψηφιακά εργαλεία στη διδασκαλία τους, ωστόσο για να συμβεί αυτό με τρόπο που να έχει πρόσθετη αξία ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα χρειάζεται να περάσουν από μια διαδικασία που να ενισχύει την επαγγελματική τους ανάπτυξη (Drijvers et. al, 2014), όπως αυτή της επιμόρφωσης.

ΤΑ ΜΙΚΡΟΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ

Το αρχικό μικροπείραμα

Ως αφετηρία ο εκπαιδευτικός της περίπτωσης που μελετάμε χρησιμοποίησε ένα μικροπείραμα των εμπλουτισμένων ψηφιακών βιβλίων από την παράγραφο Α.1.2 του βιβλίου της Β΄ γυμνασίου (Βλάμος, Δρούτσας, Πρέσβης, & Ρεκούμης, 2006) που έχει ως τίτλο «Εξισώσεις α΄ βαθμού». Όπως φαίνεται και στην εικόνα 2 το βιβλίο παραπέμπει στη χρήση της ζυγαριάς που ισορροπεί, ως ένα πραγματικό μοντέλο που προσομοιάζει την εξίσωση.

Εικόνα 2: Το κεφάλαιο του σχολικού βιβλίου που αντιστοιχεί το αρχικό μικροπείραμα. Προτείνεται το μοντέλο της ζυγαριάς.



Παρακάτω υπάρχει μια εξίσωση που λύνεται με την παραδοσιακή μέθοδο αλλαγής μέλους – αλλαγής προσήμου (εικόνα 3). Εν τούτοις το μικροπείραμα με τη ζυγαριά που ακολουθεί έχει διαφορετική διδακτική προέγγιση και στόχευση.

Εικόνα 3: Το λυμένο παράδειγμα ακολουθεί τη λογική «αλλάζω μέλος, αλλάζω πρόσημο». Ο σύνδεσμος που ακολουθεί οδηγεί σε μικροπείραμα με την ίδια εξίσωση να αναπαρίσταται με το μοντέλο της ζυγαριάς.

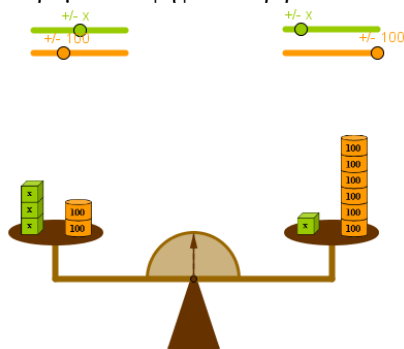
Σε μία εξίσωση μπορούμε να «μεταφέρουμε» όρους από το ένα μέλος στο άλλο, αλλάζοντας το πρόσημό τους.

Δηλαδή:	$3x+200 = x+600$	← Μεταφέρουμε το $+x$ στο πρώτο μέλος, οπότε γίνεται $-x$.
	$3x-x = 600-200$	← Επίσης, μεταφέρουμε το $+200$ στο δεύτερο μέλος, οπότε γίνεται -200 .
	$2x = 400$	← Κάνουμε αναγωγή ομοίων όρων.
	$\frac{2x}{2} = \frac{400}{2}$	← Διαιρούμε με το συντελεστή του αγνώστου και απλοποιούμε τα κλάσματα.
Άρα	$x = 200$	

Μικροπείραμα 

Το μικροπείραμα που προτείνεται (εικόνα 4) έχει μια ζυγαριά κατασκευασμένη στο λογισμικό geogebra που οι μαθητές μπορούν να χειριστούν δυναμικά τα βάρη στις δύο πλατφόρμες της. Υπάρχουν δύο είδη βαρών. Το άγνωστο βάρος X και το γνωστό βάρος 100. Η εξίσωση στην οποία αντιστοιχεί η θέση ισορροπίας της ζυγαριάς είναι $3x + 200 = x + 600$ δηλαδή η εξίσωση που είχε λυθεί στο βιβλίο. Το μικροπείραμα συμπεριλαμβάνει και ένα κείμενο που θέτει το πρόβλημα και δίνει οδηγίες:

Εικόνα 4: Το αρχικό μικροπείραμα των ψηφιακών βιβλίων



«Η διπλανή ζυγαριά ισορροπεί! Μπορείτε να βρείτε πόσο ζυγίζει ένας κύβος; Τα βαρίδια ζυγίζουν 100 γραμμάρια το καθένα.

1. Μετακινήστε τα σημεία με την ένδειξη $+/-$ επάνω στους δρομείς για να αυξομειώσετε τα αντίστοιχα βάρη στο ζυγό.
2. Αφού βρείτε το βάρος του κύβου κάντε κλικ στην επαναφορά (επάνω δεξιά) και στη συνέχεια κλικ στο πλαίσιο, για να εμφανίσετε την εξίσωση.

3. Επαναλάβετε τα βήματα και παρατηρήστε πώς ‘μεταφράζονται’ στη συμβολική γλώσσα των Μαθηματικών.»

Αν οι μαθητές δουλέψουν σύμφωνα με τις οδηγίες αφαιρούν τον ίδιο αριθμό και είδος βαρών από τις δύο πλατφόρμες, ώστε η ζυγαριά να ξαναϊσοροπήσει σε μια θέση που ως εξίσωση γράφεται $x = 200$. Ο στόχος του μικροπειράματος είναι να «λύσουν» την εξίσωση χρησιμοποιώντας ιδιότητες της ισότητας που αναπαριστώνται στο μοντέλο της ζυγαριάς. Με την αυξομείωση των βαρών κατά τον ίδιο τρόπο και στις δύο πλατφόρμες, η ζυγαριά φτάνει σε μια θέση όπου στη μια πλατφόρμα υπάρχει ένα άγνωστο βάρος και στην άλλη ένα γνωστό. Το βάρος που θα υπάρχει στην άλλη πλατφόρμα αναπαριστά την τιμή του αγνώστου. Άρα αντίστοιχος πρέπει να ήταν και ο παιδαγωγικός στόχος τους σχεδιαστή.

Από άποψη αναπαραστάσεων, για να το πετύχει αυτό έχει συμβολίσει τα διαφορετικά βάρη (το γνωστό και το άγνωστο) όχι μόνο με διαφορετικό σύμβολο, αλλά και διαφορετικό χρώμα και σχήμα. Επίσης το μοντέλο που χρησιμοποιεί είναι μια ιδανική περίπτωση ζυγαριάς, μια ζυγαριά που λειτουργεί ιδεωδώς και αφαιρετικά ως προς τους κανόνες της φυσικής που ορίζουν τη λειτουργία μιας κανονικής ζυγαριάς. Ωστόσο στο πλαίσιο των μαθηματικών και ειδικά στην άλγεβρα, οι μαθητές έχουν να χειριστούν πολύ πιο αφηρημένες αναπαραστάσεις. Άρα μια τέτοια «αφαίρεση» στο σχεδιασμό του μικροπειράματος είναι σκόπιμη, καθώς το μοντέλο που χρησιμοποιεί είναι κοντά στο να περιγράψει κάτι τελειώς αφηρημένο όπως μια εξίσωση.

Από την πλευρά των εννοιών, το μοντέλο της ζυγαριάς δεν περιγράφει πλήρως την εξίσωση, καθώς κατά τη μεταβολή των βαρών επάνω στις πλατφόρμες η ζυγαριά γέρνει προς τα δεξιά ή τα αριστερά. Δηλαδή η εξίσωση γίνεται στα ενδιάμεσα στάδια ανίσωση, μέχρι να ξαναγίνει εξίσωση. Μάλιστα πρόκειται για μια ανίσωση που δείχνει και περίπου πόσο μεγαλύτερο είναι το ένα μέλος από το άλλο (με την αναπαράσταση του πόσο γέρνει η ζυγαριά). Για να πετύχει όλο αυτό το σχεδιασμό ο κατασκευαστής του μικροπειράματος χρησιμοποιεί ένα περιβάλλον όπως το *geogebra* που του επιτρέπει τον δυναμικό χειρισμό. Επίσης με χρήση των εργαλείων του περιβάλλοντος επιλέγει να περιορίσει το πλήθος των βαρών που μπορεί να τοποθετήσει στη ζυγαριά ο μαθητής. Τελικά, η χρήση του μικροπειράματος θα δείξει κατά πόσο ο σχεδιασμός αυτός πέτυχε το σκοπό του. Άλλωστε κάθε εργαλείο νοσηματοδοτείται και από αυτόν που το χρησιμοποιεί, άρα οι μαθητές είναι πιθανόν να το χρησιμοποιήσουν διαφορετικά από ότι ο σχεδιαστής έχει σκεφτεί.

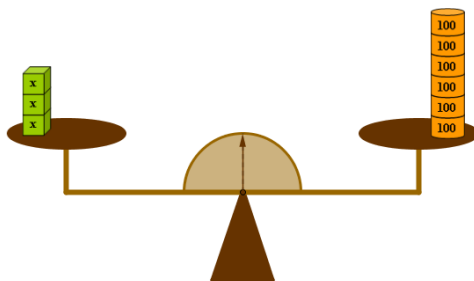
Η εφαρμογή του αρχικού μικροπειράματος

Το παραπάνω μικροπείραμα εφαρμόστηκε στο εργαστήριο υπολογιστών Πρότυπου Πειραματικού Γυμνασίου της Αθήνας σε μαθητές Β΄ Γυμνασίου που δουλεύαν σε διμελείς ομάδες με ένα η/υ ανά ομάδα και για μία διδακτική ώρα.

Παρατηρήσαμε ότι οι μαθητές χρησιμοποίησαν το μικροπείραμα με διαφορετικό τρόπο από αυτόν που προοριζόταν να χρησιμοποιηθεί. Μια ομάδα μαθητών αντί να φτάσει την ισοροπία της ζυγαριάς στην εξίσωση $x = 200$, την έφτασε στην $3x = 600$. Βλέποντας ότι η ζυγαριά ισοροπεί απάντησαν ότι το x είναι ίσο με 200, χωρίς να

ξαναχρησιμοποιήσουν τη ζυγαριά. Όταν ο καθηγητής τους ρώτησε πώς το βρήκαν είδε ότι με νοητικούς υπολογισμούς βρήκαν την τιμή του βάρους που ισορροπεί τη ζυγαριά. Μια άλλη ομάδα μαθητών σκέφτηκε διαφορετικά. Έκαναν πάλι τους ίδιους μετασχηματισμούς και όταν ο καθηγητής τους ρώτησε: «Τι βγάλατε από κάθε πλατφόρμα;» μετά από συζήτηση απάντησαν: «ισορροπούσε και βγάλαμε 200 από τη μια και X από την άλλη, άρα βλέπουμε ότι το X είναι 200, αφού και πάλι ισορροπεί». Οι μαθητές χρησιμοποίησαν την ισορροπία σαν επικύρωση ισοδύναμων μετασχηματισμών που έκαναν στη ζυγαριά. Έτσι, δε χρειάστηκε να φτάσουν στην ισορροπία που αναπαριστά την εξίσωση $x = 200$, αφού κατάλαβαν προηγουμένως ποια θα είναι η τιμή του x .

Εικόνα 5: Οι μαθητές «ισορροπούν» τη ζυγαριά στη θέση $3x = 600$ και από εκεί καταλαβαίνουν ότι $x = 200$



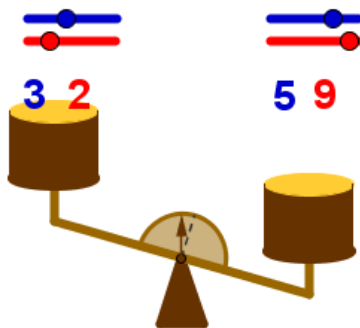
Ο τρόπος αντιμετώπισης του μικροπείραματος από τους μαθητές δείχνει ότι το μοντέλο αυτό ενισχύει τη χρήση της ισορροπίας σαν μια σχέση ισοδυναμίας μεταξύ των βαρών στις δύο πλατφόρμες και στο αντίστοιχο μοντέλο της εξίσωσης σαν σχέση ισότητας των δύο μελών. Συνεπώς οποιοδήποτε μετασχηματισμοί διατηρούν τη σχέση ισορροπίας-ισότητας είναι ισοδύναμοι. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε ένα μικροπείραμα-διασκευή της ζυγαριάς που εφαρμόστηκε στο ίδιο σχολείο.

Το διασκευασμένο μικροπείραμα

Το επόμενο μικροπείραμα είναι διασκευή του αρχικού. Σχεδιάστηκε από τον ίδιο εκπαιδευτικό που εφάρμοσε το προηγούμενο μικροπείραμα και χρησιμοποιήθηκε από τους ίδιους μαθητές στο επόμενο μάθημα. Πρόκειται για το μοντέλο μιας ζυγαριάς που είναι φτιαγμένο και αυτό στο Geogebra. Όμως δε γνωρίζουν οι μαθητές αν η ζυγαριά λειτουργεί σωστά ή όχι. Στα δύο μέρη της ζυγαριάς υπάρχουν δύο δοχεία που δε φαίνεται το περιεχόμενό τους. Υπάρχουν επίσης κόκκινες μπίλιες που ζυγίζουν 20 γραμμάρια η κάθε μία και μπλε μπίλιες που το βάρος της κάθε μίας είναι άγνωστο. Τα δοχεία περιέχουν κόκκινες και μπλε μπίλιες, αλλά αυτές δε φαίνονται. Οι αριθμοί πάνω από κάθε δοχείο δείχνουν πόσες μπίλιες από κάθε χρώμα-είδος περιέχονται στο δοχείο. Το ερώτημα που

τίθεται είναι αρχικά αν η ζυγαριά είναι χαλασμένη και στη συνέχεια αν μπορούν οι μαθητές να υπολογίσουν πόσο ζυγίζει η κάθε μπλε μπίλια (εικόνα 6).

Εικόνα 6: Το διασκευασμένο μικροπείραμα



Οι μαθητές όπως και στο αρχικό μικροπείραμα μπορούν να μεταβάλουν τον κόκκινο και τον μπλε δρομέα πάνω από κάθε δοχείο. Σα συνέπεια αλλάζει ο αριθμός πάνω από κάθε δοχείο που σημαίνει ότι αλλάζει το πλήθος των αντίστοιχων μπιλιών μέσα σε κάθε δοχείο. Αυτό γίνεται με το χειρισμό του μεταβολέα του αντίστοιχου χρώματος.

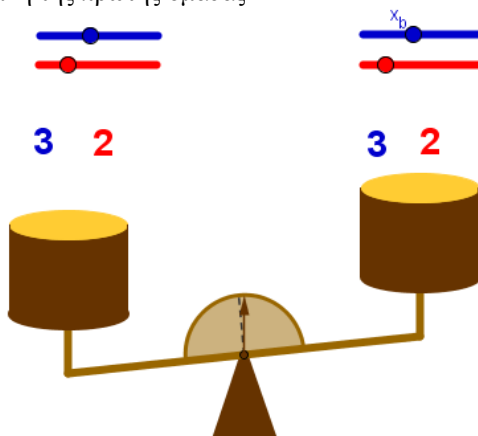
Αυτό που αλλάζει στο διασκευασμένο μικροπείραμα είναι κυρίως οι αναπαραστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν. Τα αντικείμενα που ζυγίζονται (οι μπίλιες) δε φαίνονται. Άρα η μεταβολή του πλήθους τους συμβολίζεται με την αύξηση ή τη μείωση του αντίστοιχου αριθμού κι όχι με την αύξηση του ίδιου του πλήθους των αντικειμένων στην οθόνη. Πρόκειται για μια περισσότερο αφηρημένη αναπαράσταση από την προηγούμενη, που προϋποθέτει ότι οι μαθητές μπορούν να φτάσουν σε ένα υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης για να χρησιμοποιήσουν τη ζυγαριά. Μια δεύτερη αλλαγή έχει να κάνει με την αρχή λειτουργίας της ζυγαριάς. Η ορθότητά της τίθεται σαν ερώτημα προς τους μαθητές. Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορούν να βασιστούν στην ισορροπία της για να αιτιολογήσουν την ισοδυναμία δύο μετασχηματισμών των βαρών, αλλά να σκεφτούν αντίστροφα, δηλαδή μέσω της ισοδυναμίας των μετασχηματισμών να ελέγξουν την ορθότητα της ζυγαριάς.

Η εφαρμογή του διασκευασμένου μικροπειράματος

Οι μαθητές και σε αυτή την περίπτωση δούλεψαν σε διμελείς ομάδες στο εργαστήριο υπολογιστών με τον ίδιο τρόπο. Θα επικεντρωθούμε στις απαντήσεις δύο ομάδων. Η πρώτη ομάδα μετέβαλε τα βάρη στα δοχεία ώστε να περιέχουν τον ίδιο αριθμό ανά είδος μπιλιών (3 μπλε και 2 κόκκινες). Αυτό που θα περίμεναν οι μαθητές της ομάδας ήταν ότι μια ζυγαριά που λειτουργεί σωστά θα ισορροπούσε και παρατήρησαν ότι η ζυγαριά δεν

ισορροπεί (εικόνα 7). Άρα στη συνέχεια απάντησαν ότι η ζυγαριά ήταν χαλασμένη, αφού θα έπρεπε με αυτά τα βάρη να ισορροπεί.

Εικόνα 7: Η στρατηγική της πρώτης ομάδας



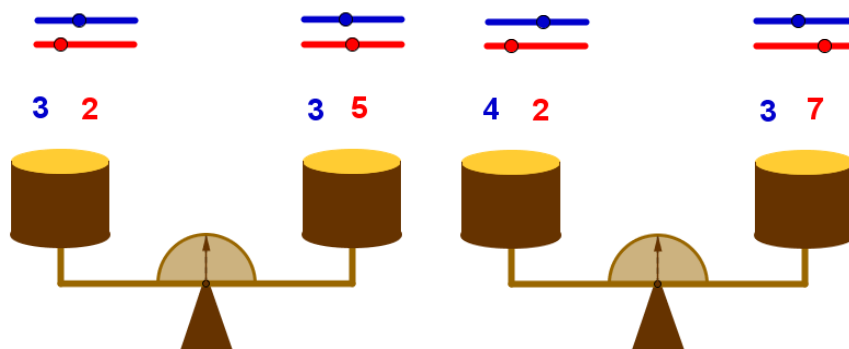
Αυτό που φαίνεται να συμβαίνει εδώ είναι ότι οι μαθητές χρησιμοποιούν την αδιαμφισβήτητη ισότητα δύο ποσοτήτων ως ισοδυναμία (3 μπλε και 2 κόκκινες μπίλιες σε κάθε πλατφόρμα). Το μοντέλο, αν λειτουργεί σωστά, οφείλει να είναι συνεπές με την ισοδυναμία των ποσοτήτων, δηλαδή να ισορροπεί. Από τη στιγμή που δεν είναι (και εφόσον η ισοδυναμία ισχύει), άρα και η ζυγαριά δεν λειτουργεί σωστά. Αυτή η προσέγγιση μοιάζει να σχετίζεται και με την έννοια της αδύνατης εξίσωσης, καθώς πρόκειται για μια ισότητα που τελικά δεν ισχύει. Εντούτοις η έννοια της αδύνατης εξίσωσης είναι αρκετά διαφορετική και δεν ανταποκρίνεται στο παραπάνω μοντέλο. Αυτό γιατί η αδύνατη εξίσωση δεν έχει λύση, ενώ για τη «χαλασμένη ζυγαριά», το βάρος που ψάχνουμε έχει συγκεκριμένη τιμή την οποία μπορούμε να τη βρούμε.

Για να βρουν οι μαθητές το βάρος της κάθε μπλε μπίλιας δούλεψαν ως εξής. Ισορρόπησαν τη ζυγαριά με 3 μπλε και 2 κόκκινες μπίλιες στο ένα μέρος, ενώ υπήρχαν 3 μπλε και 5 κόκκινες μπίλιες στο άλλο. Άρα έβγαλαν το συμπέρασμα ότι η ζυγαριά είναι χαλασμένη κατά 3 κόκκινες μπίλιες. Στη συνέχεια φτάνουν σε μια δεύτερη θέση ισορροπίας με 4 μπλε και 2 κόκκινες μπίλιες στο ένα μέρος, ενώ έχουν 3 μπλε και 7 κόκκινες μπίλιες στο άλλο μέρος (εικόνα 8). Υποθέτοντας (χωρίς να το συνειδητοποιούν) ότι και στο νέο ζύγισμα η απόκλιση της ζυγαριάς είναι ίδια (3 κόκκινες) καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι προσθήκες που έκαναν ώστε να φτάσουν στην δεύτερη θέση ισορροπίας είναι ισοδύναμες. Άρα η 1 μπλε μπίλια που προσέθεσαν στη μία μεριά είναι ισοδύναμη με τις 2 κόκκινες που προσέθεσαν στη δεύτερη μεριά. Άρα η 1 μπλε μπίλια ζυγίζει όσο δύο κόκκινες, άρα 40 γραμμάρια.

Πίσω από αυτή τη στρατηγική αναδεικνύονται δύο τουλάχιστον στοιχεία. Το ένα είναι η αντίληψη των μαθητών ότι εφόσον διατηρείται η ισορροπία, οι μεταχηματισμοί

(προσθήκες βαρών) που έγιναν είναι ισοδύναμες. Αυτό συμβαίνει αντίστοιχα και στη λύση της εξίσωσης. Ακριβώς επειδή η ζυγαριά είναι χαλασμένη, οι μαθητές δεν μπορούν να προσθαφαιρέσουν βάρη αφήνοντας στο ένα μέρος-μέλος μόνο το άγνωστο βάρος. Έτσι αναγκάζονται να κάνουν μετασχηματισμούς για να πετύχουν τη δεύτερη ισορροπία. Από τους μετασχηματισμούς αυτούς (που οφείλουν να είναι ισοδύναμοι) προκύπτει και η λύση της εξίσωσης. Από την άλλη μεριά οι μαθητές χρησιμοποιούν μια γραμμικότητα, που δεν είναι βέβαιο ότι πρέπει να ισχύει σε ένα πιο ρεαλιστικό μοντέλο ζυγαριάς. Το σφάλμα της ζυγαριάς δεν είναι απαραίτητο ότι είναι το ίδιο σε όλα τα ζυγίσματα. Μπορεί να εξαρτάται από άλλους παράγοντες όπως το βάρος που ζυγίζουμε ή από τη διαφορά των βαρών στα δύο μέρη. Οι μαθητές χρησιμοποιούν αυτή την ιδιότητα, μάλλον χωρίς να το καταλαβαίνουν. Αυτό το απλοποιημένο μοντέλο χαλασμένης ζυγαριάς ταιριάζει με την πεποίθησή τους για τη λειτουργία της ζυγαριάς.

Εικόνα 8: Δεύτερη ομάδα μαθητών βρίσκει το βάρος της μπλε μπίλιας



ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το παράδειγμα που αναφέραμε σχετίζεται με την έννοια της εξίσωσης. Πρόκειται για μια κεντρική έννοια των προγραμμάτων σπουδών που είναι συνυφασμένη με τις διαφορετικές χρήσεις του ίσον (=) (Dickinson & Eade., 2004; Kieran, 1992; Sfard, 1991). Η συγκεκριμένη επαγγελματική κατάσταση για τον εκπαιδευτικό ήταν ‘η διδασκαλία της επίλυσης της εξίσωσης α’ βαθμού’. Ο εκπαιδευτικός χρησιμοποίησε ως πηγή τα διαδραστικά βιβλία παίρνοντας ένα μικροπείραμα. Για να «φέρει πιο κοντά» το μικροπείραμα στις διδακτικές του αντιλήψεις το διασκεύασε. Μέσα από τη διασκευή του προκύπτει ένα νέο αντικείμενο για τους μαθητές. Ο εκπαιδευτικός δηλαδή έδρασε σε να ήταν μέρος της φυσιολογικής του πρακτικής να σχεδιάζει και παράγει ψηφιακό υλικό για τους εκάστοτε μαθητές του με βάση την προσωπική του παιδαγωγική. Με την έννοια αυτή ανέπτυξε μια αντίληψη για τις λειτουργικότητες και τις σχεδιαστικές του προθέσεις (affordances) που έδωσε στο μοντέλο της ζυγαριάς μοναδικό γι’ αυτόν νόημα στο οποίο

π.χ. προτάσσεται η έννοια της επικύρωσης της ισότητας μέσω της παραδοχής της ισορροπίας. Αυτό στη γλώσσα του Rabardel λέγεται 'διαμόρφωση εργαλείου', 'instrumentation'. Η διασκευή του μοντέλου αποτέλεσε τη διαδικασία δημιουργίας ενός νέου 'εργαλείου' μέσα από τα συγκεκριμένα στοιχεία τα οποία άλλαξε στο ψηφιακό δόμημα. Το νέο 'εργαλείο' προέταξε την έννοια της ισοδυναμίας και της σταδιακής αποστασιοποίησης από την ανάγκη χρήσης αναπαραστάσεων συγκεκριμένων αντικειμένων για τη νοηματοδότησή της, 'instrumentalisation' κατά τον Rabardel επομένως. Μέσα από αυτά τα πλαίσια μπορούν να εξηγηθούν και οι σχεδιαστικές αποφάσεις που πήρε ο εκπαιδευτικός στην περίπτωση αυτή.

Οι αναπαραστάσεις (Representational Design), για παράδειγμα, που χρησιμοποιούνται στο δεύτερο μικροπείραμα είναι πιο αφηρημένες από το πρώτο. Αυτό δείχνει ότι ο εκπαιδευτικός πιστεύει ότι οι μαθητές του μπορούν να τις χειριστούν, αλλά και ότι έχει νόημα να μπορεί ένας μαθητής να χειριστεί πιο αφηρημένες αναπαραστάσεις ποσοτήτων (πληθικός αριθμός αντικειμένων αντί για τα ίδια τα αντικείμενα). Ένας μαθητής που έχει πειραματιστεί με το πρώτο μικροπείραμα έχει αντιστοιχίσει στην εσωτερική αναπαράσταση του αγνώστου, την εξωτερική αναπαράσταση του άγνωστου βάρους (Edwards, 1998; Vergnaud, 1998). Από την άλλη μεριά με το δεύτερο μικροπείραμα αντιστοιχεί στην εσωτερική αναπαράσταση του αγνώστου, το σύμβολο του αριθμού, που είναι εξωτερική αναπαράσταση. Ένας αριθμός σαν έννοια όμως έχει αρκετά πιο αφηρημένη εικόνα από το βάρος. Ωστόσο, αυτό το στοιχείο σχεδιασμού μπορεί να σχετίζεται με τους συγκεκριμένους μαθητές και όχι με την κλάση της επαγγελματικής κατάστασης που αναφερόμαστε. Έτσι, δεν ξέρουμε αν σε άλλο πλαίσιο ο εκπαιδευτικός θα ακολουθούσε αυτήν τη τακτική. Αν βλέπαμε πώς θα χειριζόταν ο εκπαιδευτικός την 'επίλυση εξίσωσης' με την ίδιας πηγής, σε άλλο μαθητικό περιεχόμενο θα μπορούσαμε, μέσα από τη μέθοδο της κειμενικής δημιουργίας να περιγράψουμε καλύτερα τις αντιλήψεις του εκπαιδευτικού.

Όσο αφορά των τεχνολογικό σχεδιασμό, ο εκπαιδευτικός δεν αλλάζει τη βασική λειτουργικότητα του μικροπειράματος. Χρησιμοποιεί ως βάση πάλι την αρχική κατασκευή στο Geogebra. Άρα η αρχή λειτουργίας της ζυγαριάς είναι ίδια, μόνο που η ζυγαριά είναι χαλασμένη. Έτσι υπάρχει πίσω από την αρχική και τη διασκευασμένη ζυγαριά ένας κοινός μηχανισμός. Συνεπώς οι μαθητές όταν δουλεύουν με το δεύτερο μικροπείραμα δε συναντούν πρώτη φορά αυτόν τον μηχανισμό. Γνωρίζουν ήδη ένα μοντέλο ζυγαριάς που λειτουργούσε σωστά άρα μπορούν να προχωρήσουν στον έλεγχο του χαλασμένου μοντέλου. Συνεπώς φαίνεται ότι ο εκπαιδευτικός έχει την τάση να διατηρεί τις βασικές λειτουργίες του μικροπειράματος, ώστε οι μαθητές να μην αντιμετωπίζουν κάτι να φαίνεται (τεχνικά) σα συνέχεια του προηγούμενου μικροπειράματος. Η επιλογή του μοντέλου της ζυγαριάς δείχνει ότι ο εκπαιδευτικός ενεπλάκη από προσωπικό ενδιαφέρον με την πολυπλοκότητα της έννοιας της ισότητας και της εξίσωσης (Παιδαγωγικός σχεδιασμός) ως αντικείμενο και όχι ως διαδικασία (Waggen & Cooper, 2005). Στην αρχική εφαρμογή του μικροπειράματος του διαδραστικού βιβλίου παρατηρήσαμε ότι οι μαθητές το χρησιμοποίησαν με δικό τους τρόπο, προβάλλοντας τη χρήση της ισοδυναμίας των μετασχηματισμών στα δύο μέρη της

ζυγαριάς. Από αυτή τη χρήση των μαθητών φαίνεται ότι ο εκπαιδευτικός 'βρίσκει την ευκαιρία' να περάσει σε ένα δικό του μικροπείραμα (το διασκευασμένο) που πραγματικά χρειάζεται τη χρήση της ισοδυναμίας των μετασχηματισμών. Η «χαλασμένη ζυγαριά» αλλάζει το πλαίσιο του προβλήματος. Οι μαθητές πλέον δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη ζυγαριά ως εργαλείο επικύρωσης της ισοδυναμίας των δύο μελών. Αντιθέτως, από την ισορροπία θα πρέπει να συμπεράνουν αν η ζυγαριά οφείλει να ισορροπεί. Στη συνέχεια από την διατήρηση της μη-ισορροπίας φτάνουν να συμπεράνουν την ισοδυναμία των μετασχηματισμών στα δύο μέλη. Αυτή η αντίδραση του εκπαιδευτικού πιστεύουμε ότι δείχνει τα εξής: Ο εκπαιδευτικός πιστεύει ότι οι μαθητές έχει νόημα να δουν την ισοδυναμία ως ένα χαρακτηριστικό πίσω από τη σωστή λειτουργία του μοντέλου (ζυγαριά) καθώς αντιστοιχεί στην πεποίθηση ότι η χρήση ισοδυναμιών μετασχηματισμών στα δύο μέλη μιας εξίσωσης οφείλει να διατηρεί την ισότητα (Waagen & Cooper, 2005). Αλλά ένα ακόμα πιο σαφές συμπέρασμα είναι ότι ο εκπαιδευτικός 'παίρνει' ανατροφοδότηση από τις ενέργειες των μαθητών και επανασχεδιάζει τις δραστηριότητες με τρόπο που πιστεύει ότι είναι μαθησιακά επικερδής για αυτούς.

Η συζήτηση μέχρι τώρα δείχνει πώς μέσα από τη διαδικασία διασκευής ο εκπαιδευτικός ενεπλάκη σε βάθος με τους τρόπους που οι μαθητές νοηματοδοτούν την ισότητα ως σχέση και ως δράση, ως ισοδυναμία αγκιστρωμένη στην παραδοχή της ισορροπίας του μοντέλου τη ζυγαριάς ή αποστασιοποιημένης από συγκεκριμένες αναπαραστάσεις, μοντέλα και παραδοχές. Ο προβληματισμός αυτός είναι στην τομή της παιδαγωγικής και μαθηματικής γνώσης, ενώ οι πτυχές που αφορούν στις αναπαραστάσεις και τη λειτουργικότητα του μοντέλου βρίσκονται αντίστοιχα στις τομές παιδαγωγικής και τεχνολογικής και τεχνολογικής και μαθηματικής γνώσης. Κατά τη διάρκεια της μελέτης αυτής δεν είχε ακόμα διαμορφωθεί πλαίσιο ένταξης της διαδικασίας αυτής σε κοινότητες πρακτικής. Η δυναμική όμως που πηγάζει από το νέο πρόγραμμα σπουδών και την επιμόρφωση Β επιπέδου είναι ενδιαφέρουσα για την υποστήριξη τέτοιων δράσεων μέσα σε κοινότητες πρακτικής στα πλαίσια επιμόρφωσης. Η σταδιακή συνάθροιση πολλών διασκευών που η κάθε μια αποτελεί αντικείμενο γύρω από το οποίο μπορούν αν συζητώνται πτυχές της νοηματοδότησης μαθηματικών εννοιών καθώς και διαδικασίες όπου αυτές χρησιμοποιούνται από τους μαθητές, είναι μια ενδιαφέρουσα προοπτική για το σταδιακό μετασχηματισμό του μοντέλου διδακτικής των μαθηματικών όπως το περιγράφει και ο Chevallard (2012).

ΣΥΝΟΨΗ

Οι σύγχρονες αντιλήψεις της ΔτΜ, αλλά και οι ανάγκες της Μαθηματικής εκπαίδευσης χρειάζονται εκπαιδευτικούς που να είναι αναστοχαζόμενοι επαγγελματίες και σχεδιαστές εκπαιδευτικού υλικού, συμμετοχοί σε μια διαδικασία μετασχηματισμού του μοντέλου της μαθηματικής εκπαίδευσης. Στην προκειμένη περίπτωση της δραστηριότητας ενός εκπαιδευτικού, το 'Φωτόδεντρο' ή/και τα διαδραστικά βιβλία απέτελεσαν μια υποδομή που μπορεί να ενθαρρύνει τέτοιες πρακτικές εφ' όσον μάλιστα συνάδουν με το νέο ΑΠΣ και εντάσσονται στο ΠΣ της επιμόρφωσης Β' επιπέδου. Ο εκπαιδευτικός που διασκεύαζε ένα μικροπείραμα, ακόμα και αν δεν το συνειδητοποιεί ακολουθεί σχεδιαστικές αρχές και

διαμορφώνει τις δικές του. Αυτές σχετίζονται με τις διδακτικές και επιστημολογικές αντιλήψεις του για τα Μαθηματικά. Όπως και στο παράδειγμα, η ανάλυση της διαδικασίας διασκευής μέσω του θεωρητικού πλαισίου της κειμενικής δημιουργίας μπορεί να μας διαφωτίσει σχετικά με το τι πιστεύει ένας εκπαιδευτικός για τη διδασκαλία συγκεκριμένου γνωστικού περιεχομένου με χρήση συγκεκριμένων πηγών. Με συστηματική παρατήρηση της διαδικασίας αυτής μπορεί να μελετηθεί και να υποστηριχθεί η εξέλιξη της επαγγελματικής του ανάπτυξης, αφού αυτή αντικατοπτρίζεται στις αντιλήψεις του και το πώς κι αυτές εξελίσσονται. Η θέση των διαδραστικών βιβλίων σε αυτή τη διαδικασία, δεν είναι να λειτουργήσουν απλά ως αποθετήριο μικροπειραμάτων, αλλά ως εφελθτήριο για τη δημιουργία πλειάδων από δομήματα, προσωπικά και εξελισσόμενα 'κείμενα' για τον κάθε εκπαιδευτικό. Τα δομήματα αυτά εκτός από εργαλεία μελέτης της επαγγελματικής ανάπτυξης του εκπαιδευτικού από τους ερευνητές, μπορούν να λειτουργήσουν και ως φορείς ιδεών και μέσα διαλόγου μέσα στην εκπαιδευτική κοινότητα. Η ύπαρξη CoP μπορεί να στρέψει ερευνητές και εκπαιδευτικούς προς την κατεύθυνση της συλλογικής κατασκευής κειμένων και συνεπώς σε συλλογικές αντιλήψεις εκπαιδευτικών, δηλαδή στην πραγματοποίηση και μελέτη της επαγγελματικής τους ανάπτυξης μέσα από τη συμμετοχή τους σε κοινότητες. Μέσα σε τέτοιες CoP οι εκπαιδευτικοί, αντί να λένε μόνο την άποψή τους θα μπορούν να διασκευάζουν μικροπειράματα, κατασκευάζοντας νέα δομήματα που παράλληλα θα λειτουργούν και ως αντικείμενα διαμεσολάβησης και διαλόγου (Kynigos & Kalogeria, 2012). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η περίπτωση του 'boundary crossing', δηλαδή της κατανόησης προσεγγίσεων και αντιλήψεων του άλλου, ιδίως όταν μιλάμε για συνεργασίες με εκπαιδευτικούς από άλλες κοινότητες π.χ. στα πλαίσια προσεγγίσεων STEM (διαθεματικών μεταξύ μαθηματικών, φυσικής, μηχανικής και πληροφορικής). Τότε ο σχεδιασμός των μικροπειραμάτων μπορεί να εμπλουτιστεί σε όλες τις παραμέτρους του, καθώς έρχονται νέες αντιλήψεις από ανθρώπους εκτός της αυστηρά μαθηματικής κοινότητας. Σε ένα τέτοιο διάλογο ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο έχουν συμμετέχοντες με διπλή ιδιότητα, (π.χ. σχεδιαστές λογισμικών και μαθηματικοί). Αυτό γιατί έχουν το ρόλο του 'broker' δηλαδή του ανθρώπου που μπορεί να υπάρξει μέσα σε δύο κοινότητες (π.χ. αυτή των σχεδιαστών λογισμικού και αυτή των εκπαιδευτικών στα μαθηματικά), μιλώντας τη γλώσσα και των δύο και μεταφέροντας ιδέες από τη μία στην άλλη. Είναι εκείνος που μπορεί να περάσει το σύνορο των δύο κοινοτήτων (Akkerman & Bakker, 2011), δηλαδή τις διαφορές σε αντιλήψεις, οπτικές και πρακτικές, ακόμα και διαφορές ορολογίας που οδηγούν σε ασυνέχεια διάδρασης μεταξύ τους. Όπως φάνηκε στο παράδειγμα ο εκπαιδευτικός σχεδίασε μετά από την ανατροφοδότηση που είχε από τις ενέργειες των μαθητών του. Αυτή η ανατροφοδότηση μπορεί να θεωρηθεί ως μια πηγή από την οπτική της κειμενικής δημιουργίας. Η μελέτη του 'τι συμβαίνει' όταν οι πηγές αυτές γίνονται ποικιλοπρόσωπες, όπως στην περίπτωση των CoPs και του boundary crossing, χρειάζεται περισσότερο δεδομένα, συστηματική παρατήρηση και δεν μπορεί να προδιαγραφεί από αυτό το παράδειγμα. Η συνέχεια της έρευνας προς αυτή την κατεύθυνση έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Akkerman, S., & Bakker, A. (2011). Boundary crossing and boundary objects. *Review of Educational Research*, 81(2), 132-169.
- Dickinson, P., & Eade., F. (2004). Using the number line to investigate the solving of linear equations. *For the Learning of Mathematics*, 24(2), 41-47.
- DiSessa, A. and Cobb, B. (2004) Ontological Innovation and the Role of Theory in Design Experiments, *The Journal of the Learning Sciences*, Vol. 13, No. 1, Design-Based Research: Clarifying the Terms. Introduction to the Learning Sciences Methodology Strand (2004), pp. 77-103, Taylor & Francis, Ltd.
- Drijvers, P. (2012). Teachers transforming resources into rochestrations. Στο G. Gueudet, B. Pepin, & L. Trouche (Επιμ.), *From text to 'lived' resources: Mathematics curriculum materials and teacher development* (σσ. 265-281). New York/Berlin: Springer.
- Drijvers, P., Tacoma, S., Besamusca, A., Heuvel, C. v., Doorman, M., & Boon, P. (2014). Digital Technology and Mid-Adopting Teachers' Professional Development: A Case Study. In A. Clark-Wilson, O. Robutti, & N. Sinclair (Eds.), *The Mathematics Teacher in the Digital Era*. Dordrecht: Springer.
- Edwards, L. D. (1998). Embodying mathematics and science: Microworlds as representations. In *Journal of Mathematical Behavior*, 17(1), 53-78.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2009). Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics*, 71(3), 199-218.
- Guin, D., & Trouche, L. (1999). The complex process of converting tools into mathematical instruments: The case of calculators. *The International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6(2), 143-165.
- Haspekian, M. (2006). Evolution des usages du tableur. In *Rapport intermédiaire de l'ACI-EF Genèses d'usages professionnels des technologies chez les enseignants*. Ανάκτηση από <http://gupten.free.fr/ftp/GUPTen-RapportIntermediaire.pdf>.
- Hill, B M., & Monroy-Hernández, A. (2013). The remixing dilemma: the trade-off between generativity and originality. *American Behavioral Scientist*, 57-5, Pp. 643—663. (Press: Wired UK,)
- Kieran, C. (1992). The learning and teaching of school algebra. In D. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 390-419). New York: Macmillan.
- Kynigos, C. & Psycharis, G. (2013). Designing for instrumentalisation: Constructionist perspectives on instrumental theory. *International Journal for Technology in Mathematics Education*. Special Issue on Activity theoretical approaches to mathematics classroom practices with the use of technology, v.20 (1), 15-20.
- Kynigos C. Daskolia M, Smyrniou Z. (2013). Empowering Teachers in Challenging times for Science and Environmental Education: Uses for scenarios and microworlds as boundary objects. *Contemporary Issues in Education KE65011012,3* (1).
- Kynigos, C. (2012). Constructionism: theory of learning or theory of design? *Proceedings of the 12th International Congress on Mathematics Education*. Seoul, S. Korea.

- Kynigos, C. (2014) Book Review: The Mathematics Teacher in the Digital Era, DOI: 10.1007/s10758-014-9219-3. *Journal of Technology, Knowledge and Learning*, Springer, Dordrecht.
- Kynigos, C., & Kalogeria, E. (2012). Boundary crossing through in-service online mathematics teacher education: the case of scenarios and half-baked microworlds. *ZDM Mathematics Education*, 44, 733-745.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teacher knowledge. *Teacher College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Rabardel, P., & Bourmaud, G. (2003). From computer to instrument system: A developmental perspective. (P. Rabardel, & Y. Waern, Επιμ.) Special Issue "From Computer Artifact to Mediated Activity", Part 1: Organosational Issues, *Interacting With Computers*, 15(5), 665-691.
- Sfard, A. (1991). On the dual nature of mathematical conceptions: Reflections on processes and objects as different sides of the same coin. *Educational Studies in Mathematics*, 2, 1-36.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.
- Star, S., & Griesemer, J. (1989). Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39". *Social Studies of Science*. *Social Studies of Science*, 19(3), 387-420.
- Trouche, L. (2004). Managing complexity of human/machine interactions in computerized learning environments: Guiding students' command process through instrumental orchestrations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9, 281-307.
- Vergnaud, G. (1998). A comprehensive theory of representation for mathematics education. *Journal of Mathematical Behaviour*, 17(2), 167-181.
- Warren, E., & Cooper, T. J. (2005). Young Children's Ability to Use the balance Strategy to Solve for Unknown. *Mathematical Education Research Journal*, 17(1), 58-72.
- Βλάμος, Π., Δρούτσας, Π., Πρέσβης, Γ., & Ρεκούμης, Κ. (2006). *Μαθηματικά Β' Γυμνασίου*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Κυνηγός, Χ. (2014) Το Ψηφιακό Σχολείο ως όχημα για τον πειραματισμό και το μαστόρεμα στα μαθηματικά, Πρακτικά 5ου Συνεδρίου Ένωσης ερευνητών διδακτικής των Μαθηματικών (ΕνΕΔιΜ), Τα Μαθηματικά στο Σχολείο και στην Καθημερινή ζωή, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Χ. Λεμονίδης, κ. Νικολαντωνάκης (επ.).

Σχεδιασμός και ανάπτυξη ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού με βάση τη διερώτηση: το παράδειγμα της δράσης των ενζύμων

Ανδρεανή Μπάιτελμαν¹ & Κωνσταντίνος Π. Κωνσταντίνου²

¹Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες, Πανεπιστήμιο Κύπρου & Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου

²Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες, Πανεπιστήμιο Κύπρου

¹baytel@ucy.ac.cy, ²c.p.constantinou@ucy.ac.cy

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού για το μάθημα της Βιολογίας Γ' Λυκείου, το οποίο αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού της Κύπρου «Ψηφιακό Εκπαιδευτικό Περιεχόμενο», που χρηματοδοτήθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο κατά 50% και κατά 50% από εθνικούς πόρους της Κυπριακής Δημοκρατίας (eContent Project: EKT02/07). Την επιστημονική καθοδήγηση και εποπτεία για τον σχεδιασμό και ανάπτυξη του «Ψηφιακού Εκπαιδευτικού Περιεχομένου» Βιολογίας είχε η Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες του Πανεπιστημίου Κύπρου. Το συγκεκριμένο «Ψηφιακό Εκπαιδευτικό Περιεχόμενο» βασίζεται στην προσέγγιση της διερώτησης με τη χρήση της συνεργατικής μάθησης και τη στήριξη των Νέων Τεχνολογιών. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ως παράδειγμα του συγκεκριμένου υλικού το Ψηφιακό Εκπαιδευτικό Περιεχόμενο με τίτλο «Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα δράσης των ενζύμων».

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό, Διερώτηση, Δράση των ενζύμων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες, η αλματώδης ανάπτυξη και διάδοση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ), η τεράστια ποσότητα και πολλαπλότητα της διαθέσιμης ψηφιακής πληροφορίας και η ραγδαία παραγωγή νέας γνώσης, έχουν διαμορφώσει ένα νέο κοινωνικό, οικονομικό, πολιτισμικό και εκπαιδευτικό περιβάλλον, στο οποίο ο ψηφιακός γραμματισμός αποτελεί προαπαιτούμενο. Ήδη, σε αρκετές χώρες, ο ψηφιακός γραμματισμός προτείνεται ως η τρίτη πιο σημαντική δεξιότητα μετά τον βασικό αλφαριθμητισμό στη γλώσσα και στα μαθηματικά (DFES, 2003). Παράλληλα, η

προώθηση του ψηφιακού γραμματισμού αποτελεί μια πολύ σημαντική προτεραιότητα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία στοχεύοντας στη μείωση του κοινωνικού αποκλεισμού και στην αύξηση των ποσοστών απασχόλησης των ευρωπαίων πολιτών, στη στρατηγική ΕΕ 2020 κάνει ειδική αναφορά στην ανάπτυξη ψηφιακής ατζέντας (Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2009).

Γενικά, ως ψηφιακός γραμματισμός ορίζεται η ικανότητα ενός ατόμου να αναζητεί, να εντοπίζει, να οργανώνει, να κατανοεί, να αξιολογεί, να παράγει και να επικοινωνεί πληροφορίες με στόχο την επίλυση προβλημάτων, χρησιμοποιώντας την ψηφιακή τεχνολογία. Κατά συνέπεια, οι τεχνικές δεξιότητες χρήσης των ΤΠΕ, καθώς και οι δεξιότητες αποτελεσματικής αξιοποίησης των ψηφιακών πληροφοριών για επίλυση προβλημάτων αποτελούν σημαντικές συνιστώσες του ψηφιακού γραμματισμού. Η τάση αυτή για ενίσχυση των ψηφιακών δεξιοτήτων έχει αφενός οδηγήσει στη δημιουργία ειδικού μαθήματος Πληροφορικής στα σχολεία, και αφετέρου έχουν δρομολογηθεί προσπάθειες για τη λειτουργική ενσωμάτωση των ΤΠΕ στη διδακτική διαδικασία. Διάφοροι ερευνητές και επίσης μοι διεθνείς οργανισμοί υποστηρίζουν τη δυναμική συνεισφορά των ΤΠΕ στη μαθησιακή διαδικασία και ενθαρρύνουν τη λειτουργική ενσωμάτωσή τους στην εκπαίδευση ως μαθησιακό-γνωστικά εργαλεία που έχουν δυνατότητες προστιθέμενης μαθησιακής αξίας. Συγκεκριμένα, υποστηρίζεται ότι οι ΤΠΕ διευκολύνουν την αναζήτηση και συλλογή πληροφοριών, την οργάνωση και ανάλυση δεδομένων, τη σύγκριση διαφορετικών θεωριών, προσεγγίσεων και εκδοχών, την ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης, σύνθετων συλλογιστικών δεξιοτήτων κ.λπ (NCES, 2001; NCATE, 2003; Taylor, 2004).

Το Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού (ΥΠΠ) της Κυπριακής Δημοκρατίας, αναγνωρίζοντας τη σημασία της ενσωμάτωσης των ΤΠΕ στην εκπαίδευση, καθώς και την ανάγκη για ενίσχυση των ψηφιακών δεξιοτήτων των μαθητών, προχώρησε σε διάφορες δράσεις, όπως η ανάπτυξη «Ψηφιακού Εκπαιδευτικού Περιεχομένου» (ΨΕΠ). Ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η υλοποίηση του συγκεκριμένου ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού χρηματοδοτήθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο κατά 50% και κατά 50% από εθνικούς πόρους της Κυπριακής Δημοκρατίας (eContent Project: EKT02/07) και σχεδιάστηκε ώστε, να λειτουργεί συνοδευτικά και υποστηρικτικά με το αναθεωρημένο Αναλυτικό Πρόγραμμα και τα Προγράμματα Σπουδών του ΥΠΠ της Κύπρου (ΥΠΠ, 2010). Συγκεκριμένα, σχεδιάστηκαν, αναπτύχθηκαν και υλοποιήθηκαν μονάδες ΨΕΠ για 17 μαθήματα της Β΄ και Γ΄ Λυκείου των δημόσιων σχολείων της Κύπρου.

Το «Ψηφιακό Εκπαιδευτικό Περιεχόμενο» Βιολογίας που σχεδιάστηκε, αναπτύχθηκε και υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του πιο πάνω έργου αποτελείται από 15 μονάδες ΨΕΠ για τη Β΄ Λυκείου και 15 μονάδες για τη Γ΄ Λυκείου και βρίσκεται αναρτημένο στην ψηφιακή πλατφόρμα του ΥΠΠ, που φέρει τον τίτλο Διαδικτυακό Σχολείο (ΔΙΑΣ) (www.dias.ac.cy). Ο ΔΙΑΣ αποτελεί ένα Ψηφιακό Εκπαιδευτικό Περιβάλλον στο πλαίσιο ενός ενδοδικτύου και προωθεί την επικοινωνία και τη διάδοση της γνώσης μέσα και έξω από την τάξη, το σχολείο και το σπίτι. Επιπλέον, δίνει πρόσβαση σε πληροφορίες που αφορούν στις εκπαιδευτικές διαδικασίες του ΥΠΠ της Κύπρου.

Στην παρούσα εργασία θα παρουσιαστούν οι βασικές αρχές σχεδιασμού και ανάπτυξης των ΨΕΠ Βιολογίας και επιπρόσθετα θα παρουσιασθεί το ΨΕΠ με τίτλο «Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα δράσης των ενζύμων», το οποίο αποτελεί ένα παράδειγμα ΨΕΠ για το μάθημα της Βιολογίας της Γ΄ Λυκείου. Οι βασικές μαθησιακές επιδιώξεις του συγκεκριμένου ΨΕΠ βρίσκονται σε συμφωνία με τα αναθεωρημένα Αναλυτικά Προγράμματα του ΥΠΠ της Κύπρου (ΥΠΠ, 2010). Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του υλικού πραγματοποιήθηκε με βάση τη διερώτηση, η οποία είναι ένα πλαίσιο διδασκαλίας και μάθησης που, στις μέρες μας, τυγχάνει ευρείας αποδοχής από την επιστημονική κοινότητα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Kyza, Constantinou & Spanoudis, 2011; Linn, Davis & Bell, 2004).

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη των ΨΕΠ Βιολογίας στηρίχθηκαν, σε μεγάλο βαθμό στη θεωρία μάθησης του οικοδομισμού και της μετεξέλιξής του, του κοινωνικού οικοδομισμού (Vygotski, 1978). Οι βασικές αρχές της οικοδομιστικής θεωρίας και μάθησης προωθούνται στα ΨΕΠ μέσα από πέντε διδακτικές προσεγγίσεις: τη Διερευνητική Μάθηση (Discovery Learning), την Προβληματοκεντρική Μάθηση (Problem-Based Learning), την Προκαθορισμένη πορεία δραστηριοτήτων για οικοδόμηση γνώσης (Constructivist activities), τη Συνεργατική οικοδομιστική διδασκαλία (socio-constructivism) και την Αναστοχαστική διερώτηση (reflective Inquiry). Το περιεχόμενο του κάθε ΨΕΠ, ο τρόπος με τον οποίο δομείται, το είδος των δραστηριοτήτων αξιολόγησης που περιλαμβάνει, καθώς και ο ρόλος του μαθητή και του εκπαιδευτικού οριοθετούνται από τη φιλοσοφία και το σκεπτικό που διέπουν την κάθε διδακτική προσέγγιση που χρησιμοποιείται, σε συνδυασμό με τις οικοδομιστικές αρχές μάθησης. Όλες οι πιο πάνω διδακτικές προσεγγίσεις ενστερνίζονται κοινές αρχές, όπως η ενεργητική εμπλοκή των μαθητών και η αντίληψη της γνώσης ως οικοδόμημα, το οποίο αναπτύσσουν οι ίδιοι οι μαθητές.

Η διερώτηση αποτελεί το βασικό πλαίσιο διδασκαλίας και μάθησης στα ΨΕΠ Βιολογίας. Στην επιστήμη, η διερώτηση ορίζεται ως «οι διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους οι επιστήμονες μελετούν τον φυσικό κόσμο και προτείνουν εξηγήσεις βασισμένες σε στοιχεία που προκύπτουν από την εργασία τους» (NRC, 1996, σελ. 23). Στην αίθουσα διδασκαλίας, η αξιοποίηση της διερώτησης στοχεύει στην εμπλοκή των μαθητών σε αυθεντικές διαδικασίες οικοδόμησης της γνώσης, στην προώθηση της κατανόησης της φύσης της επιστήμης, στην αυτονομία των μαθητών για διερεύνηση και επίλυση σύνθετων προβλημάτων που προσομοιάζουν σε προβλήματα της καθημερινής ζωής. Στην ουσία, οι μαθητές εμπλέκονται σε διαδικασίες και συλλογισμούς παρεμφερείς με αυτούς που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες στα εργαστήριά τους, όπως η διατύπωση υποθέσεων, η λύση προβλημάτων μέσα από τον σχεδιασμό και την εκτέλεση πειραμάτων, η συλλογή και ερμηνεία δεδομένων, η μοντελοποίηση, καθώς και η δημιουργία και επικοινωνία τεκμηριωμένων εξηγήσεων. Επιπλέον, η διερώτηση προωθεί την ανάπτυξη και ενδυνάμωση δεξιοτήτων συνεργασίας και επικοινωνίας μεταξύ των μαθητών, καθώς και

μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικού (Linn, Davis & Bell, 2004; Manlove, Lazonder & Jong., 2006).

Χαρακτηριστικό γνώρισμα της διερώτησης είναι ο αναστοχασμός κατά τη διάρκεια της δράσης (reflection-in-action). Δηλαδή, η διεργασία κατά την οποία οι μαθητές σταματούν προσωρινά τη διερεύνηση για να αναθεωρήσουν την πρόοδο που έχει επιτελεσθεί. Στη συνέχεια, χρησιμοποιούν αυτή την αναθεώρηση για να προγραμματίσουν και να κατευθύνουν τη μελλοντική πορεία της διερεύνησης (Khishfe, & Abd-El-Khalick; 2002; Kyza, Constantinou & Spanoudis, 2011). Στο συγκεκριμένο πλαίσιο διδασκαλίας και μάθησης, η ανάπτυξη κατανόησης προέρχεται μέσα από την άμεση αλληλεπίδραση των μαθητών με τα υπό μελέτη φυσικά φαινόμενα και συστήματα, την απόκτηση σχετικών εμπειριών, τη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων από παρατηρήσεις και την ανάπτυξη αντίστοιχων μοντέλων με ερμηνευτική και προβλεπτική ισχύ (AAAS, 1990). Επομένως, οι μαθητές τοποθετούνται στο επίκεντρο του μαθησιακού περιβάλλοντος, ενώ ο εκπαιδευτικός αποφεύγει να υιοθετεί το ρόλο της αυθεντίας. Απεναντίας, ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι, κυρίως, συντονιστικός και υποστηρικτικός.

Απώτερος στόχος της ενσωμάτωσης των ΨΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι η προσθήκη διδακτικής και μαθησιακής αξίας μέσα από στρατηγικές και πρακτικές στις οποίες οι εκπαιδευτικοί ή εκπαιδευόμενοι δεν είχαν πρόσβαση, προηγουμένως. Η προσθετική μαθησιακή αξία των ΨΕΠ, δυνητικά, οδηγεί στη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων και στην προώθηση της ανάπτυξης μελλοντικών εγγράμματων πολιτών με ψηφιακές δεξιότητες, με βάση τις ανάγκες της κοινωνίας του 21^{ου} αιώνα.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΨΕΠ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Για τη δημιουργία των ΨΕΠ Βιολογίας που αποτελούν μέρος του έργου του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού (ΥΠΠ) της Κύπρου «Ψηφιακό Εκπαιδευτικό Περιεχόμενο» (ΨΕΠ), εργάστηκαν τρεις διαφορετικές ομάδες ως ακολούθως:

- Ομάδα Εκπαιδευτικού σχεδιασμού και ανάπτυξης των ΨΕΠ
- Ομάδα Επιστημονικής Επιμέλειας και ανατροφοδότησης για τα ΨΕΠ
- Ομάδα Υλοποίησης των ΨΕΠ

Την επιστημονική καθοδήγηση και εποπτεία για τον εκπαιδευτικό σχεδιασμό και ανάπτυξη των ΨΕΠ Βιολογίας είχε η Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες του Πανεπιστημίου Κύπρου. Την επιστημονική επιμέλεια και ανατροφοδότηση είχε η Επιθεώρηση Βιολογίας του ΥΠΠ της Κύπρου, ενώ την υλοποίηση του έργου είχε η εταιρία Systema Technologies S.A.

Κάθε ΨΕΠ Βιολογίας αποτελείται από μια σειρά μαθησιακών αντικειμένων, τα οποία αποτελούν τη μικρότερη δομική και λειτουργική μονάδα των ΨΕΠ. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 13 διαφορετικά είδη μαθησιακών αντικειμένων, τα οποία είναι τα ακόλουθα: Κείμενο, Ακουστικό υλικό, Διαδραστική εφαρμογή, Δραστηριότητες Αξιολόγησης, Εκπαιδευτικό παιχνίδι, Λύση προβλήματος, Συμπληρωματικές Πηγές Πληροφοριών, Φωτογραφικό υλικό, Χάρτης, Σχήμα, Οπτικοακουστικό υλικό, Πολυμεσική παρουσίαση και Προσομοίωση. Πολλά μαθησιακά αντικείμενα από κοινού

δημιουργούν μια υποενότητα του ΨΕΠ. Μια υποενότητα είναι τουλάχιστο μια οθόνη. Πολλές υποενότητες δημιουργούν μια ολοκληρωμένη ενότητα, η οποία συνήθως έχει μια κοινή θεματολογία. Πολλές ενότητες δημιουργούν μια μονάδα ΨΕΠ.

Για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη όλων των ΨΕΠ Βιολογίας δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στο ότι η οικοδόμηση πραγματικής μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες απαιτεί την ανάπτυξη όλων των παραγόντων που εμπλέκονται στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών και την επηρεάζουν. Οι παράγοντες αυτοί είναι εννοιολογική κατανόηση (κατανόηση ιδεών, αρχών και εννοιών των Φυσικών Επιστημών), επιστημολογική επάρκεια (κατανόηση της φύσης της επιστήμης και για το πώς αναπτύσσεται και εγκυροποιείται η επιστημονική γνώση), ανάπτυξη στάσεων για τις Φυσικές Επιστήμες (συναισθηματική τοποθέτηση ενός ατόμου απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες), ανάπτυξη δεξιοτήτων συλλογισμού (ανώτερες συλλογιστικές δεξιότητες που απαιτούνται για την απόκτηση της επιστημονικής γνώσης), απόκτηση πρακτικών και επιστημονικών δεξιοτήτων (π.χ. πειραματικές δεξιότητες, δεξιότητες σύνδεσης εννοιών, αναπαραστάσεων, μοντέλων και φυσικών φαινομένων) και απόκτηση εμπειριών που αφορούν σε φυσικά φαινόμενα. Οι παράγοντες αυτοί παρατίθενται στο Σχήμα 1 και αποτελούν τις συνιστώσες της μάθησης των Φυσικών Επιστημών (Papadouris & Constantinou, 2007).

Σχήμα 1: Συνιστώσες της μάθησης των Φυσικών Επιστημών



(Papadouris & Constantinou, 2007).

Κριτήρια σχεδιασμού και ανάπτυξης ΨΕΠ Βιολογίας

Τα επιμέρους κριτήρια με βάση τα οποία σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν τα διάφορα ΨΕΠ Βιολογίας είναι τα ακόλουθα:

- Συμβατότητα των ΨΕΠ με το Πρόγραμμα Σπουδών των Αναλυτικών Προγραμμάτων Βιολογίας της Κύπρου. Δηλαδή, υπάρχει αντιστοιχία με τους γενικούς σκοπούς και την αντίληψη που προωθούν τα Αναλυτικά Προγράμματα (πρόωθηση γνώσεων, δεξιοτήτων, στάσεων και συμπεριφορών για δημοκρατική πολιτότητα).

- Πλήρης αντιστοίχιση των ΨΕΠ με το περιεχόμενο και τους ειδικούς στόχους όπως αυτά περιγράφονται στο Πρόγραμμα Σπουδών της Βιολογίας των Αναλυτικών Προγραμμάτων.
- Σύνδεση της σχολικής γνώσης με την καθημερινή ζωή των μαθητών.
- Οι προτεινόμενες δραστηριότητες είναι βασισμένες σε μαθησιακές προσεγγίσεις που προωθούν τους επιμέρους στόχους που προβλέπονται στα Προγράμματα Σπουδών, ανάλογα με το περιεχόμενό τους. Τέτοιες προσεγγίσεις είναι Πειραματική διαδικασία, Ερευνητική μάθηση, Οικοδομιστική προσέγγιση, Κοινωνικός οικοδομισμός, Μέθοδος Project, Παιχνίδια ρόλων, Χρήση τεχνικών διερεύνησης, Χρήση καθοδηγητικών ερωτήσεων, Λύση προβλήματος, Συνεργατική μάθηση, κ.τ.λ.
- Έμφαση σε προαπαιτούμενες/ πυρηνικές/ μετασχηματιστικές γνώσεις και προσπάθεια χρησιμοποίησης κατάλληλης αφόρμησης και κατάλληλων αναστοχαστικών ερωτημάτων που να ενεργοποιούν γνωστικές, μεταγνωστικές, συναισθηματικές και αισθητικές μορφές μάθησης.
- Αξιοποίηση των εμπειριών και απόψεων των μαθητών και εντοπισμός των εναλλακτικών τους ιδεών. Προσπάθεια αποσταθεροποίησης των εναλλακτικών ιδεών και προώθηση της εννοιολογικής αλλαγής και κατανόησης.
- Προσπάθεια διαφοροποίησης της μαθησιακής διαδικασίας με βάση το βαθμό και τη γνωστική ετοιμότητα του κάθε μαθητή, καθώς και το μαθησιακό του στυλ. Εφαρμογή διαφορετικής αξιολόγησης.
- Προώθηση εξατομικευμένης, ομαδικής και συλλογικής εργασίας στο πλαίσιο της όλης μαθησιακής διαδικασίας.
- Αξιοποίηση μαθησιακών αντικειμένων που λαμβάνουν υπόψη την ηλικία και το γνωσιολογικό επίπεδο των μαθητών.
- Εργασίες για το σπίτι, με απότερο στόχο την κατανόηση των πυρηνικών εννοιών της κάθε διδακτικής ενότητας, την εμπέδωση και ανάπτυξη δεξιοτήτων (συλλογιστικές, επιστημολογικές, επιστημονικές και πρακτικές), τη σύνδεση της νέας γνώσης με την προϋπάρχουσα, την παροχή ευκαιριών εφαρμογής της νέας γνώσης σε ζητήματα της καθημερινής ζωής, και την προώθηση της διαθεματικότητας και διεπιστημονικότητας.

Μεθοδολογία σχεδιασμού και ανάπτυξης ΨΕΠ Βιολογίας

Για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη καθεμιάς μονάδας ΨΕΠ ακολουθήθηκε μια συγκεκριμένη μεθοδολογία όπως περιγράφεται στο Σχήμα 2 (Papadouris & Constantinou, 2009), το οποίο παρατίθεται παρακάτω. Αρχικά, διατυπώθηκαν οι μαθησιακές επιδιώξεις για την κάθε μονάδα ΨΕΠ και οι ειδικοί μαθησιακοί στόχοι που αφορούν σε γνώσεις, δεξιότητες, στάσεις και εμπειρίες, όπως αυτοί περιγράφονται στα προγράμματα σπουδών των αναθεωρημένων αναλυτικών προγραμμάτων της Βιολογίας. Στη συνέχεια, επιλέχθηκαν οι στρατηγικές διδασκαλίας και μάθησης για την κάθε μονάδα ΨΕΠ, έγινε η επιλογή των σχετικών μαθησιακών αντικειμένων και εντοπίστηκαν με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τις βασικές έννοιες που αφορούν

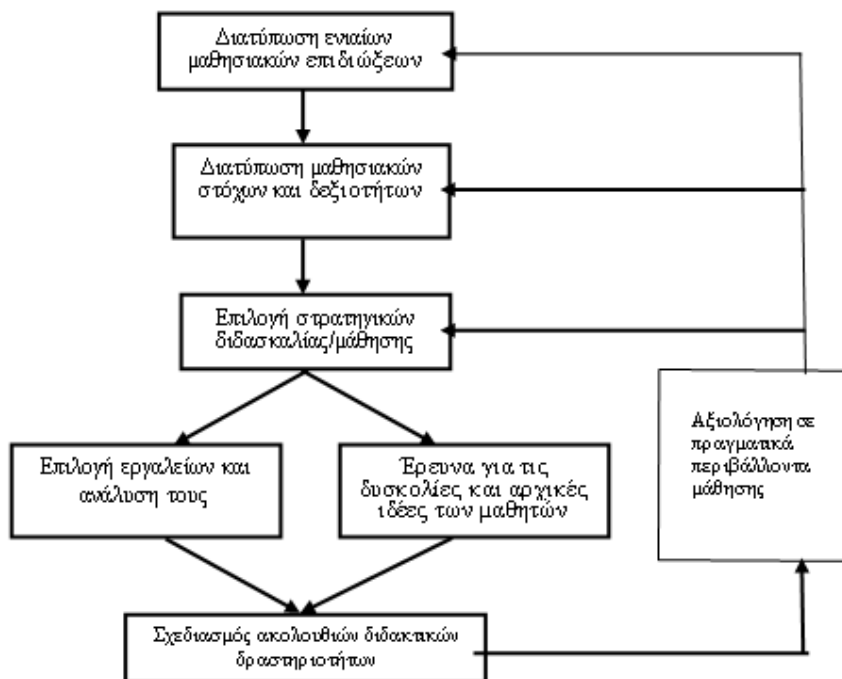
στο εννοιολογικό περιεχόμενο της κάθε μονάδας ΨΕΠ. Ο εντοπισμός των εναλλακτικών ιδεών αξιοποιήθηκε κατά την ανάπτυξη των δραστηριοτήτων, ούτως ώστε να προωθηθεί η απαραίτητη εννοιολογική αλλαγή. Στο τέλος, σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε μια ακολουθία δραστηριοτήτων που στοχεύει στην προώθηση των ειδικών στόχων της κάθε μονάδας ΨΕΠ. Σε κάθε δραστηριότητα δίδονται αναστοχαστικά ερωτήματα που καθοδηγούν τους μαθητές στη διερεύνησή τους, καθώς και ερωτήματα για διαμορφωτική αξιολόγηση. Σε κάθε δραστηριότητα δίνονται συγκεκριμένες οδηγίες στους μαθητές για το αν θα εργαστούν εξατομικευμένα ή ομαδικά. Στο τέλος κάθε δραστηριότητας, οι μαθητές καλούνται να αποστείλουν τις απαντήσεις τους στον εκπαιδευτικό για να τους δοθεί γραπτή ανατροφοδότηση.

Κάθε μονάδα ΨΕΠ Βιολογίας αποτελείται από έξι ενότητες. Η πρώτη Ενότητα αφορά στην εισαγωγή του θέματος που διαπραγματεύεται το ΨΕΠ, όπου δίνεται ένα βασικό σενάριο με ένα ανοικτού τύπου πρόβλημα προς επίλυση. Η δεύτερη Ενότητα αφορά σε διερευνητικές δραστηριότητες για συλλογή δεδομένων για λύση του αρχικού προβλήματος, ενώ η τρίτη Ενότητα αφορά στα αποτελέσματα της διερεύνησης και στη λύση του αρχικού προβλήματος. Η τέταρτη Ενότητα παρέχει στους μαθητές συμπληρωματικές πηγές πληροφόρησης, ενώ η πέμπτη Ενότητα αποτελείται από ένα τελικό δοκίμιο αξιολόγησης με ερωτήσεις κλειστού και ανοικτού τύπου. Οι μαθητές ολοκληρώνοντας το τελικό δοκίμιο αξιολόγησης, αποστέλλουν τις απαντήσεις τους στον εκπαιδευτικό τους για αξιολόγηση. Παράλληλα, όμως, έχουν την ευκαιρία και για αυτό-αξιολόγηση, αφού στη συνέχεια έχουν πρόσβαση σε τυπικά ορθές απαντήσεις. Κάθε ΨΕΠ ολοκληρώνεται με την έκτη Ενότητα όπου οι μαθητές παίρνουν συγχαρητήρια για την ολοκλήρωση της κάθε μονάδας ΨΕΠ.

Για την υλοποίηση των ΨΕΠ υπήρξε συνεχής συνεργασία και επικοινωνία μεταξύ της εταιρίας υλοποίησης του έργου και της ομάδας εκπαιδευτικού σχεδιασμού και ανάπτυξης των ΨΕΠ Βιολογίας. Στο πλαίσιο της συνεργασίας αυτής, δινόταν συνεχής ανατροφοδότηση για αποφυγή λαθών, καθώς και για τη βελτίωση κάθε μαθησιακού αντικειμένου.

Με την ολοκλήρωση της κάθε μονάδας ΨΕΠ έγινε εφαρμογή σε πραγματικά περιβάλλοντα τάξης και άρθηκε ανατροφοδότηση από μάχιμους εκπαιδευτικούς για βελτιώσεις και αλλαγές. Η Επιθεώρηση Βιολογίας του ΥΠΠ της Κύπρου, με την ολοκλήρωση της κάθε μονάδας ΨΕΠ προχώρησε επίσης σε αξιολόγηση της κάθε μονάδας και έδωσε τη δική της ανατροφοδότηση για βελτιώσεις του ψηφιακού υλικού. Μέσα από την εφαρμογή των διαφόρων ΨΕΠ, διαφάνηκε ότι ο διδακτικός/μαθησιακός χρόνος που απαιτείτο για την επίτευξη των μαθησιακών επιδιώξεων του αναλυτικού προγράμματος ήταν πολύ περισσότερος από ότι προβλεπόταν στα προγράμματα σπουδών. Στη συνέχεια, σε μερικά ΨΕΠ έγιναν αλλαγές με απώτερο σκοπό τη μείωση του απαραίτητου διδακτικού χρόνου. Επιπλέον, κάποιες δραστηριότητες προτάθηκαν ως ασκήσεις για κατ' οίκον εργασία. Μετά την ολοκλήρωση των αλλαγών, επαναλήφθηκε η εφαρμογή των ΨΕΠ σε πραγματικά περιβάλλοντα τάξης.

Σχήμα 2: Μεθοδολογία σχεδιασμού και ανάπτυξης ΨΕΠ Βιολογίας



(Papadouris & Constantinou, 2009)

Για κάθε μονάδα ΨΕΠ αναπτύχθηκε ειδικό εγχειρίδιο εκπαιδευτικού, όπου ο εκπαιδευτικός έχει τη δυνατότητα να μελετήσει τα κριτήρια σχεδιασμού και ανάπτυξης των ΨΕΠ και να κατανοήσει το θεωρητικό υπόβαθρο με βάση το οποίο έχουν αναπτυχθεί. Επιπλέον, στο εγχειρίδιο του εκπαιδευτικού δίνονται οδηγίες για την αποτελεσματικότερη αξιοποίηση κάθε δραστηριότητας του ΨΕΠ, καθώς και τρόποι διαχείρισης της τάξης.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΨΕΠ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ: «ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΕΝΖΥΜΩΝ»

Μαθησιακές επιδιώξεις και μαθησιακοί στόχοι

Το ΨΕΠ Βιολογίας «Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα δράσης των ενζύμων» αποτελεί μια από τις 15 μονάδες ΨΕΠ για το μάθημα της Βιολογίας της Γ΄ Λυκείου που σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν από την Ερευνητική Ομάδα Μάθησης για τις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες του Πανεπιστημίου Κύπρου. Οι βασικές επιδιώξεις της συγκεκριμένης μονάδας είναι η προώθηση της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών για το ότι διάφοροι χημικοί ή φυσικοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την τριτοταγή ή την τεταρτοταγή δομή ενός ενζύμου και, κατά συνέπεια, την καταλυτική του δράση,

καθώς και η κατανόηση του μηχανισμού με τον οποίο οι διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την καταλυτική δράση των ενζύμων. Επιπρόσθετα, το συγκεκριμένο ΨΕΠ στοχεύει στο να αποκτήσουν οι μαθητές δεξιότητες διατύπωσης υποθέσεων, ελέγχου μεταβλητών, διεξαγωγής πειραμάτων σε εικονικά περιβάλλοντα μάθησης, και εξαγωγής συμπερασμάτων. Η προώθηση θετικών στάσεων όσον αφορά στο ρόλο του καταναλωτή στην καθημερινή ζωή, αποτελεί επίσης μια σημαντική μαθησιακή επιδίωξη του συγκεκριμένου ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού. Οι επιμέρους μαθησιακοί στόχοι του συγκεκριμένου ΨΕΠ είναι οι ακόλουθοι:

Οι μαθητές να:

- κατανοούν πως οποιοσδήποτε χημικός ή φυσικός παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την τριτοταγή ή την τεταρτοταγή δομή ενός ενζύμου μπορεί να επηρεάσει και την καταλυτική του δράση.
- γνωρίζουν πως οι παράγοντες θερμοκρασία, PH, συγκέντρωση υποστρώματος, συγκέντρωση ενζύμου και αναστολείς μπορούν να αλλάξουν την καταλυτική δράση ενός ενζύμου.
- εξηγούν γιατί αλλοιώνεται η στερεοχημική δομή της περιοχής του ενεργού κέντρου ενός ενζύμου κάθε φορά που ένας από τους πιο πάνω παράγοντες ξεφεύγει από την άριστη τιμή του.
- μπορούν να ελέγχουν μεταβλητές, να διατυπώνουν υποθέσεις, να εκτελούν και να ερμηνεύουν τα αποτελέσματα πειραμάτων, τα οποία εξηγούν τον τρόπο που οι πιο πάνω παράγοντες επηρεάζουν την καταλυτική δράση των ενζύμων.
- αντιλαμβάνονται το ρόλο τους ως υπεύθυνοι καταναλωτές στην κοινωνία.

Παιδαγωγική Προσέγγιση

Το συγκεκριμένο ΨΕΠ, όπως και όλα τα υπόλοιπα ΨΕΠ Βιολογίας, στηρίζεται στις αρχές της διερώτησης με τη χρήση της προβληματοκεντρικής μάθησης, την αξιοποίηση της προκαθορισμένης πορείας δραστηριοτήτων για οικοδόμηση γνώσης, την προώθηση της συνεργατικής μάθησης, και τη στήριξη των Νέων Τεχνολογιών. Αρχικά, παρουσιάζεται ως αφόρμηση ένα πρόβλημα – αποστολή, το οποίο καθορίζει το πλαίσιο της διερεύνησης και ενεργοποιεί τα κίνητρα των μαθητών για εμπλοκή στη διερευνητική διαδικασία. Στη συνέχεια, παρατίθεται μία ακολουθία δραστηριοτήτων, η οποία σκοπό έχει να στηρίξει το μαθητή στην προσπάθειά του να διερευνήσει, να αναπτύξει δεξιότητες διερεύνησης, να συλλέξει δεδομένα, και στο τέλος να λύσει το πρόβλημα της αποστολής. Κάθε δραστηριότητα είναι δομημένη με τέτοιο τρόπο που επιτρέπει την ενεργό εμπλοκή του μαθητή στη μαθησιακή διαδικασία, καθώς και την πιθανότητα συνεργασίας μεταξύ των μαθητών, αλλά και μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικού. Κάθε δραστηριότητα εμπεριέχει ερωτήσεις ανοικτού ή/και κλειστού τύπου, οι οποίες παρέχουν πολλαπλές ευκαιρίες στους μαθητές για αναστοχασμό, αλλά και αυτό-αξιολόγηση. Η αυτό-αξιολόγηση επιτυγχάνεται μέσα από την ανατροφοδότηση που παρέχουν τα μαθησιακά αντικείμενα του ΨΕΠ (π.χ εικονικό εργαστήριο/προσομοιώσεις, διαδραστικές εφαρμογές) και την ανατροφοδότηση που παρέχουν οι κλειστού τύπου ερωτήσεις. Οι μαθητές με την ολοκλήρωση κάθε δραστηριότητας αποστέλλουν τις απαντήσεις ανοικτού τύπου στον εκπαιδευτικό τους για

ανατροφοδότηση. Αυτή η διαδικασία παρέχει στους εκπαιδευτικούς πολλαπλές ευκαιρίες για διαμορφωτική αξιολόγηση των μαθητών και στήριξη της διερευνητικής τους αποστολής.

Οι παρεμβάσεις του εκπαιδευτικού κατά τη διάρκεια της διερευνητικής διαδικασίας των μαθητών προβλέπεται να περιορίζονται σε παροτρύνσεις για παραγωγικό διάλογο εντός των ομάδων, σε ερωτήσεις για προβληματισμό και αναστοχασμό, σε εξαιρετικά σύντομη ανατροφοδότηση, σε παραπομπή σε συμπληρωματικές πηγές πληροφόρησης και σε συντονισμό συζητήσεων στα διάφορα επίπεδα οργάνωσης της τάξης. Επιπλέον, στο πλαίσιο της εξατομικευμένης εργασίας των μαθητών, ο εκπαιδευτικός στηρίζει και καθοδηγεί τους μαθητές που έχουν μαθησιακές δυσκολίες. Η στήριξη των μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες διευκολύνεται από την ίδια την οργάνωση του ΨΕΠ, διότι επιτρέπει στον εκπαιδευτικό να αλληλεπιδράσει με περισσότερη άνεση χρόνου με τους μαθητές αυτούς και να τους καθοδηγήσει ανάλογα με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν, τη γνωστική ετοιμότητα και το μαθησιακό στυλ του καθενός.

Επίσης, το ΨΕΠ είναι δομημένο με τέτοιο τρόπο που επιτρέπει τη διαφοροποίηση της διδασκαλίας, λαμβάνοντας υπόψη τις γνωστικές ανάγκες όλων των μαθητών. Για παράδειγμα, δίδεται αφενός σημασία στις πυρηνικές γνώσεις, που πρέπει να αποκτήσουν όλοι οι μαθητές, αλλά υπάρχουν και μετασχηματιστικές δραστηριότητες που μπορούν να αξιοποιηθούν από τους μαθητές που δεν παρουσιάζουν μαθησιακές δυσκολίες.

Ακολουθία Δραστηριοτήτων και περιεχόμενο του ΨΕΠ «Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα δράσης των ενζύμων»

Στην αρχή της πρώτης ενότητας του ΨΕΠ με τίτλο «Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα δράσης των ενζύμων» υπάρχει μια εισαγωγική οθόνη (Εικόνα 1) με ένα σύντομο εισαγωγικό κείμενο, το οποίο καλωσορίζει τους μαθητές στο μάθημα της Βιολογίας Γ΄ Λυκείου και τους εισάγει στο περιεχόμενο του ψηφιακού μαθησιακού περιβάλλοντος. Στην εισαγωγική οθόνη, δίπλα από το εισαγωγικό κείμενο, υπάρχει ένα έργο τέχνης με τίτλο «Ο αλχημιστής στο εργαστήριό του», (Thomas Wyck, 1616-1677), παραπέμποντας στην ιστορία της επιστήμης.

Επίσης, στην εισαγωγική οθόνη, δίπλα από το εισαγωγικό κείμενο, υπάρχουν και τα περιεχόμενα ολόκληρης της μονάδας ΨΕΠ, τα οποία δίνουν μια ολική εικόνα για τη δομή και το περιεχόμενό του. Πατώντας πάνω σε κάθε ενότητα ή υποενότητα ή επιμέρους δραστηριότητα των περιεχομένων ανοίγει η ανάλογη οθόνη που αφορά στο συγκεκριμένο μέρος της μονάδας ΨΕΠ, εξυπηρετώντας μια γρήγορη ανασκόπηση του ψηφιακού υλικού. Η μετάβαση και επιστροφή σε κάθε οθόνη γίνεται πολύ εύκολα, πατώντας πάνω σε ειδικά εικονίδια με την ονομασία «Προηγούμενο» και «Επόμενο».

Εικόνα 1: Εισαγωγική οθόνη του ΨΕΠ «Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα δράσης των ενζύμων».

Μετά την εισαγωγική οθόνη, ακολουθεί ένα σενάριο με ένα πρόβλημα προς επίλυση, καθώς και η αποστολή των μαθητών. Το σενάριο του συγκεκριμένου ΨΕΠ είναι το εξής: «...Εργάζεσθε στο τμήμα ελέγχου ποιότητας των προϊόντων μιας νεοσυσταθείσας βιομηχανικής μονάδας παραγωγής βιολογικών απορρυπαντικών (απορρυπαντικά με ένζυμα). Παρόλο που τα απορρυπαντικά της συγκεκριμένης βιομηχανίας έχουν περάσει με επιτυχία όλους τους απαιτούμενους ελέγχους ποιότητας, εντούτοις, πολλοί καταναλωτές αποστρέφονται, κατά καιρούς, στη βιομηχανική μονάδα όπου εργάζεστε και εκφράζουν παράπονα για την αποτελεσματικότητα των συγκεκριμένων βιολογικών απορρυπαντικών. Στη βιομηχανική μονάδα επαναλήφθηκαν οι σχετικοί ποιοτικοί έλεγχοι, χωρίς να προκύψει κάτι ανησυχητικό. Οι έρευνες, τώρα, προσανατολίζονται στον τρόπο χρήσης των απορρυπαντικών από τους καταναλωτές. Εσείς καλείστε να λάβετε μέρος στη διερεύνηση του προβλήματος που παρουσιάστηκε, διερευνώντας πιθανές αιτίες, για τη μη αποτελεσματικότητα των συγκεκριμένων βιολογικών απορρυπαντικών, που σχετίζονται με τη μη πιστή τήρηση των οδηγιών χρήσης του προϊόντος από τους καταναλωτές. Στο τέλος, θα πρέπει να ενημερώσετε, γραπτώς, τον υπεύθυνο της παραγωγής του εργοστασίου για τα ευρήματά σας.»

Στη συνέχεια, οι μαθητές καλούνται να συνεργαστούν μεταξύ τους και να γράψουν τις αρχικές τους υποθέσεις για το ποιοι παράγοντες που σχετίζονται με τη χρήση των συγκεκριμένων απορρυπαντικών μπορεί να έχουν επηρεάσει τη δράση τους. Οι μαθητές με βάση τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους, καθώς και εμπειρίες τους διατυπώνουν διάφορες υποθέσεις και στη συνέχεια προσπαθούν να προβλέψουν για το πώς οι

συγκεκριμένοι παράγοντες μπορεί να έχουν επηρεάσει τη δράση των βιολογικών απορρυπαντικών.

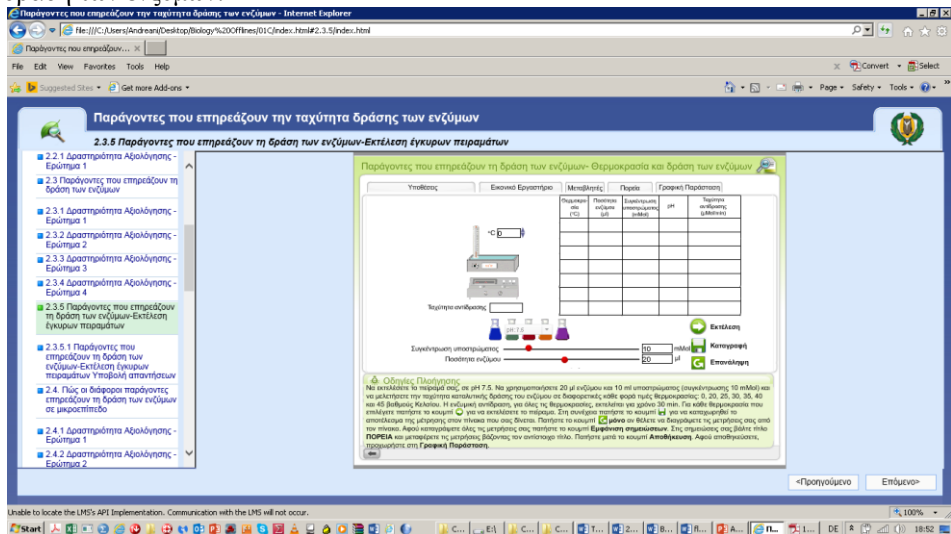
Στη δεύτερη ενότητα του ΨΕΠ, υπάρχει μια ακολουθία δραστηριοτήτων που επιτρέπει στους μαθητές να διερευνήσουν θέματα που αφορούν στη σχέση μεταξύ της δομής των ενζύμων και της εμφάνισης από αυτά καταλυτικής δράσης, στον μηχανισμό με τον οποίο τα ένζυμα επιταχύνουν τις βιοχημικές αντιδράσεις, στους παράγοντες που επηρεάζουν τη δράση των ενζύμων, καθώς και στον μηχανισμό που ο κάθε παράγοντας επηρεάζει τη δράση των ενζύμων. Τα βασικά μαθησιακά αντικείμενα που έχουν ενσωματωθεί στις διάφορες δραστηριότητες του συγκεκριμένου ΨΕΠ είναι κείμενο, πολυμεσικές παρουσιάσεις (Εικόνα 2), εικόνες, διαγράμματα και εικονικό εργαστήριο (Εικόνα 3) το οποίο επιτρέπει στους μαθητές να διεξάγουν εικονικά πειράματα για να κατανοήσουν τον τρόπο με τον οποίο διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την καταλυτική δράση των ενζύμων (Εικόνα 4).

Εικόνα 2: Πολυμεσική παρουσίαση για τη μελέτη της δομής και της καταλυτικής δράσης των ενζύμων

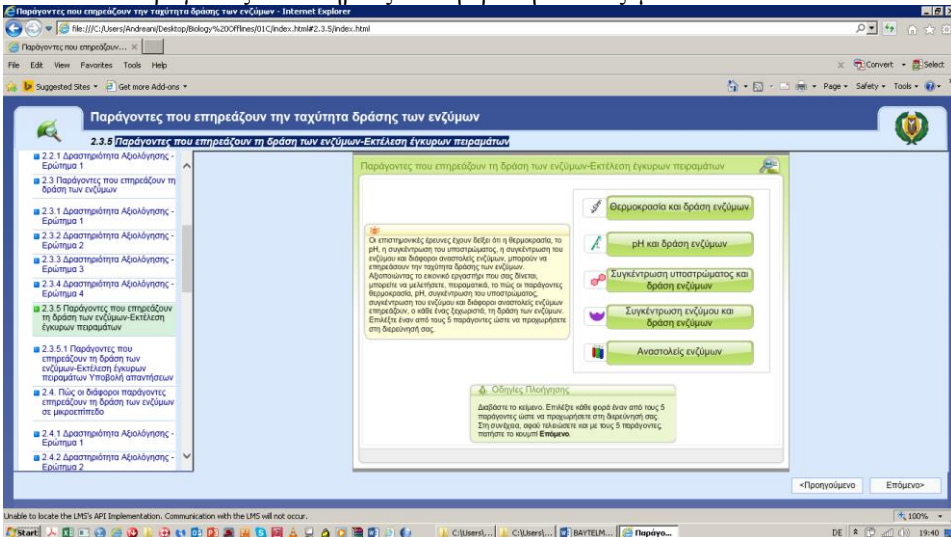
The screenshot shows a web browser window displaying a multimedia presentation. The title bar reads 'Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα δράσης των ενζύμων - Pale Moon'. The address bar shows a file path: 'file:///C:/Users/Andreas/Desktop/Biology/Offline/01/Content/Html#2_1/index.html'. The page content includes a table of contents on the left with sections like '2.1 Η δομή των ενζύμων και η καταλυτική τους δράση' and '2.2 Πώς τα ένζυμα επιταχύνουν τις βιοχημικές αντιδράσεις'. The main content area features a video player with a diagram of an enzyme's active site. The diagram labels the 'Καταλυτικός κόκκος ενζύμου' (enzyme active site), 'επίπεδο υποστρώμα' (flat substrate), and 'επίπεδο υποστρώμα' (flat substrate). The video player shows a duration of 00:00:00 / 04.

Σε κάθε δραστηριότητα, οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν διάφορα αναστοχαστικά ερωτήματα για καλύτερη κατανόηση και εμπέδωση (Εικόνα 5). Για την απάντηση των αναστοχαστικών ερωτημάτων, αρχικά, οι μαθητές καλούνται να εργαστούν εξατομικευμένα και στη συνέχεια να ανταλλάξουν απόψεις στην ομάδα τους και μετά να καταγράψουν τις απαντήσεις τους, τις οποίες αποστέλλουν στον εκπαιδευτικό τους για ανατροφοδότηση. Κατά τη διάρκεια της εξατομικευμένης εργασίας των μαθητών, ο εκπαιδευτικός έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει τους μαθητές που παρουσιάζουν οποιαδήποτε μορφή μαθησιακές δυσκολίες.

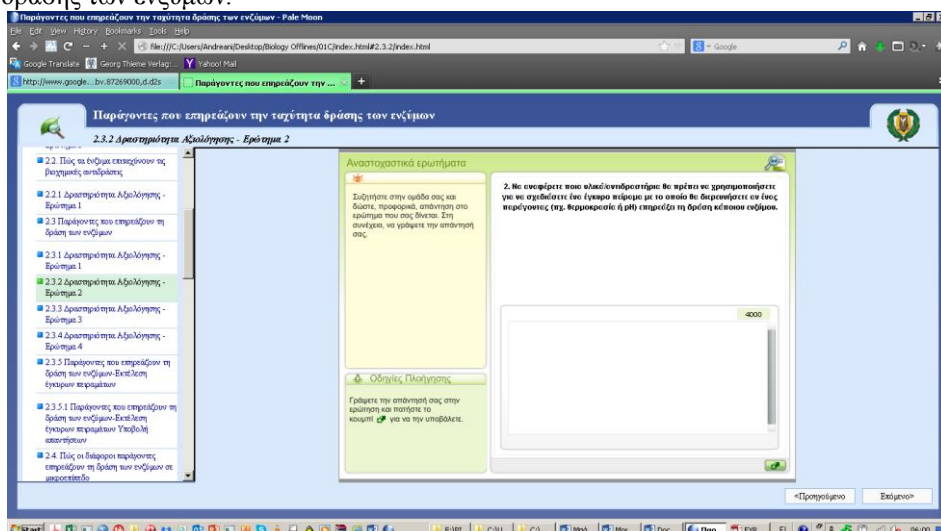
Εικόνα 3: Εικονικό εργαστήριο για διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη δράση των ενζύμων.



Εικόνα 4: Παράγοντες που επηρεάζουν τη δράση των ενζύμων



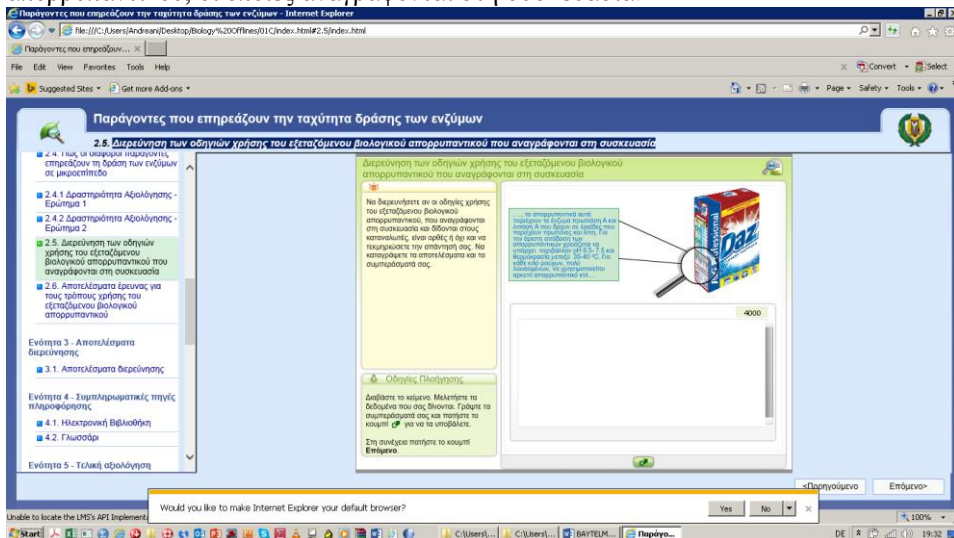
Εικόνα 5: Αναστοχαστικά ερωτήματα για τους παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα δράσης των ενζύμων.



Επιπλέον, οι μαθητές μέσα από άλλες δραστηριότητες που δίνονται (Εικόνα 6), συλλέγουν δεδομένα, τα οποία θα πρέπει να αξιολογήσουν και να συνδυάσουν με τις θεωρίες που έχουν ήδη μελετήσει για τη δράση των ενζύμων, ούτως ώστε να μπορέσουν να εξαγάγουν συμπεράσματα και να οδηγηθούν στην επίλυση του αρχικού προβλήματος του ΨΕΠ, όπως αυτό δίνεται στην Αποστολή. Συγκεκριμένα, καλούνται να διερευνήσουν το αν οι οδηγίες χρήσης του εξεταζόμενου βιολογικού απορρυπαντικού, οι οποίες αναγράφονται στη συσκευασία του προϊόντος, είναι ορθές ή όχι, και να μελετήσουν αποτελέσματα μιας ειδικής έρευνας που διεξήγαγε κάποια άλλη ομάδα εργαζομένων της εικονικής βιομηχανικής μονάδας όπου εργάζονται, η οποία αφορά στους τρόπους χρήσης του βιολογικού απορρυπαντικού από τους καταναλωτές.

Στην τρίτη ενότητα, οι μαθητές μετά την ολοκλήρωση όλων των δραστηριοτήτων της δεύτερης ενότητας που υπάρχουν στο ΨΕΠ και τη συλλογή δεδομένων, καλούνται να ετοιμάσουν μια έκθεση προς τον υπεύθυνο της παραγωγής βιολογικών απορρυπαντικών της εικονικής βιομηχανικής μονάδας όπου εργάζονται, δίνοντας μια επιστημονικά τεκμηριωμένη εξήγηση για την αιτία του προβλήματος που παρουσιάστηκε στα απορρυπαντικά της βιομηχανίας. Πριν προχωρήσουν όμως στην ετοιμασία της έκθεσής τους, καλούνται να χρησιμοποιήσουν τα δεδομένα που έχουν συλλέξει και να υποστηρίξουν, να απορρίψουν ή να τροποποιήσουν τις αρχικές τους υποθέσεις για τις πιθανές αιτίες της μη αποτελεσματικότητας του βιολογικού απορρυπαντικού της βιομηχανικής μονάδας όπου εργάζονται. Με την ολοκλήρωση της έκθεσής τους, οι μαθητές θα πρέπει να στείλουν την εργασία τους στον καθηγητή τους για ανατροφοδότηση.

Εικόνα 6: Διερεύνηση των οδηγιών χρήσης του εξεταζόμενου βιολογικού απορρυπαντικού, οι οποίες αναγράφονται στη συσκευασία.



Στην τέταρτη ενότητα του ΨΕΠ υπάρχει ηλεκτρονική βιβλιοθήκη και γλωσσάρι όπου οι μαθητές μπορούν να ανατρέξουν για περισσότερες πληροφορίες και ενημέρωση. Στην πέμπτη ενότητα, οι μαθητές ενημερώνονται για το διαγνωστικό δοκίμιο τελικής αξιολόγησης το οποίο περιλαμβάνει ασκήσεις διαφόρων τύπων που αφορούν στην αξιολόγηση ολόκληρης της ενότητας του ΨΕΠ και καλούνται να το απαντήσουν. Συγκεκριμένα, το δοκίμιο αξιολόγησης περιλαμβάνει πέντε ερωτήσεις τύπου Σωστό – Λάθος, πέντε ασκήσεις πολλαπλής επιλογής, μια ερώτηση συμπλήρωσης κενών και πέντε ερωτήσεις ανοικτού τύπου. Με την ολοκλήρωση του δοκιμίου αξιολόγησης, οι μαθητές έχουν στη διάθεσή τους τυπικά ορθές απαντήσεις για αυτό-αξιολόγηση. Στην έκτη ενότητα, οι μαθητές παίρνουν συγχαρητήρια για την ολοκλήρωση του ΨΕΠ «Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα δράσης των ενζύμων».

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε το θεωρητικό υπόβαθρο για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού για το μάθημα της Βιολογίας, Γ΄ Λυκείου, καθώς και ένα παράδειγμα Ψηφιακού Εκπαιδευτικού Περιεχομένου, το οποίο φέρει τον τίτλο «Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα δράσης των ενζύμων». Η αξιοποίηση των ΨΕΠ Βιολογίας στη μαθησιακή διαδικασία, δυνητικά, συνεισφέρει στη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, διότι τα ΨΕΠ διαθέτουν μια σειρά από πλεονεκτήματα που τους προσδίδουν προσθετική μαθησιακή αξία. Μερικά τέτοια πλεονεκτήματα είναι τα ακόλουθα: Τα μαθησιακά αντικείμενα των ΨΕΠ λόγω της πολυμεσικής τους φύσης

(εμπλέκουν περισσότερες αισθήσεις και πολλαπλές αναπαραστάσεις στη μάθηση) και της διαδραστικότητάς τους μπορούν να υποστηρίξουν αποτελεσματικά τη διασαφήνιση αφηρημένων ή δυσνόητων εννοιών, σύνθετων φαινομένων και διαδικασιών, καθώς και την απεικόνιση πολύπλοκων σχέσεων. Η ενσωμάτωση πολλών και διαφορετικών μαθησιακών αντικειμένων στο κάθε ΨΕΠ, στηρίζει τη διαφοροποίηση στη μαθησιακή διαδικασία, λαμβάνοντας υπόψη τα διάφορα μαθησιακά στυλ των μαθητών. Η δομή και η οργάνωση των διαφόρων δραστηριοτήτων των ΨΕΠ επιτρέπουν τη διερευνητική μάθηση και την ανάπτυξη επιστημονικών και συλλογιστικών δεξιοτήτων. Η αναστοχαστική διαδικασία που προωθείται στο συγκεκριμένο ψηφιακό υλικό στηρίζει την ανάπτυξη συλλογιστικών και μεταγνωστικών δεξιοτήτων. Επιπρόσθετα, η δομή και η λειτουργία των ΨΕΠ δημιουργούν ποιοτικότερες συνθήκες συνεργατικής μάθησης, υποστηρίζουν το συντονιστικό και διαμεσολαβητικό ρόλο του εκπαιδευτικού και προωθούν την αρχική, διαμορφωτική και τελική αξιολόγηση. Γενικότερα, η αξιοποίηση των ΨΕΠ Βιολογίας στη μαθησιακή διαδικασία θα μπορούσε να συνεισφέρει σημαντικά στην ενίσχυση του επιστημονικού και ψηφιακού γραμματισμού των μαθητών, καθώς και στην αποτελεσματικότερη προετοιμασία τους για τις την κοινωνία του 21^{ου} αιώνα, δεδομένου ότι θα τύχουν της ενδεδειγμένης διαχείρισης.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- DfES. 2003. *21st Century Skills: Realising our Potential*. Norwich: The Stationary Office.
- Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. (2009). *Εγγραφο Εργασίας της Επιτροπής Διαβούλευση για τη Μελλοντική Στρατηγική 2020*. Βρυξέλλες: Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.
- Khishfe, R. & Abd-El-Khalick, F., (2002) Influence of Explicit and Reflective versus Implicit Inquiry-Oriented Instruction on Sixth Graders' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, (7), 551-578.
- Kyza, E. A., Constantinou, C. P., & Spanoudis, G. (2011). Sixth Graders' Co-construction of Explanations of a Disturbance in an Ecosystem: Exploring relationships between grouping, reflective scaffolding, and evidence-based explanations. *International Journal of Science Education*, 33 (18) 2489-2525.
- Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell, P. (Eds.). (2004). *Internet environments for science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Manlove, S., Lazonder, A. W., & de Jong, T. (2006). Regulative support for collaborative scientific inquiry learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22 (1), 87-98.
- NCATE (National Council for Accreditation of Teacher Education). (2003). *International Technology Education Association/Council on Technology Teacher Education (ITEA/CTTE)*. Retrieved July 15, 2009, from <http://www.ncate.org/standard/programstds.htm>.
- NCES (National Center for Education Statistics). (2001). *Internet Access in U.S. Public Schools and Classrooms: 1994–2001*. Retrieved July 15, 2009, from <http://nces.ed.gov/programs/digest/d02/tables/dt419.asp>

- NRC (National Research Council). (1996). *National education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Papadouris, N., & Constantinou, C. P. (2007). *Learning Science*. Cyprus: Learning in Science Group, University of Cyprus.
- Papadouris N., & Constantinou, C P. (2009). A methodology for integrating computer-based learning tools in science curricula. *Journal of Curriculum Studies*, 41, (4), 521-538.
- Taylor Liz (2004). How student teachers develop their understanding of teaching using ICT. *Journal of Education for Teaching: International research and pedagogy*, 30, (1), 43-56.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher mental processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press
- Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού (2010) *Αναλυτικά Προγράμματα Προδημοτικής, Δημοτικής και Μέσης Εκπαίδευσης*. Λευκωσία: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου - Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων.

Η Χρήση Εκπαιδευτικού Λογισμικού στη Δημιουργία Δραστηριοτήτων ως Εισαγωγή στην Έννοια του Ρυθμού Μεταβολής

Δήμητρα Ρεμούνδου¹ και Ευγένιος Αυγερινός²

Εργαστήριο Μαθηματικών Διδακτικής και Πολυμέσων
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
Πανεπιστήμιο Αιγαίου,
dimitra.rem@gmail.com, eavger@aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μεταβολή και ο ρυθμός μεταβολής ποσοτήτων είναι έννοιες των μαθηματικών και των φυσικών επιστημών που συνδέονται με οικείες έννοιες της καθημερινής ζωής, όπως αυτές της ταχύτητας, της επιτάχυνσης, του κόστους, της διαχείρισης οικονομικών και ανθρωπίνων πόρων. Συγχρόνως, η έννοια του ρυθμού μεταβολής θα μπορούσε να αποτελέσει τη βάση για την κατανόηση πιο αφηρημένων εννοιών της μαθηματικής ανάλυσης. Ωστόσο, σε έρευνες των τελευταίων ετών έχουν καταγραφεί οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν πολλοί μαθητές και φοιτητές σε προβλήματα που σχετίζονται με τον ρυθμό μεταβολής, τόσο σε μαθήματα φυσικής όσο και μαθηματικών. Για να ξεπεραστούν οι δυσκολίες αυτές και δεδομένης της σημασίας της έννοιας του ρυθμού μεταβολής, αρκετοί ερευνητές προτείνουν την εισαγωγή της έννοιας άτυπα σε μικρότερες βαθμίδες εκπαίδευσης. Στην παρούσα έρευνα προτείνονται εκπαιδευτικές δραστηριότητες με χρήση τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνιών, με σκοπό την διαισθητική εισαγωγή της έννοιας του μέσου ρυθμού μεταβολής στις τελευταίες τάξεις του δημοτικού σχολείου. Κύριοι στόχοι είναι η δημιουργία μιας εικόνας των μεταβολών ποσοτήτων, η οποία θα λειτουργεί ως βάση για τη σταδιακή κατανόηση του ρυθμού μεταβολής.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ρυθμός μεταβολής, εκπαιδευτικό λογισμικό, μεταβολές ποσοτήτων, διδακτική μαθηματικής ανάλυσης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ρυθμός μεταβολής είναι μια σημαντική μαθηματική έννοια η οποία απαντάται στην καθημερινή ζωή και σε διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους εκτός των μαθηματικών, όπως στη φυσική, στα οικονομικά και στη μηχανική. Λόγω των ποικίλων πρακτικών της εφαρμογών μπορεί να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ θεωρίας και πράξης που παρατηρείται στα μαθηματικά. Παράλληλα, η κατανόηση των εννοιών της συμμεταβολής και του

ρυθμού μεταβολής θεωρείται ιδιαίτερης σημασίας για την αντίληψη της παραγώγου και άλλων εννοιών της μαθηματικής ανάλυσης (Orton, 1983). Σε πρόσφατες έρευνες προτείνεται η εστίαση της διδασκαλίας εννοιών της μαθηματικής ανάλυσης στη συμμεταβολή, όπως η διδασκαλία της συνάρτησης ως συμμεταβολή δύο μεγεθών αντί ως αντιστοίχιση (Confrey & Smith, 1994).

Τα τελευταία χρόνια έχουν μελετηθεί εκτενώς οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν μαθητές και φοιτητές -στο εξής αναφέρονται ως σπουδαστές- στην κατανόηση βασικών εννοιών της μαθηματικής ανάλυσης, όπως η συνάρτηση, το όριο, η συνέχεια, η παράγωγος και το ολοκλήρωμα. Ανάμεσά τους έχουν μελετηθεί και θέματα που σχετίζονται με τη συμμεταβολή και τον ρυθμό μεταβολής. Μια από τις πιο κοινές διαπιστώσεις αυτών των ερευνών είναι η δυνατότητα επίλυσης ασκήσεων από τους μαθητές με αλγοριθμικό τρόπο, χωρίς όμως να έχουν κατακτηθεί οι έννοιες. Η μελέτη των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν σπουδαστές με την έννοια του ρυθμού μεταβολής, έχει οδηγήσει στην πρόταση να εισάγεται στο σχολικό πρόγραμμα πιο νωρίς, πριν από τη μαθηματική ανάλυση, έτσι ώστε να αποτελεί “γνωστική ρίζα” (cognitive root) (Tall, McGowen, DeMarois, 2000) στη μετέπειτα πιο αυστηρή μελέτη του απειροστικού λογισμού (Orton, 1983).

Συγχρόνως, σημαντικό ρόλο στη διδακτική των μαθηματικών διαδραματίζουν οι τεχνολογίες πληροφορίας και επικοινωνιών -στο εξής αναφέρονται ως ΤΠΕ. Κάποιες από τις προτάσεις διδακτικής εννοιών της μαθηματικής ανάλυσης περιλαμβάνουν νέες τεχνολογίες με τη μορφή graphic calculator, γραφικών προγραμμάτων, προγραμμάτων προσομοιώσεων ή ακόμα και παιχνιδιών σε ηλεκτρονικά περιβάλλοντα.

Το ερευνητικό ερώτημα που τίθεται είναι αν είναι εφικτή η διδασκαλία της έννοιας του ρυθμού μεταβολής σε μαθητές των τελευταίων τάξεων του δημοτικού σχολείου με διαισθητικό και άτυπο τρόπο. Για το σκοπό αυτό σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν εκπαιδευτικές δραστηριότητες με χρήση ΤΠΕ, βασισμένες σε στοιχεία προηγούμενων ερευνών σχετικά με τον ρυθμό μεταβολής.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ρυθμός μεταβολής

Η κεντρική ιδέα πίσω από την έννοια του ρυθμού μεταβολής είναι το πόσο γρήγορα αλλάζει η τιμή μιας συνάρτησης σε σχέση με το αρχικό της όρισμα. Η μέτρηση του ρυθμού μεταβολής εμπλέκει την πολλαπλασιαστική σύγκριση των μεταβολών δύο ή περισσότερων ποσοτήτων (Thompson, 1994b).

Ως μεταβολή μιας ποσότητας-μεταβλητής θεωρείται το μέτρο της αλλαγής στην τιμή αυτής της ποσότητας-μεταβλητής. Με τον όρο συμμεταβολή δύο ποσοτήτων-μεταβλητών θεωρούμε ένα μέτρο της σχέσης των μεταβολών αυτών των δύο ποσοτήτων. Έτσι, για μια συνάρτηση με $y=f(x)$ η συμμεταβολή θα είναι το μέτρο της σχέσης-αλλαγής ανάμεσα στην ανεξάρτητη μεταβλητή x και στην εξαρτημένη y .

Σημαντική έννοια για την κατανόηση του ρυθμού μεταβολής, ιδιαίτερα του μέσου, είναι η έννοια του λόγου. Ως λόγος δύο ομοίων μεγεθών A και B , ορίζεται ο αριθμός λ επί τον

οποίο πρέπει να πολλαπλασιαστεί ο B για να προκύψει ο αριθμός A, δηλαδή $A=\lambda B$. Αναλογία είναι η ισότητα δύο ή περισσότερων λόγων.

Η δυνατότητα συλλογισμού με βάση τη συμμεταβολή θεωρείται σημαντική για την κατανόηση άλλων εννοιών του απειροστικού λογισμού, όπως της συνάρτησης (Confrey et al., 1994), του ορίου (Cottrill, Dubinsky, Nichols, Schwingendorf, Thomas & Vidakovic, 1996), της παραγώγου (Zandieh, 2000), αλλά και του θεμελιώδους θεωρήματος του απειροστικού λογισμού (Thompson, 1994b).

Ο ρυθμός μεταβολής αποτελεί μια γενικευμένη έννοια που περιλαμβάνει τόσο τον μέσο ρυθμό μεταβολής όσο και τον στιγμιαίο. Ο μέσος ρυθμός μεταβολής αναφέρεται σε ένα διάστημα τιμών της ανεξάρτητης μεταβλητής και συνδέεται με τον λόγο, ενώ ο στιγμιαίος ρυθμός μεταβολής αφορά απειροελάχιστες μεταβολές της ανεξάρτητης μεταβλητής και εκφράζεται από την παράγωγο σε σημείο. Η έννοια του μέσου ρυθμού μεταβολής πρέπει να είναι ξεκάθαρη για να γίνει κατανοητός ο στιγμιαίος ρυθμός μεταβολής (Tyne, 2014).

Ο ρυθμός μεταβολής μπορεί να είναι σταθερός ή να μεταβάλλεται. Ο σταθερός ρυθμός μεταβολής είναι πιο εύκολα κατανοητός από τους σπουδαστές και μπορεί να είναι θετικός, αρνητικός ή μηδέν. Στην περίπτωση σταθερού ρυθμού μεταβολής ο στιγμιαίος ρυθμός ισούται με τον μέσο και μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικοί τύποι για τον υπολογισμό του.

Σε αντιστοιχία με τις συναρτήσεις ο ρυθμός μεταβολής μπορεί να εκφραστεί σε διαφορετικά αναπαραστασιακά συστήματα και πιο συγκεκριμένα με γραφική, συμβολική και αριθμητική αναπαράσταση (Herbert & Pierce, 2011).

Δυσκολίες στην κατανόηση του ρυθμού μεταβολής

Η αρχική επαφή των μαθητών με ρυθμούς μεταβολής γίνεται στο μάθημα της φυσικής, ενώ στα σχολικά μαθηματικά ο ρυθμός μεταβολής μελετάται στον διαφορικό λογισμό, ως εφαρμογή της παραγώγου. Παρ' όλη τη σημασία της για τη μαθηματική ανάλυση και τις εφαρμογές της, η έννοια του ρυθμού μεταβολής παρουσιάζει δυσκολίες στην κατανόησή της (Orton, 1983; Kaput & Schorr, 2002; Ubuz, 2007).

Για πολλούς μαθητές δεν είναι ξεκάθαρη η διαφορά της έννοιας της “ποσότητας” και της “μεταβολής της ποσότητας” (Thompson, 1994b). Μια άλλη βασική σύγχυση έχει διαπιστωθεί ανάμεσα στις έννοιες της μεταβολής και του ρυθμού μεταβολής (Thompson, 1994b). Ακόμα, σε πολλές περιπτώσεις δεν γίνεται ο διαχωρισμός ανάμεσα στον μέσο και στον στιγμιαίο ρυθμό μεταβολής (Orton, 1983). Δυσκολίες με την έννοια του ρυθμού μεταβολής έχουν παρατηρηθεί και σε καθηγητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, όπου απουσιάζει η συνοχή μεταξύ των εννοιών του λόγου, του ρυθμού και της κλίσης (Coe, 2007).

Οι μαθητές φαίνεται ότι δεν συνδέουν την έννοια του ρυθμού μεταβολής με μεταβολές ποσοτήτων ή με μεταβλητές, όπως οι μαθηματικοί, αλλά κυρίως με κάποια ιδιότητα της συνάρτησης που προκύπτει από το γράφημα ή την αλγεβρική της μορφή (Weber & Dorko, 2014). Επιπλέον, επισημαίνεται ότι εστιάζουν σε κάποια αναπαράσταση του ρυθμού μεταβολής, αριθμητική, γραφική ή συμβολική και δυσκολεύονται να

κατανοήσουν τη σχέση μεταξύ των αναπαραστάσεων αυτών και της έννοιας την οποία εκφράζουν, καθώς και να μεταβούν από ένα αναπαραστασιακό σύστημα σε ένα άλλο (Herbert et al., 2011). Έρευνες έχουν δείξει ότι οι μαθητές μπορούν να εξάγουν περισσότερες πληροφορίες από την αριθμητική αναπαράσταση, ενώ αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην εξαγωγή συμπερασμάτων από τη γραφική και κυρίως τη συμβολική (Herbert et al., 2011).

Στα σχολικά βιβλία χρησιμοποιούνται δύο τύποι πλαισίου για τον ρυθμό μεταβολής, αυτοί που περιλαμβάνουν διάστημα και χρόνο και αυτοί που εμπεριέχουν άλλες μεταβλητές (Herbert & Pierce, 2012). Η ταχύτητα έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως ως παράδειγμα για τον ρυθμό μεταβολής, καθώς θεωρείται έννοια οικεία στους μαθητές (Herbert et al., 2011). Παρόλα αυτά έχει παρατηρηθεί ότι η εξοικείωση με την έννοια της ταχύτητας δεν επεκτείνεται απαραίτητα στη μορφοποίηση άλλων ρυθμών μεταβολής (Lobato & Thanheiser, 1999; Herbert et al., 2011). Επιπλέον, επισημαίνεται ότι όταν χρησιμοποιείται ένας όρος, όπως ταχύτητα, για την περιγραφή του ρυθμού μεταβολής, δημιουργείται η εντύπωση ότι αναφέρεται σε μία οντότητα και όχι στη συμμεταβολή δύο μεγεθών (Lobato et al., 1999). Έχει παρατηρηθεί ακόμα σύγχυση μεταξύ μέσης και σταθερής ταχύτητας (Orton, 1984).

Σε παραδείγματα όπου οι μαθητές καλούνταν να ορίσουν ρυθμούς μεταβολής ποσοτήτων, φάνηκε ότι υπήρξαν δυσκολίες αναγνώρισης των χαρακτηριστικών στα οποία έπρεπε να εστιάσουν και των ποσοτήτων που επηρεάζουν αυτά τα χαρακτηριστικά (Lobato et al., 1999). Όσον αφορά στην ταχύτητα παρατηρήθηκαν εσφαλμένες αντιλήψεις, όπως ότι τα μικρότερα αντικείμενα θα πρέπει να είναι πιο γρήγορα από τα μεγαλύτερα για να καλύψουν την ίδια απόσταση ή ότι όποιος κουνάει πιο γρήγορα τα πόδια του πηγαίνει και πιο γρήγορα (Lobato et al., 1999).

Ο ρυθμός μεταβολής και ιδιαίτερα ο μέσος στηρίζεται στην κατανόηση του λόγου και προτείνεται η ανάπτυξη των δύο εννοιών σε συνδυασμό, με τη βοήθεια γραφικών αναπαραστάσεων (Orton, 1983). Ο ρόλος του αριθμητή και του παρανομαστή σε έναν λόγο και κατ' επέκταση σε έναν ρυθμό μεταβολής δεν είναι ξεκάθαρος σε πολλούς μαθητές (Herbert et al., 2012).

Διδακτική του ρυθμού μεταβολής σε πρότερο στάδιο

Δεδομένης της σημασίας της έννοιας της συμμεταβολής στην κατανόηση των βασικών εννοιών της μαθηματικής ανάλυσης και των δυσκολιών που έχουν παρατηρηθεί σε σχέση με αυτή, έχει προταθεί από αρκετούς ερευνητές η εισαγωγή της στο σχολικό πρόγραμμα πριν από την μελέτη του διαφορικού λογισμού (Carlson, Jacobs, Coe, Larsen, Hsu, 2002; Confrey et al., 1994; Moore, Paoletti & Musgrave, 2013; Oehrtman, Carlson & Thompson, 2008; Thompson, 1994b). Η διαισθητική κατανόηση του ρυθμού μεταβολής ως ταχύτητα και της κλίσης ως μέτρο της ανηφοριάς (κατηφοριάς) μπορεί να αποτελέσει το σημείο εκκίνησης για μια βαθύτερη κατανόηση του ρυθμού μεταβολής και της παραγωγού (Herbert et al., 2012). Σε αυτή την προσπάθεια σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι γραφικές αναπαραστάσεις, στις οποίες οι έννοιες συνδέονται με τα φαινόμενα στα οποία αναφέρονται (Avgerinos & Skoufi, 2012).

Ο Orton (1983) θεωρούσε ότι η έννοια του ρυθμού μεταβολής θα πρέπει να μεταδίδεται σε κάθε ευκαιρία πριν από τη μελέτη του διαφορικού λογισμού και όχι μόνο όταν απαιτείται για την κατανόηση της παραγώγου, τονίζοντας τη σημασία των γραφικών αναπαραστάσεων στην προσπάθεια αυτή. Βοηθητική θεωρείται και η χρήση οικείων παραδειγμάτων και τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνίας. Μια άτυπη προσέγγιση του ρυθμού μεταβολής και της έννοιας της παραγωγίσιμης μπορεί παρουσιαστεί με χρήση ΤΠΕ για την σύνδεση αριθμητικών και γραφικών αναπαραστάσεων, πριν από την ηλικία των 16 (Orton, 1983).

Διδακτικά σημαντικά χαρακτηριστικά του ρυθμού μεταβολής

Όπως αναφέρθηκε ένα από τα χαρακτηριστικά του ρυθμού μεταβολής που είναι δύσκολο να γίνει κατανοητό είναι η θεώρηση του ως συμμεταβολή δύο μεγεθών. Οι Confrey & Smith (1995) προτείνουν μια προσέγγιση των συναρτήσεων από την άποψη της συμμεταβολής, η οποία κάνει εμφανή την έννοια του ρυθμού μεταβολής, αλλά συγχρόνως και πιο κρίσιμη. Σύμφωνα με τους Confrey et al. (1994) ένα ισχυρό πλαίσιο κατανόησης της έννοιας, το οποίο θα βοηθήσει τους μαθητές κατά τη μελέτη, περιλαμβάνει διάφορες όψεις της, όπως τη σύγκριση μονάδας ανά μονάδα, τη φυσική ερμηνεία της σύγκρισης λόγων μεταβολής, τη γραφική αναπαράσταση και την αναγνώριση της κλίσης. Σε συνδυασμό με την έμφαση στην κατανόηση του ρυθμού μεταβολής ως συμμεταβολή δύο μεγεθών θα πρέπει να γίνει σύνδεση της ταχύτητας ως ρυθμού μεταβολής με άλλους ρυθμούς για να γενικευτούν τα χαρακτηριστικά του (Herbert et al., 2011).

Μία κατηγοριοποίηση (Herbert et al., 2012) των χαρακτηριστικών του ρυθμού μεταβολής που θα μπορούσαν να είναι καίρια στη διδακτική του (educationally critical aspects-ECAs), αλλάζοντας την εστίαση από τη μελέτη κανόνων σε μελέτη σχέσεων, έχει ως εξής:

- ECA 1: Ο ρυθμός μεταβολής ως μια σχέση μεταξύ των μεταβολών σε δύο ποσότητες.
- ECA 2: Ο ρυθμός μεταβολής ως μια σχέση μεταξύ των μεταβολών σε δύο ποσότητες, ο οποίος μπορεί να μεταβάλλεται.
- ECA 3: Ο ρυθμός μεταβολής ως μια αριθμητική σχέση μεταξύ των μεταβολών σε δύο ποσότητες, ο οποίος μπορεί να μεταβάλλεται.
- ECA 4: Ο ρυθμός μεταβολής ως μια αριθμητική σχέση μεταξύ των μεταβολών σε δύο ποσότητες, ο οποίος μπορεί να μεταβάλλεται και είναι εφαρμόσιμος σε οποιοδήποτε πλαίσιο.

Η κατηγοριοποίηση αυτή μπορεί να αποτελέσει την κατευθυντήρια γραμμή για τη διδασκαλία του ρυθμού μεταβολής σε μαθητές που δεν έχουν διδαχτεί μαθηματική ανάλυση. Οι συγγραφείς θεωρούν ότι ως αυτό το σημείο μπορούν να διδαχτούν μαθητές ως τη 10η εκπαιδευτική βαθμίδα.

Όπως αναφέρθηκε η έννοια του λόγου είναι βασική για την κατανόηση του μέσου ρυθμού μεταβολής, ιδιαίτερα όταν δεν αφορά σε αφηρημένους αριθμούς, αλλά σε συγκεκριμένες ποσότητες. Οι Lobato & Thanheiser (2002), μετά από πειραματική διδασκαλία με τη

βοήθεια λογισμικού, προτείνουν ένα πλαίσιο διδακτικής για την κατανόηση του λόγου ως μέτρηση με τις παρακάτω συνιστώσες:

- Απομόνωση των χαρακτηριστικών που πρέπει να μετρηθούν
- Καθορισμός των ποσοτήτων που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά και του τρόπου που γίνεται αυτό
- Κατανόηση των χαρακτηριστικών μιας μέτρησης
- Κατασκευή του λόγου

Αυτές οι συνιστώσες σε συνδυασμό με τα καίρια διδακτικά χαρακτηριστικά του ρυθμού μεταβολής που αναφέρθηκαν παραπάνω χρησιμοποιήθηκαν ως βάση για τη διαμόρφωση των δραστηριοτήτων στο ηλεκτρονικό εκπαιδευτικό υλικό που σχεδιάστηκε.

Εκπαιδευτικό λογισμικό

Οι τεχνολογίες πληροφορίας και επικοινωνιών (ΤΠΕ) έχουν ενταχθεί στην καθημερινότητα των μαθητών και επηρεάζουν την εκπαιδευτική διαδικασία, προσφέροντας νέες δυνατότητες αλλά και προκλήσεις για τους εκπαιδευτικούς. Κατά τη σχεδίαση εκπαιδευτικού λογισμικού είναι απαραίτητο να μελετάται και να λαμβάνεται υπόψη η έρευνα στην εκπαίδευση, ενώ το παιδαγωγικό πλαίσιο και το πρόγραμμα σπουδών θα πρέπει να επανεξετάζονται κατά τη χρήση ΤΠΕ (Karut & Thompson, 1994).

Οι περισσότερες έρευνες σχετικά με τη διδακτική αξιοποίηση των ΤΠΕ έχουν πραγματοποιηθεί σε επίπεδο δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, ενώ πρόσφατες έρευνες μελετούν τη χρήση λογισμικών, κυρίως δυναμικής γεωμετρίας, στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Sinclair & Moss, 2012).

Το εκπαιδευτικό λογισμικό που επιλέχθηκε για την ανάπτυξη των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων για τον ρυθμό μεταβολής είναι το GeoGebra. Το λογισμικό GeoGebra συνδυάζει την άλγεβρα, τη γεωμετρία αλλά και τον απειροστικό λογισμό (Hohenwarter, Hohenwarter, Kries, Lavicza, 2008). Είναι ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα το οποίο έχει σχεδιαστεί για διδακτική χρήση και χρησιμοποιείται ευρέως από καθηγητές και μελετητές μαθηματικών. Έχει χρησιμοποιηθεί για την αναπαράσταση εννοιών της μαθηματικής ανάλυσης, μεταξύ των οποίων η κλίση, η εφαπτομένη σε σημείο καμπύλης και η παράγωγος (Hohenwarter et al., 2008).

Επιλέχθηκε για τις συγκεκριμένες δραστηριότητες γιατί είναι εύκολο στη χρήση, είναι ανεξάρτητο λειτουργικού συστήματος, δίνει πολλές δυνατότητες αναπαράστασης και είναι δυνατή η εξαγωγή ιστοσελίδων με τις δραστηριότητες, έτσι ώστε να είναι προσβάσιμες από το Διαδίκτυο χωρίς εγκατάσταση λογισμικού στον υπολογιστή. Με τον τρόπο αυτό ο μαθητής μπορεί να ασχοληθεί με τις δραστηριότητες αυτές από οποιοδήποτε σημείο και όχι μόνο στο σχολείο, ενώ συγχρόνως δίνεται η δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να τις αλλάξει, έτσι ώστε να καλύψει τις ιδιαίτερες ανάγκες που προκύπτουν κατά τη διδασκαλία.

Πλαίσιο σχεδίασης και ανάπτυξης εκπαιδευτικού λογισμικού

Για την ανάπτυξη εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων είναι χρήσιμο να ακολουθούνται κάποιες αρχές ανάπτυξης εκπαιδευτικών παιχνιδιών. Παρόλο που υπάρχει εκτενής

βιβλιογραφία για την ανάπτυξη ηλεκτρονικών παιχνιδιών, λίγες αναφορές γίνονται στα εκπαιδευτικά παιχνίδια. Η κατασκευή-ανάπτυξη ενός παιχνιδιού, το οποίο θέλουμε να είναι διασκεδαστικό, αλλά συγχρόνως και εκπαιδευτικό απαιτεί

- την κατοχή συνδυασμού γνώσεων ανάπτυξης παιχνιδιών,
- την ακριβή οριοθέτηση των εννοιών που επιδιώκουμε να μεταδοθούν
- και την επιλογή μιας κατάλληλης παιδαγωγικής διαδικασίας (Aleven, Myers, Easterday & Ogan, 2010).

Οι Aleven et al. (2010) έχουν προτείνει ένα πλαίσιο για την ανάλυση και τη σχεδίαση ενός εκπαιδευτικού παιχνιδιού, το οποίο αποτελείται από τρία μέρη, αλλά και του συνδυασμού τους:

- Καθορισμός των μαθησιακών στόχων. Περιλαμβάνεται η πρότερη γνώση των μαθητών, τα αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα από το παιχνίδι, αλλά και ότι μπορεί να μάθουν οι παίχτες από το παιχνίδι χωρίς αυτό να ανήκει στους μαθησιακούς στόχους.
- Το πλαίσιο MDA (Mechanics, Dynamics, Aesthetics), όπου ο όρος Mechanics αναφέρεται στα βασικά στοιχεία του παιχνιδιού όπως υλικά, κανόνες, στόχους. Το Dynamics αφορά στις συμπεριφορές που προκύπτουν από τις ενέργειες του παίχτη και το Aesthetics στην υποκειμενική εμπειρία του κάθε παίχτη, όπως τα συναισθήματα που του προκαλούνται.
- Χρήση αρχών για διδακτική σχεδίαση βασισμένων σε έρευνες.

Έρευνες για την έννοια του ρυθμού μεταβολής με εκπαιδευτικό λογισμικό

Σε αρκετές έρευνες έχουν χρησιμοποιηθεί ΤΠΕ για την διερεύνηση του τρόπου που αντιλαμβάνονται οι μαθητές τον ρυθμό μεταβολής και θεωρείται ότι ο πειραματισμός με την έννοια της ταχύτητας βοηθάει τους μαθητές να κατανοήσουν τα μαθηματικά της χαρακτηριστικά (Herbert & Pierce, 2008). Στην έρευνα των Herbert et al. (2012) χρησιμοποιήθηκαν δύο παραδείγματα, ένα με ταχύτητα σε Java MicroWorlds και ένα με σκίαση εμβადού σε Geometer's Sketchpad, όπου το σκιασμένο εμβάδον είναι συνάρτηση του ύψους. Μελετήθηκε αν οι αναπαραστάσεις και το πλαίσιο του προβλήματος επηρεάζουν τις αντιλήψεις των μαθητών για τον ρυθμό μεταβολής. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε μαθητές της 10ης βαθμίδας εκπαίδευσης και τα δύο παραδείγματα είχαν γραφική, συμβολική και αριθμητική (πίνακας) αναπαράσταση. Το παράδειγμα με το σκιασμένο εμβάδον παρουσίασε μεγαλύτερες δυσκολίες για τους μαθητές σε όλες τις αναπαραστάσεις.

Μια άλλη έρευνα πραγματοποιήθηκε με συνεντεύξεις σε 9 μαθητές για να εξεταστεί αν μπορούν να εκφράσουν προβλήματα με λόγους (Lobato et al., 1999). Χρησιμοποιήθηκε ένα πρόβλημα ταχύτητας, ένα με την κλίση μιας ράμπας και ένα με τα διατροφικά χαρακτηριστικά, όπως πρωτεΐνες και λίπη, σε μπάρες δημητριακών. Οι μαθητές αντιμετώπισαν σημαντικές δυσκολίες στην αναγνώριση των χαρακτηριστικών που επιδρούσαν στο πρόβλημα και των ποσοτήτων που τα αφορούσαν.

Ο Thompson (1994a) χρησιμοποίησε ένα μικρόκοσμο σε υπολογιστή, στον οποίο παρουσιάζονταν στοιχεία της ταχύτητας, ως μεταφορά του ρυθμού μεταβολής. Στο

παράδειγμα υπήρχε μια χελώνα και ένας λαγός που τρέχουν. Στη χελώνα ο χρήστης μπορούσε να ορίσει τιμές σε δύο ταχύτητες, μία για μια διαδρομή και μια άλλη για την επιστροφή, ενώ στο λαγό μόνο σε μία. Στην ίδια έρευνα χρησιμοποίησε και ένα άλλο πρόβλημα με τον ρυθμό που γεμίζει μια πισίνα από δύο βρύσες. Υποστηρίζει ότι η εισαγωγή της έννοιας της ταχύτητας με τον τύπο 'απόσταση ανά χρόνο' δεν αντιστοιχεί στην εικόνα της ταχύτητας που έχουν οι μαθητές και αναστέλλει την ανάπτυξη της έννοιας της ταχύτητας ως λόγο δύο μεγεθών.

ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Εισαγωγή του μέσου ρυθμού μεταβολής με χρήση ΤΠΕ

Στην παρούσα πρόταση αναπτύχθηκαν δραστηριότητες για την άτυπη εισαγωγή της έννοιας του μέσου ρυθμού μεταβολής στις τελευταίες τάξεις του δημοτικού σχολείου με χρήση ΤΠΕ. Οι δραστηριότητες βασίστηκαν σε υπάρχουσες έρευνες, στις οποίες αποτυπώνονται οι δυσκολίες μαθητών κατά την ενασχόλησή τους με προβλήματα μέσου ρυθμού μεταβολής και αναφέρονται προτάσεις διδακτικής του.

Κύριος στόχος είναι να δημιουργηθεί μια διαισθητική εικόνα των μεταβολών ποσοτήτων και του ρυθμού μεταβολής τους. Απαραίτητο βήμα για την κατανόηση του ρυθμού μεταβολής θεωρείται η κατασκευή του λόγου μεγεθών ως μέτρο για τη μέτρηση μιας ποσότητας. Μέσα από τις δραστηριότητες που προτείνονται γίνεται μια προσπάθεια απόδοσης νοήματος για τους μαθητές στο λόγο δύο μεγεθών και σύνδεσής του με τις μεταβολές στα μεγέθη.

Οι προτεινόμενες δραστηριότητες αποτελούν μια διδακτική παρέμβαση που σχεδιάζεται να εφαρμοστεί πιλοτικά. Ως αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας θα ληφθούν δεδομένα σχετικά με την αντίληψη του λόγου δύο μεγεθών ως μέσο ρυθμό μεταβολής από μαθητές του δημοτικού και θα μελετηθεί η συνεισφορά των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Διδακτικοί στόχοι

Καθώς οι δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν απευθύνονται σε παιδιά των τελευταίων τάξεων του δημοτικού σχολείου, δεν αναφέρονται τυπικοί ορισμοί των εννοιών. Οι έννοιες του λόγου και της αναλογίας χρησιμοποιούνται με πρακτικό τρόπο και για το λόγο αυτό είναι προτιμότερο να έχουν διδαχτεί. Η διδασκαλία τους περιλαμβάνεται στην ύλη της ΣΤ' δημοτικού και συγκεκριμένα στο κεφάλαιο 32 του βιβλίου των μαθηματικών. Παρόλα αυτά, ήδη από τη Β' δημοτικού οι μαθητές λύνουν προβλήματα όπου ζητείται αναγωγή στη μονάδα, χωρίς να κατονομάζεται και αναμένεται να μπορούν να ασχοληθούν με τις δραστηριότητες υπό την κατάλληλη καθοδήγηση του εκπαιδευτικού.

Ο κύριος διδακτικός στόχος των δραστηριοτήτων είναι η κατασκευή του λόγου μεγεθών για τη μέτρηση ενός χαρακτηριστικού, μέσω πειραματισμού με τα μεγέθη και η εξοικείωση με την έννοια του λόγου σε διάφορα πλαίσια ως εισαγωγή στην έννοια του μέσου ρυθμού μεταβολής, σταθερού ή μεταβλητού. Πιο συγκεκριμένα ο μαθητής μετά από ενασχόληση με τις δραστηριότητες που περιγράφονται και υπό την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού αναμένεται να μπορεί να:

- κατασκευάζει τον λόγο που εκφράζει τον μέσο ρυθμό μεταβολής μιας ποσότητας σε σχέση με μια άλλη,
- υπολογίζει τον μέσο, σταθερό ρυθμό μεταβολής μιας ποσότητας σε σχέση με μια άλλη,
- αναγνωρίζει πως επιδρούν οι εμπλεκόμενες ποσότητες στην τιμή του μέσου, σταθερού ρυθμού μεταβολής,
- μεταβάλλει τις εμπλεκόμενες ποσότητες για να πετύχει έναν καθορισμένο μέσο, σταθερό ρυθμό μεταβολής,
- αναγνωρίζει τον μέσο ρυθμό μεταβολής όταν δεν παραμένει σταθερός,
- συνδέει τις αλλαγές σε μεταβλητές και στον ρυθμό μεταβολής τους με το αντίστοιχο γράφημα.

Περιγραφή δραστηριοτήτων

Οι δραστηριότητες και τα ερωτήματα που αναπτύχθηκαν στηρίχτηκαν στα διδακτικά σημαντικά χαρακτηριστικά του ρυθμού μεταβολής (Herbert et al., 2012) σε συνδυασμό με τις συνιστώσες για την κατανόηση του λόγου ως μέτρηση (Lobato et al., 2002). Σύμφωνα με αυτά, τίθενται αρχικά ερωτήσεις με σκοπό να γίνει κατανοητή η σχέση μεταξύ των ποσοτήτων και του ρυθμού μεταβολής (ECA 1) και σε αυτό το πλαίσιο χρησιμοποιούνται οι συνιστώσες για την κατασκευή του λόγου. Υπάρχει ακόμα δραστηριότητα με μεταβαλλόμενους ρυθμούς μεταβολής, χωρίς όμως να αναλύονται οι λεπτομέρειες των σχέσεων, έτσι ώστε να γίνει κατανοητό ότι ο ρυθμός μεταβολής δεν είναι πάντα σταθερός (ECA 2). Σταδιακά, παρουσιάζονται πιο συγκεκριμένες και αριθμητικές ερωτήσεις που αντιστοιχούν στην κατασκευή και το χειρισμό του λόγου με αριθμητικά δεδομένα (ECA 3). Τέλος, χρησιμοποιείται ένα δεύτερο πλαίσιο με σκοπό την επέκταση της έννοιας του ρυθμού μεταβολής (ECA 4).

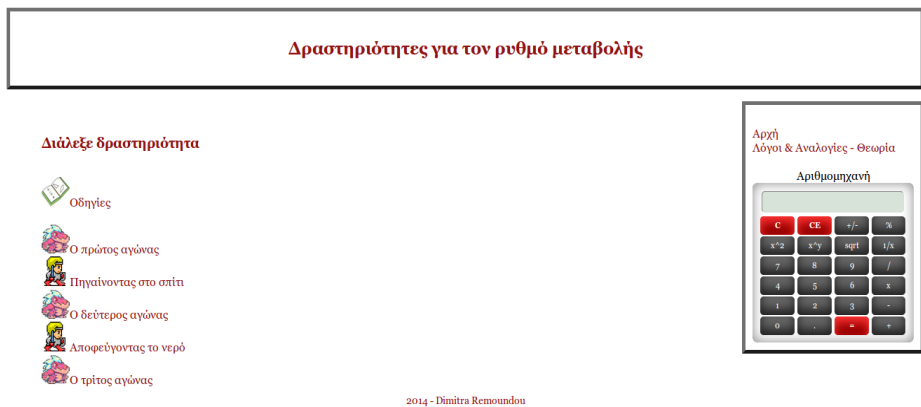
Επιλέχτηκε να μη χρησιμοποιηθεί ο όρος ταχύτητα, αλλά ο ρυθμός μεταβολής του διαστήματος ανά χρόνο, έτσι ώστε να δίνεται έμφαση στη σύνδεση της έννοιας με δύο ποσότητες που συμμεταβάλλονται και όχι με μία ανεξάρτητη οντότητα. Ακόμα δεν αναγράφονται συγκεκριμένες μονάδες μέτρησης των ποσοτήτων για να μην αποσπούν ή κατευθύνουν τις απαντήσεις.

Για την επίτευξη των διδακτικών στόχων έχουν σχεδιαστεί στο λογισμικό GeoGebra πέντε δραστηριότητες, στις οποίες παρουσιάζονται διαφορετικές όψεις ρυθμών μεταβολής. Οι δραστηριότητες έχουν μεταφορτωθεί στο GeoGebraTube από όπου είναι διαθέσιμες. Επιπλέον, έχουν εισαχθεί σε ιστοσελίδες όπου αναγράφονται και τα ερωτήματα που καλείται να διερευνήσει ο μαθητής. Οι ιστοσελίδες με τις ερωτήσεις και τις δραστηριότητες είναι προσωρινά διαθέσιμες στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://roc.anchor.gr>, από όπου μπορούν να εκτελεστούν με σύνδεση στο Διαδίκτυο.

Στην αρχική οθόνη (Εικόνα 1), από την οποία μπορεί να ξεκινήσει ο μαθητής τις δραστηριότητες, υπάρχει σύνδεσμος με γενικές οδηγίες και κάποια στοιχεία για το ρυθμό μεταβολής. Επιλέχτηκε να υπάρχει μία αριθμομηχανή στην ιστοσελίδα, έτσι ώστε να μπορεί ο μαθητής να κάνει τις πράξεις όπου χρειάζεται. Επιπλέον, υπάρχει ένας

εξωτερικός σύνδεσμος προς το κεφάλαιο του βιβλίου μαθηματικών της ΣΤ' τάξης που αναφέρεται στους λόγους και στις αναλογίες.

Εικόνα 1: Αρχική οθόνη δραστηριοτήτων



Σε κάθε δραστηριότητα (Πίνακας 1) ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να πειραματιστεί δίνοντας τιμές στις μεταβλητές, ξεκινώντας και παρατηρώντας την κίνηση. Ακόμα μπορεί να σταματήσει την κίνηση σε κάποια χρονική στιγμή και να την συνεχίσει μετά. Από κάθε δραστηριότητα υπάρχει σύνδεσμος προς την επόμενη.

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός πίνακας δραστηριοτήτων

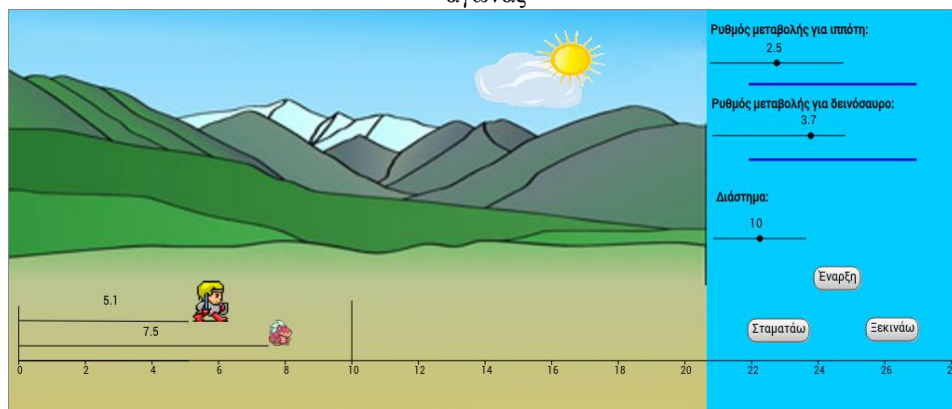
Δραστηριότητα	Στόχος	Μεταβλητές
Ο πρώτος αγώνας	Εξοικείωση με τον χειρισμό του παιχνιδιού Απομόνωση του χαρακτηριστικού προς μέτρηση (ταχύτητα)	Ρυθμός μεταβολής διαστήματος ανά χρόνο για τον ιππότη Ρυθμός μεταβολής διαστήματος ανά χρόνο για τον δεινόσαυρο Διάστημα κίνησης
Πηγαίνοντας στο σπίτι	Κατανόηση του χαρακτηριστικού προς μέτρηση (ταχύτητα) Σύνδεση με το γράφημα ύψους ανά χρόνο	Ρυθμός μεταβολής του ύψους ανά χρόνο
Ο δεύτερος αγώνας	Καθορισμός των ποσοτήτων που επηρεάζουν το χαρακτηριστικό Κατανόηση του τρόπου που οι αλλαγές στις ποσότητες επηρεάζουν	Διάστημα που θα κινηθεί ο ιππότης Χρονικό διάστημα που θα κινηθεί ο ιππότης

	το χαρακτηριστικό Κατασκευή του λόγου διαστήματος ανά χρόνο	Διάστημα που θα κινηθεί ο δεινόσαυρος Χρονικό διάστημα που θα κινηθεί ο δεινόσαυρος
Αποφεύγοντας το νερό	Εφαρμογή κατασκευής του λόγου Αντιστοίχιση των ποσοτήτων με το αντίστοιχο γράφημα	Ύψος κίνησης Χρονικό διάστημα κίνησης
Ο τρίτος αγώνας	Αρχικός προβληματισμός σχετικά με το ότι ο ρυθμός μεταβολής μπορεί να μην είναι σταθερός για όλη την κίνηση	Ρυθμός μεταβολής διαστήματος ανά χρόνο για τον ιππότη για διάστημα από 0 ως 5 Ρυθμός μεταβολής διαστήματος ανά χρόνο για τον ιππότη για διάστημα από 5 ως το τέλος του διαστήματος κίνησης Ρυθμός μεταβολής διαστήματος ανά χρόνο για τον δεινόσαυρο για όλο το διάστημα κίνησης Διάστημα κίνησης

Απομόνωση των χαρακτηριστικών που πρέπει να μετρηθούν

Στην πρώτη δραστηριότητα (Εικόνα 2) το πλαίσιο είναι ένας αγώνας ταχύτητας, όπου οι μαθητές πειραματίζονται με την αλλαγή της ταχύτητας σε δύο αντικείμενα που διανύουν μια συγκεκριμένη απόσταση. Επιλέχτηκαν δύο αντικείμενα διαφορετικού μεγέθους για να εξαλειφθεί η εντύπωση ότι η ταχύτητα εξαρτάται από το μέγεθος του αντικειμένου.

Εικόνα 2: Απομόνωση των χαρακτηριστικών που πρέπει να μετρηθούν – Ο πρώτος αγώνας



Οι ερωτήσεις (Εικόνα 3), που παρουσιάζονται στην ίδια ιστοσελίδα με τη δραστηριότητα, έχουν σκοπό να βοηθήσουν τον μαθητή αφενός να εξοικειωθεί με τον χειρισμό του λογισμικού και αφετέρου να κατανοήσει πιο είναι το χαρακτηριστικό που θα μετρηθεί. Για το λόγο αυτό τονίζεται το “πιο γρήγορα”, “πιο αργά”, “φτάνει πρώτος”. Εκτός από τις ταχύτητες των δύο συμμετεχόντων που μπορεί να μεταβάλλει ο χρήστης, μπορεί να ορίσει και το διάστημα που θα διανύσουν.

Εικόνα 3: Απομόνωση των χαρακτηριστικών που πρέπει να μετρηθούν - Ερωτήσεις στον πρώτο αγώνα

Ο ιππότης και ο δεινόσαυρος κάνουν αγώνα δρόμου

1. Με τις ρυθμίσεις που έχει το λογισμικό όταν ξεκινάει, ποιος πηγαίνει πιο γρήγορα;

Διάλεξε ποιος παίχτης θα φτάσει πρώτος και δοκίμασε το πατώντας Έναξη.

2. Όρισε τον μέσο ρυθμό μεταβολής του διαστήματος ανά χρόνο για τον ιππότη και τον δεινόσαυρο για να πετύχεις τους στόχους:

Στόχος 1: Ο ιππότης και ο δεινόσαυρος φτάνουν μαζί στο τέρμα.

Στόχος 2: Ο ιππότης φτάνει πρώτος στο τέρμα.

Στόχος 3: Ο δεινόσαυρος προχωράει πιο γρήγορα.

Η δραστηριότητα “Πηγαίνοντας στο σπίτι” (Εικόνα 4) προτείνεται να είναι η επόμενη, καθώς επεκτείνει την αντίληψη του χαρακτηριστικού που πρόκειται να μετρηθεί. Σε αυτή την περίπτωση ο χρήστης μπορεί να μεταβάλλει το “ύψος ανά χρονικό διάστημα” που θα ανέβει η μπάρα έτσι ώστε ο δεινόσαυρος να φτάσει σε ύψος 20 που είναι ο δρόμος και να πάει στο σπίτι του, σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα 5. Στο δεξί μέρος της οθόνης παρουσιάζεται το γράφημα ύψους ανά χρόνο και μπορεί να γίνει μια πρώτη σύνδεση των αλλαγών στην τιμή του ρυθμού μεταβολής με τη γραφική του αναπαράσταση.

Εικόνα 4: Επέκταση του χαρακτηριστικού προς μέτρηση – Πηγαίνοντας στο σπίτι

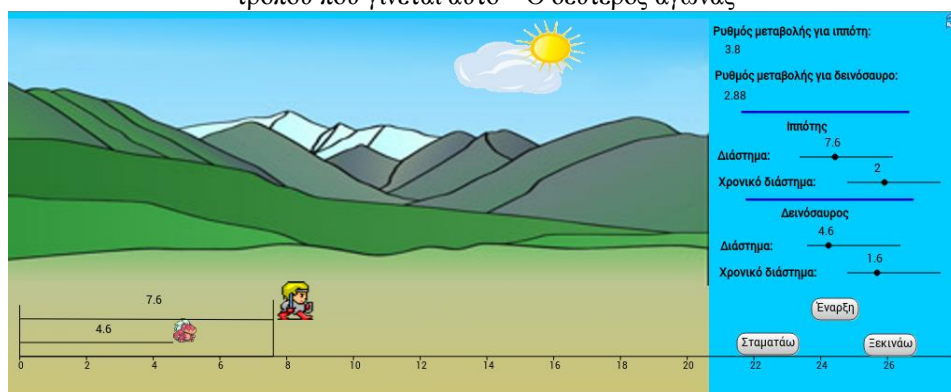
Καθορισμός των ποσοτήτων που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά και του τρόπου που γίνεται αυτό

Μια λανθασμένη αντίληψη που επικρατεί σε σχέση με την ταχύτητα είναι ότι μπορεί να μετρηθεί μόνο με το χρόνο (Lobato et al., 2002). Σκοπός των ερωτήσεων της δραστηριότητας του δεύτερου αγώνα (Εικόνα 5) είναι να αποσαφηνιστεί ο τρόπος που επηρεάζει η αλλαγή στο χρόνο και στο διάστημα το πόσο γρήγορα κινούνται τα αντικείμενα. Γίνεται μια προσπάθεια να αντιληφθεί ο μαθητής ότι ο ρυθμός που παρατηρούσε στην προηγούμενη δραστηριότητα επηρεάζεται από κάποια άλλα μετρήσιμα χαρακτηριστικά.

Για το σκοπό αυτό στη συγκεκριμένη οθόνη το πλαίσιο παραμένει το ίδιο, ένας αγώνας μεταξύ του δεινοσαύρου και του ιππότη, αλλά αντί για την αλλαγή του ρυθμού μεταβολής του διαστήματος ανά χρονικό διάστημα για τους δύο συμμετέχοντες ο μαθητής μπορεί να αλλάξει το διάστημα και το χρόνο που θα κινηθεί ο καθένας. Οι τιμές αυτές αφορούν σε όλη την κίνηση η οποία πραγματοποιείται με σταθερό ρυθμό μεταβολής.

Στην αρχή ζητείται να οριστεί το διάστημα και το χρονικό διάστημα για τον ιππότη σε συγκεκριμένες τιμές και μεταβάλλοντας τις αντίστοιχες τιμές του δεινοσαύρου να προχωράει “το ίδιο γρήγορα”, “πιο αργά” ή “πιο γρήγορα”. Σε αυτό το στάδιο δεν είναι στόχος να γίνει κατανοητός τόσο ο ακριβής τρόπος που επηρεάζει η κάθε αλλαγή τον ρυθμό μεταβολής, όσο ότι αλλάζοντας αυτές τις ποσότητες αλλάζει και ο ρυθμός μεταβολής.

Εικόνα 5: Καθορισμός των ποσοτήτων που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά και του τρόπου που γίνεται αυτό – Ο δεύτερος αγώνας



Κατανόηση των χαρακτηριστικών μιας μέτρησης

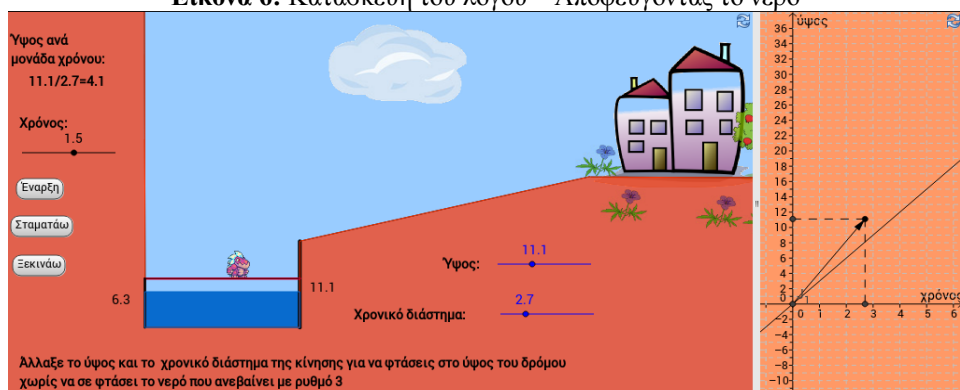
Στη συνέχεια στην ίδια οθόνη (Εικόνα 5) γίνονται συμπληρωματικές ερωτήσεις, όπως πως μπορεί να μετρηθεί το πόσο γρήγορα προχωράει ο δεινόσαυρος και ποιος πάει πιο γρήγορα μεταβάλλοντας το χρονικό διάστημα και διατηρώντας σταθερό το διάστημα και ομοίως αν μεταβληθεί το διάστημα ενώ το χρονικό διάστημα μένει σταθερό. Ο μαθητής καλείται να σκεφτεί πώς αλλάζει “το πόσο γρήγορα” προχωράει ο ήρωας αν αλλάξει το διάστημα ή το χρόνο της κίνησής του.

Κατασκευή του λόγου

Στο σημείο αυτό, καθώς έχει φανεί ποιες ποσότητες είναι ανάλογες και ποιες αντιστρόφως ανάλογες, μπορούν να γίνουν ερωτήσεις που να οδηγούν στην κατασκευή του λόγου διαστήματος προς χρόνο για τη μέτρηση της ταχύτητας. Σε αυτήν την περίπτωση δίνονται συγκεκριμένες αριθμητικές τιμές για το διάστημα και το χρονικό διάστημα που προχωράει ο ένας από τους δύο συμμετέχοντες και το διάστημα ή το χρόνο που προχωράει ο άλλος και αναζητείται ο τρόπος που θα επιτευχθεί ο ίδιος ρυθμός αλλάζοντας την άλλη ποσότητα, χρονικό διάστημα ή διάστημα αντίστοιχα. Αναζητούνται ακόμα διαφορετικά ζευγάρια τιμών χρόνου και διαστήματος, έτσι ώστε να φτάνουν μαζί στο τέρμα οι δύο συμμετέχοντες.

Εφόσον έχει κατασκευαστεί ο λόγος και για την καλύτερη κατανόησή του, προτείνεται η δραστηριότητα “Αποφεύγοντας το νερό” (Εικόνα 6). Στο παράδειγμα αυτό, το νερό ανεβαίνει με συγκεκριμένο ρυθμό που δίνεται και ο μαθητής θα πρέπει να αλλάξει το ύψος και το χρονικό διάστημα της κίνησης, έτσι ώστε να μη φτάσει το νερό τον δεινόσαυρο. Και σε αυτή την περίπτωση υπάρχει το γράφημα χρόνου-ύψους που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια αρχική σύνδεση του ρυθμού με τη γωνία που σχηματίζει ο άξονας των x με την ευθεία που ενώνει τα σημεία 0 και y/x , όπου y το ύψος που ανεβαίνει η μπάρα και x ο χρόνος της κίνησης.

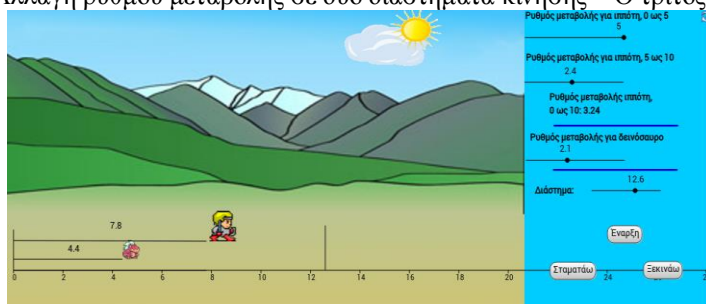
Εικόνα 6: Κατασκευή του λόγου – Αποφεύγοντας το νερό



Διαφορετικός μέσος ρυθμός μεταβολής σε διαστήματα

Τέλος, η δραστηριότητα του τρίτου αγώνα (Εικόνα 7) αφορά σε κίνηση στην οποία ο ρυθμός μεταβολής αλλάζει. Ο μικρόκοσμος αυτός έχει σχεδιαστεί με τρόπο παρόμοιο με αυτόν που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα του Thompson (1994a) με σκοπό να χρησιμοποιηθεί ως μεταφορά της έννοιας της ταχύτητας.

Εικόνα 7: Αλλαγή ρυθμού μεταβολής σε δύο διαστήματα κίνησης – Ο τρίτος αγώνας



Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει πάλι το πλαίσιο του αγώνα του ιππότη με τον δεινόσαυρο αλλά σε αυτή την περίπτωση για τον ιππότη μπορεί να οριστεί ένας ρυθμός μεταβολής για την κίνηση του στο διάστημα 0 ως 5 και ένας άλλος για το διάστημα 5 ως το τέλος της κίνησης. Μπορεί ακόμα να οριστεί το διάστημα που θα κινηθούν οι δύο αγωνιζόμενοι.

Από τους μαθητές ζητείται να ορίσουν τον ρυθμό μεταβολής για τον δεινόσαυρο για να πετύχουν την ίδια ταχύτητα με τον ιππότη που έχει διαφορετική ταχύτητα στα δύο διαστήματα. Τα δύο διαστήματα μπορούν να είναι ίσα αν το συνολικό διάστημα της κίνησης οριστεί να είναι 10 ή διαφορετικά αν οριστεί μεγαλύτερο ή μικρότερο. Η μέση ταχύτητα του ιππότη για κάθε περίπτωση υπολογίζεται και παρουσιάζεται και μπορούν να γίνουν παρατηρήσεις του πως αλλάζει, χωρίς να είναι απαραίτητο να γίνουν πράξεις.

ΣΥΝΟΨΗ-ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ

Ο Orton (1983) υποστηρίζει ότι τα θεμέλια του λογισμού θα πρέπει να επαναπροσδιορίζονται σε διάφορες φάσεις της μαθηματικής εκπαίδευσης των μαθητών. Μια πρώτη προσέγγιση μπορεί να είναι άτυπη και βασισμένη σε αριθμητικές και γραφικές παρατηρήσεις με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή ακόμα και πριν την ηλικία των 16. Στη συνέχεια οι μαθητές που θα συνεχίσουν με τη μελέτη μαθηματικών μπορούν να ξαναδούν τα αποτελέσματα που είχαν εξάγει με πιο αφηρημένο τρόπο.

Σύμφωνα με αυτή τη θεώρηση, το υλικό και οι δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν, αποτελούν μια πρώτη προσέγγιση για την εισαγωγή της έννοιας του ρυθμού μεταβολής με διαισθητικό και αναπαραστασιακό τρόπο. Το υλικό αυτό θα μπορεί να αποτελέσει τη βάση για μια σειρά δραστηριοτήτων σε αυτό το πλαίσιο. Θα πρέπει όμως αρχικά να αξιολογηθεί θεωρητικά ως προς την εκπαιδευτική του καταλληλότητα αλλά και στην πράξη με χρήση του σε διδασκαλία. Στη συνέχεια θα πρέπει να υλοποιηθούν οι αλλαγές και βελτιώσεις που θα προκύψουν.

Όσον αφορά στο υλικό μπορεί να εμπλουτιστεί με επιπλέον παραδείγματα σε διαφορετικά πλαίσια. Ενδεικτικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν συμπληρωματικές δραστηριότητες με παραδείγματα, όπως το γέμισμα ή άδειασμα δοχείων διαφορετικών σχημάτων, η επιτάχυνση, αλλά και πιο αφαιρετικά. Επιπλέον, μια σημαντική επέκταση του υλικού θα καλύπτει σε μεγαλύτερο βάθος μεταβλητούς ρυθμούς μεταβολής. Μπορεί ακόμα να προστεθεί αριθμητική αναπαράσταση με μορφή πίνακα τιμών για να διερευνηθεί κατά πόσο βοηθάει στην αντίληψη του ρυθμού μεταβολής και κυρίως στο στάδιο της κατασκευής του λόγου.

Το GeoGebra που χρησιμοποιήθηκε για τις δραστηριότητες ανταποκρίθηκε στις απαιτήσεις της σχεδίασης των δραστηριοτήτων. Το μόνο μειονέκτημα του που περιόρισε κάπως την ανάπτυξη των δραστηριοτήτων ήταν ο περιορισμένος χειρισμός του χρόνου. Συγκεκριμένα, το λογισμικό μπορεί να διαχειριστεί κινήσεις αντικειμένων με τα slider στα οποία και ορίζεται ταχύτητα της κίνησης. Η ταχύτητα όμως αυτή εξαρτάται από την μέγιστη τιμή που θα φτάσει το αντικείμενο, και για να χρησιμοποιηθούν πολλά αντικείμενα που κινούνται θα πρέπει να γίνουν υπολογισμοί της ταχύτητας που θα έχει το καθένα. Επιπλέον, όταν υπάρχουν σε ένα έργο αρκετά slider παρατηρούνται κάποια προβλήματα στις κινήσεις, που έχουν σχέση με τον χρόνο στον οποίο ξεκινάει κάθε κίνηση και τον χρόνο που κάνει να εκτελεστεί μια εντολή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aleven, V., Myers, E., Easterday, M. W., & Ogan, A. (2010). Toward a framework for the analysis and design of educational games. In G. Biswas, D. Carr, Y. S. Chee, & W. Y. Hwang (Eds.). Proceedings of the 3rd IEEE international conference on digital game and intelligent toy enhanced learning, (pp. 69-76). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society.
- Avgerinos, E. & Skoufi, A. (2012). Modelling motion for intuitive didactic approach of concepts: rate of change, derivative and definite integral, in E. Avgerinos and A.

- Gagatsis (Eds.). *Research on Mathematical Education and Mathematics Applications*, (pp. 208-227). Rhodes, Greece: Mathematics Education and Multimedia Laboratory Department of Education, University of the Aegean.
- Carlson, M., Jacobs, S., Coe, E., Larsen, S., Hsu, E. (2002). Applying covariational reasoning while modeling dynamic events: A framework and a study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 33(5), 352–378.
- Coe, E. (2007). *Modeling teachers' thinking about rate of change*. Ph.D. dissertation, Department of Mathematics and Statistics. Arizona State University.
- Confrey, J. & Smith, E. (1994). Exponential functions, rates of change, and the multiplicative unit. *Educational Studies in Mathematics*, 26, 135-164.
- Confrey, J. & Smith, E. (1995). Splitting, covariation, and their role in the development of exponential functions. *Educational Studies in Mathematics*, 26, 66-86.
- Cottrill, J., Dubinsky, E., Nichols, D., Schwingendorf, K., Thomas, K., & Vidakovic, D. (1996). Understanding the limit concept: Beginning with a coordinated process scheme. *Journal of Mathematical Behavior*, 15, 167-192.
- Herbert, S. & Pierce, R. (2008). An "Emergent Model" for Rate of Change. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*. 13(3), 231-249.
- Herbert, S. & Pierce, R. (2011). What is rate? Does context or representation matter?. *Mathematics Education Research Journal*, 23(4), 455-477.
- Herbert, S. & Pierce, R. (2012). Revealing Educationally Critical Aspects of Rate. *Educational Studies in Mathematics*, 81(1), 85-101.
- Hohenwarter, M, Hohenwarter, J, Kries, Y., Lavicza, Z. (2008). Teaching and Learning Calculus with Free Dynamic Mathematics Software GeoGebra. *Proceeding of International Conference in Mathematics Education 2008*. Monterrey, Mexico.
- Kaput, J., Thompson, P. (1994). Technology in Mathematics Education Research: The First 25 Years in the JRME. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(6), 676-684.
- Kaput, J., & Schorr, R. (2002). Changing representational infrastructures changes most everything: The case of SimCalc, algebra & calculus. In K. Heid & G. Blume (Eds.), *Research on the impact of technology on the teaching and learning of mathematics* (pp. 47–75). Mahwah: Erlbaum.
- Moore, K. C., Paoletti, T., & Musgrave, S. (2013). Covariational reasoning and invariance among coordinate systems. *The Journal of Mathematical Behavior*, 32(3), 461–473.
- Lobato, J. & Thanheiser, E. (1999). Re-thinking slope from quantitative and phenomenological perspectives. *Proceedings of the Twenty-first Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 1, 291-297.
- Lobato, J., & Thanheiser, E. (2002). Developing understanding of ratio-as-measure as a foundation for slope. In B. H. Litwiller (Ed.), *Making sense of fractions, ratios, and proportions* (pp. 162–175). Reston, VA: NCTM.
- Oehrtman, M., Carlson, M., & Thompson, P. W. (2008). Foundational reasoning abilities that promote coherence in students' function understanding. In M. P. Carlson, & C.

- Rasmussen (Eds.), *Making the Connection: Research and Teaching in Undergraduate Mathematics Education* (pp. 27–42). Washington, DC: Mathematical Association of America.
- Orton, A. (1983). Students' understanding of differentiation. *Educational Studies in Mathematics*, 14(3), 235-250.
- Orton, A. (1984). Understanding rate of change. *Mathematics in School*, 13(5), 23-26.
- Sinclair, N., & Moss, J. (2012). The More It Changes, the More It becomes the Same: The Development of the Routine of Shape Identification in Dynamic Geometry Environment. *International Journal of Educational Research*, 51-52(3), 28–44.
- Tall, D., McGowen, M., DeMarois, P. (2000). The Function Machine as a Cognitive Root for building a rich concept image of the Function Concept. *Proceedings of PME-NA*, 1, 247-254.
- Thompson, P. (1994a). The development of the concept of speed and its relationship to concepts of rate. In G. Harel & J. Confrey (Eds.), *The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics* (pp. 179-234), Albany, NY: SUNY Press.
- Thompson, P. (1994b). Images of rate and operational understanding of the fundamental theorem of calculus. *Educational Studies in Mathematics*, 26, 229-274.
- Tyne, J. (2014). Slope and Derivative: Calculus Students' understanding of rates of change. *Proceedings of the 17th Annual Conference on Research in Undergraduate Mathematics Education*.
- Ubuz, B. (2007). Interpreting a graph and constructing its derivative graph: Stability and change in students' conceptions. *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, 38(5), 609–637.
- Weber, E., & Dorko, A. (2014). Students' and experts' schemes for rate of change and its representations. *Journal of Mathematical Behavior*, 34, 14-32.
- Zandieh, M. (2000). A theoretical framework for analyzing student understanding of the concept of derivative.

Εκπαιδευτικό Υλικό Για Τις Νανοεπιστήμες

Δημήτρης Ταρνανίδης ¹, Κλαίρη Αχιλλέως ², Σταύρος Παπαδόπουλος ³, Στυλιανός Φριλιγκός ⁴, Χαρίτων Πολάτογλου ⁵

¹Προπτυχιακός φοιτητής Τμήματος Φυσικής ΑΠΘ,
dtarnani@physics.auth.gr

²Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης,
cachilleosa@gmail.com

³Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης,
stpapado@sch.gr

⁴Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης
sfriligkos@sch.gr

⁵Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Φυσικής ΑΠΘ
hariton@physics.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια γίνονται διεθνώς πολλές συζητήσεις για την ένταξη των εργαλείων web 2.0 στην εκπαιδευτική διαδικασία. Ανάμεσα στα διάφορα εργαλεία web 2.0 σημαντική θέση κατέχουν οι ιστοσελίδες wiki. Πρόκειται για ιστοσελίδες που επιτρέπουν στους επισκέπτες τους να τροποποιήσουν το ήδη υπάρχον περιεχόμενο ή ακόμα και να προσθέσουν νέο περιεχόμενο εύκολα και γρήγορα. Με τον τρόπο αυτό, διευκολύνεται η συνεργασία των μελών μιας ομάδας.

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που παρατηρήσαμε από τη χρήση ενός εργαλείου wiki στο μάθημα της Ερευνητικής Εργασίας (Project) στην Α' Λυκείου του 1^{ου} Πρότυπου Πειραματικού Λυκείου Θεσσαλονίκης «Μανόλης Ανδρόνικος» κατά το σχολικό έτος 2013-2014. Αντικείμενο της ερευνητικής εργασίας ήταν η γνωριμία των μαθητών με τον ραγδαία αναπτυσσόμενο κλάδο των νανοεπιστημών και της νανοτεχνολογίας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: νανοτεχνολογία & νανοεπιστήμες , ερευνητική εργασία (project), ιστοσελίδες wiki

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο όρος STEM (ένα ακρωνύμιο των λέξεων Science, Technology, Engineering and Mathematics) χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 2001 από τον Judith A. Ramaley διευθυντή του Ιδρύματος Φυσικών Επιστημών των ΗΠΑ (National Science Foundation, NSF) για να περιγράψει μία νέα πολιτική στην Εκπαίδευση που στοχεύει σε μια

διαθεματική προσέγγιση των φυσικών επιστημών, της τεχνολογίας, της επιστήμης των μηχανικών και των μαθηματικών, αξιοποιώντας μαθητοκεντρικές μεθόδους διδασκαλίας (Ψυχάρης, 2011). Παρότι, σε πρώτη ανάγνωση, η διεπιστημονική προσέγγιση που προτείνεται με τον όρο STEM δεν φαίνεται να αποτελεί κάτι το νέο στον χάρτη της Εκπαίδευσης, τα προγράμματα σπουδών που διαπνέονται από την φιλοσοφία του STEM δίνουν έμφαση σε μια σειρά θεμάτων τα οποία φαίνονται σήμερα να είναι ιδιαίτερα επίκαιρα και στο ελληνικό σχολείο. Πιο συγκεκριμένα, ανάμεσα στις βασικές επιδιώξεις αυτών των προγραμμάτων σπουδών ανήκουν μεταξύ άλλων (Hanover Research, 2011): η σύνδεση της εκπαίδευσης με την αγορά εργασίας, παρέχοντας βασικές γνώσεις και συμβάλλοντας στην ανάπτυξη δεξιοτήτων του εργατικού δυναμικού που θα στελεχώσει στο άμεσο μέλλον αντιστοιχικές θέσεις εργασίας, ο επιστημονικός και τεχνολογικός εγγραμματοσμός των ανωριών πολιτών και καταναλωτών και η ενθάρρυνση κοινωνικών ομάδων που εκπροσωπούνται μειοψηφικά στους σχετικούς επαγγελματικούς τομείς.

Η ναυοτεχνολογία και οι ναυοεπιστήμες αποτελούν ένα παράδειγμα διδακτικού αντικείμενου που μπορεί να συγκεντρώσει, ενσωματώσει και αξιοποιήσει αρκετά στοιχεία της φιλοσοφίας του STEM (Hingant, & Albe, 2010). Η ένταξη βασικών εννοιών ναυοτεχνολογίας και ναυοεπιστημών στα πλαίσια της τυπικής αλλά και της μη-τυπικής εκπαίδευσης αποτελεί αντικείμενο ερευνών σε Ευρώπη και Αμερική.

Αναγνωρίζοντας τη σημασία της ευαισθητοποίησης της κοινής γνώμης γύρω από τις ναυοεπιστήμες, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει πάρει μια σειρά πρωτοβουλιών, ανάμεσα στις οποίες ανήκει και το πρόγραμμα NANOPINION. Το πρόγραμμα NANOPINION, που ξεκίνησε το 2012, επιχειρεί να εμπλέξει τους πολίτες σε έναν ουσιαστικό διάλογο σχετικά με τη ναυοτεχνολογία και τις εφαρμογές της στη σύγχρονη κοινωνία, παρέχοντας ενημέρωση και προβληματισμό για πιθανούς κινδύνους καθώς και για ηθικά, νομικά και κοινωνικά ζητήματα που ίσως προκύψουν. Επιπλέον, γίνεται προσπάθεια καταγραφής των απόψεων και των στάσεων της κοινής γνώμης μέσω συμπλήρωσης ερωτηματολογίων. Το NANOPINION δεν στοχεύει απλά στην ανάπτυξη νέου υλικού, αλλά στην αξιοποίηση, οργάνωση και αξιολόγηση του εκπαιδευτικού υλικού που έχει ήδη δημιουργηθεί από προηγούμενα προγράμματα με παρόμοιο περιεχόμενο (Marschalek, 2012). Σημείο σταθμός της όλης προσπάθειας αποτελεί η δημιουργία ενός ενεργού δικτύου φορέων ανά την Ευρώπη ικανό να σχεδιάσει και να υλοποιήσει σχετικές δραστηριότητες. Προκειμένου η εκστρατεία να γίνει όσο το δυνατόν περισσότερο αποτελεσματική (Marschalek, 2012) γίνεται χρήση πολλών και διαφορετικών καναλιών επικοινωνίας (σελίδες στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης για επικοινωνία με το ευρύ κοινό, πλατφόρμα τηλεκπαίδευσης Moodle για επιμόρφωση των καθηγητών και παροχή επικοινωνίας με τους καθηγητές σχολείων που συμμετέχουν στο πρόγραμμα, ραδιοφωνική εκπομπή κ.ά.). Στην κεντρική πλατφόρμα του προγράμματος, η οποία βρίσκεται στην ιστοσελίδα www.nanopinion.eu, έχει συγκεντρωθεί πλούσιο οπτικοαστικό υλικό.

Το 1^ο Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο Θεσσαλονίκης «Μανόλης Ανδρόνικος», κατέχει τη θέση του Εθνικού Φορέα-Συντονιστή για το πρόγραμμα από το 2013. Μέχρι σήμερα, έχει οργανωθεί μια σειρά δραστηριοτήτων: επιμόρφωση καθηγητών, διερεύνηση

αντιλήψεων μαθητών σχετικά με τη νανοτεχνολογία, επίσκεψη στο Εργαστήριο Λεπτών Υμενίων, Νανοσυστημάτων & Νανομετρολογίας (LTFN) του ΑΠΘ, δραστηριότητες για ευαισθητοποίηση ενός ευρύτερου ακροατηρίου κ.ά. (Αχιλλέως κ.ά., 2014). Για τα ελληνικά δεδομένα, με τα παρόντα προγράμματα σπουδών για τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και τα περιορισμένα περιθώρια που αυτά αφήνουν για την ένταξη ενός νέου αντικειμένου στην εκπαιδευτική διαδικασία, έχει προταθεί (Κουμαρά, 2013) ότι η εμπλοκή των μαθητών με τη νανοτεχνολογία μπορεί να γίνει μέσω του μαθήματος της Ερευνητικής Εργασίας (Project). Πράγματι, κατά το σχολικό έτος 2013-2014 ένα τμήμα της Α' Λυκείου του "Μανόλης Ανδρόνικος", ασχολήθηκε με τη Νανοτεχνολογία και της εφαρμογές της στα πλαίσια του μαθήματος της Ερευνητικής Εργασίας (Project). Με αφορμή τις τεχνολογικές εφαρμογές, έγινε προσπάθεια να συζητηθούν βασικά θέματα των νανοεπιστημών. Αντικείμενο της παρούσας εισήγησης δεν είναι να περιγράψει αναλυτικά το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων που υλοποιήθηκαν, αλλά να αξιολογήσει τη χρήση ενός εργαλείου wiki που αξιοποιήθηκε για τη συγκέντρωση υλικού και το σχεδιασμό δραστηριοτήτων.

Το wiki είναι μια ιστοσελίδα το περιεχόμενο της οποίας μπορεί να αλλάξει εύκολα από τους ίδιους τους χρήστες που δικαιούνται να έχουν πρόσβαση σε αυτήν (Ebersbach et al., 2008). Τα εργαλεία wiki εντάσσονται στις τεχνολογίες web 2.0. Παρότι ο ορισμός του όρου "web 2.0" αποτελεί ακόμα ένα ανοιχτό ζήτημα, σε γενικές γραμμές περιγράφει ένα σύνολο διαδικτυακών εργαλείων που επιτρέπουν στους χρήστες να διαδραματίσουν ενεργό ρόλο στη διαμόρφωση του περιεχομένου των ιστοσελίδων. Μερικά ενδεικτικά παραδείγματα εργαλείων web 2.0, αποτελούν η Wikipedia (η μεγαλύτερη διαδικτυακή εγκυκλοπαίδεια το περιεχόμενο της οποίας αποτελεί προϊόν συνεργασίας ανθρώπων από όλο τον κόσμο), το YouTube (μια ιστοσελίδα στην οποία ο καθένας μπορεί να δημοσιεύσει ένα βίντεο) καθώς και τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης.

Όσον αφορά συγκεκριμένα τις ιστοσελίδες τύπου wiki, τα πλεονεκτήματά τους που σημειώνονται στη βιβλιογραφία είναι αρκετά. Ο Richardson (2010) περιγράφει το wiki σαν μια σελίδα στην οποία "anyone can edit anything". Πρόκειται, λοιπόν, για ένα καθαρά δημοκρατικό περιβάλλον που βασίζεται στην αρμονική συνεργασία των μελών του. Σε ανασκοπήσεις ερευνητικών εργασιών (Cole, 2009; Parker, & Chao, 2007) αναφέρεται ότι η χρήση των wikis στην εκπαίδευση είναι πλήρως εναρμονισμένη με τον εποικοδομητισμό και τη συνεργατική μάθηση. Κατά καιρούς έχουν καταγραφεί διαφορές πιθανές χρήσεις των ιστοσελίδων τύπου wiki (Ferris, & Wilder, 2006), ενώ η εφαρμογή τους έχει γίνει σε ένα ευρύ φάσμα εκπαιδευτικών αντικειμένων: από τη διδακτική ξένων γλωσσών (Li, 2012) έως την ιατρική (Boulos, Maramba, & Wheeler, 2006). Παρόλα τα πιθανά οφέλη που είναι δυνατόν να αποκομίσει μια ομάδα διδασκομένων από τη χρήση ενός wiki, η ένταξή του στην εκπαιδευτική διαδικασία θα πρέπει να γίνεται πάντοτε με προσοχή. Με άλλα λόγια, η χρήση ενός τέτοιου εργαλείου δεν συνεπάγεται αυτόματα την αποδοχή του από τους μαθητές. Είναι, λοιπόν, σημαντικό η αποτίμηση της χρήσης τέτοιων εργαλείων να γίνεται με ρεαλιστικούς όρους και να μην επικεντρώνεται μονάχα στα πλεονεκτήματα της χρήσης τους και την επιτυχή εφαρμογή τους (Cole, 2009).

ΑΞΙΟΛΟΓΩΝΤΑΣ ΜΙΑ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ WIKI

Συνοπτική Περιγραφή Δραστηριοτήτων

Αρχικά, κρίνεται αναγκαίο να παρουσιαστεί μια συνοπτική περιγραφή κάποιων δραστηριοτήτων του Project, οι οποίες είχαν ως σημείο αναφοράς την ιστοσελίδα wiki. Η περιγραφή αυτή γίνεται προκειμένου να γίνει καλύτερα κατανοητό το πλαίσιο της εκπαιδευτικής διαδικασίας μέσα στο οποίο αξιοποιήθηκε αυτό το εργαλείο web 2.0. Η ιστοσελίδα wiki χρησιμοποιήθηκε για τη συγκέντρωση πληροφοριών, την οργάνωση ενός θεατρικού παιχνιδιού καθώς και ενός αγώνα ρητορικής.

Ξεκινώντας, οι μαθητές και οι μαθήτριες, χωρισμένοι σε τετραμελείς ομάδες, ανέλαβαν την αναζήτηση πληροφοριών γύρω από ένα θεματικό άξονα. Οι κεντρικοί θεματικοί άξονες που δόθηκαν ήταν: Νανοτεχνολογία & Φυσική, Νανοτεχνολογία & Ιατρική, Νανοτεχνολογία & Ενέργεια, Φύση & Εμπορικές Εφαρμογές, Νανοτεχνολογία & Μόδα, Ιστορία και εξέλιξη των ιδεών για τη δομή της ύλης. Οι θεματικές ενότητες έχουν επιλεγεί από τους διδάσκοντες με τέτοιο τρόπο ώστε οι μαθητές να έρθουν σε επαφή με ένα ευρύ φάσμα πληροφοριών σχετικά με το αντικείμενο της νανοτεχνολογίας, αποκτώντας έτσι μια σφαιρική εικόνα της τόσο ιδιαίτερης αυτής επιστημονικής περιοχής, ενώ ταυτόχρονα έδωσαν την ευκαιρία στα παιδιά να ερευνήσουν τις πτυχές αυτές που βρίσκονται πιο κοντά στα ενδιαφέροντα και τις ανησυχίες τους.

Στη συνέχεια, η “διαμάχη” δύο... αδελφών, του Κάρβουνου και του Γραφίτη, αποτέλεσαν τη βάση για ένα διαδραστικό θεατρικό δρώμενο που παρουσιάστηκε στην αίθουσα εκδηλώσεων του σχολείου. Το θεατρικό αυτό δρώμενο δημιουργήθηκε αξιοποιώντας πληροφορίες που είχαν συγκεντρωθεί κατά την προηγούμενη φάση του Project και σκοπός του ήταν να ευαισθητοποιήσει ένα ευρύτερο ακροατήριο για τη Νανοτεχνολογία και τις εφαρμογές της μέσα από ένα διαδραστικό παιχνίδι. Κατά τη διάρκεια της παράστασης, οι ηθοποιοί έθεσαν ερωτήσεις στους θεατές καλώντας τους να απαντήσουν χρησιμοποιώντας συστήματα αυτόματης καταγραφής απαντήσεων (clickers). Επιπλέον, οι θεατές είχαν την ευκαιρία να εκτελέσουν πειράματα με απλά υλικά σχετικά με τη νανοτεχνολογία. Για τις ανάγκες του θεατρικού (υπόδυση ρόλων, επιμέλεια σεναρίου και διαφανειών παρουσίασης, καθοδήγηση των θεατών σχετικά με την εκτέλεση των πειραμάτων, φιλοτέχνηση αφίσας, ανάπτυξη ενημερωτικού δίπτυχου που μοιράστηκε στους θεατές, δημιουργία ερωτηματολογίου έτσι ώστε να καταγραφούν εντυπώσεις θεατών κλπ) χρειάστηκε να κινητοποιηθεί όλη η τάξη. Πολύτιμη φάνηκε η σκηνοθετική καθοδήγηση της κ. Κυριακής Αντικουλάνη, Θεολόγου του σχολείου.

Τέλος, σε μια προσπάθεια προβληματισμού για τις κοινωνικές συνέπειες των εφαρμογών της νανοτεχνολογίας οργανώθηκαν αγώνες ρητορικής σε συνεργασία με τον Ομίλο Ρητορικής Τέχνης-Αντιλογίας με επικεφαλής την κ. Ποιμενίδου Δέσποινα, Φιλολόγο του σχολείου. Το θέμα του αγώνα ήταν «Η ανάπτυξη και προώθηση των τεχνολογικών εφαρμογών της Νανοτεχνολογίας συμβάλλει σημαντικά στη βελτίωση της ποιότητας ζωής». Η σελίδα wiki χρησιμοποιήθηκε από τις δύο ομάδες που συμμετείχαν, την ομάδα του «Λόγου» και την ομάδα του «Αντίλογου», προκειμένου να συγκεντρωθούν

πληροφορίες και να οργανωθεί η πολιτική-στρατηγική που θα ακολουθούσε κάθε ομάδα στον αγώνα.

Όπως γίνεται φανερό από τα παραπάνω, για την υλοποίηση των δραστηριοτήτων αυτών ήταν αναγκαία η καλή συνεργασία τόσο μεταξύ των μαθητών όσο και μεταξύ των μαθητών και μιας ομάδας καθηγητών διαφορετικών ειδικοτήτων. Μια τέτοια συνεργασία ξεφεύγει από τα στενά πλαίσια της σχολικής αίθουσας και των χρονικών περιορισμών του μαθήματος, ενθαρρύνοντας την ασύγχρονη συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων μερών. Αρωγός στην όλη προσπάθεια στάθηκε η ιστοσελίδα wiki, η οποία χρησιμοποιήθηκε τόσο ως ένα ηλεκτρονικό καταθετήριο υλικού όσο και ως ένας χώρος συνάντησης όλων των ενδιαφερόμενων μελών για τον προγραμματισμό και συντονισμό των δραστηριοτήτων. Στο σημείο αυτό, αξίζει, ίσως, να αναφερθεί για μία ακόμη φορά ότι η παρούσα εργασία δεν αποσκοπεί στο να αξιολογήσει το εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε αυτό καθαυτό από τις παραπάνω δράσεις, αλλά επιχειρεί να αξιολογήσει τη χρήση του χρησιμοποιούμενου εργαλείου wiki για την ανάπτυξή του.

Δομή και Λειτουργικότητα Σελίδας

Η ιστοσελίδα wiki που χρησιμοποιήθηκε ανήκει στην πλατφόρμα των wikispaces (επίσημος ιστότοπος www.wikispaces.com). Η χρήση της πλατφόρμας είναι εντελώς δωρεάν για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Σε κάθε δημιουργό ενός wiki, παρέχεται ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον διαχείρισης της εικονικής του «τάξης». Υποστηρίζεται η ανταλλαγή ηλεκτρονικών μηνυμάτων (e-mail) μεταξύ των μελών της ομάδας και παρέχονται εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον διδάσκοντα για την αξιολόγηση και τη συνεχή παρακολούθηση της προόδου των εργασιών των μαθητών.

Για το ξεκίνημα της σελίδας καθώς και τη μετέπειτα συντήρησή της δεν απαιτούνται γνώσεις προγραμματισμού και συγγραφής κώδικα. Η πλατφόρμα χρησιμοποιεί περιβάλλον επεξεργασίας κειμένου WYSIWYG (ακρωνύμιο της φράσης “What You See Is What You Get”) κάτι που πρακτικά σημαίνει πως δεν χρειάζεται να διαθέτεις γνώσεις και δεξιότητες προγραμματισμού για να διαμορφώσεις το περιεχόμενο μιας σελίδας. Έτσι, λοιπόν, η διεπιφάνεια επεξεργασίας κειμένου θυμίζει αρκετά ένα απλό έγγραφο κειμένου, διευκολύνοντας και απλοποιώντας σημαντικά την επεξεργασία του περιεχομένου των ιστοσελίδων.

Όσον αφορά την ασφάλεια, υπάρχουν αρκετές διαθέσιμες επιλογές προκειμένου να μπορέσουν να ικανοποιηθούν διαφορετικές ανάγκες. Για παράδειγμα, οι συντονιστές (organizers) της σελίδας είναι σε θέση να ρυθμίσουν τόσο το ποιος έχει πρόσβαση στη σελίδα (επιτρέποντας έτσι την πρόσβαση σε οποιονδήποτε ή μόνο σε κάποιους χρήστες), όσο και τη δυνατότητα των επισκεπτών να τροποποιήσουν το περιεχόμενο των σελίδων (η διαμόρφωση του περιεχομένου των σελίδων μπορεί να γίνει από τον οποιονδήποτε επισκέπτη του ιστότοπου ή αποκλειστικά από τα εγγεγραμμένα στη σελίδα μέλη). Επιπλέον, η πλατφόρμα wikispaces μας παρέχει χώρους απαλλαγμένους από διαφημίσεις. Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο της χρησιμοποιούμενης ιστοσελίδας wiki.

Εικόνα 1: Στιγμιότυπο της χρησιμοποιούμενης σελίδας wiki.

The screenshot shows a web browser displaying a wiki page. The address bar shows the URL 'nanotechnology-andronikos.wikispaces.com'. The page title is 'Οι σαύρες γέκο'. The main content area contains a paragraph of text, two images of a green gecko, and a caption. The sidebar on the right contains navigation links and a search box.

• Οι σαύρες γέκο

Οι σαύρες γέκο μπορούν να αναρριχθούν σε οποιοδήποτε τοίχο, να τρέχουν στο παβάνι με το κεφάλι προς τα κάτω ή ακόμα και να κρέμονται από το παβάνι με ένα μόνο πόδι. Αυτό το επιτυγχάνουν με τη δάκτυλη νανοτεχνολογία. Το πόδι του γέκο είναι εφοδιασμένο με λεπτά τρίχια τα οποία είναι τόσο εύκαμπτα ώστε να προσκολλούνται στις αναμαλές επιφανειών σε κλίμακα νανομέτρων. Τότε αρχίζουν να βρουν οι θερμοκρασίες θερμοκρασίες Van-der-Waals. Συνήθως οι οποίες, παρότι είναι ασθενέστερες, είναι ικανές να φέρουν το βάρος της σαύρα λόγω των ελασμομετρικών σημείων πρόσφυσης. Οι βλαστοί χαλαρώνουν εύκολα με «αποκρίματα», όπως όταν αποκολλάται συγκολλητικό παντό. Έτσι, το γέκο μπορεί να τρέξει κρεμασμένο από το παβάνι. Οι ειδικοί της επιστήμης των υλικών επιδιώκουν (βλ. στην παραγωγή) συνθετικό «Geckoit».

Εικόνα 1 Η σαύρα γέκο κρέμεται των λεπτών τριχιδίων που διαθέτει στα πέλματά της μπορεί να προσκολλάται εύκολα σε διάφορες επιφάνειες.

Σαύρες, κύνες, αράχνες, σαύρες γέκο προσκομίζονται με τριχίδια, τα οποία σχηματίζουν με το υπέρβαρο θερμοκρασίες Van-der-Waals. Όσο πιο βαρύ το όλο, τόσο λεπτότερο, πολυπληθέστερα και πυκνότερα είναι τα τριχίδια. Η επιστήμη της νανοτεχνολογίας προσπαθεί να αναπαραγάγει αυτές τις νανοτεχνικές συγκολλητικές και να τις εφαρμόσει σε άλλες χρήσεις, τόσο της καθημερινής μας ζωής, όσο και σε πιο σύνθετες.

• Νανοτεχνικές συγκολλητικές

Συγκόλληση για τη διατήρηση της ζωής

Μεθοδολογία Έρευνας

Η αξιολόγηση της χρησιμότητας του εργαλείου επιχειρήθηκε να γίνει καταφεύγοντας σε γραπτά ερωτηματολόγια, προσωπικές συνεντεύξεις και στατιστικά στοιχεία που καταγράφονται αυτόματα από τη σελίδα. Αρχικά, οι μαθητές καλέστηκαν να συμπληρώσουν ανώνυμα ερωτηματολόγια τα οποία περιείχαν ερωτήσεις κλειστού τύπου. Τα ερωτήματα επικεντρώνονταν στην αποτίμηση της εμπειρίας τους από τη χρήση της ιστοσελίδας wiki, εστιάζοντας ιδιαίτερα στο αν και κατά πόσο διευκόλυνε τη μεταξύ τους συνεργασία. Όσον αφορά τις προσωπικές συνεντεύξεις, προτιμήθηκε να διενεργηθούν συνεντεύξεις ημι-δομημένου τύπου, αφού πρώτα ολοκληρώθηκε η αποδελτίωση των γραπτών ερωτηματολογίων έτσι ώστε να αποσαφηνιστούν κάποια σημεία των καταγεγραμμένων από τα ερωτηματολόγια απαντήσεων. Τέλος, η πλατφόρμα που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της εν λόγω ιστοσελίδας συγκεντρώνει και μας παρέχει αναλυτικά στατιστικά στοιχεία για τη δραστηριότητα της σελίδας. Πιο συγκεκριμένα, καταγράφονται πληροφορίες σχετικά με το πόσο συχνά οι μαθητές μας επισκέπτονται τη σελίδα, πόσες αναθεωρήσεις (edits) γίνονται σε καθημερινή, εβδομαδιαία και μηνιαία βάση, πόσες από αυτές γίνονται από το κάθε μέλος της ηλεκτρονικής μας κοινότητας κ.ά.. Ακόμη, για κάθε επιμέρους σελίδα του ιστότοπου μας δίνεται η δυνατότητα να ανατρέξουμε στο ιστορικό των αναθεωρήσεών της και να δούμε με λεπτομέρειες τις αλλαγές που έγιναν κάθε φορά.

Η έρευνα διενεργήθηκε σε δύο δείγματα μαθητών. Το πρώτο δείγμα (στο εξής θα αναφέρεται ως Δείγμα Α) αποτελεί το τμήμα της Α' Λυκείου που κατά το σχολικό έτος 2013-2014 δημιούργησε την ιστοσελίδα nanotechnology-andronikos.wikispaces.com για τις ανάγκες του μαθήματος της Ερευνητικής Εργασίας με θέμα τη Νανοτεχνολογία. Το

τμήμα αποτελούνταν από 24 μαθητές. Κατά τη διάρκεια της επόμενης σχολικής χρονιάς (σχολικό έτος 2014-2015) ένα τμήμα της Α' Λυκείου 23 μαθητών επέλεξε να ασχοληθεί με Project παρόμοιας θεματολογίας. Στους μαθητές αυτούς παραδόθηκε η ιστοσελίδα wiki η οποία περιείχε ήδη υλικό από τις ομάδες που είχαν ασχοληθεί με το Project της προηγούμενης χρονιάς. Τους δόθηκε, μάλιστα, η δυνατότητα να παρέμβουν ελεύθερα στο περιεχόμενό της. Μέχρι σήμερα (8 εβδομάδες από την έναρξη των εργασιών του Project) η τάξη αυτή έχει ολοκληρώσει έναν πρώτο κύκλο εργασιών σχετικά με την αναζήτηση και συγκέντρωση πληροφοριών γύρω από παρόμοιες θεματικές ενότητες με αυτές που αναφέρθηκαν ωρίτερα. Το τμήμα αυτό της Α' Λυκείου αποτελεί το δεύτερο δείγμα (Δείγμα Β) της έρευνάς μας.

Σκοπός της έρευνας ήταν να αναδειχθούν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τη χρήση της ιστοσελίδας wiki για την υλοποίηση των δράσεων στα πλαίσια του μαθήματος της Ερευνητικής Εργασίας

Εντυπώσεις από τη Χρήση του Wiki, Δείγμα Α

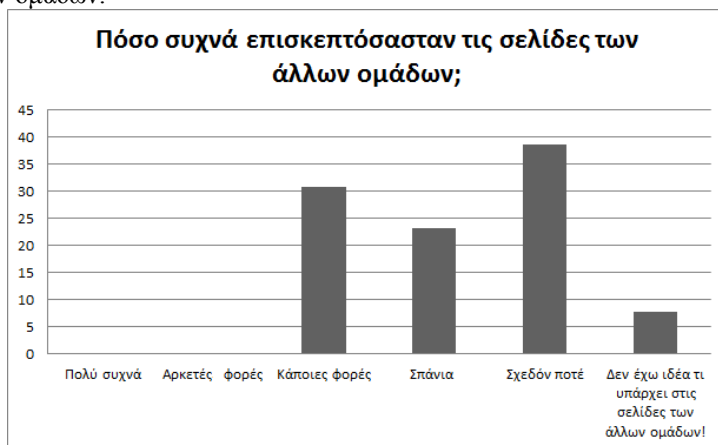
Ο χρόνος που απαιτείται για να δημιουργηθεί η σελίδα, να εγγραφούν οι μαθητές και να εξοικειωθούν με τις τεχνικές δυνατότητες που αυτή παρέχει είναι πραγματικά μικρός. Ποσοστό της τάξης του 62,5 % δήλωσε σε σχετική ερώτηση ότι δεν αντιμετώπισε ιδιαίτερες δυσκολίες στη χρήση της σελίδας. Μία παράμετρος που φαίνεται να ενόχλησε αρκετούς, ειδικά στο κομμάτι του σχεδιασμού δραστηριοτήτων, είναι η αδυναμία της σελίδας να παρέχει σύγχρονη επεξεργασία κειμένου από πολλούς χρήστες. Όταν, λόγω χάριν, οι μαθητές θέλησαν να αλλάξουν σημεία του σεναρίου που είχε αναπτυχθεί για τις ανάγκες του θεατρικού δρώμενου, δεν μπορούσαν να δουλέψουν όλοι ταυτόχρονα στην ίδια σελίδα. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίστηκε κάνοντας παράλληλα χρήση άλλων εργαλείων, όπως είναι, για παράδειγμα, η πλατφόρμα του Google Drive.

Παρότι το 59 % των ερωτηθέντων δηλώνει ότι έχει ξαναγράψει σε ιστοσελίδα τύπου wiki στο παρελθόν (συνεπώς έχει μια σχετική εξοικείωση με το περιβάλλον), παρατηρήθηκε ότι για ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα οι σελίδες του wiki αντιμετωπιζόνταν σαν κοινές ιστοσελίδες στις οποίες το υλικό δημοσιεύεται μονάχα όταν βρεθεί στην τελική του μορφή. Με άλλα λόγια, πολλοί μαθητές φάνηκαν αρχικά διστακτικοί στο να ανεβάσουν τις πληροφορίες που συγκέντρωναν με σκοπό να οικοδομήσουν σταδιακά τη δική τους εργασία. Τα στατιστικά στοιχεία της ιστοσελίδας επιβεβαιώνουν ότι, ειδικά κατά τις πρώτες εβδομάδες χρήσης της ιστοσελίδας, οι απόπειρες επεξεργασίας της σελίδας (τα καταγραφόμενα από τη σελίδα ως "edits") είναι λίγα σε αριθμό. Επίσης, μία από τις ομάδες του Δείγματος Α επέλεξε να δημοσιεύει τη δουλειά της με τη μορφή επισυναπτόμενων αρχείων στην ιστοσελίδα. Η ομάδα αυτή δικαιολόγησε την επιλογή της κατά τη διάρκεια της συνέντευξης δηλώνοντας ότι «είναι περισσότερο βολικό (ειδικά σε ό,τι αφορά τις παρεχόμενες επιλογές μορφοποίησης αλλά και τη διαχείριση κειμένων πολλών σελίδων) να δουλεύουμε σε ένα έγγραφο word παρά στην ιστοσελίδα wiki.».

Σχετικά με τη αρχική δομή του wiki, κάθε ομάδα εργαζόταν στη δική της σελίδα η οποία ήταν αφιερωμένη στο θεματικό άξονα του project που επέλεξε να μελετήσει. Σε

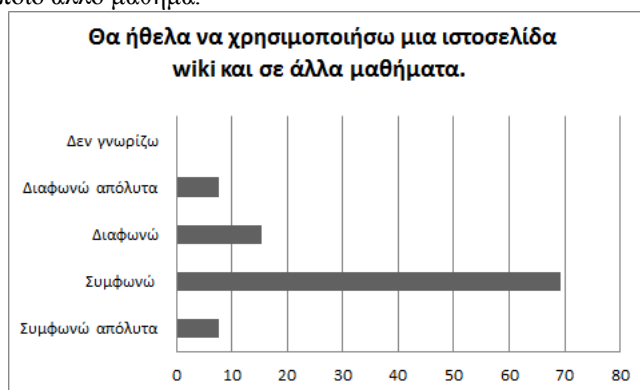
σχετική ερώτηση για το πόσο συχνά οι μαθητές επισκέπτονται τις σελίδες των άλλων ομάδων οι απαντήσεις ήταν μάλλον αποθαρρυντικές, αφού αρκετοί παραδέχονται ότι κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει ιδιαίτερα συχνά (Γράφημα 1). Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται, επίσης, και από την παρατήρηση ότι κάποιες ομάδες επέμειναν στην ανάπτυξη θεμάτων τα οποία είχαν αναπτυχθεί εκτενώς από άλλες ομάδες. Η κατάσταση αυτή θα μπορούσε, πιθανόν, να είχε βελτιωθεί αν υπήρχαν εξ αρχής περισσότερα κίνητρα για συνεργατική ανάπτυξη περιεχομένου μεταξύ των ομάδων. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη μιας επιμέρους θεματικής ενότητας που θα απαιτούσε τη συνεισφορά όλων των ομάδων. Μια προσπάθεια σε αυτήν την κατεύθυνση έχει γίνει με τους μαθητές του Δείγματος Β, από τους οποίους ζητήθηκε, μετά την ολοκλήρωση της μελέτης των επιμέρους θεματικών εννοιών που τους ανατέθηκαν, να δημιουργήσουν συνεργατικά μια ιστοσελίδα για τις προοπτικές της Νανοτεχνολογίας στον ελληνικό χώρο. Η καταγραφή των αποτελεσμάτων της προσπάθειας αυτής δεν έχει ακόμα ολοκληρωθεί.

Γράφημα 1: Οι μαθητές παραδέχονται ότι δεν επισκέπτονται συχνά τις σελίδες των υπόλοιπων ομάδων.



Όσον αφορά τη συνεργασία των μαθητών, η πλειοψηφία των συμμετεχόντων (ποσοστά άνω του 70%) έμεινε ικανοποιημένη τόσο από τη συνεργασία των μελών της ομάδας τους όσο και από την επιμέρους συνεισφορά των μελών της ομάδας τους στη διαμόρφωση του τελικού κειμένου. Το 53% των ερωτηθέντων υποστηρίζει πως το wiki διευκόλυνε τη συνεργασία της ομάδας, την ώρα που το 37% διαφωνεί. Ένα ποσοστό της τάξης του 10% δεν παίρνει θέση. Η συνολική αποτίμηση της χρήσης του wiki από τους μαθητές (Γράφημα 2) φαίνεται να είναι θετική, κρίνοντας από το γεγονός ότι το 77% όσων συμμετείχαν στην έρευνα δηλώνει πρόθυμο να χρησιμοποιήσει μια σελίδα wiki και σε άλλα μαθήματα.

Γράφημα 2: Το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών δηλώνει πρόθυμο να χρησιμοποιήσει το wiki σε κάποιο άλλο μάθημα.



Παραδίδοντας το wiki σε επόμενη ομάδα, Δείγμα Β

Οι μαθητές του Δείγματος Β παρέλαβαν στα χέρια τους μια ιστοσελίδα η οποία περιείχε ήδη υλικό από την προηγούμενη χρονιά. Σε ερώτηση που έγινε στους μαθητές του Δείγματος Β για το αν οι πληροφορίες που βρήκαν τους φάνηκαν χρήσιμες, το 69% απαντά πως πράγματι τους βοήθησαν. Ποσοστό της τάξης του 53% θα προτιμούσε, όμως, η σελίδα να ήταν κενή όταν την παρέλαβε.

Η έρευνα για την άποψη που θα διαμορφώσουν οι μαθητές του Δείγματος Β για την χρησιμότητα της σελίδας βρίσκεται ακόμα σε εξέλιξη. Κάποιες πρώτες παρατηρήσεις για τη δουλειά των παιδιών στο κομμάτι της αναζήτησης και συγκέντρωσης πληροφοριών είναι μάλλον ενθαρρυντικές. Πιο συγκεκριμένα, έχοντας ήδη διαμορφωμένο ένα βασικό σώμα πληροφοριών για την εκάστοτε θεματική ενότητα, κάποιες ομάδες προχώρησαν, με δική τους πρωτοβουλία, σε διεύρυνση των θεματικών ενοτήτων καλύπτοντας πτυχές που δεν είχαν διερευνήσει οι μαθητές του Δείγματος Α. Επιπλέον, μετά την πρώτη αμηχανία και απροθυμία να επεξεργαστούν κείμενα που γράφτηκαν από τους μαθητές του Δείγματος Α, παρατηρήθηκε ότι αποκτούν σταδιακά το θάρρος να επέμβουν ολοένα και πιο ενεργά στο περιεχόμενο της σελίδας. Η επέμβαση αυτή έγινε με τις παρακάτω μορφές: επαναδιατυπώνοντας φράσεις, αξιολογώντας με κριτική ματιά τις χρησιμοποιούμενες πηγές, εντοπίζοντας πλαгиαρισμούς και λογοκλοπές, αναδιοργανώνοντας ενότητες και δημιουργώντας επιμέρους σελίδες, σβήνοντας περιττά κομμάτια και επαναλήψεις, κλπ. Χαρακτηριστικό είναι, ίσως, το παράδειγμα της ομάδας η οποία ανέλαβε τη θεματική ενότητα που σχετίζεται με την Ιστορία και Εξέλιξη των Ιδεών για τη Δομή της Ύλης. Τα μέλη της προτίμησαν να ανασυνθέσουν τις πληροφορίες που συγκέντρωσαν οι «προκάτοχοί» τους, χρησιμοποιώντας μια εποπτική αναπαράσταση της χρονικής σειράς (timeline) των κυριότερων σταθμών στην εξέλιξη των ιδεών για τη δομή της ύλης. Παρόμοιες παρατηρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις εργασίες και άλλων ομάδων δείχνουν ότι η ενασχόληση μιας νέας ομάδας μαθητών με το ήδη υπάρχον περιεχόμενο

μπορεί να συμβάλλει στην αναβάθμιση του επιπέδου πληρότητας των περιεχομένων του wiki.

Συνοψίζοντας

Τα εργαλεία wiki παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα τα οποία θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν στην εκπαιδευτική διαδικασία. Στην παρούσα εργασία έγινε μια προσπάθεια να αναδειχθούν οφέλη και προβλήματα που προέκυψαν από τη χρήση ενός εργαλείου wiki στα πλαίσια του μαθήματος της Ερευνητικής Εργασίας (Project). Οι παρατηρήσεις που καταγράφονται αναφέρονται σε ένα περιορισμένο δείγμα μαθητών το οποίο, πιθανόν, να μην είναι αντιπροσωπευτικό.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε την κ. Κ. Αντικουλάνη, Θεολόγο του Σχολείου για τη πολύτιμη βοήθεια της στη σκηνοθεσία του θεατρικού δρώμενου. Ευχαριστούμε ακόμα την κ. Δ. Ποιμενίδου, Φιλολόγο του Σχολείου γιατί ανέλαβε να εκπαιδεύσει τους μαθητές μας για τον αγώνα επίδειξης λόγου -αντιλόγου. Τέλος, ευχαριστούμε θερμά όλους τους μαθητές μας, που συμμετείχαν στην ερευνητική αυτή εργασία το σχολικό έτος 2013-2014, αλλά και αυτούς που συμμετέχουν φέτος, για τη συνεργασία μεταξύ τους αλλά και με εμάς τους διδάσκοντες, για το ενδιαφέρον τους αλλά και την προθυμία τους να δοκιμάσουν νέες μεθόδους διδασκαλίας και μάθησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αχιλλέως, Κ., Παπαδόπουλος, Σ., Φριλίγκος, Σ., Κουμαρά, Α., Ταρνανίδης Δ., Γρηγοριάδου, Κ., Κεραμιδάς,Κ., & Πολάτογλου, Χ. (2014). Εισαγωγή του Μαθήματος της Νανο-επιστήμης/τεχνολογίας στο Λύκειο.
- Boulos, M. N., Maramba, I., & Wheeler, S. (2006). Wikis, blogs and podcasts: a new generation of Web-based tools for virtual collaborative clinical practice and education. *BMC medical education*, 6(1), 41.
- Cole, M. (2009). Using Wiki technology to support student engagement: Lessons from the trenches. *Computers & education*, 52(1), 141-146.
- Ebersbach, A., Adelung, A., Dueck, G., Glaser, M., Heigl, R., & Warta, A. (2008). *Wiki: web collaboration*. Springer Science & Business Media..
- Ferris, S. P., & Wilder, H. (2006). Uses and Potentials of Wikis in the Classroom. *Innovate: Journal of Online Education*, 2(5).
- Hanover Research, (2011). K-12 STEM Education overview [Εγγραφο σε ηλεκτρονική έκδοση]. Ανακτήθηκε 1 Σεπτεμβρίου 2014 από www.hanoverresearch.com
- Hingant, B., & Albe, V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: A review of literature. *Studies in Science Education*, 46(2), 121-152.
- Κουμαρά, Α. (2013). Νανοτεχνολογία στην Εκπαίδευση: Είναι εφικτή; *Newsletter του Δ.Α.Π.Μ.Σ. "Νανοεπιστήμες & Νανοτεχνολογίες", Ιανουάριος 2013, σελ.10-11.*

Ανακτήθηκε 1 Σεπτεμβρίου 2014, από
http://nn.physics.auth.gr/newsletter/Newsletter_January_2013.pdf
http://nn.physics.auth.gr/newsletter/Newsletter_January_2013.pdf

- Li, M. (2012). Use of wikis in second/foreign language classes: A literature review.
- Marschalek, I. (2012). NanOpinion—A multi-methodological approach for communicating nanotechnologies Une approche multi-méthodologique pour communiquer les nanotechnologies.
- Parker, K., & Chao, J. (2007). Wiki as a teaching tool. *Interdisciplinary Journal of e-learning and Learning Objects*, 3(1), 57-72.
- Richardson, W. (2010). Blogs, wikis, podcasts, and other powerful web tools for classrooms. Corwin Press.
- Ψυχάρης, Σ. (2011). STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) και παγκοσμιοποίηση της εκπαίδευσης στις επιστήμες.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Εκπαιδευτικό υλικό για εξ-αποστάσεως εκπαίδευση στο πλαίσιο ερευνητικής εργασίας – συνεργασία τριτοβάθμιας με σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης

**Σταματία Αρτέμη¹, Ανθούλα Μαΐδου², Νίκος Δίντσιος³, Χαρίτων
Πολάτογλου⁴**

¹Τμήμα Φυσικής ΑΠΘ
stamart84@gmail.com

²Παιδαγωγικό Τμήμα Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
anthoula.maidou@gmail.com

³Τμήμα Φυσικής ΑΠΘ
nikos.dintsios@gmail.com

⁴Τμήμα Φυσικής ΑΠΘ
hariton@physics.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Βρισκόμαστε στις αρχές του 21ου αιώνα και παρατηρούμε τους/τις μαθητές/τριες να βιώνουν μια πολυμορφική και απαιτητική καθημερινότητα. Χρησιμοποιούν με άνεση εργαλεία τεχνολογίας που έχουν γίνει απαραίτητα στην ζωή τους και διαθέτουν τεχνογνωσία υψηλού επιπέδου που πέρα από τη δική τους νυχαγωγία, δεν χρησιμοποιείται εκπαιδευτικά στο βαθμό που θα μπορούσε. Η έννοια της πολυμορφικότητας, είναι έννοια – πρόκληση για τους/τις μαθητές/τριες που καλούνται να ζήσουν σε τέτοια περιβάλλοντα και να καλλιεργήσουν ικανότητες – κλειδιά, ώστε να μπορούν να επιλέγουν τις κατάλληλες αποφάσεις, να συνδυάζουν και να προσαρμόζουν λύσεις σε οποιοδήποτε πολύπλοκο πρόβλημα τους τεθεί. Πώς όμως καλλιεργούνται τέτοιου είδους ικανότητες – κλειδιά; Στο πλαίσιο το φυσικών επιστημών, αλλά και όχι μόνο, ο επιστημονικός τρόπος σκέψης είναι αυτός που δίνει την απάντηση στο παραπάνω ερώτημα.

Στην παρούσα εργασία θα γίνει περιγραφή υλικού που αναπτύχθηκε για εξ-αποστάσεως εκπαίδευση με σκοπό να χρησιμοποιηθεί από τους/τις εκπαιδευτικούς, αλλά και εκπαιδευόμενους, στο πλαίσιο της Ερευνητικής Εργασίας. Το βασικό θέμα του υλικού είναι η θερμική συμπεριφορά κτιρίων. Η ομάδα e-science του τμήματος Φυσικής του ΑΠΘ, συνεργάζεται με σχολεία από όλη την Ελλάδα και καλεί τους μαθητές/τριες να σκεφτούν επιστημονικά για να διερευνήσουν τη θερμική συμπεριφορά του σχολείου τους. Τους

παρέχονται δύο βασικά εργαλεία: η πλατφόρμα σύγχρονης και ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης και η ιστοσελίδα της δράσης «Μαθαίνω για το σπίτι μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης».

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *εξ-αποστάσεως εκπαίδευση, πλατφόρμα τηλεκπαίδευσης, θερμική συμπεριφορά κτιρίων*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από τη μελέτη και αναζήτηση κατάλληλων εργαλείων και περιβαλλόντων μάθησης, έχει γίνει αντιληπτό ότι πρέπει να ληφθεί υπ' όψη η καθημερινότητα του μαθητή, καθώς και οι ανάγκες που θα προκύπτουν καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του. Η σημερινή καθημερινότητα έχει γίνει πολύπλοκη στις απαιτήσεις της και πολυμορφική στους τρόπους αντιμετώπισης προβλημάτων. Οι μαθητές συναντούν μεγάλο πλήθος εργαλείων τελευταίας τεχνολογίας και καλούνται πλέον να επιλύσουν πολύπλοκα προβλήματα, ώστε να είναι έτοιμοι για την αυριανή κοινωνία. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές καλούνται να μαθαίνουν πώς να μάθουν, καθώς οι ανάγκες της σύγχρονης κοινωνίας, τους αποτρέπουν από το να μαθαίνουν μόνο γνώσεις και τους ενθαρρύνουν να βρουν προσαρμοστικούς τρόπους για να εξελίσσουν τις γνώσεις τους, να καλλιεργήσουν ικανότητες, δεξιότητες και στάσεις, ώστε να μπορέσουν να παίρνουν σωστές αποφάσεις. Όπως αναφέρεται και στην εισαγωγή της έρευνας του προγράμματος διεθνούς αξιολόγησης μαθητών (PISA), από τη στιγμή που οι υπολογιστές μπορούν να τους βοηθούν να εκτελούν απλές διαδικασίες, οι ίδιοι θα πρέπει να χρησιμοποιούν σωστά τα εργαλεία που τους δίνονται, ώστε να επιλύουν πιο πολύπλοκα προβλήματα (OECD, 2014). Η έννοια της πολυπλοκότητας αφορά είτε την πολυπλοκότητα σε θεματικό επίπεδο, είτε την πολυπλοκότητα - πολυμορφικότητα στο περιβάλλον των μαθητών και στη χρήση εργαλείων για την επίλυση προβλημάτων.

Όσον αφορά το θεματικό επίπεδο, σύμφωνα με το πρόγραμμα διεθνούς αξιολόγησης μαθητών (PISA) που πραγματοποιήθηκε το 2012, με στόχο την απάντηση στο ερώτημα εάν οι μαθητές κατέχουν τις κατάλληλες ικανότητες – κλειδιά για την επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων που αφορούν όχι μόνο την επίλυση αλλά και την εφαρμογή της λύσης στην καθημερινότητά τους, η παραπάνω θεώρηση φαντάζει αδύνατη, καθώς οι μαθητές αποτυγχάνουν στο να επιλύσουν τέτοιου είδους προβλήματα και αυτό συμβαίνει περισσότερο στις φυσικές επιστήμες (OECD, 2014).

Υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις για την επίλυση του παραπάνω ζητήματος. Σύμφωνα με μία άποψη οι μαθητές αδυνατούν να επιλύσουν πολύπλοκα προβλήματα, διότι αδυνατούν να επιλύσουν προβλήματα απλής μορφής. Επομένως πρέπει να επικεντρωθούμε στη διδασκαλία επίλυσης βασικών, απλών προβλημάτων πρώτα (OECD, 2014). Μία άλλη άποψη είναι ότι δεν έχει σημασία το είδος του προβλήματος, διότι ότι οι μαθητές έχουν την δυνατότητα να επιλύσουν οποιοδήποτε πρόβλημα, αρκεί να συνδυάσουν γνώσεις, ικανότητες και – το πιο σημαντικό, θέληση – να έχουν κίνητρο (Mayer, 1998; OECD, 2014).

Ανεξάρτητα προσεγγίσεων όμως, η αδυναμία αυτή δεν είναι προσωρινή, αλλά διαχρονική και βασίζεται σε αυτό που αποκαλείται έλλειψη επιστημονικού γραμματισμού (scientific literacy) (DeBoer, 2000). Επιστήμονες απασχολούνται ήδη από τα τέλη του 1950, προσπαθώντας να βρουν πρώτα τον ακριβή ορισμό και έπειτα να αναδιαμορφώσουν τους εκπαιδευτικούς στόχους και σκοπούς στην εκπαίδευση. Ο επιστημονικός γραμματισμός έχει πλέον λάβει ένα ευρύ αποδεκτό ορισμό, που η ελεύθερή του απόδοση περιγράφει το τι πρέπει το ευρύ κοινό να γνωρίζει για τις επιστήμες με στόχο να ζηήσει αποτελεσματικά και με σεβασμό στον φυσικό κόσμο (DeBoer, 2000). Αν βασιστούμε στα παραπάνω προκύπτουν τα εξής ερωτήματα: πώς μπορούμε να κινητοποιήσουμε τους μαθητές κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας και πώς μπορούμε να τους εκπαιδεύσουμε και να τους προετοιμάσουμε για τις απαιτήσεις μιας αυριανής κοινωνίας που ίσως να μη γνωρίζουμε καν πώς θα είναι;

Μία προσέγγιση για εύρεση απάντησης στο παραπάνω ερώτημα, βρίσκεται στην δημιουργία πολυμορφικού περιβάλλοντος μάθησης (χρησιμοποιώντας ποικιλία εργαλείων τεχνολογίας), που παιδαγωγικά βασίζεται στον επιστημονικό τρόπο σκέψης (διερευνητική / επιστημονική - προβληματοκεντρική μέθοδο), δίνοντας την ευκαιρία στους μαθητές να συμμετέχουν ενεργά, ατομικά αλλά και σε ομάδες και δίνοντάς τους την δυνατότητα να καλλιεργήσουν ικανότητες χρήσιμες στην σύγχρονη δημοκρατική κοινωνία, όπως είναι η κριτική σκέψη (Kirschner & Erkens, 2006). Ο επιστημονικός τρόπος σκέψης, αναφέρεται στη διαδικασία ανάδειξης σαφών βημάτων που πρέπει να ακολουθηθούν, ώστε να διερευνηθούν σε θεωρητικό ή πειραματικό επίπεδο, ή σε συνδυασμό των δύο, θεωρήσεις που αποτελούν απαντήσεις σε ερωτήματα που τους δίνονται. Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τη μέθοδο αυτή για να ανακαλύψουν στην ουσία τη σχέση αιτίας - αποτελέσματος στην φύση. Ο όρος διαδικασία μπορεί να αναλυθεί σε διαδοχή βημάτων, που ποικίλλουν ανάλογα με τον στόχο που έχει τεθεί. Ως γενικότερα και βασικότερα βήματα όμως μπορούν να οριστούν τα ακόλουθα: ορισμός προβλήματος, παρατήρηση και συλλογή δεδομένων, αναζήτηση – δημιουργία υπόθεσης, πειραματισμός πάνω στην υπόθεση, εξαγωγή συμπερασμάτων (απόρριψη ή αποδοχή της υπόθεσης). Όταν ο μαθητής ενεργεί και συμμετέχει στην επιστημονική διαδικασία για την εύρεση απάντησης - λύσης ενός ερωτήματος - προβλήματος ανάλογα με τις παραμέτρους που το πλαισιώνουν, κατανοεί καλύτερα την ίδια τη διαδικασία μάθησης και το ρόλο του σε αυτήν (Lawson, 2009). Η διδασκαλία του επιστημονικού τρόπου σκέψης και η εφαρμογή του από τους μαθητές, αποτελεί θεμελιώδη τρόπο καλλιέργειας «ικανοτήτων – κλειδιών» (Χαραλάμπους, 2010), όπως η κριτική σκέψη και θέτει τα θεμέλια οικοδόμησης της νέας γενιάς δημιουργικών ατόμων. Καλλιεργώντας στους μαθητές τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, θα μπορούν να προσεγγίζουν νέα προβλήματα, να διερευνούν και να πειραματίζονται με διάφορες υποθέσεις, να τις επιβεβαιώνουν / απορρίπτουν και να διατυπώνουν θεωρίες βασισμένες σε ορθά επιχειρήματα.

Όσον αφορά την πολυμορφικότητα περιβαλλόντων, δεν μπορεί να περνά απαρατήρητο το γεγονός ότι οι μαθητές στην καθημερινή τους ζωή είναι αρκετά εξοικειωμένοι με τα τεχνολογικά εργαλεία που χρησιμοποιούν και δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα προσαρμογής. Μάλιστα η τεχνογνωσία που έχουν είναι υψηλού επιπέδου και

μένει ανεκμετάλλευτη στην εκπαιδευτική διαδικασία (Haste, 2009), έτσι ώστε μερικές φορές η απουσία τέτοιων εργαλείων να τους αποτρέπει από το να συμμετέχουν στην διαδικασία της μάθησης (έλλειψη κινήτρου). Ο τρόπος διδασκαλίας που βασίζεται στο συνδυασμό εργαλείων και εκπαιδευτικών μεθόδων (Blended learning), αποτελεί αποτελεσματικό τρόπο διδασκαλίας (Hoic-Bozic, 2009) και κατάλληλο κίνητρο. Έχει παρατηρηθεί ότι εάν τεθεί ως κεντρικός πυρήνας η επίλυση ενός προβλήματος στο πλαίσιο μίας Ερευνητικής Εργασίας σε ομαδοσυνεργατικό περιβάλλον (Problem Oriented & Project Based Learning - POPBL) σε συνδυασμό με εργαλεία όπως το διαδίκτυο, φαίνεται να παίρνουμε καλά αποτελέσματα (Hoic-Bozic N, 2009). Ιδιαίτερα στο επίπεδο της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, πολλά Πανεπιστήμια αντικαθιστούν τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας με POPBL μεθόδους (Lehmann et al, 2007). Επικεντρώνοντας στο κλάδο των Φυσικών Επιστημών και θεωρώντας αναγκαία την εισαγωγή πειραματικών δραστηριοτήτων στη διαδικασία της μάθησης (Roth, 1994), η τεχνολογία πλέον έχει προσφέρει πολύ σημαντικά εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για εκπαιδευτικούς λόγους, όπως προσομοιώσεις, εικονικά εργαστήρια, εξ αποστάσεως πραγματικά εργαστήρια, που διευκολύνουν τον εκπαιδευτικό στις πειραματικές δραστηριότητες.

Τα περιθώρια, χρονικά και θεματικά, στο πλαίσιο του ισχύοντος αναλυτικού προγράμματος είναι πολύ περιορισμένα, για να μπορεί να υιοθετηθεί ο επιστημονικός τρόπος σκέψης και η διερευνητική μάθηση σε όλα τα μαθήματα, αλλά μία πολύ αξιόλογη ευκαιρία στα Γενικά Λύκεια και ΕΠΑΛ είναι το μάθημα της Ερευνητικής Εργασίας ή Ειδικής Θεματικής Δραστηριότητας (για τα ΕΠΑΛ), καθώς επίσης τα προγράμματα, όπως Περιβαλλοντικά ή Πολιτιστικά Προγράμματα.

Στο πλαίσιο των μαθημάτων αυτών, μπορεί να τεθεί ένα πρόβλημα, να μελετηθεί διαθεματικά και να ερευνηθεί σταδιακά, δίνοντας χρήσιμα συμπεράσματα. Το πρόβλημα που θα τεθεί πρέπει να αφορά την καθημερινότητα των μαθητών και να ενσωματωθούν σε αυτό, για την επίλυσή του, εργαλεία τεχνολογίας (ΤΠΕ) που χρησιμοποιούν οι μαθητές, για να τραβήξουν περισσότερο την προσοχή τους, να εξελίξουν τις γνώσεις τους σε αυτά, αλλά και να διευκολύνουν τη διερευνητική διαδικασία.

Η παρούσα εργασία αφορά την περιγραφή ενός τέτοιου σεναρίου, της ερευνητικής δράσης με τίτλο: «Μαθαίνω για το σπίτι μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης». Έχει οργανωθεί, σχεδιαστεί και υλοποιηθεί από την ομάδα e-science του τμήματος Φυσικής του ΑΠΘ και είναι διαθέσιμη για όλα τα σχολεία της Ελλάδας. Ετοιμάζουμε παράλληλα και αγγλική έκδοση του διαδικτυακού υλικού για τα σχολεία του εξωτερικού.

Η δράση έχει ως κύριο θέμα τη θερμική συμπεριφορά κτιρίων και τους παράγοντες που επηρεάζουν την εσωτερική θερμοκρασία ενός σπιτιού όταν αυτό δεν έχει εσωτερική πηγή θέρμανσης, δηλαδή το λεγόμενο σπίτι μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης (zero energy house). Βασίζεται σε προβληματοκεντρικές μεθόδους μάθησης και προϋποθέτει ομαδοσυνεργατικά μαθησιακά περιβάλλοντα. Η δράση διαθέτει εκπαιδευτική ιστοσελίδα με πληροφορίες γύρω από το θέμα, προσομοιώσεις, πραγματικό

πείραμα από απόσταση, καθώς και μία πλατφόρμα τηλεεκπαίδευσης που πλαισιώνει όλο το σενάριο και είναι δομημένη σύμφωνα με τις παραπάνω θεωρήσεις.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ “ΜΑΘΑΙΝΩ ΓΙΑ ΤΟ ΣΠΙΤΙ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ”

Η δράση αποτελείται από δύο τμήματα, δηλαδή την πληροφόρηση του κοινού για τα σπίτια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης: ορισμούς, κατανόηση, οικολογική απήχηση, ιστορική αναδρομή από την αρχαιότητα μέχρι και τη σημερινή τους παρουσία στη σύγχρονη αρχιτεκτονική, και τη διερεύνηση του θέματος, θέτοντας στους μαθητές μία αποστολή: την μελέτη του σχολείου τους ως κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης στο πλαίσιο του project.

Πληροφόρηση του κοινού για τα σπίτια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

Το πρώτο τμήμα λοιπόν παρουσιάζεται σε μία εκπαιδευτική ιστοσελίδα προσβάσιμη από όλους, η οποία έχει ως στόχο την πληροφόρηση του κοινού, ανεξαρτήτως ηλικίας, για τέτοιου είδους θέματα (<http://e-science.web.auth.gr/zeroenergyhouse/>). Στην εικόνα 1 παρουσιάζεται η αρχική σελίδα της ιστοσελίδας

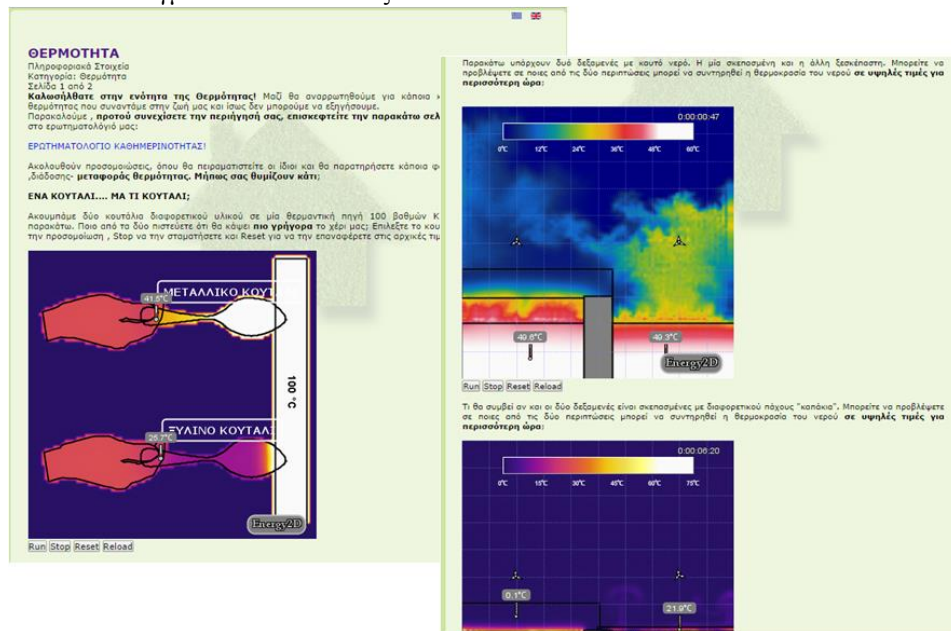
Εικόνα 1: αρχική σελίδα της ιστοσελίδας

The image shows the homepage of the website 'Μαθαίνω για το σπίτι μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης'. The header includes the logo of the Department of Physics at the University of Athens, the text '1ο ΠΡΟΤΥΠΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΛΥΚΕΙΟ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ "Μ. ΑΝΔΡΟΝΙΚΟΣ"', and the title 'Μαθαίνω για το σπίτι μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης'. A navigation menu contains links for 'Αρχική', 'Θερμότητα', 'Παθητικό Σπίτι', 'Πειραματίσιου', 'Διαγωνισμός', 'Χρήσιμα Links', and 'Επικοινωνία'. The main content area features a section titled 'Αρχική' with the following text: 'Πληροφοριακά Στοιχεία Κατηγορία: Αρχική Η ομάδα e-science του τμήματος Φυσικής του ΑΠΘ σε συνεργασία με το 1ο Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο "Μ. Ανδρόνικος" σας καλωσορίζει στην σελίδα του με θέμα "Μαθαίνω για το σπίτι μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης"'. Below this, there is a paragraph explaining the website's purpose: 'Το περιεχόμενο της παρούσας σελίδας έχει ως στόχο την κατανόηση των εννοιών παθητικό σπίτι (Passive house) και Σπίτι μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης (zero energy house) που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή σπιτιών που κατασκευάζονται με στόχο την όσον το δυνατόν μεγαλύτερη εκμετάλλευση θερμικής ηλιακής ενέργειας και την μικρότερη χρήση τεχνητών εσωτερικών θερμικών πηγών. Μάθετε για το σπίτι του Σωκράτη, ένα από τα χαρακτηριστικότερα και πρώτα στα χρονικά της ιστορίας σχεδιασμού σπιτιών μηδενικής εσωτερικής κατανάλωσης. Κατά την πλοήγησή σας θα συναντήσετε συνοπτική θεωρία γύρω από το θέμα καθώς και χρήσιμα Links, θα παρατηρήσετε μέσω προσομοιώσεων και θα παρατηρήσετε σε πραγματικές συνθήκες το πείραμα που διεξάγεται αυτήν την στιγμή με στόχο την σύγκριση μίας μακέτας απλού σπιτιού και αυτής του σπιτιού του Σωκράτη. Πιστεύετε ότι γνωρίζετε πλέον αρκετά για τα σπίτια μηδενικής εσωτερικής κατανάλωσης; Θα έχετε την δυνατότητα να κατασκευάσετε και εσείς την δική σας μακέτα σπιτιού μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης συμμετέχοντας στον ετήσιο διαγωνισμό. Θα έχετε επίσης την ευκαιρία να λαμβάνετε οι ίδιοι τις μετρήσεις της δικής σας μακέτας μέσω της σελίδας αυτής και να την συγκρίνετε με τις υπόλοιπες μακέτες, χάρη στο εξ αποστάσεως εργαστήριο που έχει στηθεί στο τμήμα και θα φιλοξενεί τις μακέτες σας. Για περισσότερες πληροφορίες παρακαλούμε να επικοινωνήσετε μαζί μας. Στοιχεία επικοινωνίας θα βρείτε στην ενότητα Επικοινωνία του μενού'. At the bottom, it lists the team: 'Εκ μέρους της ομάδας Σταματία Αρτέμιη Νίκος Δίντισιος Χαρίτων Παλάτογλου' and the footer: '© 2012-2015 e-science | Powered by Stamatia Artemi'.

Το περιεχόμενό της είναι δομημένο έτσι ώστε κατά την πλοήγηση στην ιστοσελίδα, ο επισκέπτης να έχει τη δυνατότητα:

- να μελετήσει βασικές πληροφορίες για τη θερμότητα, τη διάχυση και μεταφορά της θερμότητας γενικά, αλλά και την εφαρμογή της στην καθημερινότητα (εικόνα 2), καθώς και να μελετήσει παραδείγματα για εξοικείωση με τα φαινόμενα αυτά με τη βοήθεια προσομοιώσεων

Εικόνα 2: στιγμιότυπο ιστοσελίδας



- Να προβληματιστεί με βασικές πληροφορίες για τον ορισμό των εννοιών παθητικό σπίτι, σπίτι μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης και τους παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική συμπεριφορά τους και να μελετήσει παραδείγματα για εξοικείωση με τις παραπάνω έννοιες μέσω προσομοιώσεων (εικόνα 3).

Εικόνα 3: στιγμιότυπο ιστοσελίδας

Ορισμός
Πληροφοριακό Στοιχείο
Κατηγορία: Ορισμός



Ενα σπίτι ορίζεται παθητικό (Passive House), όταν για την θέρμανσή του εκμεταλλεύεται όσο το δυνατόν λιγότερη ενέργεια, από το εσωτερικό σύστημα θέρμανσής του. Ο παθητικό ορισμός, καλύπτει μία ευρεία έννοια πέτυχαν σπιτιών, όπου ανάλογα με τους παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη, χαρακτηρίζονται και ως ένας διαφορετικός τύπος παθητικών σπιτιών. Το σπίτι μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης (Zero energy house) είναι ένας από τους τύπους παθητικών σπιτιών, όπου αυτό δεν διαθέτει εσωτερική πηγή θέρμανσης και προσαρτάται την εξωτερική μέγιστη κατασκευής του, όπου θα επενδυθεί η μέγιστη εκμετάλλευση ηλιακών ενεργειών όπου είναι διαθέσιμες στην φύση - όπως ο ήλιος. Στην παρούσα σελίδα θα ενδιαφερθούμε λοιπόν για την κατασκευή ενός σπιτιού μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης όπου θα έχει ως στόχο την ετήσια θέρμανση του χώρου. Τι πρέπει να λάβουμε υπόψιν;

Παράγοντες που επηρεάζουν την εσωτερική θερμοκρασία του σπιτιού

Κύρια υλικά: τούβλο και μόνωση
Πληροφοριακό Στοιχείο
Κατηγορία: Με άλλα μισιά

Παρακάτω βρίσκεται το σχέδιο ενός σπιτιού χτισμένο με τούβλο και επίσης χρησιμοποιήθηκε μόνωση

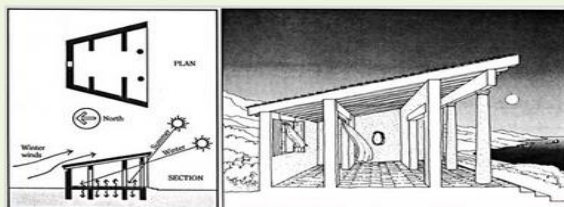


Run Stop Reset Reload
System requirements: You must have Java Version 5 or higher. [Download Java now.](#)

- να γνωρίσουν ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα – εφαρμογής τέτοιας μορφής σπιτιών από την αρχαιότητα (το λεγόμενο σπίτι του Σωκράτη) και πώς η μοντέρνα αρχιτεκτονική βασίζεται σε αυτό ώστε να εξελίξει τον σχεδιασμό βιοκλιματικών σπιτιών ή ενεργειακά φιλικών κτιρίων (εικόνα 4).

Εικόνα 4: στιγμιότυπο ιστοσελίδας

Ο Σωκράτης απεικονίζει ότι ένα τραπέζοειδές σπίτι, με την μεγαλύτερή του πλευρά να κοιτά τον ήλιο (τον νότο) θα ήταν το ιδανικό σχήμα.

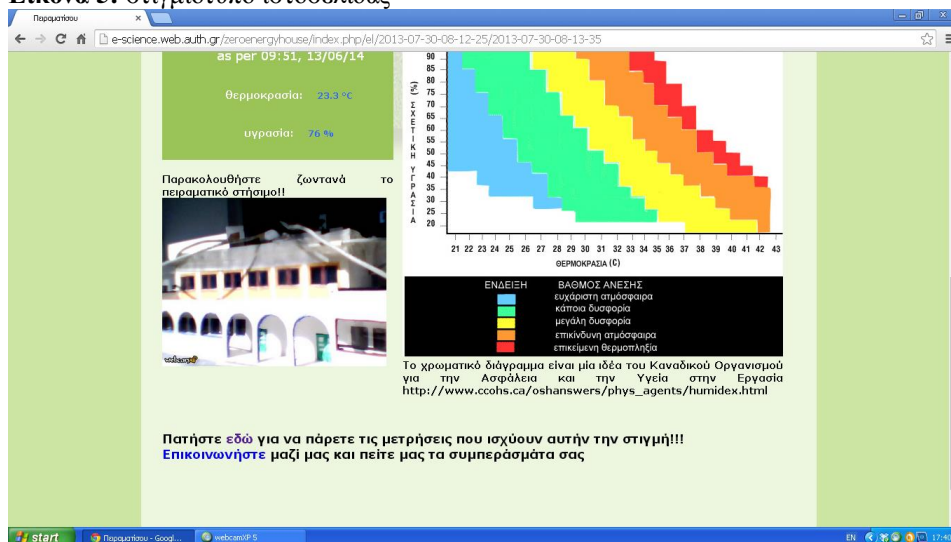


Η μικρή του πλευρά, που κοιτά τον Βορρά, έχει μικρά ανοίγματα και ο τοίχος είναι πιο παχύς σε σχέση με τους άλλους. Η μεγάλη του πλευρά είναι καθόλα ανοικτή με μεγάλα παράθυρα και κοιτά τον Νότο. Η στέγη έχει κλίση λόγω του τραπέζοειδούς σχήματος και επίσης προεξέχει από την νότια πλευρά. Η κλίση βοηθά τις ακτίνες του ήλιου του χειμώνα να διαπερνούν στα εσωτερικά του σπιτιού από τον νότο, και η προεξοχή της στέγης εμποδίζει τον ζεστό ήλιο (όπου έχει υψηλότερη τροχιά σε σχέση με τον χειμώνα) να μπει και παραμένει δροσερό το εσωτερικό του. Οι τοίχοι αποτελούνται κυρίως από πέτρα και η στέγη είναι από κεραμίδια. Στην βόρεια πλευρά συνήθως υπήρχαν αειθαλή δέντρα, για να εμποδίζονται οι χειμωνιάτικοι άνεμοι. Στην δε νότια συνήθως υπήρχαν φυλλοβόλα, για να προσφέρουν την σκιά το καλοκαίρι και να μην εμποδίζουν τον ήλιο τον χειμώνα.



Μέρος της ιστοσελίδας αποτελεί και το πραγματικό πείραμα από απόσταση, όπου οι επισκέπτες της ιστοσελίδας μπορούν σε πραγματικό χρόνο να βλέπουν μακέτες σπιτιών εκτεθειμένες σε πραγματικές συνθήκες και να λαμβάνουν μετρήσεις θερμοκρασίας εντός και εκτός των μακετών καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας, σε διάφορες εποχές του χρόνου. Με αυτόν τον τρόπο και ανάλογα με τη μακέτα που είναι συνδεδεμένη στην εργαστηριακή διάταξη, όπως τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν, σχέδιο μακέτας, καιρικές συνθήκες, ο επισκέπτης της ιστοσελίδας μπορεί να λάβει, να επεξεργαστεί αυτές τις μετρήσεις, να αναλύσει τα αποτελέσματα και να βγάλει χρήσιμα συμπεράσματα για τους παράγοντες που επηρεάζουν την εσωτερική θερμοκρασία ενός σπιτιού (εικόνα 5).

Εικόνα 5: στιγμιότυπο ιστοσελίδας

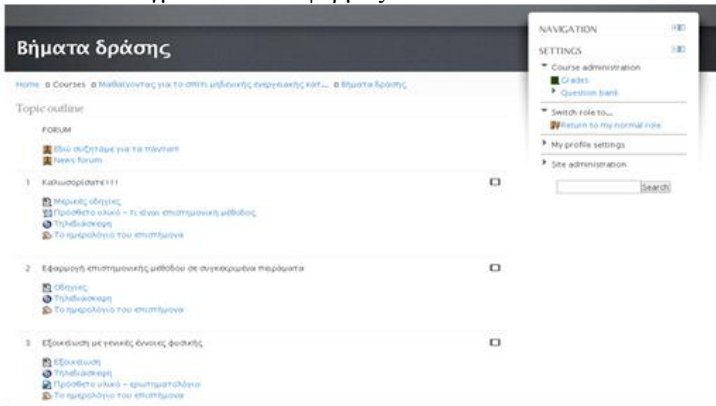


Το πείραμα αυτό, καθώς και τα περιεχόμενα του συνόλου της ιστοσελίδας, έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο και στην ερευνητική εργασία (στο δεύτερο κομμάτι της δράσης), στην οποία αναφέρεται και η περιγραφή του ακολουθεί.

Μελετώ το σχολείο μου ως κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

Το δεύτερο τμήμα αφορά την ερευνητική εργασία με θέμα «Μελετώ το σχολείο μου ως σπίτι μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης». Η εργασία αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε μαθητές γυμνασίου και λυκείου, στο πλαίσιο της Ερευνητικής Εργασίας (project) ή Περιβαλλοντικού Προγράμματος. Ενδεικτικές προτάσεις για τα βήματα της εργασίας αυτής έχουν φιλοξενηθεί σε μία πλατφόρμα σύγχρονης και ασύγχρονης εκπαίδευσης (εικόνα 6), τα οποία οι εκπαιδευτικοί μπορούν να ακολουθήσουν ή από όπου μπορούν να πάρουν ό,τι θεωρούν χρήσιμο για τη δική τους εκπαιδευτική διαδικασία.

Εικόνα 6: στιγμιότυπο πλατφόρμας



ΕΙΜΑΣΤΕ ΕΤΟΙΜΟΙ ΝΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΤΟΥΜΕ;::



Είμαστε πλέον έτοιμοι να εφαρμόσουμε την επιστημονική μέθοδο και γίνουμε και εμείς λίγο επιστήμονες! Οι δραστηριότητες που προτείνουμε είναι οι εξής:

ΥΛΙΚΑ:
Πλαστικά ποτήρια, ποτήρια από φουζόλ, ποτήρια γυαλίνο (ίσου πάχους μεγέθους (προαιρετικά) καθώς και όποιο άλλο ποτήρι εσείς επιθυμείτε(περιμενόμε προτάσεις!) και θερμομετρα που μπορούν να μετρούν υψηλές θερμοκρασίες νερό και η δυνατότητα να βράσουμε το νερό

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1:

1. Βράζουμε ή ζεσταίνουμε μία μεγάλη ποσότητα νερό και τοποθετούμε ίση ποσότητα νερού σε ένα πλαστικό ποτήρι, σε ένα ποτήρι από φουζόλ, στο άλλο ποτήρι που εσείς επιθυμείτε και ένα ποτήρι που έχω δύο ποτήρια φουζόλ (το ένα μέσα στο άλλο), όπως φαίνεται στην εικόνα από κάτω:



- 2.
3. Τι προβλέπουμε ότι θα γίνει εάν μετρήσουμε τις θερμοκρασίες του νερού κάθε ποτηριού;
4. Μετρούμε τις θερμοκρασίες του νερού σε κάθε ποτήρι έστω κάθε δύο λεπτά μέχρις ύψου σταθεροποιηθεί περίπου στην θερμοκρασία δωματίου.
5. Σχεδιάζουμε ένα διάγραμμα όπου έχουμε όλες τις κομψύλες θερμοκρασιών όλων των ποτηριών μας.
6. Τι παρατηρούμε και τι συμπεραίνουμε.Επισημαίνουμε η πρόβλεψή μας. Γιατί;
7. Την διαδικασία όλη καθώς και τα αποτελέσματα αλλά και τα συμπεράσματα τα καταγράφουμε στο ημερολόγιο του επιστήμονα.

Η δράση θεματικά, αλλά και η δημιουργία και η προετοιμασία όλων των εργαλείων που χρειάζονται οι μαθητές έχουν δημιουργηθεί από την ομάδα e-science του Τμήματος Φυσικής του ΑΠΘ. Μέσω της δυνατότητας των τηλεδιασκέψεων που παρέχει η πλατφόρμα, είναι δυνατό να αλληλεπιδράσουν με μαθητές και εκπαιδευτικούς καθ' όλη τη διάρκεια της διενέργειάς του.

Η πλατφόρμα τηλεκπαίδευσης λειτουργεί με πολλαπλό τρόπο:

- Οι εκπαιδευτικοί κυρίως, και οι μαθητές δευτερευόντως, έχουν τη δυνατότητα, οποιαδήποτε χρονική στιγμή, να συμβουλευόνται τα βήματα δράσης που έχουν δημιουργηθεί και καλούνται να ακολουθούν στις εβδομαδιαίες συναντήσεις τους.
- Σε κάθε βήμα δράσης υπάρχουν οδηγίες - αποστολές, πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό και η δυνατότητα να “ανεβάζουν” σε ηλεκτρονική μορφή το ημερολόγιο

του επιστήμονα - τα πρακτικά κάθε συνάντησης. Τα πρακτικά της συνάντησης είναι μία περιγραφή των σκέψεων, υποθέσεων, συμπερασμάτων κάθε ομάδας και βέβαια των βημάτων που ακολούθησαν για να ολοκληρώσουν το στόχο της εβδομάδας.

- Μέσω της πλατφόρμας υπάρχει η δυνατότητα τηλεδιασκέψεων μεταξύ της ομάδας e-science και του σχολείου, που μπορούν να πραγματοποιούνται στο πλαίσιο της εβδομαδιαίας συνάντησης, για παρακολούθηση της διαδικασίας, καθοδήγηση και συζήτηση με τους μαθητές.
- Πέρα από τη σύγχρονη επικοινωνία με τους μαθητές που αναφέρθηκε παραπάνω, υπάρχει και η δυνατότητα ασύγχρονης επικοινωνίας μέσω forum που έχει δημιουργηθεί στην πλατφόρμα τηλεκπαίδευσης, όπου μπορούν καθ' όλη τη διάρκεια των εβδομάδων να συζητούν με την ομάδα e-science, αλλά και μεταξύ τους, είτε οι ομάδες του ίδιου σχολείου είτε τα διαφορετικά σχολεία που συμμετέχουν μεταξύ τους, για όποιο θέμα προκύψει κατά την πραγματοποίηση της δράσης.

Η πλατφόρμα βασίζεται σε προβληματοκεντρικές εκπαιδευτικές μεθόδους (Problem Oriented Project Based Learning methods – POPBL methods) ομαδοσυνεργατικής διερεύνησης και αποτελεί βασικό εργαλείο των μαθητών/τριών, διαθέτοντας αναλυτικό υλικό για τους εβδομαδιαίους στόχους.

Οι μαθητές καλούνται να σκεφτούν επιστημονικά και να διερευνήσουν σταδιακά το πρόβλημα που τους δόθηκε:

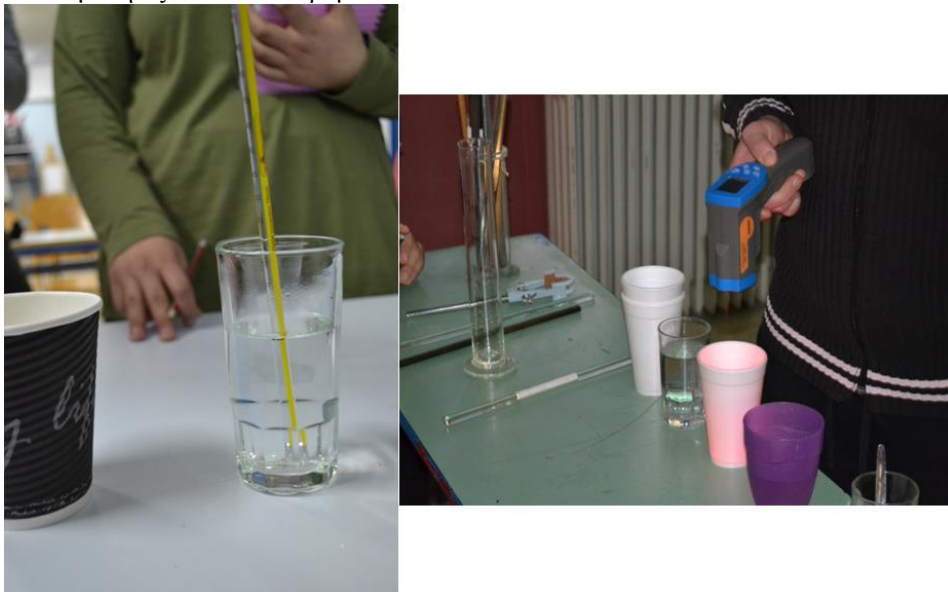
- ορίζουν ποιες είναι οι λέξεις κλειδιά της έρευνάς τους (παθητικά σπίτια, ενεργειακά σπίτια, σπίτια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης κτλ) και αρχικά συλλέγουν πληροφορίες για να κατανοήσουν τις έννοιες και να πληροφορηθούν για τις σύγχρονες προσεγγίσεις στο θέμα αυτό (State of the Art).
- αποφασίζουν ποια είναι τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσουν, ώστε να μελετήσουν το σχολείο τους ως κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης:
 - δημιουργούν ένα σκαρίφημα του κτιρίου του σχολείου τους και το μελετούν σε σχέση με τους παράγοντες που επηρεάζουν ένα κτίριο μηδενικής κατανάλωσης (π.χ. προσανατολισμό, ηλιασμό, ηλιοπροστασία, κλπ)
 - κατασκευάζουν υπό κατάλληλη κλίμακα μία μακέτα του σχολείου τους. Αυτό έχει σημασία, γιατί μέσα από την αποτύπωση του κτιρίου παρατηρούν τον προσανατολισμό, το πάχος των τοίχων, την μονή ή διπλή υάλωση των παραθύρων, την ποιότητα των κουφωμάτων, τον ηλιασμό ή ηλιοπροστασία που έχει το κτίριο κλπ και μαθαίνουν για τη σημασία αυτών των παραγόντων πχ. συγκρίνοντας δύο αίθουσες με διαφορετικό προσανατολισμό μια ηλιόλουστη χειμωνιάτικη μέρα μπορούν να παρατηρήσουν μεγάλη διαφορά στη θερμική άνεση ανάμεσα στις δύο αίθουσες..
 - αποστέλλουν την μακέτα στην ερευνητική ομάδα για να τοποθετηθεί στο πραγματικό εξ αποστάσεως εργαστήριο, όπου και θα έχουν όλοι τη

δυνατότητα από τον προσωπικό τους υπολογιστή να συλλέγουν μετρήσεις θερμοκρασίας (εντός και εκτός της μακέτας) κατά τη διάρκεια του 24ώρου. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να παρατηρήσουν την αλλαγή της θερμοκρασίας μέσα στο 24ωρο. Φυσικά οι μετρήσεις της μεταβολής της θερμοκρασίας μέσα στη μακέτα δεν μπορούν σε καμιά περίπτωση να αποδώσουν την πραγματική συμπεριφορά του κτιρίου, ακόμη και αν ήταν κατασκευασμένη ως απόλυτα πιστό αντίγραφο του πραγματικού κτιρίου, δηλ αν χρησιμοποιούσαν πετρούλες για την κατασκευή πέτρινου τοίχου και θραύσματα τούβλων ή πηλό για τους τοίχους από τούβλο, γιατί στην μικρή κατασκευή δεν αποδίδονται οι θερμικές συμπεριφορές της πέτρας και του τούβλου, δηλαδή η μεγάλη θερμοχωρητικότητα τους που οφείλεται ακριβώς στην μεγάλη μάζα τους. Επιπλέον, η αναλογία επιφάνειας προς όγκο, αλλά και πολλές άλλες ιδιότητες αλλάζουν όταν αλλάξει η κλίμακα. Για το λόγο αυτό ξεκαθαρίζουμε στα παιδιά ότι η μακέτα κατασκευάζεται ως αφορμή για να κατανοηθεί το κτίσμα. Επιπλέον, ακόμη και αν έκαναν μετρήσεις στο πραγματικό κτίριο, θα έβρισκαν μεγάλες διαφοροποιήσεις στις αίθουσες ανάλογα με τον προσανατολισμό τους, την κατασκευή, τον όροφο, τον ηλιασμό, την παρουσία ανθρώπων, κλπ, που θα καθιστούσαν δύσκολη την ερμηνεία των μετρήσεων. Για το λόγο αυτό, οι μετρήσεις της μακέτας, παρέχουν ενδεικτικές τιμές για τις διαφορές της θερμοκρασίας μέρα/νύχτα, χειμώνα/άνοιξη/καλοκαίρι, κλπ και να χρησιμοποιηθούν με σκοπό να επισημανθούν τα προβλήματα και να προσπαθήσουν οι μαθητές να προτείνουν λύσεις σε αυτά, δηλαδή να προτείνουν τρόπους για να βελτιώσουν τη θερμική άνεση που θα αισθανθούν οι χρήστες του κτιρίου.

- ο συλλέγουν τις μετρήσεις, αναλύουν τα αποτελέσματα και ολοκληρώνουν την εργασία τους με μία γραπτή αναφορά των βημάτων που ακολούθησαν, των μετρήσεων που κατέγραψαν και φυσικά των συμπερασμάτων που έβγαλαν και των βελτιώσεων που προτείνουν.

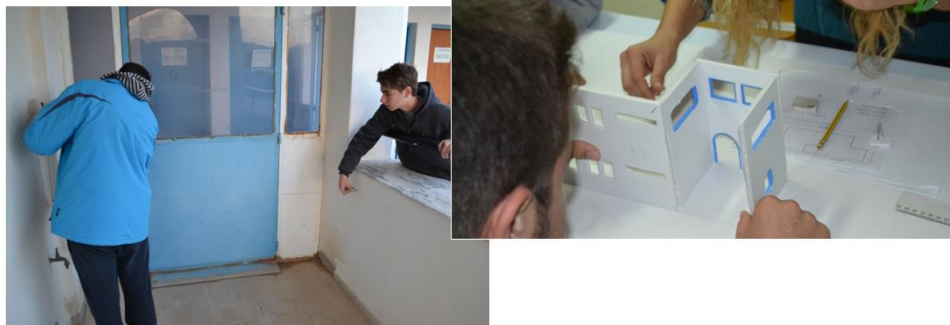
Έτσι λοιπόν, η Ερευνητική Εργασία ξεκινά με την επεξήγηση του επιστημονικού τρόπου σκέψης και την εφαρμογή του σε κάποια σενάρια (πειράματα με καθημερινά υλικά που αφορούν τη θερμότητα, εικόνα 7). Ακολουθεί η σταδιακή διερεύνηση του θέματος της Ερευνητικής Εργασίας: οι μαθητές συμπληρώνοντας ένα ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις που σχετίζεται με την καθημερινή τους ζωή, έρχονται σε επαφή με τις έννοιες της θερμότητας, της μεταφοράς και αποθήκευσής της κτλ.

Εικόνα 7: μαθητές εκτελούν πειράματα



Για το ίδιο θέμα, τους προτείνεται να χρησιμοποιήσουν τις αντίστοιχες προσομοιώσεις που φιλοξενούνται στην ιστοσελίδα μας και να προβλέψουν κάποιες καταστάσεις. Αφού εξοικειωθούν με τις έννοιες αυτές, ακολουθεί διερεύνηση των εννοιών παθητικό σπίτι και σπίτι μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης και μετά καλούνται να χρησιμοποιήσουν τα φύλλα εργασίας που έχουν ετοιμαστεί για τις προσομοιώσεις μοντέλων σπιτιών που φιλοξενούνται στη σελίδα και έχουν στόχο τη σταδιακή μελέτη των παραγόντων που επηρεάζουν την εσωτερική θερμοκρασία ενός σπιτιού. Ακολουθεί η δημιουργία πρόχειρου σχεδίου του σχολείου, σκαρίφημα κάτοψης με διαστάσεις και φωτογραφίες, που θα αποσταλούν στην ομάδα e-science, για την κατασκευή των σχεδίων της μακέτας.

Εικόνα 8: στιγμιότυπα από μέτρηση σχολείου και κατασκευή μακέτας



Το επόμενο βήμα είναι η κατασκευή της μακέτας (εικόνα 8) με υποδείξεις από την ομάδα μας και ύστερα πλοήγηση στο εξ αποστάσεως πραγματικό πείραμα για τη μέτρηση και καταγραφή θερμοκρασιών εντός και εκτός μακέτας σε διαφορετικές χρονικές στιγμές (δημιουργία γραφικών παραστάσεων κτλ) και βέβαια τη μελέτη και ανάλυση των μετρήσεων, την εξαγωγή συμπερασμάτων και το κυριότερο προτάσεις βελτίωσης της θερμικής συμπεριφοράς του σχολείου. Τα σχολεία που συμμετέχουν θα καταθέσουν μία ολοκληρωμένη εργασία, καθώς και τα πρακτικά κάθε συνάντησής τους (τα ημερολόγια του επιστήμονα)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η δράση βρίσκεται σε εξέλιξη. Έχει εφαρμοστεί ήδη σε σχολεία απομακρυσμένων περιοχών αλλά και της Θεσσαλονίκης. Σε ερευνητικό επίπεδο, οι μαθητές συμπληρώνουν στην αρχή και στο τέλος της εργασίας ερωτηματολόγιο σχετικό με την καθημερινότητά με θέματα που αφορούν τη θερμότητα και τις ιδιότητές της που θα μελετηθούν. Επίσης μελετάμε τα πρακτικά που μας αποστέλλονται, κυρίως ως προς τον τρόπο δόμησης της σκέψης των μαθητών και τον τρόπο που χρησιμοποιούν για να εκφράσουν έννοιες της Φυσικής και να εξηγήσουν τις θέσεις τους. Τέλος, όλο το σενάριο, και η επιλογή θέματος και εργαλείων, αξιολογούνται ποιοτικά από τους εκπαιδευτικούς που συντονίζουν την Ερευνητική Εργασία. Η έρευνα είναι υπό εξέλιξη, για αυτόν τον λόγο δεν μπορούμε να δημοσιοποιήσουμε ποσοτικά αποτελέσματα

Ποιοτικά όμως μπορεί να αναφερθεί ότι από την ανάλυση των πρώτων ερωτηματολογίων φαίνεται οι μαθητές να έχουν βιώματα από την καθημερινή τους ζωή που συνδέονται με θέματα μεταφοράς ενέργειας - θερμότητας, να αντιλαμβάνονται έννοιες όπως η θερμομόνωση, αλλά δυσκολεύονται να διατυπώσουν σωστά την εξήγηση των φαινομένων που σχετίζονται με αυτά. Αν και οι μαθητές/τριες είναι εξοικειωμένοι/ες σε ικανοποιητικό βαθμό με θέματα από την καθημερινή τους ζωή, δυσκολεύονται να

κάνουν την αναγωγή σε θέματα που σχετίζονται με τη θερμική συμπεριφορά των κτιρίων. Έχει παρατηρηθεί θετική ανάδραση από τους μαθητές μετά την πραγματοποίηση της Ερευνητικής Εργασίας ως προς την εξοικείωση με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, αλλά και θέματα που σχετίζονται με την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων. Από τη μεριά των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν εκφράστηκαν οι εξής απόψεις: βρήκαν την πλατφόρμα τηλεκπαίδευσης εξαιρετικά χρήσιμη, και την επιλογή του θέματος, των πειραμάτων και των εργαλείων αφορμές, όχι μόνο για να συζητήσουν με τους μαθητές για το θέμα αυτό, αλλά και για βασικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν μέσα στην τάξη, όπως παρανοήσεις των εννοιών θερμότητα και θερμοκρασία, ότι η θερμότητα είναι ενέργεια, κλπ. Βοηθήθηκαν στην εξήγηση των διαγραμμάτων στους μαθητές, ιδίως, όπως επισήμαναν, τόσο για τον τρόπο κατασκευής όσο και για τα συμπεράσματα που βγαίνουν από αυτά. Γενικά θεωρήθηκε από όλους τους συμμετέχοντες, εκπαιδευτικούς και μαθητές μια πολύ χρήσιμη και σημαντική εμπειρία και μία ουσιαστική και εποικοδομητική συνεργασία δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε για την πολύτιμη βοήθειά τους, τους μαθητές του Γυμνασίου – Λυκειακών Τάξεων Λειψών, την διευθύντρια του αναφερθέντος σχολείου Σοφία Χάιτα και τους καθηγητές Φυσικής Σοφία Κουτσουμπέη και Γιάννη Πάντο, τους μαθητές του 7ου ΕΠΑΛ Θεσσαλονίκης, τους μαθητές του 1ου Πρότυπου Πειραματικού Λυκείου Θεσσαλονίκης «Μ. Ανδρόνικος», τον διευθυντή Στυλιανό Φριλίγκο και τους καθηγητές Φυσικής Κλαίρη Αχιλλέως και Σταύρο Παπαδόπουλο και τέλος τους μαθητές του Λυκείου Κονίστρων και τον καθηγητή Φυσικής Θεοδώρου Ευάγγελο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- DeBoer G. (2000). Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform, *Journal Of Research In Science Teaching*, 37 (6), 582 – 601.
- Haste H. (2009). What is ‘competence’ and how should education incorporate new technology’s tools to generate ‘competent civil agents’, *The Curriculum Journal*, 20 (3), 207–223.
- Hoic-Bozic N. (2009). A Blended Learning Approach to Course Design and Implementation, *IEEE Transactions On Education*, 52 (1), 19 – 30.
- Kirschner P. A. & Erkens G. (2006). Cognitive tools and mindtools for collaborative learning, *Journal of Educational Computing Research*, 35, 199-209.
- Lawson E. A.(2009). Basic Inferences of Scientific Reasoning, Argumentation, and Discovery, *Wiley Periodicals Inc Science Education*, 94, 336-364.
- Lehmann M. ,Christensen P., Du X.& Thrane M. (2008). Problem-oriented and project-based learning (POPBL) as an innovative learning strategy for sustainable development in engineering education, *European Journal of Engineering Education*, 33 (3), 283–295.

- Roth W. M. (1994). Experimenting in a constructivist high school physical laboratory, *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 197-213.
- OECD (2014). PISA 2012 Results: Creative Problem Solving: Students' Skills in Tackling Real-Life Problems (Volume V), *PISA, OECD Publishing*. ISBN 978-92-64-20807-0.
- Χαραλάμπους Μ. (2010). Οι «ικανότητες – κλειδιά» και η καλλιέργεια τους μέσω της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. *Διδακτορική διατριβή*, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Μια βαλίτσα με ... ιδέες

Γεωργία Δούβλη

Δ/ντρια 19^{ου} Δημοτικού Σχολείου Θεσ/νίκης
geodouvli@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ιδέα της βαλίτσας γεννήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος «Εκπαίδευση Παιδιών Ρομά» στις Περιφέρειες Κεντρικής Μακεδονίας, Δυτικής Μακεδονίας, Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Έχοντας δεδομένη την διδακτική «ύλη» για το νηπιαγωγείο και τις Α' και Β' τάξεις του Δημοτικού σχολείου, προσπαθήσαμε να βρούμε τρόπους και τεχνικές που θα έκαναν πιο προσιτά τα Μαθηματικά. Έτσι, δημιουργήθηκε η Βαλίτσα αυτή η οποία «είναι γεμάτη» ιδέες, αλλά και υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ή και άλλα που γεννήθηκαν ως προτάσεις χωρίς να προλάβουν να εφαρμοστούν στην πράξη.

Το υλικό της βαλίτσας βασίζεται στο αναλυτικό Πρόγραμμα του Νηπιαγωγείου και στην ύλη των βιβλίων της Α' και Β' τάξης του Δημοτικού και λειτουργεί συμπληρωματικά ως προς αυτά. Περιέχει έναν οδηγό όπου υπάρχουν αναλυτικές οδηγίες για το υλικό και πώς αυτό πρέπει να παραχθεί, καθώς επίσης και επεξηγηματικές οδηγίες για κάθε δραστηριότητα. Στην αρχή κάθε οδηγού γίνεται αναφορά στις ενότητες των βιβλίων με τις οποίες συνδέονται οι δραστηριότητες. Οι οδηγοί λειτουργούν συμπληρωματικά ως προς την ύλη του σχολικού εγχειριδίου. Μέσα στη βαλίτσα κάθε οδηγός συνοδεύεται κι από το αντίστοιχο παιδαγωγικό υλικό (καρτέλες, χάρτες, πίνακες ζωγραφικής, επιτραπέζια παιχνίδια κτλ.).

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Μαθηματικά, εκπαιδευτικό υλικό, πρώτη σχολική ηλικία, παιδιά Ρομά.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκπαίδευση των παιδιών Ρομά αποτέλεσε στο παρελθόν και συνεχίζει να αποτελεί και στο παρόν ένα μεγάλο στοίχημα για την εκπαιδευτική κοινότητα. Τα υψηλά ποσοστά αναλφαβητισμού που παρουσιάζουν οι Ρομά και έχουν καταγραφεί τα προηγούμενα χρόνια, καθώς και η συνέχιση του φαινομένου υψηλών ποσοστών σχολικής διαρροής και σχολικής αποτυχίας δημιούργησαν την αναγκαιότητα για οργάνωση και υλοποίηση ειδικών προγραμμάτων παρέμβασης.

Στο πλαίσιο αυτών των παρεμβάσεων υλοποιείται από το Σεπτέμβριο του 2010 το πρόγραμμα «Εκπαίδευση παιδιών Ρομά στις περιφέρειες Κεντρικής Μακεδονίας, Δυτικής Μακεδονίας, Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης». Κύριος στόχος του προγράμματος είναι η ενίσχυση της πρόσβασης, της τακτικής φοίτησης και της προόδου

των παιδιών Ρομά στο σχολείο μέσα από μια σαφή ενταξιακή κατεύθυνση, δηλαδή με όρους ισότιμης, ποιοτικής και δίκαιης συμμετοχής τους στη σχολική ζωή. Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου επιλέχτηκε ως κύρια περιοχή παρέμβασης το εκπαιδευτικό σύστημα, καθώς ένα εκπαιδευτικό σύστημα μπορεί να λειτουργεί τόσο ως παράγοντας κοινωνικής και πολιτισμικής ένταξης παιδιών ειδικών ομάδων και μειονοτήτων όσο και ως ισχυρός μηχανισμός αποκλεισμού (Τρέσσου, 2010).

Μια από τις βασικές δράσεις του Προγράμματος είχε ως αντικείμενο την παράλληλη στήριξη παιδιών προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης δράσης οι εκπαιδευτικοί της παράλληλης στήριξης, ως δεύτεροι εκπαιδευτικοί, σε συνεργασία με τον/την εκπαιδευτικό της τάξης προσπάθησαν να βρουν μια κοινή συνισταμένη με στόχο τη διαφοροποίηση της «τυπικής διδασκαλίας», ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες όλων των παιδιών της τάξης (Ρομά και μη Ρομά) και ταυτόχρονα να στηρίζεται η ισότιμη συμμετοχή των παιδιών Ρομά στην εκπαιδευτική διαδικασία. Προέκυψε έτσι η ανάγκη, αφενός να αξιοποιηθεί η εμπειρία των εκπαιδευτικών της παράλληλης στήριξης στα δυο χρόνια εφαρμογής της και αφετέρου να παραχθεί ένα εκπαιδευτικό υλικό που θα συμβάλλει στην εφαρμογή διαφοροποιημένης διδασκαλίας και από άλλους εκπαιδευτικούς.

Με τον όρο «εκπαιδευτικό υλικό» θεωρούμε τα υλικά εκείνα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από κάθε εκπαιδευτικό για να εμπλουτίσουν, να διευκολύνουν ή και να ενισχύσουν τη διδασκαλία των γνωστικών αντικειμένων, και στην περίπτωση μας των Μαθηματικών, καθώς επίσης και για να τονώσουν το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών. Σύμφωνα με τους Ahmed, Clark-Jeavons & Oldknow (2004), τα εκπαιδευτικά υλικά αποτελούν σημαντικό στοιχείο μιας ποιοτικής μαθηματικής εκπαίδευσης. Τα υλικά αυτά σχεδιάζονται για να βοηθήσουν τα παιδιά να κατανοήσουν τις αφηρημένες μαθηματικές έννοιες και λειτουργούν ως συστατικά στοιχεία παραγωγής νοημάτων και επικοινωνίας στην τάξη των Μαθηματικών. Δεν χρησιμοποιούνται απλά και μόνο ως μέσο παρουσίασης των μαθηματικών εννοιών και σχέσεων, αλλά αποτελούν μέρος του πλαισίου της εκπαιδευτικής διαδικασίας κατά την οποία, παιδιά και εκπαιδευτικός, διαπραγματεύονται τις διαφορετικές ερμηνείες καθώς εμπλέκονται στη λύση προβλημάτων. Στόχος των υλικών αυτών είναι η εξασφάλιση της δημιουργικής συμμετοχής του παιδιού στη διαδικασία της μάθησης με βάση τις δικές του ανάγκες και ερμηνείες.

Τα εκπαιδευτικά υλικά μπορούν να προέρχονται από την πραγματική ζωή, να είναι δηλαδή φυσικά χειροπιαστά αντικείμενα, εικόνες, σχήματα κλπ, να κατασκευάζονται ειδικά για το σκοπό αυτό ή να είναι παιχνίδια. Τα υλικά αυτά στην εκπαιδευτική διαδικασία έχουν ως στόχο να διευκολύνουν τη μάθηση και να βοηθούν τον/την εκπαιδευτικό να διαμορφώσει ένα δημιουργικό μαθησιακό περιβάλλον (Φλουρής, 1995). Συχνά, επίσης, χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση ιδεών και διαδικασιών.

Οι ερευνητές στην πλειοψηφία τους αναδεικνύουν την αξία των εκπαιδευτικών υλικών, ως υποστηρικτή και ως διευκολυντική στην ανάπτυξη νοητικών στρατηγικών μέσω της συγκεκριμενοποίησης της αφηρημένης φύσης των Μαθηματικών και ταυτόχρονα επισημαίνουν το σημαντικό ρόλο τους στην ανακάλυψη και έκφραση των

μαθηματικών σχέσεων (Ball, 1992; Stein & Bovalino, 2001; Moyer, 2001). Από τις έρευνες φαίνεται ότι τα εκπαιδευτικά υλικά υποστηρίζουν την επικοινωνία, διευκολύνουν τη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία και συντελούν στην ανάπτυξη στρατηγικών και δεξιοτήτων, στην καλλιέργεια θετικής στάσης και αυτοποεοποίησης, στην παροχή κινήτρου για ενασχόληση και συνεργασία (Mercer & Sams, 2006; Jacobs & Kusiak, 2006; Varol & Farran, 2006; Cass, Cates, Smith, & Jackson, 2003; Meira, 1998).

Η χρήση των υλικών αυτών από τα παιδιά μπορεί να τα βοηθήσει να κάνουν γενικεύσεις, να εξάγουν συμπεράσματα, να πραγματοποιήσουν συγκρίσεις μεταξύ των αισθητικών τους υποθέσεων και των αποτελεσμάτων που προέρχονται από μετρήσεις, όπως και να αναπτύξουν το αίσθημα της ανάγκης για αιτιολόγηση (Hadas & Argani, 1997). Επιπλέον, η δυνατότητα διάθεσης μιας ποικιλίας υλικών όπως και αναπαραστάσεων δίνει την ευκαιρία για εξατομικευμένη μάθηση, επειδή επιτρέπει στο/η μαθητή/τρια να εργαστεί ανάλογα με τις δυνατότητες και τις ανάγκες του/της (Clements, 1989).

Η χρήση του εκπαιδευτικού υλικού και οι αναπαραστάσεις θεωρείται ότι βοηθούν τους μαθητές και τις μαθήτριες να προσεγγίσουν και να κατανοήσουν ευκολότερα την προς διδασκαλία έννοια, καθώς τους βοηθούν να χτίσουν τα θεμέλια για μελλοντική χρήση των συμβόλων (Ambrose, 2002). Τα εκπαιδευτικά υλικά ως εργαλεία επικοινωνιακά, αφ' ενός βοηθούν στην επικοινωνία των ιδεών και αφ' ετέρου στην επικοινωνία των μαθητών/τριών που τα χρησιμοποιούν, ενώ παράλληλα αποτελούν ένα κοινωνικό περιβάλλον για την ανάπτυξη μαθηματικών συζητήσεων.

Η συχνότητα χρήσης των υλικών καθορίζεται συνήθως από την εκπαιδευτική βαθμίδα και την εμπειρία των εκπαιδευτικών (Manfreda Kolar & Hodnik Čadež, 2010). Στην προσχολική και πρώτη σχολική εκπαίδευση η χρήση των εκπαιδευτικών υλικών θεωρείται σχεδόν δεδομένη. Η Fennema (1972) ερεύνησε και υποστήριξε τη χρήση πολλών υλικών στις πρώτες τάξεις του σχολείου (Α', Β', Γ') και τα θεώρησε αναγκαία με μια σταδιακή μείωσή τους, καθώς οι μαθητές/τριες όσο μεγαλώνουν γίνονται πιο ικανοί να χειριστούν έννοιες με συμβολικό τρόπο. Άλλοι ερευνητές (Driscoll & Higgins όπως αναφέρεται από Kennedy, 1986:7; Suydam, 1984) υποστηρίζουν πως η χρήση των εκπαιδευτικών υλικών είναι αναγκαία και στις μεγαλύτερες τάξεις, καθώς πιστεύουν ότι οι μαθηματικές έννοιες και αυτών των τάξεων είναι το ίδιο αφηρημένες και δυσκολονόητες, όσο κι αυτές των πρώτων επιπέδων.

Αν και τα εκπαιδευτικά υλικά φαίνεται ότι θεωρούνται σημαντικά βοηθήματα στην οργάνωση και εξέλιξη της μαθηματικής δραστηριότητας στη σχολική τάξη, υπάρχουν ωστόσο και αντίθετες απόψεις που αφορούν κυρίως στον τρόπο που αυτά μπορούν να διευκολύνουν τη μάθηση των Μαθηματικών και τίθενται ερωτήματα για το αν είναι ικανά από μόνο τους να προάγουν τη μαθηματική γνώση και να συντελέσουν στην ανάπτυξη της μαθηματικής σκέψης των μαθητών/τριών (Bauersfeld, 1995; Roberts, 2007). Πολλοί ερευνητές (Ball, 1992; Clements, 1999) επισημαίνουν ότι τα εκπαιδευτικά υλικά από τη φύση τους δεν μεταφέρουν την έννοια της μαθηματικής ιδέας, ούτε θεωρείται αυτονόητο ότι η μάθηση θα προκύψει απλά από τη χρήση τους. Ο Cobb (1991) υποστηρίζει ότι τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην τάξη μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο ώστε να μάθουν τα παιδιά με κατανόηση, αλλά οι τρόποι που τα παιδιά θα δράσουν

με τα υλικά και οι ερμηνείες που θα δώσουν εξαρτώνται τόσο από τον/την εκπαιδευτικό όσο και από του/τις μαθητές/τριες. Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο που καθορίζει τον τρόπο χρήσης των υλικών είναι και η διδακτική πρακτική που υιοθετούν οι εκπαιδευτικοί στην τάξη (Moyer & Jones, 2004; Parada & Sacristán, 2010). Το εκπαιδευτικό υλικό από μόνο του δεν μπορεί να οδηγήσει τα παιδιά στην ανακάλυψη και κατανόηση των μαθηματικών εννοιών αλλά δρα ως ένα εργαλείο για τη δημιουργία ενός μαθησιακού περιβάλλοντος, όπου οι μαθητές/τριες ενεργούν και οικοδομούν τη μαθηματική γνώση. Τα υλικά δεν κρύβουν τη μαθηματική δομή που οι μαθητές και οι μαθήτριες πρέπει να κατανοήσουν. Αντίθετα τα παιδιά μέσα από την αλληλεπίδραση μεταξύ τους, με τον εκπαιδευτικό και με την όλη δραστηριότητα, εκφράζουν τις ιδέες τους και τις σημασίες που αποδίδουν στις μαθηματικές τους ενασχολήσεις (Pirie & Kieren, 1992; Cobb, Yackel & Wood, 1992). Το εκπαιδευτικό υλικό, δηλαδή, αποκτάει την πραγματική του σημασία, όταν οι μαθητές και οι μαθήτριες το ερμηνεύουν ενεργητικά μέσα σε μια αυθεντική μαθηματική επικοινωνία, στο κοινωνικό πλαίσιο της τάξης, καθώς δεν χρησιμοποιείται απλά σαν μέσο για την παρουσίαση άμεσα κατανοητών μαθηματικών σχέσεων, αλλά γίνεται στοιχείο μιας μαθηματικής διαδικασίας, όπου εκπαιδευτικός και παιδιά με λεπτομέρεια διαπραγματεύονται τις διαφορετικές τους ερμηνείες.

Το εκπαιδευτικό υλικό της Βαλίτσας.

Η παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού, για οποιαδήποτε βαθμίδα της εκπαίδευσης δεν είναι μια εύκολη υπόθεση. Προϋποθέτει

- πολύ καλή επιστημονική κατάρτιση στο αντικείμενο για το οποίο σχεδιάζεται το υλικό,
- σαφείς και συγκεκριμένους στόχους, οι οποίοι θα επιτευχθούν με αυτό,
- αντιστοιχία με τους σκοπούς και τους στόχους του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών των τάξεων στις οποίες απευθύνεται καθώς και το πλαίσιο διδασκαλίας και μάθησης των συγκεκριμένων τάξεων,
- αντιστοιχία με το γνωστικό επίπεδο των μαθητών και των μαθητριών,
- σαφή γνώση των γλωσσικών, γνωστικών και πολιτισμικών ιδιαιτεροτήτων των μαθητών/τριών για τους οποίους προορίζεται,
- καλή γνώση των τρόπων χρήσης, των δυνατοτήτων και των ορίων των εκπαιδευτικών υλικών αλλά και της πλαισίωσής τους από ενδιαφέρουσες καταστάσεις προβληματισμού,
- συστηματική μελέτη της ύλης των σχολικών εγχειριδίων ώστε το εκπαιδευτικό υλικό να είναι προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις του αναλυτικού προγράμματος αλλά και να διαφοροποιείται ποικιλότροπα από αυτό, ως προς τη δομή, το περιεχόμενο αλλά και τον τρόπο παρουσίασης.

Επιπρόσθετα, το εκπαιδευτικό υλικό για την τάξη των Μαθηματικών πρέπει να εξασφαλίζει την ενθάρρυνση μαθηματικών διαδικασιών, τη ανάπτυξη μαθηματικών ικανοτήτων, την προσέγγιση μεγάλης ποικιλίας ασκήσεων και προβλημάτων, την αισθητική και, οπωσδήποτε, την ανάπτυξη δημιουργικότητας και ευχαρίστησης από την ενασχόληση με τα Μαθηματικά.

Σύμφωνα με τους Clements & McMillen, (1996) τα εκπαιδευτικά υλικά,

- δεν αρκεί να τα δείχνει ο/η εκπαιδευτικός στους μαθητές/τριες, αλλά πρέπει να απευθύνονται σ' αυτούς με την προοπτική να τα χρησιμοποιούν μόνοι τους,
- τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να αναδεικνύουν τις ανεπίσημες απόψεις των μαθητών/τριών και όχι να δίνουν έτοιμες μαθηματικές έννοιες,
- τα υλικά που επιλέγονται, καλό είναι να έχουν όσο γίνεται περισσότερες εφαρμογές, να εξυπηρετούν όχι ένα, αλλά πολλά θέματα, χωρίς βέβαια να αποκλείονται αυτά που ο προορισμός τους είναι συγκεκριμένος,
- η παρουσίαση μιας συγκεκριμένης μαθηματικής έννοιας να γίνεται με ένα ή και περισσότερα υλικά.

Το βασικό χαρακτηριστικό ενός εκπαιδευτικού υλικού είναι η διδακτική και μαθησιακή του αποτελεσματικότητα. Πέρα όμως από το περιεχόμενο, τη μεθοδολογία και τους στόχους του που διαμορφώνονται ανάλογα με την περίπτωση, είναι σημαντικό να είναι ελκυστικό και κυρίως φιλικό προς το χρήστη του. Για το λόγο αυτό προσπαθήσαμε το υλικό της *Βαλίτσας* να είναι εύχρηστο και κατανοητό, ευέλικτο, ευπροσάρμοστο, να έχει εύληπτα, σαφή, επεξηγηματικά και φιλικά σχήματα, κείμενα και συνοδευτικά στοιχεία και τέλος να έχει χαμηλό κόστος κατασκευής και χρήσης.

Η ιδέα της βαλίτσας γεννήθηκε, όπως προαναφέραμε, από την ανάγκη να παραχθεί ένα υλικό που θα συμβάλλει στην εφαρμογή διαφοροποιημένης διδασκαλίας από το νηπιαγωγείο ως τη Β' τάξη του δημοτικού σχολείου τόσο στις τάξεις με παιδιά Ρομά στο πλαίσιο του προγράμματος όσο και σε οποιαδήποτε άλλη τάξη. Εκ των πραγμάτων, προέκυψε η αναγκαιότητα εφαρμογής εναλλακτικών μορφών διδασκαλίας. Ως αποτέλεσμα, οι εκπαιδευτικοί της παράλληλης στήριξης επιχείρησαν να δοκιμάσουν τεχνικές, να πειραματιστούν, να ανακαλύψουν, να απορρίψουν, παρατηρώντας πάντα την ανταπόκριση των μαθητών/τριών τους. Η διδακτική αυτή εμπειρία αποτυπώνεται στο εκπαιδευτικό υλικό της *Βαλίτσας*, το οποίο βρίσκεται στην ιστοσελίδα του προγράμματος (www.roma.eled.auth.gr).

Έχοντας δεδομένη τη διδακτική «ύλη» για το νηπιαγωγείο, την Α' και Β' τάξη του Δημοτικού Σχολείου, προσπαθήσαμε να βρούμε τρόπους και τεχνικές που θα έκαναν πιο προσιτά τα Μαθηματικά σε όλα τα παιδιά. Η *Βαλίτσα* αυτή «είναι γεμάτη» ιδέες, αλλά και υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ή και άλλα που γεννήθηκαν ως προτάσεις χωρίς να προλάβουν να εφαρμοστούν στην πράξη.

Πιο συγκεκριμένα σε ότι αφορά στο νηπιαγωγείο, η Βαλίτσα περιλαμβάνει δώδεκα οδηγούς με το αντίστοιχο υλικό για τον καθένα που αφορούν συγκεκριμένες θεματικές (διατροφή, έντομα, εαυτός- συναισθήματα, καιρός, κανόνες συμπεριφοράς, κυκλοφοριακή αγωγή, νερό, πεταλούδα, φυτά και τέλος χρώματα και σχήματα), οι οποίες αναπτύχθηκαν με βάση το αναλυτικό πρόγραμμα του νηπιαγωγείου. Ωστόσο θεωρούμε ότι οι συγκεκριμένοι οδηγοί (που τυπικά απευθύνονται στο νηπιαγωγείο) είναι κατάλληλοι τόσο για τις πρώτες τάξεις του δημοτικού στα πλαίσια της Μελέτης Περιβάλλοντος, της Ευέλικτης ζώνης ή στην εκπόνηση μικρών ερευνητικών σχεδίων εργασίας, όσο και για τις τάξεις υποδοχής. Με το συγκεκριμένο υλικό καλύπτονται γλωσσικοί και μαθηματικοί στόχοι. Έτσι, για παράδειγμα σε ότι αφορά στα Μαθηματικά

στη θεματική για τα έντομα τα παιδιά εκτελούν απλές μαθηματικές πράξεις (επιτραπέζιο παιχνίδι τύπου φιδάκι), οργανώνουν και επεκτείνουν τις γνώσεις τους σχετικά με τους αριθμούς (τοποθέτηση ποδιών στην πασχαλίτσα σύμφωνα με τους αριθμούς που απεικονίζονται σε καρτέλες, τοποθέτηση εντόμων σε στήλες, απαρίθμηση και γραφή του αντίστοιχου αριθμού, κ.ά.), αντιλαμβάνονται τη χρονική ακολουθία γεγονότων (συζήτηση που αφορά στα χρονικά γεγονότα που οδηγούν στην παραγωγή μελιού, στον κύκλο ζωής της πεταλούδας, κ.ά.).

Το υλικό του δημοτικού για τα Μαθηματικά (υπάρχει αντίστοιχο υλικό και για τη Γλώσσα των ίδιων τάξεων) βασίζεται στην ύλη των βιβλίων της Α΄ και Β΄ τάξης και λειτουργεί συμπληρωματικά ως προς αυτά και δεν έχει ως στόχο να τα υποκαταστήσει. Πιο συγκεκριμένα για την Α΄ τάξη το υλικό περιλαμβάνει είκοσι πέντε θεματικές και αντίστοιχο υλικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες ενότητες του εγχειριδίου και καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της ύλης της Α΄ τάξης του δημοτικού σχολείου (εκτός από τις μετρήσεις) όπως, την έννοια του αριθμού, πράξεις και συγκρίσεις αριθμών, συγκρίσεις μεγεθών, σύγκριση και εκτίμηση ποσοτήτων, γεωμετρικές έννοιες. Για όλες αυτές τις θεματικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικά κάθε φορά υλικά (για παράδειγμα για την έννοια του αριθμού υπάρχουν Flashcards, δαχτυλόκουκλες, κάρτες με κουκίδες, πλαίσια του 5 και του 10, κ.ά.) ανάλογα με τους στόχους, το επίπεδο των μαθητών και μαθητριών και τη δομή της διδασκαλίας.

Αντίστοιχα, για τη Β΄ τάξη το υλικό περιλαμβάνει δώδεκα θεματικές, που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες μαθηματικές έννοιες που διδάσκονται στην τάξη αυτή και αφορούν περισσότερα από ένα κεφάλαια των εγχειριδίων. Συγκεκριμένα, οι θεματικές αφορούν στις μετρήσεις (μέτρηση μήκους- βάρους – χρόνου), στη θεσιακή αξία ψηφίου, στα μοτίβα, στις γραφικές παραστάσεις, στον πολλαπλασιασμό- προπαίδια, προβλήματα και στο ευρώ.

Το περιεχόμενο της βαλίτσας αποτελείται από έναν οδηγό για τον/την εκπαιδευ-



Εικόνα 1: Ενδεικτικό υλικό Βαλίτσας

λογοτεχνικά κείμενα. Έτσι, στην ενότητα της Διατροφής τα παιδιά μπορούν να ασχολη-

τικό και αντίστοιχους φακέλους (εικόνα 1) με το υλικό κάθε θεματικής ενότητας. Στην εισαγωγή του οδηγού υπάρχει η ενότητα «επέκταση ιδεών» όπου προτείνονται κάποιες ιδέες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαθεματικές δράσεις και δίνονται πληροφορίες πώς μπορούν να αξιοποιηθούν στο μάθημα των Μαθηματικών. Τέτοιες προτάσεις αφορούν θέματα όπως τα επαγγέλματα, τη διατροφή, τον καιρό, το νερό, τα ταξίδια (ταξιδεύουμε παρέα), τα παιχνίδια (παίζουμε και διασκεδάζουμε) και δημιουργία μαθηματικών ιστοριών αξιοποιώντας

θούν με την έννοια του βάρους, να αγοράσουν και να πουλήσουν τροφές παίζοντας παιχνίδια ρόλων ως παραγωγοί, πωλητές και καταναλωτές, να υπολογίσουν το κόστος της ημερήσιας διατροφής ή κάποιων γευμάτων, να μιλήσουν για την τυποποίηση των τροφών και τις συσκευασίες τους (στερεά σχήματα). Στην ενότητα, Νερό-καιρός, μπορούν να μιλήσουν για τη διαφορά στη μέτρηση στερεών και υγρών, να δουν λογαριασμούς ύδρευσης και να μάθουν να εντοπίζουν αριθμούς, όπως το ποσό πληρωμής. Στην ενότητα, Ταξιδεύουμε παρέα, μπορούν να μιλήσουν για τα σχήματα με αφορμή τα σήματα οδικής κυκλοφορίας, για τις έννοιες δεξιά – αριστερά, για αριθμούς μέσα στην εκατοντάδα.

Στον οδηγό υπάρχουν αναλυτικές οδηγίες για το υλικό και πώς αυτό πρέπει να παραχθεί, καθώς επίσης και επεξηγηματικές οδηγίες για κάθε δραστηριότητα. Στην αρχή κάθε θεματικής γίνεται αναφορά στις ενότητες των σχολικών εγχειριδίων με τις οποίες συνδέονται οι δραστηριότητες, στους στόχους, δίνεται ακριβής περιγραφή των υλικών, αναφέρονται οι πηγές απ' όπου αντλήθηκε υλικό για τη συγγραφή του οδηγού και στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά ενδεικτικές δραστηριότητες που μπορούν να γίνουν με το συγκεκριμένο υλικό.

Οι προτεινόμενες δραστηριότητες στους οδηγούς έχουν ως στόχο να κερδίσουν το ενδιαφέρον των παιδιών εμπλέκοντάς τα με «παιγνιώδη» τρόπο στη μαθησιακή διαδικασία και συμβάλλοντας έτσι στη δημιουργία μιας δυναμικής και χαρούμενης μαθησιακής κοινότητας. Ενδεικτικά θα αναφέρουμε μερικά παραδείγματα που αφορούν στο υλικό κάθε τάξης. Στη Βαλίτσα της Α' τάξης μπορείτε να βρείτε τις «Δακτυλόκουκλες», οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ποικίλους τρόπους και η χρήση τους εναπόκειται στην κρίση του/της κάθε εκπαιδευτικού. Κάποιες ενδεικτικές προτάσεις για δραστηριότητες είναι η παρουσίαση ενός νέου (ή και όχι) αριθμού με μια δακτυλόκουκλα (Γεια σας! Είμαι ο αριθμός 4. Είμαι μικρότερος από το 5, αλλά μεγαλύτερος από το 3. Τόσα πόδια έχει ο σκύλος, όπως και η γάτα.), συγκρίσεις μεταξύ των αριθμών, δημιουργία μικρών ιστοριών με πρωταγωνιστές τους αριθμούς, δημιουργία μιας ακολουθίας αριθμών, παιχνίδια του τύπου «μάντεψε ποιος αριθμός λείπει/κρύβεται». Στο υλικό της Α' τάξης θα βρείτε και «τα πλαίσια του 5 και του 10» τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση και σύνθεση αριθμών αλλά και για πράξεις. Ακόμη, τα παιχνίδια με τα «γεωμετρικά σχήματα» («μάντεψε ποιο σχήμα είμαι», «πού κρύβεται») δίνουν τη δυνατότητα στα παιδιά να κατανοήσουν τις ιδιότητες των σχημάτων, τα διάφορα «ντόμινο» (είτε με αριθμούς είτε με σχήματα) να ανακαλύψουν σχέσεις (ομοιότητες μεταξύ σχημάτων, ισότητες ή ανισότητες αριθμών), ή να κάνουν πράξεις. Το υλικό με τη «μηλιά» και τα «λουλούδια με τις μέλισσες» βοηθούν τα παιδιά να δημιουργήσουν τα δικά τους προβλήματα (πρόσθεσης και αφαίρεσης), ενώ οι «κάρτες με τον ψαρά» να κάνουν πράξεις με αριθμούς. Η χρήση της «αριθμογραμμής» μπορεί να βοηθήσει στην αρίθμηση από οποιοδήποτε αριθμό, στην τοποθέτηση ενός αριθμού σε σχέση με άλλους, σε πράξεις πρόσθεσης και αφαίρεσης. Υπάρχει επίσης πλούσιο υλικό που έχει τη μορφή παιχνιδιού (επιτραπέζια, τραπουλόχαρτα, κάρτες με ανίγματα, μπίνγκο, κ.ά.) που κάνουν τα Μαθηματικά ευχάριστα και διασκεδαστικά.

Μερικά ενδεικτικά παραδείγματα που αφορούν στο υλικό της Β΄ τάξης είναι: Για την ενότητα του «Χρόνου» (εικόνα 2) έχουν δημιουργηθεί καρτέλες με διάφορους τύπους



Εικόνα 2: Υλικό για την ενότητα "Χρόνος"

ρολογιών (ψηφιακή και αναλογική ώρα), καρτέλες με λέξεις που αφορούν στην ώρα (λεπτό, δευτερόλεπτο, και μισή, παρά τέταρτο, κλπ), με την ώρα σε ψηφιακή μορφή (1.00, 2.30, 3.45, κλπ), με την ώρα σε λεκτική μορφή (δώδεκα ακριβώς, δέκα και μισή, κλπ), με ρολόγια που δείχνουν διάφορες ώρες, πίνακες δρομολογίων μέσω μαζικής μεταφοράς και καρτέλες με ερωτήσεις-προβλήματα που σχετίζονται με τους παραπάνω πίνακες, καρτέλες με εικόνες που αφορούν στην έννοια της χρονικής διαδοχής (εικόνες φυτών και ανθρώπων σε διάφορες χρονικές στιγμές της ανάπτυξής τους), κ.ά.. Για την ενότητα του πολλαπλασιασμού και της προπαίδειας έχουν δημιουργηθεί επιτραπέζια παιχνίδια, πίνακες πολλαπλασιασμού, κάρτες προβλημάτων και ντόμινο. Για την ενότητα που αφορά στις γραφικές παραστάσεις δημιουργήθηκε υλικό για δημιουργία και επίλυση προβλημάτων (κάρτες με άξονες, με εικόνες τροφών, χρωμάτων, αριθμών, ανθρώπων, καθώς και κάρτες με τις αντίστοιχες λέξεις). Στη Βαλίτσα της Β΄ τάξης μπορείτε να βρείτε και πλούσιο υλικό που αφορά στη μέτρηση του μήκους και του βάρους (εικόνες με διάφορα όργανα μέτρησης, εικόνες για τη δημιουργία και επίλυση προβλημάτων, π.χ., ζυγαριές και αντικείμενα, μετροταινία τοίχου, κλπ). Επίσης υλικό που αφορά στη θεσιακή αξία ψηφίου (καπέλα με αριθμούς από το 0 ως το 9 σε τρία διαφορετικά χρώματα που το καθένα αντιστοιχεί στις μονάδες, στις δεκάδες και στις εκατοντάδες).

Ο στόχος του υλικού δεν είναι να βοηθήσει τον/την εκπαιδευτικό «να διδάξει» μια μαθηματική έννοια, αλλά κυρίως μέσα από τις ενέργειες των παιδιών να διερευνήσει αλλά και να εξελίξει τις αντιλήψεις τους σχετικά με τη συγκεκριμένη μαθηματική έννοια έτσι ώστε να οδηγηθούν τα παιδιά στην κατανόηση και απόκτηση της μαθηματικής γνώσης. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη σωστή χρήση του υλικού είναι να συνειδητοποιήσει ο/η εκπαιδευτικός ότι η γνώση δεν μεταδίδεται με την απλή παρουσίασή της, με εξηγήσεις ή καθοδήγηση, αλλά κατακτάται με την δραστηριοποίηση των μαθητών/τριών. Με τη χρήση του υλικού ο/η εκπαιδευτικός ενθαρρύνει αυτή τη δραστηριοποίηση αναπτύσσοντας αυτό που ονομάζεται «κοινότητα μάθησης», με δημιουργική αναζήτηση της γνώσης, ανταλλαγή και διάλογο.

Επιπλέον, έχει ως στόχο να κάνει τα σχολικά Μαθηματικά ελκυστικά έτσι ώστε να δίνουν την ικανοποίηση της επιτυχίας, να ενθαρρύνουν το μαθητή και τη μαθήτριά να συμμετέχει στα δρώμενα της τάξης με ποικίλους τρόπους και σε διαφορετικά επίπεδα, να δημιουργεί σχέσεις, να αναλαμβάνει ρόλους και, γενικότερα, να αλληλεπιδρά με τους

συμμαθητές και τις συμμαθήτριες της τάξης και να αναλαμβάνει ο/η ίδιος/α την ευθύνη της μάθησής του/της.

Το υλικό προσφέρεται για την εφαρμογή εναλλακτικών τρόπων διδασκαλίας και οι εκπαιδευτικοί μπορούν να οργανώνουν το μάθημά τους ανάλογα με τις ανάγκες και τη δυναμική της τάξης τους. Στόχος είναι να δοθεί σε εκπαιδευτικούς και μαθητές/τριες η δυνατότητα να επιλέγουν τόσο το υλικό με το οποίο θέλουν να ασχοληθούν όσο και τον τρόπο με τον οποίο θέλουν να το προσαρμόσουν στη διδακτέα ύλη. Ο χειρισμός του υλικού και ο σχεδιασμός της διδασκαλίας του υπόκεινται, επομένως, στη διακριτική ευχέρεια του/της εκπαιδευτικού με τη συνεργασία των μαθητών/τριών και δεν υπαγορεύονται αποκλειστικά από το ίδιο το εκπαιδευτικό υλικό.

Σε κάθε θεματική της βαλίτσας προτείνονται ενδεικτικές δραστηριότητες τις οποίες μπορεί να εφαρμόσει ο/η εκπαιδευτικός στην τάξη, να τις εμπλουτίσει ή και να δημιουργήσει νέες. Η εισαγωγή κάθε έννοιας στηρίζεται σε δραστηριότητες, οικεία προβλήματα και σημαντικές εφαρμογές με τα οποία οι μαθητές και οι μαθήτριες καλούνται να ασχοληθούν, ώστε διευρύνοντας, μετασχηματίζοντας ή αναδομώντας την προϋπάρχουσα γνώση, να οδηγηθούν βαθμιαία στην κατάκτηση της νέας.

Ο ρόλος του εκπαιδευτικού επομένως είναι πολύ σημαντικός καθώς είναι αυτός που

- επιλέγει το επίπεδο δυσκολίας των δραστηριοτήτων για τον κάθε μαθητή/τρια ή για την κάθε ομάδα,
- επιλέγει το εκπαιδευτικό υλικό και τις δραστηριότητες που θα διευκολύνουν τα παιδιά να εξελίξουν τις μαθηματικές τους γνώσεις,
- προκαλεί το ενδιαφέρον των παιδιών μέσα από τις δραστηριότητες και
- επιλέγει το κατάλληλο κάθε φορά υλικό και τον τρόπο που θα το χρησιμοποιήσει.

Ο/η εκπαιδευτικός φροντίζει να φέρει στο μάθημα το εκπαιδευτικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί και συμμετέχει και βοηθά τα παιδιά να κατανοήσουν τις εργασίες που χρειάζεται να κάνουν στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων. Η συμμετοχή του όμως είναι διακριτική και ανάλογα με τις ανάγκες των παιδιών. Καλλιεργεί το διάλογο ανάμεσα στα παιδιά ή τα μέλη της ομάδας ενθαρρύνοντας όλα τα παιδιά να λάβουν μέρος, σεβόμενος παράλληλα τις ιδιαιτερότητές τους. Θέτει ερωτήσεις που άλλοτε προκαλούν το ενδιαφέρον και τις εμπειρίες των παιδιών και άλλες φορές αξιοποιούν τις γνώσεις που αποκτήθηκαν για να οδηγηθούν σε κάποια γενίκευση ή συμπέρασμα.

Το εκπαιδευτικό υλικό είναι ευέλικτο ως προς τη χρήση του τόσο από τον/την εκπαιδευτικό όσο και από τα παιδιά. Με τη χρήση του τα παιδιά μπορούν να εργαστούν ατομικά ή ομαδικά, να αλληλεπιδράσουν με τον/την εκπαιδευτικό αλλά και τα άλλα παιδιά και να αισθανθούν την ικανοποίηση της επιτυχίας. Το υλικό κάθε θεματικής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία-μάθηση περισσότερων μαθηματικών εννοιών, αλλά και οι δραστηριότητες που περιλαμβάνονται σε κάθε ενότητα είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν για τη διερεύνηση και εξέλιξη των αντιλήψεων των παιδιών σχετικά με διαφορετικές μαθηματικές έννοιες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ambrose, R. (2002). Are we overemphasizing manipulatives in the primary grades to the detriment of girls? *Teaching Children Mathematics*, 9, (1), 16-21.
- Ahmed, A., Clark-Jeavons, A., & Oldknow, A. (2004). How Can Teaching Aids Improve the Quality of Mathematics Education. *Educational Studies in Mathematics*, 56 (2-3), 313-328.
- Ball, D. (1992). Magical hopes. Manipulatives and the reform of math education. *American Educator*, 16, (2), 14–18, 46–47.
- Bauersfeld H. (1995). The Structuring of the Structures: Development and Function of Mathematizing as a Social Practice. In L.P. Steffe & J. Gale (eds), *Constructivism in Education* (pp. 137-158). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates
- Cass, M., Cates, D., Smith, M., & Jackson, C. (2003). Effects of manipulative instruction on the solving of area and perimeter problems by students with learning disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice*, 18, 112–120.
- Clements D.H. (1989). *Computers in elementary mathematics education*. N.J: Prentice-Hall.
- Clements, D.H. (1999). “Concrete” manipulatives, concrete ideas. *Contemporary Issues in Early Childhood*, 1, 45–60.
- Clements, D., & McMillen, S. (1996). Rethinking “Concrete” Manipulatives. *Teaching Children Mathematics*, 2, 270 – 279.
- Cobb, P. (1991). Reconstructing Elementary School Mathematics. *Focus on Learning Problems in Mathematics, (Spring Edition)*, 13, (2), 3 – 32.
- Cobb, P., Yackel, E., & Wood, T. (1992). A Constructivist Alternative to the Representational View of Mind in Mathematics Education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 23, (1), 2 – 33.
- Fennema, E. (1972). Models and Mathematics, *Arithmetic Teacher*, 18, 635 – 640.
- Φλουρής, Γ. (1995). *Αρχιτεκτονική της νόησης και της διδασκαλίας. Η εξέλιξη της διδακτικής*. Αθήνα: Gutenberg.
- Haddas N., & Arcavi A. (1997). An attempt to characterize environments in which students can invent insightful proofs in geometry. *Proceedings of the 21th PME Conference*, 1 (pp237). Lathi, Finland.
- Jacobs, V.R., & Kusiak, J. (2006). Got tools? Exploring children's use of mathematics tools during problem solving. *Teaching Children Mathematics*, 12, 470–477.
- Kennedy, L. (1986). A Rationale. *Arithmetic Teacher*, 33, (6), 6-7 & 32.
- Manfreda Kolar, V., & Hodnik Čadež, T. (2010). An Analysis of the Role of Didactic Material for Teaching and Learning of Mathematical Concepts. *Issues on Education and Research*, 2, 201-219.
- Meira, L. (1998). Making sense of instructional devices: The emergence of transparency in mathematical activity. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29, 121–142.

- Mercer, N., & Sams, C. (2006). Teaching children how to use language to solve maths problems. *Language and Education*, 20, (6), 507-528.
- Moyer, P. S. (2001). Are we having fun yet? How teachers use manipulatives to teach mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 47, 175–197.
- Moyer, P.S., & Jones, M.G. (2004). Controlling choice: Teachers, students, and manipulatives in mathematics classrooms. *School Science and Mathematics*, 104, (1), 16-31.
- Parade, S.E., & Sacristán, A.I. (2010). Teachers' reflections on the use of instruments in their mathematics lessons: a case study. In Pinto, M.M.F. & Kawasaki, T.F. (eds), *Proceedings of the 34th Conference of the International Group of Mathematics Education*, (vol. 4, pp.25-32). Belo Horizonte, Brazil:PME. ISSN:0771-100X
- Pirie, S., & Kieren, T. (1994). Growth in mathematical Understanding: How can we characterize it and can we represent it? *Educational Studies in Mathematics*, 26, (2-3), 165 – 190.
- Roberts, S.K. (2007). Not all manipulatives and models are created equal. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 13, 6–9.
- Stein, M.K., & Bovalino, J.W. (2001). Manipulatives: One piece of the puzzle. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 6, 356–359.
- Suydam, M., (1984). Manipulative Materials. *Arithmetic Teacher*, 31, (5), 27.
- Τρέσσου, Ε. (2010). Πράξη: Εκπαίδευση των παιδιών Ρομά στις Περιφέρειες Κεντρικής Μακεδονίας, Δυτικής Μακεδονίας και Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης. www.roma.eled.auth.gr
- Varol, F., & Farran, D.C. (2006). Early Mathematical Growth: How to Support Young Children's Mathematical Development. *Early Childhood Education Journal*, 33, (6), 381-387.

Οπτικοακουστικοποίηση και ψηφιοποίηση των πειραμάτων της Φυσικής του μαθήματος «Φυσικά Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της Ε΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου

Δημήτρης Κοντοδήμος¹ και Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης²

ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
¹13jimmy26@gmail.com, ²kkotsis@uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται το οπτικοακουστικό υλικό, το οποίο έχει δημιουργηθεί και το οποίο περιλαμβάνει την εκτέλεση όλων των πειραμάτων του σχολικού εγχειριδίου του Τετραδίου Εργασιών «ΦΥΣΙΚΑ-ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ» της Ε΄ Τάξης Δημοτικού. Ο στόχος της παραγωγής αυτού του υλικού είναι να βοηθήσει τον εκπαιδευτικό της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης τόσο να έρθει σε επαφή με τα πειράματα τα οποία καλείται να υλοποιήσει στη σχολική τάξη, όσο και να τα χρησιμοποιήσει ως οδηγό για την επανάληψη τους κατά την διάρκεια της διδασκαλίας. Το κάθε πείραμα αποτελεί ανεξάρτητο βίντεο και περιλαμβάνει τόσο τις πληροφορίες για τους στόχους του πειράματος, όσο και την εκτέλεση του πειράματος με αναφορά των υλικών που απαιτούνται και επεξήγηση του κάθε βήματος. Όλο το υλικό θα αναρτηθεί σε ιστοσελίδα, ώστε ο εκπαιδευτικός όχι μόνο να είναι σε θέση να προετοιμάσει το πείραμα, αλλά αν το επιθυμεί και να το δείξει online κατά την διάρκεια του μαθήματος από το διαδίκτυο.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Πείραμα, οπτικοακουστικό υλικό, εννοιολογική αλλαγή

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην Ε΄ τάξη του Δημοτικού Σχολείου για πρώτη φορά ο μαθητής έρχεται σε επαφή με το μάθημα της Φυσικής, παρόλο που μέχρι την ηλικία των δέκα ετών, έχει έρθει πολλές φορές αντιμέτωπος με διάφορα φυσικά φαινόμενα. Η εξωσχολική επαφή του μαθητή με έννοιες και φαινόμενα της φυσικής έχει ως αποτέλεσμα τη διαμόρφωση εσφαλμένων αντιλήψεων, οι οποίες πολλές φορές δοκιμάζονται με την επιστημονική γνώση του εκπαιδευτικού και του σχολικού εγχειριδίου. Είναι καταγεγραμμένο από έρευνες (Σπυροπούλου-Κατσάνη Δ., 2000) ότι οι αντιλήψεις αυτές δεν μεταβάλλονται αν ο εκπαιδευτικός δεν χρησιμοποιήσει βασικά στοιχεία της επιστημονικής μεθοδολογίας της Φυσικής, όπως την παρατήρηση και το πείραμα. Δυστυχώς έρευνες (Κώτσης, 2005) έχουν

αναδεικνύει ότι ο Έλληνας εκπαιδευτικός στο Δημοτικό Σχολείο δεν χρησιμοποιεί, σε μεγάλο βαθμό, στη διδασκαλία του τα πειράματα, ακόμη και αυτά που υπάρχουν στο σχολικό εγχειρίδιο. Οι λόγοι είναι πολλοί, (Κώτσης, 2005) κατά δήλωση των ίδιων των εκπαιδευτικών, όπως έλλειψη χρόνου, έλλειψη κατάλληλων υλικών, αλλά και έλλειψη επιμόρφωσης στην οποία υποκρύπτεται ο φόβος της αποτυχίας του πειράματος ενώπιον των μαθητών τους.

Η σημασία του πειράματος θεωρείται δεδομένη για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και αυτό προτείνεται τα πλαίσια του μαθήματος «ΦΥΣΙΚΑ-ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ» της Ε΄ Τάξης του Δημοτικού. Το σχολικό βιβλίο ακολουθεί το ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό μοντέλο σύμφωνα με το οποίο οι μαθητές καλούνται να συστηματοποιήσουν την εργασία τους σύμφωνα με τα μεθοδολογικά πρότυπα των φυσικών επιστημών, να προβληματίζονται από τις καθημερινές τους παρατηρήσεις, να διατυπώνουν υποθέσεις, να τις ελέγχουν με απλά πειράματα, να παρατηρούν την εξέλιξή τους να καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους και να καταλήγουν σε ποιοτικά συμπεράσματα. (Ο.Ε.Δ.Β., 2013)

ΟΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ

Στην πρώτη εκπαιδευτική βαθμίδα σημειώνεται η πρώτη επαφή του μαθητή με το «οργανωμένο» μάθημα των φυσικών επιστημών. Αυτό δε σημαίνει ότι ο μαθητής αντιμετωπίζει για πρώτη φορά τα φυσικά φαινόμενα. Ορθό είναι να ισχυριστεί κανείς ότι για πρώτη φορά οι πρώιμες αντιλήψεις του μαθητή δοκιμάζονται σε αντιδιαστολή με τις «φυσικές αλήθειες» του δασκάλου και του διδακτικού βιβλίου, καθώς και με τις πρώιμες αντιλήψεις των συμμαθητών. Στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση η διδασκαλία της Φυσικής δίνει έμφαση στις βασικές έννοιες και στους τρόπους με τους οποίους ελέγχονται εμπειρικά οι θεωρίες. Αυτό συμβαίνει γιατί στους μαθητές της ηλικίας των 11-12 ετών απουσιάζει η ικανότητα της αφαιρετικής σκέψης που είναι αναγκαία για την περαιτέρω και σε βάθος κατανόηση της Φυσικής.

Πολλοί ερευνητές στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών θεωρούν ότι το πείραμα είναι το οργανικό και αναπόσπαστο μέρος του μαθήματος της Φυσικής και ένα πολύ ισχυρό εκπαιδευτικό εργαλείο στα χέρια κατάλληλα εκπαιδευμένων δασκάλων (Arons A., 1991; Χαλκιά Κ., 2000:12).

Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να θεωρηθεί αμελητέο ότι ο μαθητής, όταν φτάνει στο σχολείο, έχει ήδη ερμηνεύσει τον κόσμο σύμφωνα με τις επιδράσεις που δέχεται από το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον του, με αποτέλεσμα να έχει διαμορφώσει τις δικές του εναλλακτικές ιδέες. Πολλές φορές οι ιδέες αυτές δεν συνδέονται καθόλου με την επιστημονική γνώση και ειδικά στο αντικείμενο της Φυσικής είναι αρκετές φορές αντίθετες με αυτό που η ίδια επιστήμη ορίζει και δέχεται.

Βασικό χαρακτηριστικό της διδακτικής προσέγγισης που ακολουθεί το σχολικό εγχειρίδιο της Ε΄ τάξης είναι η εκτέλεση πειραμάτων με απλά καθημερινά μέσα. Η εξέλιξη του μαθήματος βασίζεται σε πειράματα με υλικά του καθημερινού περιγύρου που εκτελούνται τόσο από το μαθητή όσο και από τον δάσκαλο.

Στα πειράματα με απλά μέσα η πρακτική εφαρμογή στην καθημερινή ζωή της αποκτιθείσας γνώσης είναι αυτονόητη. Τα φυσικά φαινόμενα που μελετώνται στην τάξη και γίνονται αντικείμενο πειραματισμού δεν διαφέρουν απ' αυτά που ο μαθητής αντιμετωπίζει στην καθημερινότητα του. Η διαφορά βρίσκεται στον τρόπο προσέγγισης του φαινομένου. Το φαινόμενο δεν αντιμετωπίζεται πλέον τυχαία, αλλά με μεθοδικό επιστημονικό τρόπο και κριτική σκέψη. Με την έννοια αυτή και με δεδομένη την κατανόηση της διαφοράς αυτής από το παιδί, η έννοια «πείραμα» μπορεί να επεκταθεί στην καθημερινή εξωσχολική ζωή του.

Πλεονεκτήματα για το μαθητή

Όταν κυρίαρχος στόχος δεν είναι η ποσοτική επιβεβαίωση νόμων, αλλά η επίγνωση των φαινομένων και η συσχέτιση όσων διδάσκονται στο σχολείο με την καθημερινή ζωή το ενδιαφέρον κατά την πειραματική άσκηση στην τάξη πρέπει να στρέφεται στη μετάδοση της επιστημονικής μεθοδολογίας (Σπυροπούλου-Κατσάνη Δ., 2000). Αυτή είναι που θα βοηθήσει τον μαθητή να εξάγει χρήσιμα συμπεράσματα από την επαφή του με τα φαινόμενα έξω από την τάξη. Η χρήση απλών καθημερινών υλικών και μέσων για την εκτέλεση των πειραμάτων εξυπηρετεί πρωταρχικά την εξοικείωση του μαθητή με την επιστημονική μεθοδολογία ενώ ταυτόχρονα τον βοηθά και σε πολλούς άλλους τομείς.

Με τη χρήση καθημερινών υλικών η προσοχή του μαθητή εστιάζεται στο φαινόμενο και όχι στη συσκευή που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση του πειράματος. Μια άγνωστη και πιθανώς πολύπλοκη συσκευή την οποία ο μαθητής συναντά για πρώτη φορά στη ζωή του είναι δυνατό να τραβήξει την προσοχή του με αποτέλεσμα να αδιαφορήσει για τη μελέτη του φαινομένου.

Έχει παρατηρηθεί (Κουμαράς, 1989) ότι μαθητές, παρατηρώντας το αποτέλεσμα ενός πειράματος που εκτελείται στο σχολικό εργαστήριο, θεωρούν ότι αυτό οφείλεται στα χρησιμοποιούμενα ειδικά υλικά και συσκευές και ότι χωρίς αυτά, στην καθημερινή ζωή, δεν θα συνέβαινε το ίδιο. Με τη χρήση όμως καθημερινών υλικών (Κουμαράς, Π., 1994), μειώνεται αισθητά ο κίνδυνος να θεωρηθεί ότι το υπό μελέτη φαινόμενο, ειδικά αν αυτό είναι «παράξενο», προκαλείται ή οφείλεται στα χρησιμοποιούμενα υλικά. Καλό είναι τα πειράματα με τα υλικά καθημερινής χρήσης να καταλήγουν, όπου είναι δυνατό, σε παρουσίαση αντίστοιχων καταστάσεων που αντιμετωπίζουν οι άνθρωποι στην καθημερινή τους ζωή. Έτσι επιτυγχάνεται η άμεση σύνδεση των Φυσικών Επιστήμων και γενικότερα της επιστήμης με την καθημερινή ζωή και το περιβάλλον του μαθητή.

Η χρήση καθημερινών υλικών συντελεί στο να αφαιρεθεί ένα ποσοστό από το μυστήριο που περιβάλλει την επιστήμη και συνεπώς οδηγεί στην απομυθοποίηση οργάνων και συσκευών (Μπακάλη και Κουμαράς, 1997; Μπακάλη και Κουμαράς, 1998). Γίνεται έτσι κατανοητό στο παιδί, ότι η επιστήμη δεν είναι κάτι το εξωτικό, το μακρινό, το ιδιαίτερο, αλλά σχετίζεται με αντικείμενα και κοινές εμπειρίες της καθημερινής ζωής (Woolnough and Allsop, 1985).

Το σχολικό εγχειρίδιο προβλέπει και την εκτέλεση πειραμάτων από τον ίδιο το μαθητή στο σπίτι του. Τέτοιου τύπου εργασίες διαφέρουν από τις συνηθισμένες βαρετές ίσως γραπτές σχολικές εργασίες και αυξάνουν τις πιθανότητες ενασχόλησης των μαθητών με

τις Φυσικές Επιστήμες (Καρανίκας, 1993). Η πρακτική αυτόνομη άσκηση των μαθητών στο σπίτι τους επιτρέπει επίσης την ανάδειξη δεξιοτήτων πολύ ευρύτερων απ' αυτές που συνήθως καλλιεργούνται στην αίθουσα. Ο μαθητής μπορεί να πειραματιστεί ελεύθερα χωρίς την «πίεση» της διδακτικής ώρας, διαθέτοντας όσο χρόνο επιθυμεί ο ίδιος και δοκιμάζοντας διάφορες ιδέες και εναλλακτικές προσεγγίσεις τις οποίες μπορεί να παρουσιάσει και να συζητήσει στην τάξη συγκρίνοντας τα αποτελέσματα στα οποία κατέληξε με αυτά των συμμαθητών του.

Τα πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης και η χρησιμοποίηση καταστάσεων από την καθημερινή ζωή ενθαρρύνουν σημαντικά τους μαθητές από χαμηλότερα οικονομικά και κοινωνικά στρώματα (Hodson & Prophet, 1983), καθώς και τους θεωρούμενους «κακούς» μαθητές να συμμετέχουν στο μάθημα.

Εάν στόχος μας είναι να οδηγήσουμε τους μαθητές να αμφισβητήσουν οι ίδιοι τις ερμηνείες τους για καθημερινά φαινόμενα, τότε υπάρχει ένας ακόμη λόγος για χρήση υλικών από την καθημερινή ζωή παρά ειδικών εργαστηριακών συσκευών. Αν το πείραμα γίνεται με υλικά γνωστά στο μαθητή, το αποτέλεσμα έχει πολλές πιθανότητες - οπωσδήποτε περισσότερες απ' όσο το πείραμα που γίνεται με ειδικές συσκευές και όργανα- να προβληματίσει το μαθητή, να του δημιουργήσει αμφιβολία για τις προϋπάρχουσες απόψεις του και να τον προετοιμάσει να ακούσει θετικά τη διδασκόμενη άποψη (Driver, R., et al., 1993).

Πλεονεκτήματα για τον εκπαιδευτικό

Τα πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης, εκτός των πλεονεκτημάτων που έχουν για τους μαθητές, παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και για τους εκπαιδευτικούς, κυρίως της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Τα απαιτούμενα υλικά τους είναι γνωστά «φιλικά» και δεν τους φοβίζονται από άποψη επικινδυνότητας. Ο εκπαιδευτικός όντας εξοικειωμένος με τα συγκεκριμένα υλικά επικεντρώνεται στο διδακτικό του έργο χωρίς να ανησυχεί για την πρόκληση πιθανού ατυχήματος που μπορεί να βλάψει τον ίδιο αλλά κυρίως τους μαθητές του. Τα ειδικά σχεδιασμένα σύνθετα όργανα εισάγουν επιπλέον δυσκολίες, τόσο στη εξοικείωση των εκπαιδευτικών με αυτά, όσο και στο χειρισμό και την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των οργάνων.

Για τα πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης δεν απαιτείται ειδικός χώρος για την εκτέλεση των πειραμάτων, καθώς τα πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης μπορούν να γίνουν στην αίθουσα διδασκαλίας. Αυτό είναι πολύ σημαντικό γιατί πολλά σχολεία, ειδικά απομακρυσμένων περιοχών, δεν διαθέτουν ούτε εργαστήρια, ούτε ειδικά όργανα, πράγμα που θα έκανε αδύνατη την εκτέλεση των πειραμάτων εάν αυτά δεν μπορούσαν να υλοποιηθούν με απλά υλικά μέσα στην τάξη και θα καταδίκαιζε την οποία προσπάθεια του εκπαιδευτικού να κάνει σωστά την δουλειά του. Επίσης γίνεται φανερό ότι η χρησιμοποίηση υλικών καθημερινής χρήσης για την εκτέλεση πειραμάτων δεν αντιμετωπίζεται ως λύση ανάγκης (Κώτσης Κ., 2005), λόγω του χαμηλού κόστους και της εύκολης εύρεσης τους, αλλά ως επιλογή.

Σύμφωνα με την Harlen (1985) ο εκπαιδευτικός εκτός από τη συμβολή του στην κατάκτηση των διαφόρων εννοιών των Φυσικών Επιστημών από τους μαθητές, επιδρά

άμεσα και στη διαμόρφωση των στάσεων των μαθητών απέναντι στο συγκεκριμένο μάθημα. Η καλλιέργεια θετικής στάσης απέναντι στο μάθημα της Φυσικής αποτελεί λοιπόν βασική συνιστώσα της διδασκαλίας της και οφείλει να αποτελεί επιδίωξη κάθε εκπαιδευτικού που ασχολείται με τη διδασκαλία αυτού του μαθήματος.

Ο εκπαιδευτικός είναι αυτός που ρυθμίζει τι τελικά προσφέρεται στους μαθητές, καθώς επίσης και το πώς τους προσφέρεται. Η ένταξη του πειράματος στην διδασκαλία της Φυσικής είναι αποδεδειγμένο ότι μπορεί να βοηθήσει στην διαμόρφωση θετικής στάσης για το μάθημα. Το πείραμα προκαλεί το ενδιαφέρον και την περιέργεια του μαθητή, τον ωθεί και τον προκαλεί να ασχοληθεί με περισσότερο ζήλο και υπομονή, τον βοηθά να μαθαίνει και να διατηρεί την γνώση ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει και στην ανάπτυξη πολλών δεξιοτήτων που είναι απαραίτητες στο σύγχρονο άνθρωπο.

Τα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών για το μάθημα των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο, αναγνωρίζοντας την σπουδαιότητα και την σημασία του ρόλου του πειράματος στην εκπαιδευτική διαδικασία εκπονήθηκαν εκ νέου, αλλάζοντας τόσο τη μεθοδολογία διδασκαλίας, όσο και τον τρόπο εκτέλεσης των πειραμάτων, σε ότι αφορά κυρίως τα υλικά και μέσα.

Τα νέα εγχειρίδια στηρίζονται στο ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό μοντέλο και απαιτούν την εκτέλεση πειραμάτων τόσο από τον εκπαιδευτικό, όσο και από τους μαθητές. Η εκτέλεση, όμως, πειραμάτων εκτός από την αναγκαία γνώση απαιτεί και την αποδοχή της σημασίας τους από τους εκπαιδευτικούς.

Δυστυχώς από έρευνα των Κώστη και Μπασιάκου το 2009, έχει διαπιστωθεί ότι οι εκπαιδευτικοί αποφεύγουν να εκτελέσουν πειράματα μέσα στην τάξη και αρκούνται σε ένα πιο θεωρητικό τρόπο διεξαγωγής του μαθήματος. Στα πλαίσια υποστήριξης των εκπαιδευτικών δημιουργήθηκε ο οπτικό-ακουστικός δίσκος με τα πειράματα του σχολικού εγχειριδίου της Ε' Δημοτικού.

Ο ΟΠΤΙΚΟ-ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΔΙΣΚΟΣ

Η υλη στο βιβλίο του μαθητή Φυσικά Δημοτικού, ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ της Ε' τάξης είναι, σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα, δομημένη σε κεφάλαια που αντιστοιχούν σε γενικότερες θεματικές ενότητες. Το τετράδιο εργασιών του μαθήματος περιλαμβάνει τα φύλλα εργασίας κάθε κεφαλαίου με βάση τα οποία αναπτύσσεται η ερευνητική δουλειά των μαθητών. Στα επιμέρους φύλλα εργασίας κάθε κεφαλαίου επιδιώκεται η προσέγγιση των ειδικών στόχων όπως αυτοί περιγράφονται μέσα από το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών για το Δημοτικό Σχολείο. Η δομή των φύλλων εργασίας ακολουθεί τα διδακτικά στάδια του ερευνητικά εξελισσόμενου μοντέλου. Δίνεται έμφαση στην καλλιέργεια των επιστημονικών διαδικασιών και στην ενεργοποίηση του μαθητή μέσα από δραστηριότητες και πειράματα.

Για την δημιουργία του οπτικού δίσκου χρησιμοποιήθηκε μια κάμερα υψηλής ευκρίνειας, μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή και ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής. Τα πειράματα εκτελέστηκαν σε διάφορους χώρους ενός σπιτιού με απλά καθημερινά υλικά, πράγμα που επιβεβαιώνει ότι δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη ειδικευμένου χώρου (εργαστήριο) ή οργάνων και ότι ο κάθε εκπαιδευτικός ή μαθητής μπορεί με την ανάλογη προετοιμασία

και προσοχή να εκτελέσει τα πειράματα των φύλλων εργασίας στο δικό του χώρο. Η ψηφιακή επεξεργασία των μαγνητοσκοπημένων πειραμάτων έγινε με το Windows Live Movie Maker, ένα πρόγραμμα που προσφέρεται ελεύθερα από την Microsoft, έχει αρκετές δυνατότητες, είναι σχετικά εύκολο στη χρήση και κατάλληλο για την δημιουργία οπτικοακουστικού υλικού.

Φωτογραφία 1. Ο τίτλος του πειράματος

**ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 6:
ΘΕΡΜΑΙΝΟΝΤΑΣ
ΚΑΙ ΨΥΧΟΝΤΑΣ
ΤΑ ΣΤΕΡΕΑ**

Φωτογραφία 2. Οι διδακτικοί στόχοι του πειράματος

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ:

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι τα στερεά σώματα διαστέλλονται, όταν θερμαίνονται.
- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι τα στερεά σώματα συστέλλονται, όταν ψύχονται.

Φωτογραφία 3. Τα υλικά για τα εκτέλεση του πειράματος



Φωτογραφίες 4-9. Διάφορες Φάσεις του Πειράματος

Φωτογραφία 4



Φωτογραφία 5



Φωτογραφία 6



Φωτογραφία 7



Φωτογραφία 8



Φωτογραφία 9



Φωτογραφία 10. Συμπεράσματα από την εκτέλεση του πειράματος

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Τα στερεά σώματα όταν θερμαίνονται, δηλαδή όταν παίρνουν ενέργεια, διαστέλλονται. Όταν ψύχονται, δηλαδή όταν δίνουν ενέργεια, συστέλλονται.

Η δομή του οπτικού δίσκου ακολουθεί το τετράδιο εργασιών. Ενδεικτικά παρουσιάζονται στις φωτογραφίες από 1 έως 10 τι παρουσιάζεται για ένα πείραμα.

Υπάρχουν 9 κεφάλαια που αντιστοιχούν στις θεματικές ενότητες του σχολικού βιβλίου. Σε κάθε κεφάλαιο υπάρχουν τα αντίστοιχα φύλλα εργασίας με τη σειρά που εμφανίζονται στο τετράδιο εργασιών. Σε κάθε κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά σημεία του και αναλυτικά οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών που σχετίζονται με την συγκεκριμένη ενότητα όπως αυτές αναφέρονται στο βιβλίο του δασκάλου. Για κάθε φύλλο εργασίας αναφέρονται οι ειδικοί στόχοι που πρέπει να επιτευχθούν με την εκτέλεση των πειραμάτων του. Οι διδακτικοί στόχοι βρίσκονται σε άμεση συσχέτιση με τις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών και σκοπό έχουν να τις αναδομήσουν οδηγώντας έτσι στην επιθυμητή εννοιολογική αλλαγή. Στη συνέχεια ακολουθούν τα βίντεο που περιλαμβάνουν εκτός από την εκτέλεση των πειραμάτων, παρουσίαση των οργάνων και των υλικών που θα χρειαστούν καθώς επίσης και αναλυτικές βήμα προς βήμα οδηγίες για την σωστή και ασφαλή διεκπεραίωση των πειραμάτων. Τέλος παρουσιάζονται τα συμπεράσματα στα οποία πρέπει να καταλήξει ο μαθητής μετά το τέλος της υλοποίησης του κάθε φύλλου εργασίας. Οι μαθητές μπορούν έτσι να συγκρίνουν τα νέα δεδομένα που προέκυψαν με τις αρχικές τους υποθέσεις, να εκτιμήσουν την αξία των τελικών συμπερασμάτων και να οδηγηθούν στον αυτοέλεγχο και στη συνειδητοποίηση της γνωστικής τους πορείας. Για τα φύλλα εργασίας τα οποία δεν ενδείκνυται για την εκτέλεση πειραμάτων και προτείνονται αντί για πειράματα δραστηριότητες, παρουσιάζονται μόνο οι διδακτικοί στόχοι και τα συμπεράσματα που καλό είναι να καταλήξουν οι μαθητές μετά την αντιμετώπιση των δραστηριοτήτων. Στο Δίσκο δεν περιλαμβάνονται οι απαντήσεις των εργασιών για το σπίτι με τις οποίες τελειώνει κάθε φύλλο εργασίας του τετραδίου εργασιών.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η δημιουργία του οπτικοακουστικού υλικού στοχεύει στο να βοηθήσει και να ενισχύσει το διδακτικό έργο του δασκάλου. Είναι ένα εργαλείο που μπορεί να διευκολύνει την εκπαιδευτική διαδικασία και να δώσει λύσεις σε προβλήματα που ίσως προκύψουν κατά τη διδασκαλία του στο γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.

Ο οπτικός δίσκος έχει κυρίως συμβουλευτικό χαρακτήρα. Ο εκπαιδευτικός έχει την δυνατότητα πριν πάει στην τάξη να εκτελέσει κάποιο πείραμα, να δει την μεθοδολογία εκτέλεσης, τα υλικά και τα όργανα που θα χρειαστεί καθώς επίσης και τα αποτελέσματα της υλοποίησης του πειράματος ώστε να είναι απολύτως βέβαιος για τον τρόπο διεξαγωγής της πειραματικής αντιμετώπισης και έτοιμος να διαχειριστεί οποιαδήποτε «αναποδιά» μπορεί να προκύψει κατά την εκτέλεση του. Επειδή είναι πιθανό κάποιο από τα πειράματα να μην έχει την αναμενόμενη επιτυχία εκτέλεσης με την πρώτη φορά, μπορεί όμως με την βοήθεια του οπτικού δίσκου να το σχεδιάσει και να το εκτελέσει στο σπίτι του ώστε να μην έχει καμιά αμφιβολία και να αποφύγει τυχόν καθυστέρηση μέσα στην τάξη.

Ένας άλλος τομέας τον οποίο μπορεί να καλύψει ο συγκεκριμένος οπτικός δίσκος είναι αυτός του χρόνου. Πολλές φορές συμβαίνει να μην υπάρχει αρκετός «σχολικός» χρόνος ώστε να οργανωθούν και να εκτελεστούν όλα τα πειράματα και να γίνουν όλες οι δραστηριότητες των σχολικών εγχειριδίων. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί ο

εκπαιδευτικός να επιλέξει, να παρουσιάσει μέσα στην τάξη, κάποια από τα πειράματα που υπάρχουν στο cd με την μορφή προσομοίωσης με την βοήθεια ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή και ενός βιντεοπροβολέα κερδίζοντας έτσι πολύτιμο χρόνο.

Η έλλειψη υλικοτεχνικής υποδομής, δηλαδή χώρου εργαστηρίου και οργάνων, θεωρείται από τους εκπαιδευτικούς μια άλλη αιτία η οποία ευθύνεται για την απουσία εκτέλεσης των πειραμάτων. Αν και τα πειράματα των σχολικών εγχειριδίων της Ε' τάξης του Δημοτικού Σχολείου δεν απαιτούν εξειδικευμένο σχολικό εργαστήριο και χρησιμοποιούν κατά κύριο λόγο υλικά καθημερινής χρήσης που είναι σχετικά εύκολο να βρεθούν, εντούτοις υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να υπάρχει έλλειψη αυτών των υλικών, ειδικά σε σχολεία απομακρυσμένων περιοχών. Και σε αυτή την περίπτωση μπορεί ο εκπαιδευτικός να εκμεταλλευτεί τον οπτικό δίσκο και να το αξιοποιήσει, προβάλλοντας εκείνα τα πειράματα των οποίων τα υλικά είναι δύσκολο να βρεθούν, μέσα στη τάξη.

Τέλος, ένας άλλος λόγος που ο εκπαιδευτικός αποφεύγει την εκτέλεση κάποιου πειράματος μέσα στην τάξη είναι ο φόβος πιθανού ατυχήματος. Αν και τα περισσότερα πειράματα των φύλλων εργασίας είναι ακίνδυνα και μπορούν να εκτελεστούν με ασφάλεια από τους μαθητές, υπάρχουν και κάποια που απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή, όπως αυτά παραδείγματος χάριν που χρειάζονται καμινέτο. Αν λοιπόν ο εκπαιδευτικός δεν αισθάνεται ασφάλεια να εκτελέσει αυτά τα πείραμα μέσα στην τάξη μπορεί και πάλι να χρησιμοποιήσει τον οπτικό δίσκο και τα προβάλλει τα πειράματα που θεωρεί επικίνδυνα μέσα στην τάξη αποφεύγοντας έτσι την πιθανότητα ατυχήματος.

Το συγκεκριμένο οπτικοακουστικό υλικό μπορεί να αξιοποιηθεί ποικιλοτρόπως από τους εκπαιδευτικούς και να προσαρμοστεί στις ανάγκες τους ανάλογα με το πώς αυτές προκύπτουν κάθε φορά παρέχοντας τους ένα εύκολο και χρήσιμο εργαλείο προσανατολισμένο στις σύγχρονες παιδαγωγικές θεωρίες, για να τους βοηθήσει στο διδακτικό τους έργο και να τους οδηγήσει στα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ο.Ε.Δ.Β., (2002), *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Σπουδών – Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών Υποχρεωτικής*, τόμος β', Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.
- Ο.Ε.Δ.Β., (2013), Βιβλίο Δασκάλου Ε' τάξης «*Ερευνώ και Ανακαλύπτω*», Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.
- Καρανίκας, Γ., (1993), *Ο σχεδιασμός, η υλοποίηση και ο πειραματισμός με κατασκευές που κάνουν οι ίδιοι οι μαθητές, μέσο για τη διδασκαλία των Φυσικών*, Εκπαιδευτική Κοινότητα, τεύχος 24, σ.21-23
- Κουμαράς Π., (1989), *Μελέτη της εποικοδομητικής προσέγγισης στην πειραματική διδασκαλία του ηλεκτρισμού*, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Φυσικής Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Κουμαράς, Π., (1994), *Υλικά καθημερινής χρήσης για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στους μαθητές της υποχρεωτικής εκπαίδευσης*. Εκπαιδευτική Κοινότητα, τεύχος 27, σελίδες 34 - 37.

- Κώτσης, Κ., (2005), *Διδασκαλία της Φυσικής και Πείραμα*, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα.
- Κώτσης Κ., Μπασιάκος Γ., (2009), *Οι στάσεις των εκπαιδευτικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στη χρήση πειραμάτων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*, στο «Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών», Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α. και Ζουπίδης, Α. (επ.), Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, 479-486.
- Μπακάλη, Β., Κουμαράς, Π., (1997), *Πειράματα στο σπίτι με χρησιμοποίηση υλικών καθημερινής χρήσης*, Ανοικτό σχολείο, τεύχος 66, σ. 5-10
- Μπακάλη, Β., Κουμαράς, Π., (1998), *Πειράματα στο σπίτι με χρησιμοποίηση υλικών καθημερινής χρήσης*, Ανοικτό σχολείο, τεύχος 67, σ. 5-10.
- Σπυροπούλου-Κατσάνη Δ. (2000), *Διδακτικές και παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις Φυσικές επιστήμες*. Τυπωθήτω, Αθήνα.
- Χαλκιά, Κρ. (2000), *Το πείραμα στο μάθημα της Φυσικής: Σχολιασμός και Επισημάνσεις για το ρόλο και τη σημασία του*, Εκπαιδευτικές προσεγγίσεις για τις Φυσικές Επιστήμες, 6, 12-18
- Arons, A. (1991), *Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής*, Αθήνα: Τροχαλία
- Driver, R., Guesne, E. and Tiberghien, A., (1993), *Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες*, Ελληνική μετάφραση, έκδοση της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών και Τροχαλίας, Αθήνα, σ.18.
- Harlen, W. (1985), *Teaching and Learning Primary Science*, Harper and Row Ltd. London
- Hodson, D., Prophet, R., (1983), *Why the science curriculum changes – evolution or social control?* SSR, Sept.83, p.p. 5-18.
- Woolnough, B., Allsop, T., (1985), *Practical work in science*, Cambridge University Press, London p.74.

Εισαγωγή στο όριο συνάρτησης στο x_0

Χρίστος Κωνσταντόπουλος ¹, Αλέξανδρος Μαναρίδης ²

¹ Κολλέγιο Αθηνών, ² Κολλέγιο Αθηνών
c1konstantopoulos@haef.gr, amanaridis@haef.gr,

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η έννοια του ορίου παρότι είναι κομβικής σημασίας για την Ανάλυση, όχι μόνο σε σχολικό επίπεδο, παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα στην κατανόησή της. Συχνά οι μαθητές αποκομίζουν μια λαθεμένη εικόνα του ορίου, καθώς στηρίζονται στις αυθόρμητες αντιλήψεις που έχουν γι' αυτό. Η διδασκαλία του ορίου ανάγεται σε αλγοριθμικές διαδικασίες υπολογισμού του. Αυτή τη διδακτική παρέμβαση προορίζεται να πραγματοποιηθεί πριν τη διδασκαλία του ορίου ώστε οι μαθητές να αποκτήσουν μια διαισθητική προσέγγιση της έννοιας. Η δομή των δραστηριοτήτων είναι τέτοια ώστε να φαίνεται ότι η συμπεριφορά της συνάρτησης στο σημείο x_0 δεν επηρεάζει το όριό της όταν

ο x τείνει στο x_0 , όπως επίσης και ότι η τιμή του $\lim_{x \rightarrow x_0} f(x)$ καθορίζεται από τις τιμές που

παίρνει η συνάρτηση κοντά σε αυτό. Έτσι με τη βοήθεια του H/Y δημιουργείται ένα περιβάλλον όπου οι μαθητές εξάγουν συμπεράσματα μέσα από το δυναμικό χειρισμό των γραφικών παραστάσεων ενώ ταυτόχρονα τους παρέχεται η δυνατότητα να αντιμετωπίσουν και να υπερνικήσουν τα εμπόδια που ενδεχόμενα έχουν σχηματίσει.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Γραφική παράσταση συνάρτησης, Προσέγγιση από δεξιά-αριστερά, Τιμή συνάρτησης, Τιμή του ορίου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μέσα στη μακράιωνη ιστορία των μαθηματικών, στοιχεία που μας οδηγούν στην ιδέα του ορίου, υπάρχουν ήδη από την αρχαιότητα μέσα από τις μεταβολές απείρως μικρών ποσοτήτων (κερατοειδής γωνία). Στη σύγχρονη ιστορία των μαθηματικών συναντάμε πολλές προσπάθειες προκειμένου να αποσαφηνιστεί η έννοια του ορίου. Μεταξύ αυτών ξεχωρίζουν των Luca Valerio και Simon Stevin. Τον 18^ο αιώνα ξεκινά μια προσπάθεια για μια αυστηρή θεμελίωση της έννοιας του ορίου, μέσω κάποιου ορισμού. Χρειάστηκε να περάσει ένας ολόκληρος αιώνας προκειμένου ο Augustin-Louis Cauchy, στο έργο του Cours D' Analyse, να διατυπώσει τον πρώτο ϵ - δ ορισμό του ορίου. Ο Cauchy, αναφέρει ότι «όταν οι διαδοχικές τιμές της ίδιας μεταβλητής, πλησιάζουν απεριόριστα μια σταθερή

τιμή έτσι ώστε τελικά να διαφέρουν από αυτή όσο λίγο θέλουμε, τότε τη σταθερή αυτή τιμή την ονομάζουμε όριο όλων των άλλων». Τον παραπάνω ορισμό τελειοποίησε ο Weierstrass ενώ η τελική μορφή δόθηκε από τον μαθητή του Heine. Κατά την προσπάθεια θεμελίωσης της έννοιας υπήρξαν λάθη και παρανοήσεις από τη μαθηματική κοινότητα. Στη συνέχεια θα γίνει μια προσπάθεια να αναδειχθούν οι δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές κατά την εισαγωγή της έννοιας του ορίου και θα γίνει μια προσπάθεια άρσης των δυσκολιών με τη χρήση αναπαραστάσεων του λογισμικού geogebra.

ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ ΤΟΥ ΟΡΙΟΥ

Μια από τις βασικές δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές κατά το σχηματισμό της έννοιας του ορίου κατά την διδασκαλία, βρίσκεται όχι μόνο στην πολυπλοκότητα του ε-δ ορισμού αλλά και στο γεγονός ότι αυτός δεν είναι ικανός να παράξει εκείνες τις γνωστικές πτυχές που θα βοηθήσουν τους μαθητές στην κατανόησή της. Ακόμη και ο συμβολισμός που αναφέρεται στον ορισμό φαίνεται να είναι πηγή μεγάλων δυσκολιών με αποτέλεσμα οι μαθητές να αποθαρρύνονται και να μην τον κατανοούν ποτέ. Φαίνεται ακόμα πως η διαχείριση των ποσοδεικτών δημιουργεί προβλήματα (Cottrill et al ., 1996). Ο Tall (1993) κάνοντας αναφορά σε αποτελέσματα διάφορων ερευνών , αναφέρει ότι η χρήση του τυπικού ορισμού καθιστά εντελώς ακατάλληλη την κατανόηση της έννοιας του ορίου.

Συνέπεια όλων των παραπάνω είναι το όριο να εισάγεται μέσω παραδειγμάτων και αναφορών σε αριθμητικά πλαίσια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δίνεται σημαντική βαρύτητα στις διαδικασίες υπολογισμού του. Έτσι η διδασκαλία των ορίων επικεντρώνεται σε αλγεβρικούς υπολογισμούς μέσω συγκεκριμένων τεχνικών και σε συναρτησιακά θέματα, στα οποία οι μαθητές φαίνεται να ανταποκρίνονται πολύ καλά. Η εντύπωση που αποκομίζουν οι μαθητές είναι ότι τα όρια σχετίζονται με δεδομένες αλγεβρικές διαδικασίες (παραγοντοποίηση, απλοποίηση, αλλαγή μεταβλητής). Έτσι όμως, δεν επιδιώκεται η ουσιαστική κατανόηση της έννοιας και το γεγονός αυτό οδηγεί σταδιακά στην εμφάνιση ουσιαστικών παρανοήσεων στις έννοιες της ανάλυσης που συνδέονται με το όριο όπως η συνέχεια και η παραγωγισιμότητα στο x_0 του πεδίου ορισμού της.

Αυθόρμητες αντιλήψεις.

Για τις περισσότερες μαθηματικές έννοιες οι μαθητές έχουν ήδη σχηματισμένες κάποιες ιδέες, εικόνες, γνώσεις ή αυθόρμητους συλλογισμούς που προέρχονται από την καθημερινή εμπειρία τους. Οι απόψεις αυτές των μαθητών είναι ικανές να συγκροτήσουν ένα ερμηνευτικό πρότυπο που έρχεται σε σύγκρουση με την μαθηματική ερμηνεία της έννοιας. Οι άτυπες αυτές αντιλήψεις αναφέρονται ως αυθόρμητες αντιλήψεις των μαθητών (Cornu 1981,1983). Η μάθηση και η κατανόηση επηρεάζονται δραστικά από τις αυθόρμητες αντιλήψεις, καθώς αυτές αναμιγνύονται με την καινούργια γνώση ώστε να διαμορφώσουν τις προσωπικές αντιλήψεις των μαθητών που θα οδηγήσουν στην κατανόησή της. Γνωρίζοντας λοιπόν κάποιες από τις αυθόρμητες αντιλήψεις θα μπορέσουμε, με το σχεδιασμό κατάλληλων δραστηριοτήτων, να οδηγήσουμε τους

μαθητές στην κατασκευή και την κατανόηση της έννοιας όπως αυτή είναι αποδεκτή από τη μαθηματική κοινότητα.

Ο Cornu (1983) αναφέρει σε σχετική του έρευνα, ως αυθόρμητες αντιλήψεις που οι μαθητές φέρουν πριν την τυπική διδασκαλία του ορίου, μεταξύ άλλων, ότι αυτό είναι

- Ένα σημείο που είναι προσεγγίσιμο
- Ένα σημείο που είναι αδύνατο να προσεγγιστεί
- Ένα μέγιστο ή ένα ελάχιστο
- Το τέλος, το τέρμα.

Ο ίδιος μάλιστα επισημαίνει ότι οι εικόνες που δημιουργούν στους μαθητές οι παραπάνω ερμηνείες, δεν εξαλείφονται αλλά παραμένουν για αρκετό καιρό μετά την διδασκαλία αλλά παραμένουν ακόμα και σε ένα προχωρημένο στάδιο μάθησης. Πρόσφατες μάλιστα έρευνες οδήγησαν τις Grugneti και Rizza (2003), να διατυπώσουν εικασία σύμφωνα με την οποία η ιδέα του φράγματος για το όριο είναι ένα εμπόδιο στην διαδικασία κατανόησής του. Αναφέρουν μάλιστα ότι προκειμένου για την κατασκευή της έννοιας του ορίου θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη οι πρωτογενείς εμπειρίες και τις διαισθητικές αντιλήψεις των μαθητών. Στην παρούσα διδακτική παρέμβαση επικεντρωθήκαμε στις διαισθητικές αντιλήψεις για την έννοια της προσέγγισης.

Ο ρόλος της γλώσσας στην κατανόηση της έννοιας του ορίου.

Καθώς η γλώσσα είναι βασικό συστατικό επικοινωνίας, είναι δυνατό να επηρεάσει την κατασκευαζόμενη εικόνα της μαθηματικής έννοιας κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Οι δάσκαλοι των μαθηματικών χρησιμοποιούν καθημερινές εκφράσεις που έχουν όμως κάποια ειδική μαθηματική ερμηνεία. Έτσι βασικές εκφράσεις των ορίων είναι δυνατό να δημιουργήσουν δυνητικά μοντέλα που έρχονται σε αντιδιαστολή με την μαθηματική του ερμηνεία.

Ο Monaghan (1986, 1991) μετά από σχετική έρευνα διαπιστώνει ότι *«Οι τέσσερις φράσεις που χρησιμοποιούνται, όριο-τείνει-συγκλίνει-προσεγγίζει, παράγουν καθημερινές εκφράσεις που βρίσκονται σε αντιπαράθεση με την αντίστοιχη μαθηματική τους χρήση»*.

Στην έρευνά του, ζήτησε ο ίδιος από τους σπουδαστές να γράψουν προτάσεις στις οποίες να γίνεται χρήση των λέξεων *τείνει, προσεγγίζει, συγκλίνει και όριο*. Από την ανάλυση των απαντήσεων προέκυψαν τα παρακάτω:

Όριο: Καταγράφηκαν προτάσεις από τις οποίες φαίνεται ότι όριο είναι ένα συμβατικός νόμος τον οποίο απαγορεύεται να υπερβούμε ή δεν είμαστε σε θέση να υπερβούμε (όριο ταχύτητας, όριο ανίχνευσης ενός ραντάρ)

Προσεγγίζει: Αντιπροσωπεύει μια μετακίνηση προς ένα τέρμα, χωρίς πάντοτε να φτάνουμε σε αυτό.

Συγκλίνει: Η σημασία που δόθηκε εδώ έχει να κάνει με το πλησίασμα και άγγιγμα κάποιων αντικειμένων. Η εικόνα που δημιουργείται έρχεται σε αντίφαση με την περίπτωση που το όριο συνάρτησης είναι το άπειρο.

Τείνει: Εδώ χρησιμοποιήθηκαν προτάσεις που φανερώνουν προτιμήσεις ή ταύτιση με το προσεγγίζει.

Ο Monaghan (1991) καταλήγει στο συμπέρασμα ότι «Οι σπουδαστές θα πρέπει να οδηγηθούν στην εξερεύνηση και το σχολιασμό των προσωπικών τους αντιλήψεων και να συνειδητοποιήσουν πως οι καθημερινές έννοιες των μαθηματικών φράσεων μπορούν να οδηγήσουν σε λαθεμένες ερμηνείες».

Γνωστικά εμπόδια

Τα γνωστικά εμπόδια αναδύονται καθώς οι μαθητές προσπαθούν να ενσωματώσουν τη νέα γνώση στην προϋπάρχουσα. Η έρευνα εστιάζει στην δυσκολία συγχρονισμού της έννοιας με τον ορισμό. Τα εμπόδια αυτά καθυστερούν ή προκαλούν στασιμότητα στη διαδικασία της μάθησης. Ο Bachelard (1939) διατείνεται ότι «πρέπει κατά τη διαδικασία απόκτησης της γνώσης να γνωρίζουμε τι εμφανίζεται ως αναπόφευκτο αποτέλεσμα της λειτουργικής ανάγκης που καθυστερεί την ταχύτητα μάθησης και προκαλεί γνωστικές δυσκολίες».

Σύμφωνα με τον Cornu (1991) ανάμεσα στα γνωστικά εμπόδια που μπορούμε να διακρίνουμε τα επιστημολογικά εμπόδια είναι αυτά που μπορούν να διαμορφώσουν ένα πλαίσιο που μπορεί να συντελέσει στη δημιουργία μεγάλων δυσκολιών. Ο Cornu ορίζει ως επιστημολογικά εμπόδια εκείνα τα οποία σχετίζονται με την φύση των μαθηματικών. Ο Brousseau (1983) ορίζει ως επιστημολογικό εμπόδιο τη γνώση που έχει εδραιωθεί καθώς αυτή λειτουργεί καλά σε κάποιο πλαίσιο μιας γνωστικής περιοχής αλλά καθώς αποτυγχάνει να λειτουργήσει σε κάποιο άλλο οδηγεί σε αντιφάσεις. Τα εμπόδια αυτά μπορούν να ξεπεραστούν μέσω μιας μεγάλης προσπάθειας γνωστικής ανακατασκευής. Ανάμεσα στα επιστημολογικά εμπόδια που αναφέρει ο Cornu (1991) κατά την ιστορική εξέλιξη του ορίου, την παρούσα μελέτη αποσχολεί αν το όριο επιτυγχάνεται ή όχι.

Ο γάλλος μαθηματικός D' Alembert, ισχυριζόταν ότι το όριο μιας συνάρτησης δε συμπίπτει ποτέ με την τιμή της συνάρτησης αλλά μπορεί να διαφέρει κατά μια ποσότητα όσο θέλουμε μικρή. Από την άλλη όμως πολύ συχνά οι μαθητές συγχέουν το $\lim_{x \rightarrow x_0} f(x)$

με την τιμή $f(x_0)$.

Μια προσεκτικά σχεδιασμένη διδακτική παρέμβαση, δεν πρέπει να αγνοεί τα εμπόδια αυτά, αντίθετα θα πρέπει να οδηγεί τους μαθητές προς αυτά προκειμένου να τα ξεπεράσει και να αποκαθάρει την καινούργια μαθηματική έννοια.

Η διδακτική πρόταση

Ο βασικός στόχος της πρότασής μας είναι η διαισθητική προσέγγιση της έννοιας του ορίου. Το μάθημα γίνεται σε αίθουσα Η/Υ και οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες των δύο ατόμων. Τους δίνεται ένα φύλλο εργασίας με τους τύπους συναρτήσεων και μια σειρά από αρχεία geogebra, με τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις και καλούνται να απαντήσουν σε μια σειρά ερωτημάτων. Οι συναρτήσεις είναι κατάλληλα επιλεγμένες προκειμένου να δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να εξάγουν συμπεράσματα και να κατακτούν την ουσία της έννοιας.

Το λογισμικό geogebra επιλέχτηκε καθώς είναι φιλικό προς τους μαθητές και δε χρειάζεται κάποια ιδιαίτερη εξοικείωση. Δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας κατάλληλων αναπαραστασιακών μοντέλων και το δυναμικό χειρισμό τους. Οι μαθητές με τη συνεχή

μεταβολή των τιμών της μεταβλητής μπορούν άμεσα να παρατηρούν τις αλλαγές που επιφέρει η μεταβολή αυτή. Έτσι τους δίνεται η δυνατότητα να αναγνωρίσουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της μαθηματικής έννοιας που αναφέρεται καθώς μπορούν

- να επικοινωνήσουν τις ιδέες τους
- να αναστοχαστούν επί των ενεργειών τους
- να οδηγηθούν σε γνωστική σύγκρουση μεταξύ των ιδεών-ενεργειών και των αποτελεσμάτων τους.

Οι μαθητές εργάζονται συνεργατικά, εξερευνούν, παρατηρούν τις μεταβολές στις τιμές της συνάρτησης και συμπληρώνουν τις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας. Κατά τη διάρκεια επεξεργασίας κάθε ερώτησης ο ρόλος του δασκάλου είναι συμβουλευτικός. Ακολουθεί συζήτηση με τους μαθητές και εξαγωγή συμπερασμάτων. Έτσι ακολουθώντας μια πορεία εξερεύνησης μέσω των παρατηρήσεων τους καταλήγουν σε βασικά συμπεράσματα.

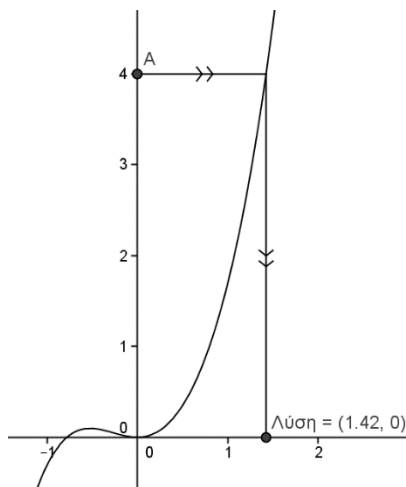
Στόχοι της πρότασης είναι οι μαθητές να

- αποφασηνίσουν τις αυθόρμητες αντιλήψεις και παρονοήσεις που δημιουργεί η καθημερινή χρήση της λέξης όριο
- ξεπεράσουν τα γνωστικά εμπόδια καθώς σε κάθε περίπτωση οπτικοποιούν τον τύπο της συνάρτησης
- οικοδομήσουν την έννοια του ορίου, καθώς είναι κομβικής σημασίας για την Ανάλυση

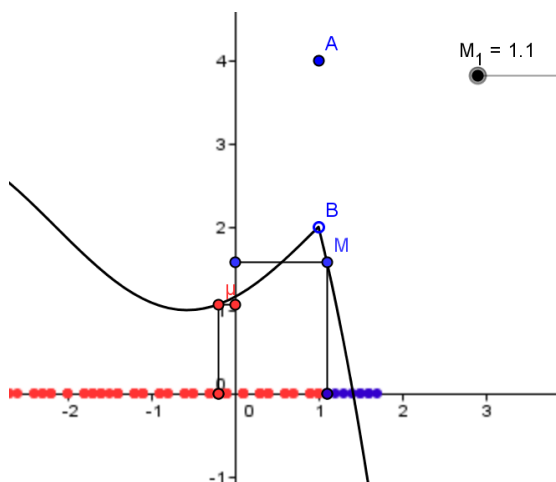
Περιγραφή και βασικά χαρακτηριστικά της διδακτικής πρότασης

Βασικά μεθοδολογικά εργαλεία της διδακτικής πρότασης είναι ένα φύλλο εργασίας και μια σειρά από αρχεία geogebra. Οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε κάποιες ερωτήσεις που αφορούν τόσο στους τύπους των συναρτήσεων όσο και στις γραφικές τους παραστάσεις. Το περιεχόμενο του φύλλου εργασίας είναι χωρισμένο σε τέσσερις ενότητες, όπου σε κάθε μία γίνεται μία προσπάθεια άρσης της ενδεχόμενης ασάφειας της αρχικής ιδέας (αυθόρμητη αντίληψη) και αποκατάστασή της με μια αναπαράσταση που θα σχετίζεται με τον τυπικό μαθηματικό ορισμό.

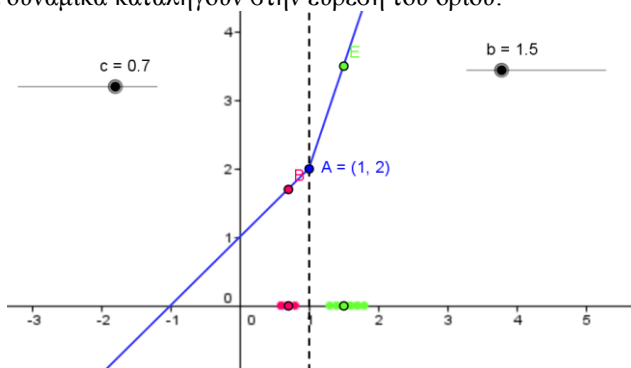
Αρχικά στους μαθητές δίνεται η γραφική παράσταση μιας συνάρτησης και καλούνται να εργαστούν με αυτήν απαντώντας σε μια σειρά ερωτημάτων όπως ποιο είναι το πεδίο ορισμού της συνάρτησης και ποια είναι τα σημεία τομής με τους άξονες. Στόχος είναι να υπάρξει μια οικειότητα με το χειρισμό της γραφικής παράστασης κάνοντας χρήση των εννοιών που ήδη γνωρίζουν από παλαιότερες τάξεις. Στη συνέχεια τους ζητείται να υπολογίσουν μια σειρά από τιμές της συνάρτησης οι οποίες όμως δε μπορούν να υπολογιστούν με ακρίβεια. Έτσι για πρώτη φορά αναγνωρίζονται εκφράσεις όπως « *οι τιμές είναι κοντά (σε κάποιον αριθμό) στο 4* ». Το επιθυμητό θα είναι να μπορούν να αντιστρέφουν τη διαδικασία αναγνωρίζοντας ότι για να έχουμε τιμές της συνάρτησης κοντά στο 4 αρκεί να πάρουμε τιμές του x κοντά στο 1,4.



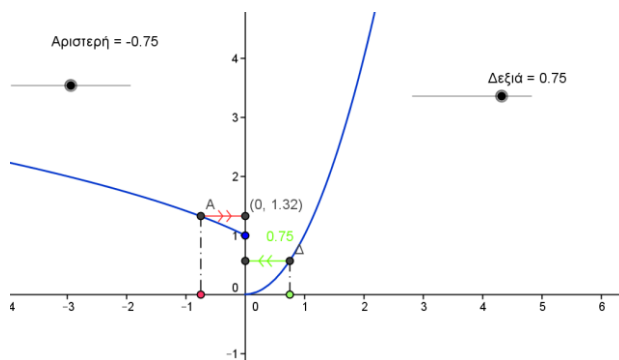
Το όριο έχει τοπική ερμηνεία. Ως γνωστόν μας ενδιαφέρει να γνωρίζουμε τις μεταβολές των τιμών της συνάρτησης σε μια περιοχή του x_0 , χωρίς να μας ενδιαφέρει αν αυτό ανήκει ή όχι στο πεδίο ορισμού της συνάρτησης. Εντούτοις όσον αφορά τους μαθητές έχουν ισχυρή πεποίθηση ότι θα πρέπει το x_0 να ανήκει στο πεδίο ορισμού της. Έτσι δίνονται στους μαθητές ο τύπος μιας συνάρτησης όπου στη μια περίπτωση $x_0 \in D_f$ και στην άλλη όχι. Οι μαθητές με τη βοήθεια αρχαίων geogebra και το δυναμικό χειρισμό των γραφικών παραστάσεων των δύο συναρτήσεων, καταλήγουν ότι και οι δύο συναρτήσεις έχουν το ίδιο όριο.



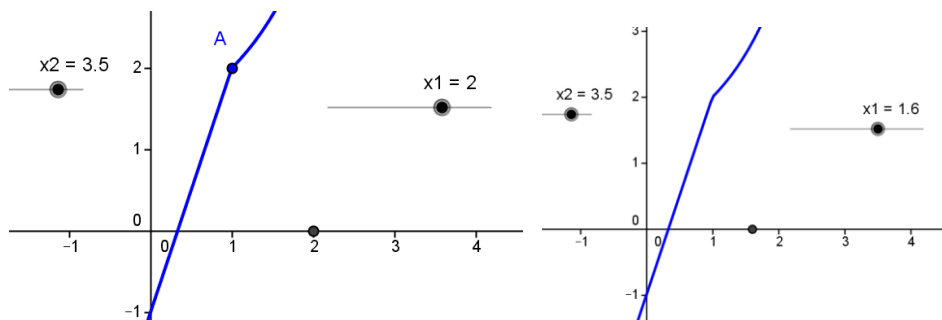
Καθώς οι μαθητές έχουν εξοικειωθεί με έννοια της προσέγγισης, το επόμενο βήμα είναι να την συνδέσουν με την ύπαρξη του ορίου. Έτσι δίνεται στους μαθητές μία συνάρτηση της οποίας ο τύπος περιέχει απόλυτη τιμή. Από τους μαθητές αρχικά, ζητείται να γραφεί ο τύπος χωρίς το απόλυτο. Καθώς διακρίνουν τις περιπτώσεις προσήμου για την παράσταση του απόλυτου, κατανοούν και τις διαφορετικές προσεγγίσεις του x_0 , από δεξιά και αριστερά. Στο σημείο αυτό ο εκπαιδευτικός μπορεί να ανακοινώσει στους μαθητές την ονομασία των δύο ορίων που μπορούμε να έχουμε για τις δύο αυτές προσεγγίσεις (Πλευρικά όρια). Ανοίγοντας το κατάλληλο αρχείο geogebra, οι μαθητές οπτικοποιούν τις δύο διαφορετικές προσεγγίσεις (από αριστερά και από δεξιά) και καθώς τις χειρίζονται δυναμικά καταλήγουν στην εύρεση του ορίου.



Σημαντικό είναι να κατανοήσουν οι μαθητές ότι υπάρχουν συναρτήσεις για τις οποίες το όριο δεν υπάρχει (τα πλευρικά όρια δεν είναι ίσα). Έτσι τους δίνεται ο τύπος και η γραφική παραστάση συνάρτησης, όπου προσπαθώντας να απαντήσουν στις ερωτήσεις που τίθενται και με το δυναμικό χειρισμό της από αριστερά και δεξιά προσέγγισης, στη γραφική της παράσταση, μπορούν να εξάγουν κατάλληλα συμπεράσματα. Συγκεκριμένα, αναγνωρίζουν ότι οι δύο διαφορετικές προσεγγίσεις δίνουν δύο διαφορετικές περιοχές στις οποίες συσσωρεύονται οι τιμές της συνάρτησης. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει κάποιος μοναδικός αριθμός γύρω από τον οποίο να συσσωρεύονται οι τιμές της, συνεπώς το όριο δεν υπάρχει.



Στο κλείσιμο του φύλλου εργασίας οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν στο ερώτημα αν το όριο της συνάρτησης είναι και η αντίστοιχη τιμή της. Τους δίνεται ο τύπος μιας συνάρτησης δύο κλάδων και αρχικά τους ζητείται να απαντήσουν ερωτήσεις γύρω από το πεδίο ορισμού της. Έτσι γίνεται σαφές ότι αν $x_0 \notin D_f$, τότε δεν έχει νόημα να αναζητήσουμε τιμή της f στο x_0 , οπότε το αντίστοιχο όριο δεν είναι τιμή της. Στη δεύτερη περίπτωση εμφανίζοντας το σημείο $(x_0, f(x_0))$, η γνωστική σύγκρουση που δημιουργείται καταρρίπτει τον προηγούμενο ισχυρισμό.



Σύμφωνα με τα παραπάνω φαίνεται ότι γίνεται μια προσπάθεια αποσαφήνισης των αυθόρμητων αντιλήψεων καθώς οι μαθητές εργαζόμαστε με τη γραφική παράσταση της συνάρτησης και τον τύπο της ταυτόχρονα. Χειριζόμενοι δυναμικά τις μεταβολές του x και παρατηρώντας τις αντίστοιχες μεταβολές των τιμών της συνάρτησης είναι δυνατό να οδηγηθούν σε μία περισσότερο τυπικά εκφρασμένη έννοιά του.

Στην προσπάθειά τους να απαντήσουν στις κατάλληλες ερωτήσεις που τίθενται ενεργοποιούνται νοητικές διαδικασίες οι οποίες θα βοηθήσουν τους μαθητές να εξαλείψουν την αρχική, λανθασμένη και ανεπαρκή γνώση γύρω από την έννοια του ορίου και να την αντικαταστήσουν με αυτήν εντός του ορθού πλαισίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βαγενά, Δ. (2004). *Δυσκολίες στην κατανόηση εννοιών στο μάθημα του Απειροστικού Λογισμού (Συμπεράσματα από την ανάλυση μιας έρευνας βασισμένης στην τελική γραπτή εξέταση των φοιτητών)*. Διπλωματική εργασία, Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών στο http://www.math.uoa.gr/me/dipl/dipl_vagena.pdf
- Bachelard,G.(1939). *Les obstacles épistémologiques rentissage de la notion de limite:Modeles spontanés et modeles propres*. Actes du La formation de l'esprit scientifique.Paris, Librairie philosophique Vrin, 1999 (1ère édition : 1938).
- Brousseau,G.(1983). *Les obstacles epistemologiques et les problemew en mathematiques*. Recherches in didactique des mathematiques,4(2),165
- Cauchy, A-L.(1821) *Cours d'Analyse*, Paris 1821,in Oeuvres Completes d'Augustin Cauchy, series 2,vol 3, Paris1899 p.19
- Cornu,B.(1981). *Apprentissage de la notion de limite:Modeles spontanés et modeles propres*. Actes du Cinquieme Colloque du Graipe International PME, Grenoble 322-326
- Cornu,B.(1983). *Quelques obstacies; a l'apprentissage de la notion de limite*. Recherches en Didactique des Mathematiques, 4, 236-268.
- Cornu,B.(1991). *Limits*. In Tall D. (ed) *Advanced Mathematical Thinking*, Kluwer Academic Publisher,Dordrecht, 153-166.
- Cottrill,J.,Dubinsky,E.,Nichols,D.,Schwingendorf,K,Thomas,K.,Vidakovic,D.(1996). *Understanting the limit conceptr: Beginning with a coordinated process schema*. Journal of Mathematical Behavior,15,167-192.
- Cristou, C., Zachariades, Th. & Papageorgiou, E. (2002). *The difficulties and reasoning of undergraduate mathematics students in the identification of functions*. Proseeding in the 10th ICME Conference. Crete: Wiley
- Eunice, K.M.(2008). *Epistimological obstacles in coming to understand the limit of a function at undergraduate level: A case from the national university of Lesotho*. International Journal of Science and Mathematics Education, 7(3), 431-454.
- Grugnetti, L., & Rizza, A.(2003). *A lengthy process for the establishment of the concept of limit*. Proceedings of the Third Conference of the European Group for Research in Mathematics Education. Bellaria, Italy, from http://www.dm.unipi.it/~didattica/CERME3/proceedings/Groups/TG11/TG11_Grugnetti_cerme3.pdf
- Iliada E, et al.(2009).*Geometric and algebraic approaches in the concept of "limit" and the impact of the "Didactic contract"*. International Journal of Science and Mathematics Education, 7(4), 765-790.
- Monaghan, J. D. (1986). *Adolescent's understanding of limits and infinity*. Unpublished Ph.D. thesis, Warwick University U.K.

- Monaghan, J. (1991). *Problems with the language of limit*. For the Learning of Mathematics, 11(3), 20–24.
- Monaghan, J. (1986). Adolescents' understanding of limits and infinity. Unpublished Ph.D. thesis. Mathematics Education Research Centre, University of Warwick, UK.
- Sfard, A. (1998). *Communicating to Learn or Learning to Communicate? Mathematics education in Quest for New Answers to Old Questions*. In H. Steinbring, M.G. Bartolini Bussi, a. Sierpiska, (Eds), Language and Communication in the Mathematics Classroom. Reston, VA. National Council of Teachers of Mathematics p.17-25.
- Tall, D. (1993). *Students' difficulties in Calculus*. ICME-7, Quebec, Canada, 13-28.
- Tall, D. & Vinner, S. (1981). Concept image and concept definition in mathematics, with special reference to limits and continuity. Educational Studies in Mathematics, 12, 151-169

Εκπαιδευτικό Υλικό για τις έννοιες του ηλεκτρισμού για το σχολικό εγχειρίδιο της Έ Τάξης Δημοτικού για τυφλούς μαθητές σε περιβάλλον συνεκπαίδευσης βλεπόντων

Κωνσταντίνος Κώτσης¹ και Αριάδνη Τακουρίδου²

ΠΤΔΕ Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

¹ kkotsis@uoi.gr, ²ariadne.takouridou@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία τονίζονται οι προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι τυφλοί ή μαθητές με προβλήματα όρασης στην εκπαίδευση τους και ιδιαίτερα στο γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής, στο οποίο καλούνται να εμπλακούν σε πειραματικές διαδικασίες και να αποκτήσουν μια άμεση σύνδεση και κατανόηση με τον φυσικό κόσμο χωρίς να αξιοποιήσουν την αίσθηση της όρασης. Γι αυτό, προτείνονται κατάλληλα πειράματα για τις έννοιες του ηλεκτρισμού, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις ιδιαιτερότητες των μαθητών με σοβαρά προβλήματα όρασης, στα οποία δίδεται έμφαση στην αξιοποίηση όλων αισθήσεων πλην της όρασης, ως αποτέλεσμα να καθίσταται εφικτή η συμμετοχή των μαθητών με προβλήματα όρασης στα πειράματα του σχολικού εγχειριδίου της Έ' Τάξης Δημοτικού.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: πειράματα, ηλεκτρισμός, συμμετοχή.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σημασία της αίσθησης της όρασης για την εκπαίδευση και την ομαλή νοητική ανάπτυξη είναι προφανής, δεδομένου ότι η μάθηση πραγματοποιείται κυρίως μέσω της οπτικής οδού. Η τυφλότητα περιορίζει τις εμπειρίες του παιδιού, αφού ένας μεγάλος αριθμός γνώσεων αποκτάται με την όραση. Έτσι, έχει παρατηρηθεί (Δελλασούδας, 2005) ότι οι τυφλοί μαθητές παρουσιάζουν καθυστέρηση στην αντίληψη και την κατανόηση ομοιοτήτων, ενώ οι μερικώς βλέποντες υστερούν ως προς την οπτική μνήμη και τον οπτικό συσχετισμό. Τα τυφλά παιδιά διαθέτουν νοερές εικόνες (νοερή εικονική αναπαράσταση) και μπορούν να τις χρησιμοποιούν προκειμένου να θυμηθούν λεκτικό υλικό. Έχουν όμως περιορισμένη ικανότητα στο χειρισμό πολλαπλών νοερών εικόνων ταυτοχρόνως. Η εκπαίδευση των παιδιών με προβλήματα όρασης πραγματοποιείται σε Σχολικές Μονάδες Ειδικής Αγωγής (Σ.Μ.Ε.Α) ή σε κοινό σχολείο, ανάλογα με το μέγεθος της οπτικής οξύτητας. Σε Σχολικές Μονάδες Ειδικής Αγωγής (Σ.Μ.Ε.Α) φοιτούν μόνο τα τυφλά παιδιά Α-βάθμιας εκπαίδευσης. Συνεπώς, η μεγαλύτερη πρόκληση που καλείται

να αντιμετωπίσει το τυφλό παιδί στο κοινό για όλους εκπαιδευτικό περιβάλλον, είναι ο εντυπωσιακός όγκος οπτικού υλικού, στον οποίο εκτίθεται συνεχώς: αναγνωστικά βιβλία, διαγράμματα ύλης ανά τάξη, ωρολόγια προγράμματα, πίνακες στους οποίους χρησιμοποιείται η κιμωλία. Επιπλέον, το πλήθος των χρησιμοποιούμενων πληροφοριών από εικόνες και ταινίες, ηλεκτρονικούς υπολογιστές και τηλεόραση διευρύνουν τον κατάλογο του οπτικού υλικού, στον οποίο τα τυφλά και μερικώς βλέποντα άτομα έχουν περιορισμένη πρόσβαση (Δελλασούδας, 2005).

Συνήθως τα παιδιά με προβλήματα όρασης αναπτύσσουν δικές τους στρατηγικές και τεχνικές για να αντιμετωπίσουν τις συνθήκες της καθημερινότητάς τους (Χιουρέα, 1998). Επομένως είναι σημαντικό κάθε μαθητής να συμμετέχει ενεργά και στην επιλογή των στρατηγικών διδασκαλίας που ταιριάζουν στην περίπτωσή του (Λαμπροπούλου, 2004). Στην εκπαίδευση των τυφλών παιδιών επειδή συχνά συμβαίνει ένα παιδί με προβλήματα όρασης να μην έχει την ευκαιρία να συλλέξει πληροφορίες σχετικές με το περιβάλλον στο οποίο ζει, κάτι που για τα βλέποντα παιδιά θεωρείται δεδομένο: α) δεν πρέπει να θεωρείται τίποτα δεδομένο, β) να εξηγούνται τα πάντα προκειμένου να βοηθηθούν τα παιδιά να σχηματίσουν ή να κατανοήσουν νέες έννοιες, γ) οι νέες έννοιες να εισάγονται με διαφορετικό τρόπο, πιο πρακτικό. Στο πλαίσιο της παραπάνω λογικής θα πρέπει να είναι δομημένο και ένα μάθημα φυσικών επιστημών. Ιδιαίτερα το γνωστικό αντικείμενο της φυσικής στο οποίο εξέχουσα και βαρύνουσα θέση κατέχει το πείραμα (Κατσάνη, 2005), απαιτούνται οι κατάλληλες τροποποιήσεις λαμβάνοντας υπ' όψιν την έλλειψη όρασης των τυφλών παιδιών, ώστε να επιτυγχάνεται η εμπλοκή και η συμμετοχή των τυφλών μαθητών σε πειράματα μέσω της αξιοποίησης των υπολοίπων αισθήσεων.

Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΤΥΦΛΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ

Υπό συνθήκες ομαλής ανάπτυξης τα παιδιά προσαρμόζονται γνωστικά στην κατανόηση των συνθηκών του φυσικού περιβάλλοντος. Αν η κατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος αλλάξει από τη μια στιγμή στην άλλη, τότε δεν θα υπήρχε καμία κανονικότητα στο πέρασμα του χρόνου, κάτι που φυσικά δεν συμβαίνει. Αν ένα παιδί όμως δεν κατανοούσε, σε κάποιο επίπεδο, τις νόρμες του φυσικού περιβάλλοντος, οι γνωστικές απαιτήσεις της προσαρμογής του θα ήταν ανυπολόγιστα πιο μεγάλες. Η κατανόηση των βασικών χαρακτηριστικών του φυσικού περιβάλλοντος απαλλάσσει το παιδί από την αναγκαιότητα της συνεχούς ενασχόλησης με την εκάστοτε κατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος (Feldman, 2011). Οι ιδιότητες του φυσικού περιβάλλοντος είναι οι παρακάτω:

- Η μονιμότητα του αντικειμένου: η κατανόηση ότι τα αντικείμενα διατηρούν την ύπαρξη και την ταυτότητά τους ακόμα και όταν δεν διεγείρουν τις αισθήσεις.
- Οι ιδιότητες της ύλης: η κατανόηση ότι οι ιδιότητες όπως η μάζα, ο αριθμός και ο όγκος διατηρούνται παρά τις όποιες αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο τις αντιλαμβάνεται το παιδί.
- Η αιτιότητα: η κατανόηση αιτίου και αιτιατού, η κατανόηση ότι μια δεδομένη πράξη έχει οπωσδήποτε μια συνέπεια.

- Ο χρόνος: η κατανόηση της διάταξης των γεγονότων στο χρόνο, η κατανόηση των σταθερών χρονικών περιόδων, όπως οι μέρες και οι εβδομάδες και η κατανόηση των εννοιών του παρόντος, του παρελθόντος και του μέλλοντος.
- Η χωρική δομή: η κατανόηση του χώρου και της δομής του, της κατάληψης του χώρου από αντικείμενα και οι σχέσεις των αντικειμένων μέσα στο χώρο.

Οι διαδικασίες της εξοικείωσης με αυτούς του θεμελιώδεις τομείς κατανόησης συνεχίζονται καθ' όλη τη διάρκεια της παιδικής ηλικίας, αλλά οι βάσεις τους τίθενται από τη νηπιακή ηλικία. Διάφοροι θεωρητικοί έχουν αναφερθεί ποικιλοτρόπως σε αυτά τα ζητήματα, από τη θεωρία του William James το 2001 ότι ο κόσμος του νεογνού είναι «μια ακμάζουσα, θορυβώδης σύγχυση», μέχρι την άποψη του (Piaget, 1990) ότι το νήπιο είναι ένας επιστήμονας σε μικρογραφία. Όποια και να είναι η θεωρητική βάση, μπορούμε να πούμε με ασφάλεια ότι το νεογνό δεν διαθέτει καμία κατανόηση των νόμων που διέπουν το φυσικό περιβάλλον και ότι ένα δίχρονο παιδί έχει αποκτήσει αξιοπρόσεκτο βαθμό κατανόησης.

Η κατανόηση στην παιδική ηλικία και στην ενήλικη ζωή μπορεί να προκύπτει από την επικοινωνία με άλλους ανθρώπους, ενώ στη νηπιακή ηλικία η πλειοψηφία των πληροφοριών για την κατανόηση του φυσικού περιβάλλοντος αποκτάται απευθείας μέσω των αισθήσεων. Κατά συνέπεια, οι αντιληπτικές ικανότητες αποτελούν θεμελιώδη προϋπόθεση για την κατανόηση του φυσικού περιβάλλοντος. Οι κύριες αισθήσεις εκτός της όρασης, η ακοή και η αφή, λειτουργούν πλήρως σε νήπια με προβλήματα όρασης. Έτσι, τα νήπια με προβλήματα όρασης λαμβάνουν πληροφορίες για το φυσικό περιβάλλον χάρη στην ακοή και την αφή (Warren, 2004).

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι οι τυφλοί μαθητές αντιμετωπίζουν σημαντικό περιορισμό στην εξοικείωση και αντίληψη των βασικών χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος, έτσι ως συνέπεια αυτού αναδεικνύεται η σπουδαία συνεισφορά ενός μαθήματος φυσικής στην κατανόηση αυτών των θεμελιωδών χαρακτηριστικών που διέπουν τη κανονικότητα του φυσικού περιβάλλοντος. Το πείραμα διαδραματίζει το κυρίαρχο ρόλο σε ένα διδακτικό αντικείμενο όπως αυτό της φυσικής καθώς συνδέει σε πρακτικό επίπεδο το μαθητή με τον πραγματικό κόσμο (Harlen, 2005).

Σύμφωνα με τους σκοπούς που υπηρετεί το πείραμα, είναι απαραίτητο στις τάξεις του Δημοτικού Σχολείου για τη διδασκαλία της φυσικής. Εκτός από τη βοήθεια που δίνει για την κατανόηση της θεωρίας, συμβάλλει και στην ανάπτυξη τεχνικών δεξιοτήτων που είναι απαραίτητες στους μαθητές, όπως η σωστή χρησιμοποίηση συσκευών, η κατανόηση και εκτέλεση οδηγιών και τέλος οι δεξιότητες των χεριών. Είναι εντυπωσιακή η μεγάλη ικανότητα την οποία αποκτούν τα τυφλά παιδιά να εκτιμούν τις διαστάσεις αντικειμένων, αφού καθημερινά χρησιμοποιούν τη διαδικασία μέτρησης, η οποία αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό του πειράματος (Κώτσης και Ανδρέου, 2005).

Αν λάβει κανείς υπόψη τη ρήση «ακούω και ξεχνάω, βλέπω και θυμάμαι, κάνω και καταλαβαίνω» μπορεί να συμπεράνει ότι με τη μέθοδο της διάλεξης που γίνεται από τον εκπαιδευτικό μέσα στη σχολική αίθουσα, οι μαθητές ξεχνούν πολύ γρήγορα αυτά που ακούν, ενώ αντίθετα τα θυμούνται, όταν είναι αποτέλεσμα πειραματικών διαδικασιών. Εκτελώντας πειράματα ο μαθητής πρέπει να εργαστεί, να κάνει υποθέσεις, να επιλέξει τα

κατάλληλα μέσα που χρειάζεται, να παρατηρήσει προσεκτικά και να καταλήξει σε συμπεράσματα τα οποία θα πρέπει και να επαληθεύσει. Με αυτόν τον τρόπο το πείραμα διεγείρει και διατηρεί το ενδιαφέρον του μαθητή και τέλος του προκαλεί την ευχαρίστηση (Κώτσης, 2005) που νιώθει ο δημιουργικά εργαζόμενος.

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Το κεφάλαιο που αφορά στον ηλεκτρισμό ορίζεται (βιβλίο δασκάλου, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) να διδαχθεί στη διάρκεια των 11 διδακτικών ωρών. Ως γενικότερος στόχος του κεφαλαίου είναι να αποκτήσουν οι μαθητές βασικές γνώσεις για τα φαινόμενα σχετικά με το ηλεκτρικό ρεύμα, τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα με μπαταρίες, διακόπτες και λαμπτήρες και να ευαισθητοποιηθούν για τους κινδύνους που προκύπτουν από τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Παρακάτω, στον «Πίνακα 1», παρουσιάζονται συνοπτικά οι δραστηριότητες που προτείνονται για αυτό το κεφάλαιο.

Πίνακας 1: Συνοπτική παρουσίαση των προτεινόμενων δραστηριοτήτων για την έννοια του ηλεκτρισμού.

ΕΝΟΤΗΤΕΣ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ
Στατικός ηλεκτρισμός	Εισαγωγικό ερέθισμα: 1) «μυρμήγκιασμα» κατά την επαφή με μεταλλικά αντικείμενα, 2) σπινθήρες κατά το χτένισμα των μαλλιών.
Ηλεκτροσκόπιο	Απόθεση όμοια ηλεκτρικά φορτισμένων διαφανειών.
Αγωγοί και μονωτές	Απτική διερεύνηση υλικών και κυκλώματος.
	Αξιοποίηση της αίσθησης της γεύσης της διαπίστωση της έλξης κόκκων ζάχαρης από ηλεκτρικά φορτισμένο καλαμάκι. Κατασκευή «εναλλακτικού» ηλεκτροσκοπίου. Κατασκευή κυκλώματος που ενεργοποιεί τη λειτουργία μοτέρ.
	Ηλεκτρικά φορτισμένο μπαλόνι που «κολλάει» στο τοίχο λόγω επαγωγής αντίθετου επιφανειακού φορτίου. Ηλεκτρικός θύσανος.

Στατικός ηλεκτρισμός

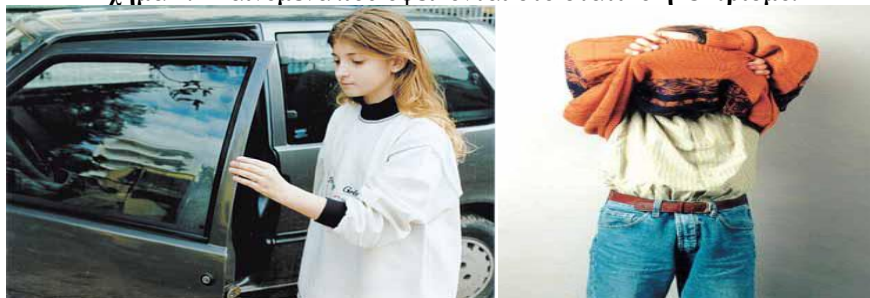
Η παραπάνω υποενότητα ορίζεται (βιβλίο δασκάλου, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) να διδαχθεί σε δυο διδακτικές ώρες. Μέσω της διδακτικής διαδικασίας αναμένονται τα παρακάτω:

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι τα ομώνυμα φορτία απωθούνται, ενώ τα ετερόνυμα έλκονται.
- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι, όταν το πλαστικό καλαμάκι τρίβεται με ένα χαρτομάντιλο, φορτίζεται αρνητικά.

- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι το χαρτομάντιλο, όταν τριβεται σε ένα καλαμάκι, φορτίζεται θετικά.

Το εισαγωγικό ερέθισμα που προτείνεται από το τετράδιο εργασιών «Φυσικά» Ε' Δημοτικού Ερευνώ Και Ανακαλύπτω (τετράδιο εργασιών, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) για την ενότητα «στατικός ηλεκτρισμός» είναι η επίδειξη εικόνων στις οποίες παρατηρείται το φαινόμενο, λόγω χάρη την αίσθηση που έχουμε όταν βγαίνουμε από το αυτοκίνητο και όταν βγάζουμε μια μάλλινη μπλούζα. Επειδή αυτή η δραστηριότητα δεν είναι πραγματοποιήσιμη από τους τυφλούς μαθητές, προτείνεται η αναφορά περιστατικών από την καθημερινότητα στα οποία συναντάται το εν λόγω φαινόμενο του στατικού ηλεκτρισμού και στη συνέχεια παροτρύνονται οι μαθητές με σοβαρά προβλήματα όρασης να αναρωτηθούν – προβληματιστούν και να διατυπώσουν τις σκέψεις τους προσπαθώντας να εξηγήσουν το φαινόμενο. Τέτοια σχετικά περιστατικά που σχετίζονται με το φαινόμενο του στατικού ηλεκτρισμού είναι όταν χτενίζονται τα μαλλιά και ακούγονται σπινθήρες που προκαλούνται, όταν σύρονται τα πόδια σε ένα χαλί προκαλείται ένα μυρμήγκιασμα με την επαφή με το χερούλι της πόρτας. Τα δυο τελευταία παραδείγματα είναι σημαντικά και για τους τυφλούς μαθητές γιατί αξιοποιούν αντιληπτικές ικανότητες που δεν στηρίζονται στην αίσθηση της όρασης, αλλά της αφής και της ακοής. Σημειώνεται ότι στις παραπάνω περιπτώσεις προκαλείται φόρτιση από επαφή.

Σχήμα 1. Φαινόμενα που οφείλονται στο στατικό ηλεκτρισμό.



Το πείραμα που προτείνεται από το τετράδιο εργασιών «Φυσικά Ε' Δημοτικού Ερευνώ Και Ανακαλύπτω», προκειμένου να γίνει αντιληπτό από τους μαθητές ότι μέσω της τριβής φορτίζονται τα σώματα και ότι έλκονται ή απωθούνται ανάλογα με το είδος της φόρτισης, δεν μπορεί να εκτελεστεί σωστά και με ακρίβεια από τους τυφλούς μαθητές, καθώς στηρίζεται στην προσεκτική οπτική παρατήρηση αλλά και στους λεπτούς χειρισμούς ώστε να μην έρθουν σε άμεση επαφή τα καλαμάκια και συμβεί αποφόρτιση, όπως και να προσέξουν να φέρουν σε κοντινή απόσταση το χαρτομάντιλο με το καλαμάκι στο σημείο όπου έγινε η τριβή, καθώς εκεί η συγκέντρωση του φορτίου είναι μεγαλύτερη. Το πείραμα έχει

ως εξής: τρίβουμε ξεχωριστά δυο πλαστικά καλαμάκια με ένα χαρτομάντιλο και στη συνέχεια φέρουμε σε κοντινή απόσταση το χαρτομάντιλο με το ένα καλαμάκι που κρέμεται από μια κλώστη και έπειτα κάνουμε το ίδιο και με τα δυο καλαμάκια. Στη μια περίπτωση παρατηρείται έλξη ενώ τη άλλη απώθηση. Όμως, για τους λόγους που διατυπώθηκαν προτείνονται οι παρακάτω δραστηριότητες: **Στην πρώτη δραστηριότητα**, οι μαθητές προτρέπονται να τρίψουν με ένα χαρτομάντιλο ή με ένα μάλλινο ύφασμα ένα καλαμάκι και στη συνέχεια να πλησιάσουν κόκκους ζάχαρης ή αλατιού, όπως απεικονίζεται στο «Σχήμα 2». Στη συνέχεια, καλούνται να ακουμπήσουν την άκρη του καλαμιού ή καλύτερα να το φέρουν στο στόμα τους, ώστε να αξιοποιήσουν την αίσθηση της γεύσης και να καταλάβουν πως οι κόκκοι ζάχαρης ή αλατιού κόλλησαν στο καλαμάκι. Ρωτάμε που οφείλεται το φαινόμενο και αφού καταγραφούν οι απαντήσεις των μαθητών, εκτίθενται στην επιστημονική άποψη.

Σχήμα 2: κόκκοι ζάχαρης που έλκονται από το ηλεκτρικά φορτισμένο καλαμάκι.



Στη δεύτερη δραστηριότητα, οι μαθητές προτρέπονται να τρίψουν ένα φουσκωμένο μπαλόνι στα μαλλιά τους και στη συνέχεια να το ακουμπήσουν στο τοίχο, όπως φαίνεται στο «Σχήμα 3». Τα παιδιά όλο έκπληξη θα διαπιστώσουν ότι το μπαλόνι έχει «κολλήσει» στο τοίχο. Ρωτώνται που οφείλεται το φαινόμενο και αφού καταγραφούν οι απαντήσεις των μαθητών, «εκτίθενται» στην επιστημονική άποψη.

Σχήμα 3: ηλεκτρικά φορτισμένο μπαλόνι που επάγει αντίθετο επιφανειακό φορτίο του τοίχου.



Τα παραπάνω φαινόμενα οφείλονται στη φόρτιση των σωμάτων μέσω τριβής, κατά την οποία συμβαίνει μεταφορά ηλεκτρονίων ανάμεσα στα υλικά. Έτσι, αυτά που «χάνουν» ηλεκτρόνια φορτίζονται θετικά και αυτά που «παίρνουν» ηλεκτρόνια φορτίζονται αρνητικά. Το αποτέλεσμα είναι τα σώματα που είναι όμοια φορτισμένα να απωθούνται, ενώ τα ετερόνυμα φορτισμένα σώματα να έλκονται.

Όταν προκαλείται τριβή μεταξύ του μπαλονιού και των μαλλιών, το μπαλόνι φορτίζεται. Αν στη συνέχεια έρθει σε επαφή με την επιφάνεια ενός τοίχου, θα κολλήσει πάνω του. Αυτό συμβαίνει επειδή το φορτίο του μπαλονιού επάγει αντίθετο επιφανειακό φορτίο στον τοίχο. Και πάλι, το φορτίο του μπαλονιού βρίσκεται πλησιέστερα προς το αντίθετο επαγόμενο φορτίο απ' ό, τι προς το φορτίο του ίδιου πρόσκειμου, και η δύναμη που επικρατεί είναι αυτή μεταξύ των πλησιέστερων φορτίων. Αντίστοιχα, το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση της ζάχαρης που προσκολλάται στο καλαμάκι.

Το ηλεκτροσκόπιο

Σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα (βιβλίο δασκάλου, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) ορίζεται η παραπάνω υποενότητα να ολοκληρωθεί σε μια διδακτική ώρα. Μέσω της διδακτικής διαδικασίας αναμένονται τα παρακάτω:

- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι δυο όμοια φορτισμένα σώματα απωθούνται.
- Να κατασκευάσουν οι μαθητές ένα ηλεκτροσκόπιο και να διαπιστώσουν τον τρόπο λειτουργίας του.

Γενικά, οι μαθητές μπορούν να ανταποκριθούν σε αυτή την υποενότητα **εκτός** από την κατασκευή και την παρατήρηση του ηλεκτροσκοπίου, το οποίο χρησιμεύει ως όργανο για να διαπιστωθεί αν ένα σώμα είναι φορτισμένο. Αυτό όμως μπορούμε να το αντικαταστήσουμε με την πρόταση για μια άλλη πειραματική διάταξη.

Στην πρώτη δραστηριότητα του τετραδίου εργασιών «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω (τετράδιο εργασιών, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) προτείνεται να προκληθεί τριβή σε δυο διαφανείς λωρίδες μέσω ενός μάλλινου υφάσματος. Στη συνέχεια, οι δυο διαφάνειες να έρθουν σε επαφή και να παρατηθούν τα αποτελέσματα. Οι διαφάνειες απομακρύνονται καθώς έχουν φορτιστεί ομοίως.

Εναλλακτικά...

Επειδή, ίσως το τυφλό παιδί αντιμετωπίσει δυσκολία στην αντίληψη του φαινομένου της απώθησης των δυο διαφανειών, προτείνεται μια μικρή παραλλαγή στην οποία καθίσταται πιο εύκολη η κατανόηση της δραστηριότητας. Τώρα οι δυο διαφάνειες είναι ενωμένες και τρίβονται ξανά με το μάλλινο ύφασμα. Οι μαθητές τις κρατάνε από την πάνω άκρη μαζί και διαπιστώνουν πως ξεχωρίζουν και αυτό γιατί έχουν φορτιστεί όμοια. Ο τυφλός μαθητής ενώ αρχικά νιώθει πως έχει στα χέρια του μια διαφάνεια (έχει ενημερωθεί πως είναι ενωμένες), μετά το τρίψιμο με το μάλλινο ύφασμα διαπιστώνει την ύπαρξη δυο. Ο ηλεκτρικός θύσανος «ανατρίχιασε» με το πλησίασμα του μπαλονιού. Οι ελεύθερες άκρες των νημάτων (μετάξι), όπως φαίνεται στο «Σχήμα 4», απωθούνται λόγω των ομώνυμων φορτίων τους.

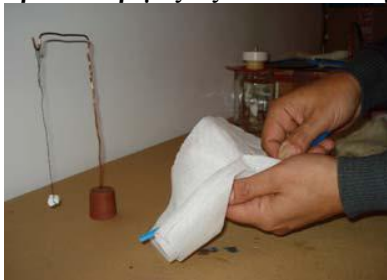
Σχήμα 4: ηλεκτρικός θύσανος.



Μια ακόμα καλύτερη δραστηριότητα που βοηθάει τους τυφλούς μαθητές (και όχι μόνο) να αντιληφθούν ότι όταν τα σώματα φορτιστούν ομοίως απωθούνται, ενώ όταν έχουν ετερόνυμο φορτίο έλκονται, είναι η ακόλουθη: χρησιμοποιούνται δυο μπαλόνια και αρχικά προκαλείται τριβή του ενός με μάλλινο ύφασμα, ενώ το άλλο όχι και οι μαθητές προτρέπονται να τα φέρουν σε επαφή. Ως αποτέλεσμα, νιώθουν ότι υπάρχει κάποιο είδος έλξης μεταξύ τους. Στη συνέχεια, περιμένουμε κάποια λεπτά, ώστε να αποκτήσουν ξανά ουδέτερο φορτίο και επιχειρείται, αυτή τη φορά, να προκληθεί τριβή μεταξύ και των δυο μπαλονιών με το μάλλινο ύφασμα. Επόμενη κίνησή είναι οι τυφλοί μαθητές να προσπαθήσουν να φέρουν σε επαφή (με αργές κινήσεις) τα δυο μπαλόνια, σε αυτή τη περίπτωση θα νιώσουν κάποια δύναμη άπωσης μεταξύ των μπαλονιών. Τέλος, προτρέπονται οι μαθητές να διατυπώσουν τις υποθέσεις τους γι' αυτές τις δραστηριότητες και αφού καταγραφούν οι απαντήσεις τους, να εισαχθούν στην επιστημονική άποψη.

Όπως προαναφέρθηκε η δραστηριότητα με το ηλεκτροσκόπιο δεν είναι εκτελέσιμη από τα παιδιά με σοβαρά προβλήματα όρασης, γι' αυτό το λόγο προτείνεται η ακόλουθη: Κατασκευάζεται ένα απλό ηλεκτρικό εκκρεμές, όμοιο με αυτό στο «Σχήμα 5» και στη συνέχεια με ένα χαρτομάντιλο ή ένα μάλλινο ύφασμα προτρέπουμε τους μαθητές τρίβουν ένα καλαμάκι και να το πλησιάσουν στο ηλεκτρικό εκκρεμές. Το σώμα φορτίστηκε, άρα έλκει το εκκρεμές, πράγμα το οποίο μπορεί να το αντιληφθεί απτικά και ο τυφλός μαθητής με την κατάλληλη καθοδήγηση. Αν ένα σώμα δεν έλκει το μπαλάκι του εκκρεμούς, τότε δεν είναι φορτισμένο. Έτσι, οι μαθητές μπορούν να αξιοποιήσουν μια πειραματική διάταξη (όμοια με αυτή του ηλεκτροσκοπίου) μέσω της οποίας θα διαπιστώσουν αν ένα σώμα είναι φορτισμένο ή όχι.

Σχήμα 5: ηλεκτρικό εκκρεμές ως εναλλακτικό ηλεκτροσκόπιο.



Αγωγοί και μονωτές

Σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα (βιβλίο δασκάλου, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνά και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) ορίζεται η διδασκαλία της παραπάνω υποενότητας να ολοκληρωθεί σε μια διδακτική ώρα. Μέσω της διδακτικής διαδικασίας αναμένονται τα παρακάτω:

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι υπάρχουν υλικά που άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα και υλικά που δεν το άγουν.
- Να αναγνωρίσουν οι μαθητές το μέρος των καλωδίων που είναι φτιαγμένο από αγωγούς και αυτού που είναι κατασκευασμένο από μονωτές.

Η πειραματική αντιμετώπιση της ενότητας είναι η κατασκευή ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, στο οποίο το καλώδιο που συνδέει την πηγή με το λαμπάκι, είναι ανοιχτό σε κάποιο σημείο. Οι μαθητές καλούνται να ενώσουν τις δυο άκρες με την παρεμβολή διάφορων υλικών. Έτσι, διαπιστώνουν ότι όταν το λαμπάκι ανάβει όταν τα υλικά ευνοούν την κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων, ενώ όταν είναι σβηστό δεν ευνοούν την κίνηση. Στη συνέχεια, οι μαθητές ταξινομούν τα υλικά σε δυο κατηγορίες, ανάλογα με τον αν ανάβει το λαμπάκι ή όχι. Σε αυτό το πείραμα μπορούν να εργαστούν και τυφλοί μαθητές, αρκεί να τους δοθεί επιπλέον χρόνος για απτική διερεύνηση του κυκλώματος και των υλικών. Σημειώνεται, ότι αντί για λαμπάκι επιλέγεται κάποιο μοτέρ και κατασκευάζεται ηλεκτρικό κύκλωμα όπως αυτό στο «Σχήμα 6».

Σχήμα 6: κύκλωμα σε σειρά που ενεργοποιεί τη λειτουργία μοτέρ.



ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η πραγματικότητα προσεγγίζεται από ποικίλες οπτικές. Η ερμηνεία της εξαρτάται από τα μέσα που διαθέτουμε, είτε αυτό λέγεται όραση, είτε αφή, είτε όσφρηση και γεύση δεν αποτελούν παρά μόνο διαφορετικές όψεις του ίδιου νομίσματος, αυτού που χρησιμοποιούμε ως εργαλείο αποκωδικοποίησης των ερεθισμάτων που λαμβάνουμε από τον κόσμο που μας περιβάλλει. Είναι κάποια από τα μέσα αυτά περισσότερο επαρκή στην διαμόρφωση μιας «ορθής» εικόνας και ερμηνείας για αυτό που μας περιβάλλει; Γιατί η όραση να αξιολογείται ως ακριβές μέσο αντίληψης του κόσμου; Η αμφισβήτηση των αισθήσεων μας επιβεβαιώνεται και από την τεχνολογική πρόοδο, μέσω της οποίας έχουν ανοιχτεί σημαντικοί δρόμοι για εξερεύνηση νέων πτυχών της πραγματικότητας, που μέχρι πρότινος αγνοούσαμε παντελώς. Στις μέρες μας ο άνθρωπος έχει πολύ τελειότερα όργανα, όπως μικροσκοπία, ακτίνες γ κ.λπ., για να παρατηρεί τη φύση. Το παιδί όμως ξεκινά τη διερεύνηση και ερμηνεία του κόσμου γύρω του με τα όργανα των αισθήσεών του. Δεν γνωρίζει ότι είναι ατελή και τα εμπιστεύεται απόλυτα. Κανένας δεν μπορεί να αποδείξει ή να κρίνει αντικειμενικά ποιο είναι το πιο ικανό εργαλείο για να αντιληφθούμε τον κόσμο μας.

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διαπιστωθεί αν υπάρχει στη βιβλιογραφία εκπαιδευτικό υλικό κατάλληλο για μαθητές με σοβαρά προβλήματα όρασης για το μάθημα Φυσικά: Ερευνώ Και Ανακαλύπτω Έ Τάξης Δημοτικού (ενότητα ηλεκτρισμού). Επομένως τα **ερευνητικά ερωτήματα** που τέθηκαν ήταν τα εξής: ανταποκρίνονται οι δραστηριότητες και τα πειράματα του Τετραδίου Εργασιών Φυσικά: Ερευνώ Και Ανακαλύπτω, στις ιδιαιτερότητες ενός μαθητή με σοβαρά προβλήματα όρασης; Αν όχι, ποιες δραστηριότητες θα ήταν κατάλληλες για αυτή την κατηγορία μαθητών σε περιβάλλον συνεκπαίδευσης; Σε περίπτωση που διαπιστωνόταν ότι δεν υπάρχει διαθέσιμο εκπαιδευτικό υλικό θα επιχειρείτο να γίνουν προτάσεις κατάλληλων δραστηριοτήτων. Έπειτα από βιβλιογραφική ανασκόπηση διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχουν κατάλληλες δραστηριότητες για τις ανάγκες μαθητών με σοβαρά προβλήματα όρασης. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι η **ανάλυση περιεχομένου**. Σε πρώτο στάδιο πραγματοποιήθηκε ανάλυση των δραστηριοτήτων που προτείνονται στο τετράδιο Εργασιών του Μαθητή και αφορούν το σύνολο της τάξης, οπότε και τον τυφλό μαθητή σε περίπτωση ένταξης. Οι δραστηριότητες που προτείνονται από το τετράδιο εργασιών του μαθητή δίνουν έμφαση στην οπτική αντίληψη των μαθητών, οπότε απορρίπτονται. Συνεπώς, επόμενος στόχος ήταν η προσπάθεια εύρεσης ή επινοήσης κατάλληλων δραστηριοτήτων προσαρμοσμένες στις ανάγκες τυφλών παιδιών σε περιβάλλον συνεκπαίδευσης βλέπόντων και μη. Προκειμένου να τροποποιηθούν ή να εισαχθούν νέα πειράματα έναντι αυτών που προτείνονται από το τετράδιο εργασιών «Φυσικά» Ερευνώ και Ανακαλύπτω Ε' Δημοτικού, έγινε χρήση απλών υλικών και δόθηκε έμφαση στην αξιοποίηση των υπόλοιπων αισθήσεων, κυρίως της απτικής αντίληψης. Όλες οι προτεινόμενες δραστηριότητες αφορούν σε όλα τα μέλη της σχολικής τάξης – βλέποντες και μη βλέποντες – στοχεύοντας σε ένα κοινό πρόγραμμα σπουδών και στην συνεργασία όλων των μαθητών, γεγονός που συντελεί στην ομαλή και ουσιαστική ένταξη.

Οι προτάσεις έγκεινται σε ένα διερευνητικό στάδιο χωρίς να έχει επαληθευτεί η αποτελεσματικότητά τους πειραματικά. Προσδοκείται οι προτάσεις αυτές να αποτελέσουν τη βάση για μια μεταγενέστερη έρευνα, όπου θα γίνει προσπάθεια εφαρμογής τους και γενικά επέκταση αυτής της λογικής σε όλα τα μαθήματα των φυσικών επιστημών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Andreou Y. and Kotsis K. (2005). *The estimation of length, surface area and volume by blind and sighted children*, International Congress Series, 1282, Vision 2005, Elsevier, Amsterdam, 780-784
- David H. Warren (2004). *Τύφλωση και Παιδί*, εκδ. ελληνικά γράμματα, Αθήνα.
- Heather W. Mason & Stephen Mccall (2004). *Παιδιά και νέοι με προβλήματα όρασης: Η πρόσβαση στην εκπαίδευση*, εκδ. ελληνικά γράμματα, Αθήνα.
- Piaget, J. (1990). *Η ψυχολογία του παιδιού*, εκδ. Δαίδαλος, Αθήνα.
- Robert S. Feldman (2011). *Εξελικτική ψυχολογία: δια βίου ανάπτυξη*, εκδ. Gutenberg, Αθήνα.
- William James (2001). *Ψυχολογία και εκπαίδευση*, εκδ. Printa,
- Wynne Harlen – Jos Elstgeest (2005). *Διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών στην εκπαίδευση*, εκδ. τυπωθήτω, αθήνα.
- Βενέτα Λαμπροπούλου (2004). *Διαφοροποιημένο Δ.Ε.Π.Π.Σ και Α.Π.Σ. για τυφλούς μαθητές*, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Δήμητρα Σπυροπούλου - Κατσάνη (2005). *Διδακτικές και παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις Φυσικές επιστήμες*, εκδ. τυπωθήτω, Αθήνα.
- Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης (2005). *Διδασκαλία της φυσικής και πείραμα*, εκδ. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Λαυρέντιος Γ. Δελλασούδας (2005). *Διδακτική μαθητών με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες*, εκδ. ατραπός, Αθήνα.
- Ράνια Χιουρέα (1998). *Εισαγωγή στην εκπαίδευση των τυφλών στην Ελλάδα*, εκδ. Λύχνος, Αθήνα.
- Βιβλίο δασκάλου «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ
- Τετράδιο εργασιών «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ

Εκπαιδευτικό Υλικό για την έννοια της Θερμότητας για το σχολικό εγχειρίδιο της Έ Τάξης Δημοτικού για τυφλούς μαθητές σε περιβάλλον συνεκπαίδευσης βλεπόντων

Κωνσταντίνος Κώτσης¹ και Αριάδνη Τακουρίδου²

Π.Τ.Δ.Ε Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
¹kotsisui.gr, ²ariadne.takouridou@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται η επίδραση της τύφλωσης στην ανάπτυξη των παιδιών, οι ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει το γνωστικό αντικείμενο της φυσικής, τόσο σε επίπεδο σημαντικότητας για τη ζωή των ατόμων με προβλήματα όρασης, όσο και σε επίπεδο προκλήσεων στη διδασκαλία. Επιπλέον, μέσω της εργασίας τονίζεται η αξία του πειράματος για την ανάπτυξη του παιδιού με σοβαρά προβλήματα όρασης. Τέλος, προτείνονται ειδικά πειράματα και δραστηριότητες για την έννοια της θερμότητας του μαθήματος «Φυσικά» Ε' Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω προσαρμοσμένα στις ιδιαιτερότητες των τυφλών παιδιών, στα οποία θα δίνεται έμφαση στην αξιοποίηση των υπολοίπων αισθήσεων πλην της όρασης. Στα συγκεκριμένα πειράματα θα μπορεί να συμμετέχει το σύνολο των μαθητών της τάξης –βλέποντες και μη- στοχεύοντας στην ομαλή ένταξη των τυφλών παιδιών στο κοινό σχολείο χωρίς αποκλεισμούς και διακρίσεις.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: αξία πειράματος, προσαρμογή, δραστηριότητες, ομαλή ένταξη.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη των παιδιών με σοβαρά προβλήματα όρασης έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών ερευνών. Τα τυφλά παιδιά πρέπει να αντισταθμίσουν την έλλειψη όρασης. Δέχονται πληροφορίες για τον κόσμο κυρίως από τις αισθήσεις της ακοής και της αφής και μέσω της γλώσσας. Οι αντισταθμίσεις που κάνουν τα παιδιά οδηγούν αναπόφευκτα το ενδιαφέρον μας στις όψεις της ανάπτυξης που επηρεάζονται από την απουσία όρασης (Hodapp, 2003).

Το δόγμα της αντιστάθμισης των αισθήσεων, δηλαδή της αυτόματης ενίσχυσης των υπόλοιπων αισθήσεων, όταν κάποια από αυτές δεν λειτουργεί μερικά ή ολικά, δεν έχει επιβεβαιωθεί πειραματικά. Ίσως οι τυφλοί να κάνουν καλύτερη χρήση των δυνατοτήτων των υπόλοιπων αισθήσεων απ' ό,τι οι βλέποντες, λόγω: α) της

συστηματικής αγωγής των υπόλοιπων αισθήσεων που δέχονται, β) της ανάγκης να μην παραβλέπουν ακόμη και λεπτομέρειες του περιβάλλοντος, κάτι που δεν συμβαίνει με τους βλέποντες.

Μια από τις σημαντικότερες προσθήκες στο αναλυτικό πρόγραμμα των σχολείων για παιδιά με προβλήματα όρασης θα πρέπει να είναι και η συστηματική αγωγή των υπόλοιπων αισθήσεων, αλλά και της όποιας υπολειμματικής όρασης. Προκειμένου, οι αισθήσεις να γίνουν λειτουργικότερες, να χρησιμοποιούνται αποτελεσματικότερα από τους μαθητές και να αντισταθμίζουν, στο μέτρο του δυνατού, τη μερική ή ολική έλλειψη της όρασης (Λιοδάκης, 2000). Συνεπώς, κρίνονται απαραίτητες και οι κατάλληλες τροποποιήσεις στο μάθημα της φυσικής, με τέτοιο τρόπο ώστε να καλλιεργείται και να επιτυγχάνεται η όσον το δυνατόν αποτελεσματικότερη αξιοποίηση των υπόλοιπων αισθήσεων ενός παιδιού που αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα όρασης (Τσιναρέλης, 2005). Το πείραμα είναι σημαντικό και απαραίτητο εργαλείο για τη διδασκαλία της φυσικής στις τάξεις του Δημοτικού, γιατί εκτός από τη βοήθεια που δίνει στην κατανόηση της θεωρίας, συμβάλλει και στην ανάπτυξη τεχνικών δεξιοτήτων που είναι απαραίτητες στους μαθητές, όπως είναι η σωστή χρησιμοποίηση συσκευών, η κατανόηση και εκτέλεση οδηγιών και τέλος οι δεξιότητες των χειριών (Κώτσης, 2005). Είναι εντυπωσιακή η μεγάλη ικανότητα που αποκτούν τα τυφλά παιδιά να εκτιμούν διαστάσεις αντικειμένων, αφού καθημερινά χρησιμοποιούν τη διαδικασία της μέτρησης, η οποία αποτελεί βασικό στοιχείο του πειράματος (Andreou, & Kotsis, 2005).

ΟΙ ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΤΥΦΛΟΥΣ.

Το μάθημα των φυσικών επιστημών είναι διαφορετικό από τα άλλα μαθήματα. Στο Γυμνάσιο, ορισμένες από τις διαφορές αυτές είναι άμεσα εμφανής στους μαθητές: ένα εργαστήριο χημείας δεν μοιάζει καθόλου με κανονική τάξη, οι δε επιδείξεις και τα πειράματα έχουν ως αποτέλεσμα το μάθημα να διαφοροποιείται πολύ από τα υπόλοιπα μαθήματα. Το περιεχόμενο του μαθήματος αφορά τον «πραγματικό κόσμο», καθώς οι μαθητές εξερευνούν το περιβάλλον τους και αλληλεπιδρούν με αυτό, μελετούν άμεσα φυτά, ζώα και υλικά, καταμετρούν το ηλεκτρικό ρεύμα και ελέγχουν διάφορες χημικές αντιδράσεις. Αυτός ο σύνδεσμος με τον «πραγματικό κόσμο» έχει ιδιαίτερη αξία για το τυφλό παιδί, όπως επισημαίνει ο (Lowenfeld, 1974): « Η εκπαίδευση πρέπει να στοχεύει στην παροχή γνώσης στο τυφλό παιδί σχετικά με την πραγματικότητα που το περιβάλλει, της αυτοπεποίθησης να χειρίζεται την πραγματικότητα αυτή, καθώς και της αίσθησης ότι αναγνωρίζεται και γίνεται αποδεκτό ως ένα άτομο αυθύπαρκτο.»

Η πρακτική εργασία προσφέρει συγκεκριμένες εμπειρίες μέσα από το χειρισμό δειγμάτων και υποδειγμάτων, την ώθηση και την έλξη, το ζύγισμα και τη μετάγγιση όγκων, την κίνηση και την καταμέτρηση, το ζέσταμα και το κρύωμα κ.α. Για τα παιδιά και τους νέους που είχαν περιορισμένη εμπειρία από το περιβάλλον τους και που η γνώση τους γι' αυτό δεν ήταν σαφής λόγω του προβλήματος όρασης, οι πρακτικές αυτές ευκαιρίες μπορούν να αποσαφηνίσουν και να ενισχύσουν τη γνώση τους για την πραγματικότητα που τα περιβάλλει, με τρόπο που δεν μπορούν να κάνουν άλλα μαθήματα. Οι μαθητές με προβλήματα όρασης αποκομίζουν ιδιαίτερο όφελος από τη

πρακτική που υποστηρίζει τη θεωρία, από την αυτοπεποίθηση που αποκτούν με την πρόσληψη ενός συνόλου από πρακτικές δεξιότητες και από την αυτονομία που προέρχεται από την κυριαρχία και το αίσθημα ελέγχου (Mason, & Mccall, 2004).

Οι μαθητές με προβλήματα όρασης συνήθως έχουν πολύ φτωχές προκαταρκτικές γνώσεις, αλλά και προβληματισμούς, αναφορικά με τα φυσικά και χημικά φαινόμενα (Waren, 2004). Οι μαθητές αυτοί και ιδιαίτερα οι τυφλοί έχουν περιορισμένες δυνατότητες και αντιμετωπίζουν μεγάλες δυσκολίες στο να παρατηρήσουν τη διαδικασία διεξαγωγής ενός πειράματος, να αντιληφθούν τις γρήγορες κινήσεις, να διαβάσουν οπτικά ή απτικά τις ενδείξεις των διάφορων οργάνων, να αντιληφθούν τις ενδείξεις του φωτός, των χρωμάτων, των συντελούμενων μικρών μεταβολών ή των επικίνδυνων πειραμάτων κ.α.

Αν και οι επιμέρους ενότητες του μαθήματος αυτού δεν διαφέρουν από αυτές που διδάσκονται στους βλέποντες, θα πρέπει το κέντρο βάρους να πέσει στις ενότητες, οι οποίες μπορεί να γίνουν προσιτές στους τυφλούς μαθητές, όπως π.χ. στην ακουστική, τον ηλεκτρισμό, την ηλεκτρονική, τη χημεία τροφίμων κ.α. Κατά τη διεξαγωγή των ακίνδυνων πειραμάτων, οι τυφλοί μαθητές μπορεί να μετέχουν ενεργά, ατομικά ή κατά ζεύγη. Όταν όμως τα πειράματα είναι επικίνδυνα, σχεδιάζονται με τη συνεργασία των μαθητών, αλλά εκτελούνται από το δάσκαλο, γίνονται δε κατανοητά από τους τυφλούς μαθητές με κατάλληλα ηχητικά σήματα και με τις συνοδευτικές προφορικές επεξηγήσεις του δασκάλου. (Andreou, & Kotsis, 2006).

Λιγότερες δυσκολίες αντιμετωπίζουν οι αμβλύωπες, οι οποίοι μπορούν να μετέχουν ενεργότερα από τους τυφλούς στη διεξαγωγή των πειραμάτων, να διαβάζουν τις σχετικές ενδείξεις στα θερμομέτρα, βολτόμετρα και λοιπά όργανα, να διδάσκονται και μαθήματα από το κεφάλαιο της οπτικής κ.α. Θα πρέπει όμως να μην πλησιάζουν πολύ τα μάτια τους σε επικίνδυνες εστίες, όπως π.χ. φωτιά, χημικές αντιδράσεις που αναδύουν επικίνδυνα αέρια, για την αποφυγή ενδεχόμενων ατυχημάτων.

Τα απαραίτητα διδακτικά μέσα και βοηθήματα για τη διδασκαλία του μαθήματος αυτού θα πρέπει να είναι κατάλληλα τροποποιημένα ή προσαρμοσμένα ή να είναι εξαρχής ειδικά κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι ακίνδυνα και εύχρηστα, καθώς επίσης και να παρέχουν τις σχετικές πληροφορίες στους τυφλούς μαθητές δια μέσου της αφής ή και της ακοής (Λιοδάκης, 2000).

Απαραίτητη προϋπόθεση για την αποτελεσματική εξοικείωση του παιδιού με το φυσικό περιβάλλον είναι η απόκτηση της θεμελιώδους κατανόησης των χαρακτηριστικών του. Για την προσαρμογή στην καθημερινή ζωή, η κατανόηση αυτών των χαρακτηριστικών, στο επίπεδο των φυσικών νόμων ή των θεωριών, δεν είναι ζωτικής σημασίας, αλλά είναι σημαντικό να κατανοήσει το παιδί τις βασικές έννοιες της φυσικής κανονικότητας (Feldman, 2011). Για παράδειγμα, όταν αφήνει κανείς κάποιο αντικείμενο από τα χέρια του, αυτό πέφτει κάτω και όχι πάνω, και δεδομένου ότι αυτό συμβαίνει με όλα τα αντικείμενα, πρόκειται για μια απόλυτα αξιόπιστη ιδιότητα του φυσικού περιβάλλοντος. Το ίδιο ισχύει και για το γεγονός ότι τα αντικείμενα τείνουν να διατηρούν τα χαρακτηριστικά τους ασχέτως χρόνου και τόπου.

Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΤΥΦΛΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ.

Όταν κάποιος προγραμματίζει μια πρακτική δραστηριότητα για ένα μαθητή με προβλήματα όρασης, η πρώτη απαραίτητη προϋπόθεση είναι να αποφασίσει ποιος είναι ο κύριος στόχος της δραστηριότητας (Λαμπροπούλου, 2004). Αν αυτός είναι η δημιουργία εμπειριών που θα επεξηγήσουν και θα υποστηρίξουν τη θεωρία, τότε οι σημαντικοί παράγοντες είναι η σαφήνεια, η καθοδήγηση και η κατανόηση. Δεν είναι απαίτηση η αυτόνομη εργασία, και έτσι μπορεί να δοθεί η κατάλληλη βοήθεια και στήριξη ώστε να κατανοήσει πλήρως ο μαθητής περί τίνος πρόκειται. Μια επίδειξη από το δάσκαλο αποτελεί πάντως την αρχή (Κουτάντος, 2005).

Όμως η πρακτική δραστηριότητα μπορεί να έχει ως κύριο στόχο την αυτόνομη εργασία είτε ως άσκηση όπου ο μαθητής αποκτά και κατακτά δεξιότητες, είτε ως έρευνα την οποία ο μαθητής σχεδιάζει και εκτελεί μόνος του, χρησιμοποιώντας αυτές τις δεξιότητες (Mason, & McCall, 2004). Οι μαθητές που έχουν προβλήματα όρασης είναι μια ιδιαίτερη κατηγορία μαθητών, οι οποίοι στο πλαίσιο της ένταξης στο κοινό σχολείο χρήζουν ιδιαίτερης αντιμετώπισης. Ωστόσο, το γεγονός αυτό, δεν σημαίνει ότι υπολείπονται νοητικά έναντι των υπολοίπων μαθητών. Έτσι, οι σκοποί και οι στόχοι της κάθε διδακτικής ενότητας δεν θα πρέπει να διαφέρουν γι' αυτούς, αλλά όπου κρίνεται απαραίτητο να γίνονται οι κατάλληλες

προσαρμογές ή διαφοροποιήσεις, ώστε να μπορέσουν τα παιδιά με προβλήματα όρασης να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις του μαθήματος (Λιοδάκης, 2000).

Ιδιαίτερα, το μάθημα της φυσικής αποτελεί ένα διδακτικό αντικείμενο στο οποίο σημαντικό εργαλείο για την ουσιαστική κατανόησή του κατέχει το πείραμα και η πρακτική εργασία, για αυτό και η εκτέλεσή της θα πρέπει να γίνεται από τους ίδιους τους μαθητές (Κατσάνη, 2005). Σε κάθε περίπτωση καλό είναι να μπορούν να εμπλέκονται οι μαθητές στην εκτέλεση κάποιου τμήματος του πειράματος ή στην επανάληψή του ή στην εκτέλεση του τροποποιημένου πειράματος. (Κώσης, 2005). Η γνώση, επομένως, πρέπει να στηρίζεται σε ενεργητικές διαδικασίες που μπορούν να γίνουν είτε από τον μαθητή είτε από τον εκπαιδευτικό (Piaget, 1990). Η δράση, λοιπόν, πάνω στα αντικείμενα παίζει σημαντικό ρόλο στη γνώση, για αυτό και το πείραμα κατέχει ξεχωριστή θέση στη διδακτική πράξη (Jones, 2013).

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ «ΦΥΣΙΚΑ» Ε' ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΜΕ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΟΡΑΣΗΣ.

Παρακάτω, δίνονται προτάσεις για διαφοροποίηση στα πειράματα της φυσικής για τους μαθητές της Έ Δημοτικού, ώστε να ανταποκρίνονται στις μαθησιακές ανάγκες τους. Στην παρούσα εργασία οι προτάσεις και τροποποιήσεις επιχειρείται να καλύψουν τη διδακτική ενότητα «ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ» του μαθήματος «Φυσικά» της Ε' Δημοτικού, σύμφωνα με τους στόχους των πειραμάτων και των δραστηριοτήτων που προτείνονται στο Τετράδιο Εργασιών του Μαθητή (τετράδιο εργασιών «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ). Παρακάτω, στον «Πίνακα 1», παρουσιάζονται συνοπτικά οι δραστηριότητες που προτείνονται για αυτό το κεφάλαιο

Πίνακας 1: Συνοπτική παρουσίαση των προτεινόμενων δραστηριοτήτων για την έννοια της θερμότητας.

ΕΝΟΤΗΤΕΣ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ
Το θερμόμετρο	-Πείραμα επίδειξης για την ανάδειξη της υποκειμενικότητας των αισθήσεων - Δραστηριότητες που στοχεύουν στην αξιοποίηση της απτικής αντίληψης για την αναγνώριση φαινομένων αύξησης της θερμοκρασίας λόγω παροχής θερμότητας.
Τήξη-πήξη	-Πείραμα λωσίματος κεριού (έννοια τήξης) -Πείραμα παρασκευής σοκολάτας (έννοια πήξης)
Εξάτμιση και συμπύκνωση	-Πειραματική διάταξη με ζυγό και χαρτοπετσέτες (εξάτμιση) -Πείραμα εξάτμισης ίσης ποσότητας υγρού σε ένα πιάτο και σε ένα μικρό δοχείο. Δραστηριότητες 1) τοποθέτηση πάγου σε ένα ποτήρι και απτική αναγνώριση υγρού στα τοιχώματα και 2) απτική αναγνώριση υδρατμών στο καπάκι κατσαρόλας. (συμπύκνωση)
Βρασμός	-Παραλλαγή της προτεινόμενης δραστηριότητας του τετραδίου εργασιών
Θερμαίνοντας και ψύχοντας στερεά	-Διαπίστωση δυσκολίας ξεβιδώματος ενός βάζου ύστερα από -Πειραματική διάταξη: μεταλλική

	μείωση της θερμοκρασίας (συστολή) και το αντίστροφο (για την διαστολή)	της του την μείωση της θερμοκρασίας και διαστέλλεται με την αύξηση.
Θερμαίνοντας και ψύχοντας υγρά	-Παγάκι από λάδι που βυθίζεται στον πάτο ποτηριού με λάδι, λόγω μεγαλύτερης πυκνότητας	-Αντίστοιχα τοποθετείται στην παγοκίστη λάδι και ψύχεται, ώστε να διαπιστωθεί η συστολή

ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα (βιβλίο δασκάλου «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) στο παραπάνω κεφάλαιο διατίθενται 10 διδακτικές ώρες. Ως γενικός στόχος του κεφαλαίου ορίζεται οι μαθητές να διακρίνουν το φυσικό μέγεθος «θερμότητα» από το φυσικό μέγεθος «θερμοκρασία», να μελετήσουν φαινόμενα σχετικά με τη θερμότητα, όπως η συστολή και διαστολή στερεών, υγρών και αερίων καθώς και φαινόμενα σχετικά με την αλλαγή της φυσικής κατάστασης.

Το θερμόμετρο

Αυτή η ενότητα έχει προγραμματιστεί (βιβλίο δασκάλου «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) να ολοκληρωθεί σε 1 διδακτική ώρα. Μέσω της διδακτικής διαδικασίας αναμένονται τα παρακάτω:

- Οι μαθητές να αναφέρουν ότι η εκτίμηση της θερμοκρασίας μέσω των αισθήσεων είναι υποκειμενική.
- Να περιγράψουν τη κατασκευή θερμομέτρων υδραργύρου και οινοπνεύματος και να εξηγήσουν τη χρησιμότητα και τον τρόπο λειτουργίας τους.
- Να χρησιμοποιούν οι μαθητές θερμόμετρο οινοπνεύματος για τη μέτρηση θερμοκρασίας κάποιων σωμάτων.
- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά τη θερμοκρασία τήξης του πάγου και τη θερμοκρασία βρασμού του νερού.
- Να βαθμονομήσουν οι μαθητές αβαθμονόμητο θερμόμετρο.

Η πρώτη δραστηριότητα πρόκειται για ένα πείραμα επίδειξης που στοχεύει στην συνειδητοποίηση εκ μέρους των μαθητών ότι οι ανθρώπινες αισθήσεις δεν είναι αξιόπιστες για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας, δηλαδή ότι είναι υποκειμενικές. Δίδονται τρεις λεκάνες με νερό, όπως απεικονίζεται στο «Σχήμα 1», στη μια περιέχεται κρύο νερό, στη δεύτερη ζεστό και στη Τρίτη χλιαρό. Ζητείται από τον μαθητή να βυθίσει το ένα χέρι στη λεκάνη με το κρύο νερό και το άλλο χέρι στη λεκάνη με το ζεστό. Στη συνέχεια, ζητείται να βυθίσουν και τα δύο χέρια στη λεκάνη με το χλιαρό νερό. Αυτό που

θα διαπιστώσουν είναι ότι δεν «συμφωνεί» η αίσθηση για τη θερμοκρασία τους ενός και του άλλου χεριού. Έτσι θα επιτευχθεί ο στόχος που τέθηκε, που είναι η αμφισβήτηση των αισθήσεων ως αξιόπιστο μέσο για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας.

Αυτή η δραστηριότητα προτείνεται ανεπιφύλακτα για τυφλούς μαθητές, καθώς αφενός έχουν εξασκηθεί στην αξιοποίηση της απτικής τους αντίληψης και αφετέρου θα συνειδητοποιήσουν πως δεν πρέπει να «στηρίζονται» αποκλειστικά σε αυτή τους την αντίληψη και ότι είναι φορές που πρέπει να είναι προσεκτικοί, καθώς τους ξεγελάει.

Σχήμα 1: δραστηριότητα για την ανάδειξη της χρησιμότητας ενός θερμόμετρου.



Οι επόμενες δραστηριότητες που προτείνονται στο τετράδιο εργασιών του μαθητή «Φυσικά» Ε' Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω (τετράδιο εργασιών «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) αφορούν στη παρατήρηση θερμόμετρου οινοπνεύματος και υδραργύρου και στην χρήση θερμόμετρου οινοπνεύματος για την μέτρηση της θερμοκρασίας τήξης του πάγου και βρασμού του νερού. Σε αυτές τις δραστηριότητες δεν μπορεί να ανταποκριθεί ένα τυφλό παιδί, καθώς δεν έχει τη δυνατότητα να διακρίνει την κλίμακα που είναι τυπωμένη πάνω στα θερμόμετρα. Εναλλακτικά μπορεί να συμμετέχει στις παραπάνω δραστηριότητες μέτρησης χρησιμοποιώντας ένα ομιλούν θερμόμετρο (θερμόμετρο μέσω του οποίου αναγνωρίζεται και εκφωνείται η θερμοκρασία).

Θερμότητα-θερμοκρασία: δύο διαφορετικές έννοιες

Αυτή η ενότητα έχει προγραμματιστεί (βιβλίο δασκάλου «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) να ολοκληρωθεί σε 2 διδακτικές ώρες. Μέσω της διδακτικής διαδικασίας αναμένονται τα παρακάτω:

- Να αναφέρουν οι μαθητές διάφορους τρόπους με τους οποίους μπορούμε να αυξήσουμε τη θερμοκρασία ενός σώματος.
- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι όταν ένα σώμα απορροφά θερμότητα η θερμοκρασία του αυξάνεται.
- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι η θερμότητα ρέει από τα θερμά στα ψυχρά σώματα.

Πείραμα: Σε αυτή τη φάση προτείνονται από το τετράδιο εργασιών του μαθητή (τετράδιο εργασιών «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) δύο πειράματα επίδειξης που αφορούν στη μέτρηση της θερμοκρασίας υγρού μετά την παροχή

θερμότητας από ένα καμινέτο στη μια περίπτωση. Είναι εφικτή η συμμετοχή των τυφλών μαθητών, αλλά κρίνεται κάπως παθητική γι αυτό προτείνονται άλλες δραστηριότητες στις οποίες βέβαια μπορεί να συμμετέχει και η υπόλοιπη τάξη.

Πρόταση: Υλικά: ένα ποτήρι με λεπτό τοίχωμα, ένα καμινέτο, ένα δοχείο και νερό Αρχικά, ζητείται από τα παιδιά να αγγίξουν το άδειο ποτήρι. Στη συνέχεια, ζεσταίνεται νερό με τη βοήθεια του καμινέτου και ρίχνουμε το ζεστό πλέον νερό στο άδειο ποτήρι. Σε αυτό το σημείο οι μαθητές παροτρύνονται να αγγίξουν το ποτήρι και να πουν τι διαφορετικό νοιώθουν σε σχέση με τη θερμοκρασία του ποτηριού πριν ρίξουν το ζεστό νερό μέσα. Τα παιδιά θα διαπιστώσουν την αύξηση στη θερμοκρασία του ποτηριού και σειρά του εκπαιδευτικού είναι να τους εισαγάγει στην επιστημονική εξήγηση αφού πρώτα τους δοθεί χρόνος για συζήτηση και υποθέσεις. Αρχικά εξηγείται στους μαθητές ότι το νερό για να ζεσταθεί απαιτεί την παροχή ενέργειας, αυτή η ενέργεια είναι υπό τη μορφή της θερμότητας, η οποία ρέει από τη φλόγα του καμινέτου στο νερό. Αυτή η ροή θερμότητας-ενέργειας προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας στο νερό. Τώρα όταν το νερό έρθει σε επαφή με το ψυχρότερο ποτήρι, συμβαίνει ροή θερμότητας από το υγρό στο ποτήρι, δηλαδή από το θερμότερο στο ψυχρότερο σώμα. Έτσι δικαιολογείται η αύξηση της θερμοκρασίας του ποτηριού.

Ένα άλλο πείραμα που είναι εύκολα εκτελέσιμο και από τους μαθητές με προβλήματα όρασης είναι να κρατήσουν ένα παγάκι μέχρι να λιώσει. Στη συνέχεια να ερωτηθούν τι ένιωσαν και ποια είναι η εξήγησή τους για το λιώσιμο του πάγου. Αναφέρεται στους μαθητές ότι η θερμοκρασία ενός υγιούς ανθρώπου είναι περίπου $36,6^{\circ}\text{C}$ και ο πάγος είναι στους 0°C , αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη ροή ενέργειας, δηλαδή θερμότητας, από το θερμό στο ψυχρό σώμα με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του πάγου μέχρι το σημείο να λιώσει.

Αμέσως επόμενο πείραμα θα μπορούσε να είναι το ακόλουθο. Οι μαθητές που είχαν στο χέρι τους το παγάκι παροτρύνονται να κάνουν χειραψία με αυτούς που δεν το κράτησαν. Ρωτώνται και οι δυο μαθητές τι νιώθουν και πως μπορούν να το εξηγήσουν. Ο μαθητής που κράτησε το παγάκι στο χέρι του νιώθει ότι το χέρι του ζεσταίνεται και ο μαθητής που δεν κράτησε στο χέρι του το παγάκι νιώθει το χέρι του να κρυώνει. Δίνεται η ερμηνεία ότι η διαφορά στη θερμοκρασία μεταξύ των δυο χεριών είναι αυτή που προκαλεί ροή θερμότητας από το ψυχρότερο στο θερμότερο χέρι με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία στο ψυχρό χέρι και να μειώνεται η θερμοκρασία στο θερμό

Τήξη- πήξη

Αυτή η ενότητα έχει προγραμματιστεί (βιβλίο δασκάλου «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) να ολοκληρωθεί σε δυο διδακτικές ώρες. Μέσω της διδακτικής διαδικασίας αναμένονται τα παρακάτω:

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι ο πάγος λιώνει σε συγκεκριμένη θερμοκρασία.
- Να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι όση ώρα λιώνει ο πάγος η θερμοκρασία παραμένει σταθερή.

- Η αλλαγή φυσικής κατάστασης από στερεή σε υγρή ονομάζεται τήξη.
- Ένα σώμα για να γίνει από στερεό σε υγρό πρέπει να απορροφήσει ενέργεια.
- Να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι το νερό στερεοποιείται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία και ότι όση ώρα συμβαίνει αυτό η θερμοκρασία παραμένει σταθερή
- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι η μετατροπή ενός υγρού σε στερεό ονομάζεται πήξη και να διαπιστώσουν πειραματικά ότι η θερμοκρασία πήξης ενός σώματος ισούται με τη θερμοκρασία τήξης.

Τα πειράματα που προτείνονται στο τετράδιο εργασιών είναι εύκολα εκτελέσιμα και από μαθητές με προβλήματα όρασης, αν το θερμόμετρο οιοπνεύματος το αντικαταστήσουμε με ένα ομιλούν θερμόμετρο. Στο σχολικό τετράδιο προτείνεται να τοποθετηθούν παγάκια σε ένα μπρίκι με τη βοήθεια ενός κεριού και να ζεσταθεί το νερό μέχρι να λιώσουν τα παγάκια. Όσο συμβαίνει αυτό, οι μαθητές ανά 5 λεπτά καλούνται να καταγράφουν τη θερμοκρασία του νερού. Από τις παρατηρήσεις προκύπτει ότι όση ώρα ο πάγος λιώνει (θερμοκρασία τήξης) η θερμοκρασία του νερού παραμένει σταθερή, ενώ όταν λιώσει ο πάγος η θερμοκρασία αυξάνεται.

Αντίστοιχο πείραμα προτείνεται και για την κατανόηση της πήξης καθώς και για το φαινόμενο που παρατηρείται, όσο στερεοποιείται το νερό η θερμοκρασία του παραμένει σταθερή. Η δραστηριότητα που προτείνεται είναι η τοποθέτηση νερού σε παγοθήκη στην κατάψυξη και η καταγραφή της θερμοκρασίας ανά πέντε λεπτά.

Με αυτά τα πειράματα οι μαθητές παρατηρούν ότι όση ώρα μεταβάλλεται η φυσική κατάσταση των σωμάτων η θερμοκρασία τους παραμένει σταθερή.

Τώρα όσον αφορά στους τυφλούς μαθητές, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, απαιτείται η χρήση ομιλούντων θερμομέτρων και η απτική επαφή με το νερό και τον πάγο, ώστε να διαπιστώνουν κάθε φορά σε τι φυσική κατάσταση βρίσκεται το νερό. Το τελευταίο, όμως, ενέχει και τον κίνδυνο να μεταφέρουν οι μαθητές θερμότητα, μέσω του χεριού τους, και να αλλάζουν τα αποτελέσματα της μέτρησης. Οπότε απαιτείται προσοχή και ιδιαίτερα περιορισμένος χρόνος απτικής επαφής. Γι' αυτό προτείνονται οι παρακάτω δραστηριότητες:

Πρόταση: Με τη βοήθεια ενός καμινέτου τήκονται κομμάτια από κερί, όπως φαίνεται στο «Σχήμα 2». Πριν συμβεί αυτό, δίνονται στους μαθητές τα κομμάτια από κερί, ώστε να διαπιστώσουν δια της αφής ότι πρόκειται για στερεά σώματα και στη συνέχεια ενημερώνονται ότι θα τους παρασχεθεί ενέργεια με τη βοήθεια του καμινέτου. Αφού διαπιστωθεί ότι η θερμοκρασία του λιωμένου κεριού είναι υποφερτή, οι μαθητές παροτρύνονται να το αγγίξουν. Στη συνέχεια τίθενται κάποιες ερωτήσεις, για παράδειγμα: «τι συνέβη στο κερί;», «πώς το εξηγείτε;». Έπειτα, περιχύνεται το λιωμένο κερί σε μια επιφάνεια και περιμένουμε μέχρι να στερεοποιηθεί και στη συνέχεια οι μαθητές προτρέπονται να το αγγίξουν και να περιγράψουν τι παρατηρούν και για ποιο λόγο.

Σχήμα 2: πείραμα λιώσιματος κεριού με τη βοήθεια καμινέτου.



Αντίστοιχη δραστηριότητα αποτελεί το λιώσιμο κομματιών κουβερτούρας, όπως φαίνεται στο «Σχήμα 3», αλλά στη φάση του πηξίματος να την τοποθετείται στο ψυγείο για την παρασκευή σοκολατάκιων.

Σχήμα 3: δραστηριότητα για την πήξη παρασκευάζοντας σοκολατάκια.



Εξάτμιση και συμπύκνωση.

Αυτή η ενότητα έχει προγραμματιστεί (βιβλίο δασκάλου «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) να ολοκληρωθεί σε μία διδακτική ώρα. Από τη διδακτική διαδικασία αναμένονται τα παρακάτω:

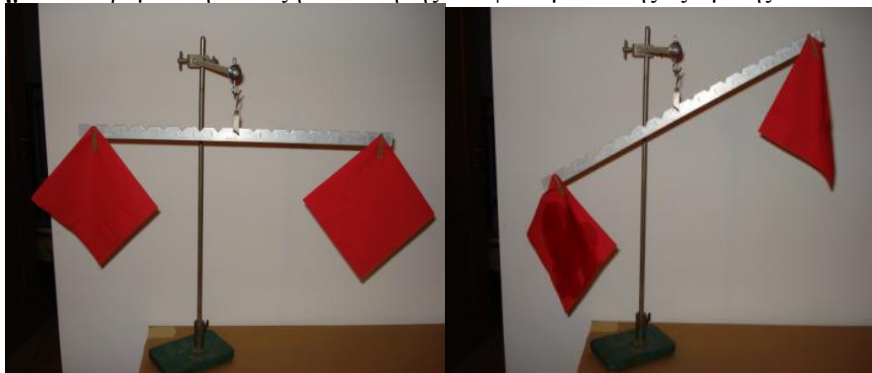
- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι κατά την εξάτμιση συμβαίνει μετατροπή του υγρού σε αέρια κατάσταση μόνο από την επιφάνειά του.
- Να καταλάβουν οι μαθητές ότι κατά την εξάτμιση το υγρό απορροφά ενέργεια.
- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι την αλλαγή της φυσικής κατάστασης από αέρια σε υγρή την ονομάζουμε συμπύκνωση ή υγροποίηση.
- Να καταλάβουν οι μαθητές ότι όταν ένα αέριο υγροποιείται αποβάλλει ενέργεια.

Περί εξάτμισης

Το πείραμα που προτείνεται από το σχολικό τετράδιο εργασιών είναι να ρίξουν οι μαθητές μια πολύ μικρή σταγόνα οινοπνεύματος πάνω σε μια επιφάνεια ώστε να διαπιστώσουν ότι αυτή σχεδόν αμέσως εξαφανίζεται και αυτό το φαινόμενο να το καταλογιστεί στην διαδικασία της εξάτμισης. Αυτό όπως είναι αυτονόητο είναι δύσκολο να γίνει από ένα μαθητή που αντιμετωπίζει προβλήματα όρασης ή είναι τυφλός.

Γι αυτό το λόγο προτείνεται ο παρακάτω πειραματισμός (<http://ekfe.chan.sch.gr/>), όπως απεικονίζεται στο «Σχήμα 4». Αξιοποιούνται δυο χαρτοπετσέτες και ένας ζυγός με σκοπό να τοποθετηθεί η μια χαρτοπετσέτα στο ένα άκρο και άλλη στο άλλο. Προτρέπονται οι τυφλοί μαθητές να αγγίξουν προσεκτικά το ζυγό χωρίς να τον κουνήσουν και στη συνέχεια ρίχνουμε με τη σύριγγα 3 ml οινοπνεύματος στη μια χαρτοπετσέτα. Ωθούνται και πάλι οι μαθητές να αγγίξουν προσεκτικά το ζυγό ώστε να διαπιστώσουν ότι ο ζυγός γέρνει προς τη μεριά με την εμποτισμένη χαρτοπετσέτα.

Σχήμα 4: πειραματική διάταξη κατανόησης του φαινομένου της εξάτμισης.



Οι μαθητές περιμένουν ολιγόλεπτο διάστημα ώστε να εξατμιστεί το οινόπνευμα από τη χαρτοπετσέτα και παρατηρείται ότι ο ζυγός επέστρεψε στην αρχική θέση ισορροπίας του. Ωθούνται ξανά οι μαθητές να ελέγξουν τη θέση του ζυγού. Με τις κατάλληλες ερωτήσεις εισάγονται στην έννοια της εξάτμισης, για παράδειγμα: «για ποιο λόγο γείρει ο ζυγός;», « πώς επανήλθε ο ζυγός στην αρχική θέση ισορροπίας του;», «τι απέγινε το υγρό της χαρτοπετσέτας;» Επεξηγείται στους μαθητές ότι το νερό που εξαφανίστηκε από την χαρτοπετσέτα οφείλεται στο φαινόμενο της εξάτμισης. Η μετατροπή ενός υγρού σε αέριο (αλλαγή φυσικής κατάστασης) που πραγματοποιείται μόνο από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού ονομάζεται εξάτμιση.

Επόμενο πείραμα για να αντιληφθούν οι μαθητές μας ότι η εξάτμιση συμβαίνει μόνο από την ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού είναι το ακόλουθο.

Σχήμα 5: η εξάτμιση συμβαίνει μόνο από την ελεύθερη επιφάνεια των υγρών.



Ρίχνεται η ίδια ποσότητα οινόπνευματος σε ένα πιάτο και σε ένα μικρό δοχείο, όπως φαίνεται στο «Σχήμα 5». Οι μαθητές μέσω της αφής διαπιστώνουν ότι το πιάτο έχει μεγαλύτερη επιφάνεια από το δοχείο και άρα και το υγρό καταλαμβάνει μεγαλύτερη επιφάνεια όταν το ρίξουμε στο πιάτο. Περιμένουμε κάποια λεπτά και διαπιστώνεται ότι το οινόπνευμα στο πιάτο έχει εξατμιστεί ενώ στο δοχείο υπάρχει κάποια ποσότητα. Εξηγείται στους μαθητές ότι όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια του υγρού τόσο πιο γρήγορα εξατμίζεται και μετατρέπεται σε αέριο, γιατί το φαινόμενο της εξάτμισης συμβαίνει μόνο από την ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού.

Επόμενος στόχος είναι να αντιληφθούν οι μαθητές ότι κατά την εξάτμιση το υγρό απορροφά ενέργεια. Αυτό που προτείνεται είναι η ρήξη στις παλάμες των μαθητών μερικές σταγόνες οινόπνευματος και να ερωτηθούν τι ένιωσαν μέχρι αυτό να εξατμιστεί. Αφού ληφθούν οι απαντήσεις των παιδιών, εξηγείται ότι το οινόπνευμα απορρόφησε ενέργεια από την παλάμη και γι αυτό διαπιστώθηκε η αίσθηση του ψύχους. Γενικεύοντας εξηγείται στους μαθητές ότι τα υγρά κατά την εξάτμιση απορροφούν ενέργεια – θερμότητα.

Περί συμπύκνωσης

Το πείραμα που προτείνεται από το τετράδιο εργασιών του μαθητή (τετράδιο εργασιών «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) είναι εύκολα αντιληπτό και

από τους τυφλούς μαθητές. Συγκεκριμένα προτείνεται να τοποθετηθούν παγάκια σε ένα ποτήρι με νερό και έπειτα να παρατηρήσουν οι μαθητές τα σταγονίδια που έχουν δημιουργηθεί στο εξωτερικό τοίχωμα του ποτηριού. Οι μαθητές με προβλήματα όρασης θα κληθούν να αγγίξουν εξωτερικά το ποτήρι πριν και μετά την τοποθέτηση των παγακίων και να κάνουν υποθέσεις. Στη συνέχεια θα εξηγηθεί ότι το νερό δεν προέρχεται από το εσωτερικό του ποτηριού αλλά από τα μόρια του αέρα που βρίσκονταν κοντά στην εξωτερική επιφάνεια του ποτηριού και τα οποία απέβαλαν θερμότητα καθώς ήλθαν σε επαφή με το ψυχρότερο περιβάλλον του ποτηριού. Όταν τα αέρια χάνουν θερμότητα συμπυκνώνονται ή υγροποιούνται.

Ένα άλλο πείραμα είναι ο βρασμός νερού σε ένα μπρίκι και όταν δημιουργηθούν υδρατμοί να τοποθετηθεί από κάποια απόσταση από πάνω ένα πιάτο ή ένα καπάκι, όπως φαίνεται στο «Σχήμα 6». Αυτό που γίνεται αντιληπτό είναι η εμφάνιση σταγονιδίων στην επιφάνεια. Οι τυφλοί μαθητές προτρέπονται να το διαπιστώσουν μέσω της αφής. Δίνεται η ερμηνεία ότι όταν ο αέρας ήρθε σε επαφή με την κρύα επιφάνεια έδωσε σε αυτή θερμότητα και έτσι υγροποιήθηκε ή αλλιώς συμπυκνώθηκε.

Σχήμα 6: φαινόμενο συμπύκνωσης.



Βρασμός

Αυτή η υποενότητα έχει προγραμματιστεί (βιβλίο δασκάλου «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) να ολοκληρωθεί κατά τη διάρκεια της μιας διδακτικής ώρας. Μέσω της διδακτικής διαδικασίας αναμένονται τα παρακάτω:

- Να γνωρίζουν οι μαθητές ότι την αλλαγή της φυσικής κατάστασης από υγρή σε αέρια, όταν αυτή συμβαίνει σε όλο το υγρό, την αποκαλούμε βρασμό.
- Να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι η θερμοκρασία βρασμού είναι συγκεκριμένη και ότι όση ώρα συμβαίνει η διαδικασία του βρασμού, αυτή η θερμοκρασία παραμένει σταθερή.
- Να μάθουν ότι η θερμοκρασία βρασμού είναι συγκεκριμένη για κάθε ουσία.
- Να διακρίνουν οι μαθητές το φαινόμενο εξάτμισης από το φαινόμενο του βρασμού.

Για το πείραμα χρειάζονται: Νερό αποσταγμένο, γυάλινο δοχείο ζέσης, καμινέτο, ηλεκτρονικό ομιλούν θερμόμετρο, και μια ομιλούσα ζυγαριά.

Αρχικά τοποθετείται στο πυρίμαχο-γυάλινο δοχείο νερό και πραγματοποιείται η μέτρηση της μάζας του με τη βοήθεια της ζυγαριάς. Στη συνέχεια τοποθετείται το γυάλινο δοχείο με το νερό πάνω στο αναμμένο καμινέτο με σκοπό την παροχή θερμότητας στο νερό. Έπειτα, με τη βοήθεια του θερμομέτρου, ζητείται από τους μαθητές, με ιδιαίτερη προσοχή, η καταγραφή της θερμοκρασίας του νερού ανά πέντε λεπτά. Στη θερμοκρασία των 100 βαθμών οι μαθητές παρατηρούν απτικά από ασφαλή απόσταση την έντονη δραστηριότητα των ατμών, είναι η στιγμή που το νερό από υγρό μετατρέπεται σε αέριο και κοινώς ονομάζεται σημείο βρασμού. Δίνεται η εξήγηση ότι αυτό το φαινόμενο συμβαίνει σε όλη τη μάζα του υγρού και ότι κατά κάποιο τρόπο «χαλαίει η ηρεμία του νερού» και συμβαίνει έντονη αναταραχή. Γεγονός που δεν συναντάται στο φαινόμενο της εξάτμισης, στο οποίο ομοίως συμβαίνει αλλαγή στη φυσική κατάσταση του υγρού αλλά παρατηρείται να συμβαίνει μόνο στην επιφάνεια του.

Σε επόμενη φάση, όσο βράζει το νερό, οι μαθητές κάνουν υποθέσεις για την τιμή της θερμοκρασίας. Σύνηθες είναι οι μαθητές να θεωρούν ότι όσο προσφέρουμε θερμότητα η θερμοκρασία αυξάνεται, αυτό όμως δεν συμβαίνει κατά την αλλαγή της φυσικής κατάστασης. Έτσι, μετά τη μέτρηση οι μαθητές θα διαπιστώσουν ότι η θερμοκρασία αν και πέρασε κάποια ώρα είναι σταθερή στους 100 βαθμούς κελσίου.

Τελευταίο βήμα είναι το κλείσιμο του καμινέτου και η μέτρηση του δοχείου με το νερό στη ζυγαριά. Όπως παρατηρείται το βάρος έχει μειωθεί. Οι μαθητές προτρέπονται να διατυπώσουν υποθέσεις για αυτό και στη συνέχεια εξηγείται ότι μέρος της ποσότητας του νερού λόγω του βρασμού μετατράπηκε σε αέρια μορφή και έτσι «δραπέτευσε» από το δοχείο. Έπειτα οι μαθητές παρακινούνται να αναφέρουν καταστάσεις της καθημερινότητας όπου έχουν «παρατηρήσει» να συμβαίνει το φαινόμενο του βρασμού και της εξάτμισης και να αναφέρουν σε τι διαφέρει το ένα από το άλλο.

Θερμαίνοντας και ψύχοντας στερεά

Αυτή η ενότητα έχει προγραμματιστεί (βιβλίο δασκάλου «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) να ολοκληρωθεί σε μια ώρα. Τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα αυτής της ενότητας είναι τα ακόλουθα:

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι τα στερεά σώματα διαστέλλονται, όταν θερμαίνονται.
- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι τα στερεά σώματα συστέλλονται, όταν ψύχονται.

Προκειμένου να προσανατολιστούν οι μαθητές στην έννοια της διαστολής και συστολής των στερεών σωμάτων προτείνεται η παρατήρηση μιας εικόνας, στην οποία απεικονίζονται τα στηρίγματα μιας γέφυρας. Ο τυφλός μαθητής δεν μπορεί να συμμετέχει σε αυτή τη δραστηριότητα, γιατί δεν έχει τη νοητική αναπαράσταση μιας γέφυρας. Παρακάτω προτείνονται δραστηριότητες στις οποίες μπορεί να συμμετέχει το σύνολο της τάξης, δηλαδή οι βλέποντες μαθητές και αυτοί που αντιμετωπίζουν προβλήματα όρασης.

Η πρώτη δραστηριότητα είναι η ακόλουθη: δίνεται στους μαθητές ένα γυάλινο βάζο με καπάκι, το οποίο βρίσκεται σε θερμοκρασία δωματίου και προτρέπονται να ξεβι-

δώσουν το καπάκι. Το αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο, όλοι οι μαθητές με ευκολία εκτελούν την εντολή. Στη συνέχεια το γυάλινο βάζο τοποθετείται στο ψυγείο και περιμένουμε μερικά λεπτά. Τώρα, οι μαθητές παρακινούνται ξανά να ξεβιδώσουν το καπάκι από το βάζο. Η δυσκολία είναι προφανής και οι μαθητές καλούνται να αναρωτηθούν γιατί συμβαίνει αυτό. Έπειτα ρίχνουμε ζεστό νερό στο καπάκι και οι μαθητές διαπιστώνουν ότι και πάλι μπορούν εύκολα να το ξεβιδώσουν από το βάζο. Αφού καταγραφούν οι υποθέσεις των μαθητών δίνεται η επιστημονική εξήγηση.

Η δεύτερη δραστηριότητα είναι ακόλουθη: Τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουμε είναι μια πειραματική συσκευή στην οποία είναι στερεωμένη μεταλλική δακτύλιος και μια μεταλλική σφαίρα. Η δακτύλιος θα έχει διάμετρο μεγαλύτερη από αυτή τη σφαίρας ώστε σε θερμοκρασία περιβάλλοντος η σφαίρα να περνά εύκολα μέσα από αυτή. Οι μαθητές ωθούνται να «ερευνήσουν» απτικά τη πειραματική διάταξη και να πειραματιστούν περνώντας τη μεταλλική σφαίρα μέσα από τη δακτύλιο. Στη συνέχεια η σφαίρα θερμαίνεται και οι μαθητές επιχειρούν να ξαναπεράσουν τη σφαίρα μέσα από τη δακτύλιο χωρίς όμως να τα καταφέρνουν. Τα παιδιά ερωτώνται γιατί συνέβη αυτό και περιμένουν ώστε να κρυώσει η σφαίρα και να διαπιστώσουν ότι και πάλι μπορεί να διαπεράσει τη δακτύλιο.

Θερμαίνοντας και ψύχοντας τα υγρά

Το αναλυτικό πρόγραμμα ορίζει(βιβλίο δασκάλου «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνά και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) η παραπάνω υποενοότητα να διδαχθεί σε μια διδακτική ώρα. Μέσω τη διδακτικής διαδικασίας αναμένονται τα παρακάτω:

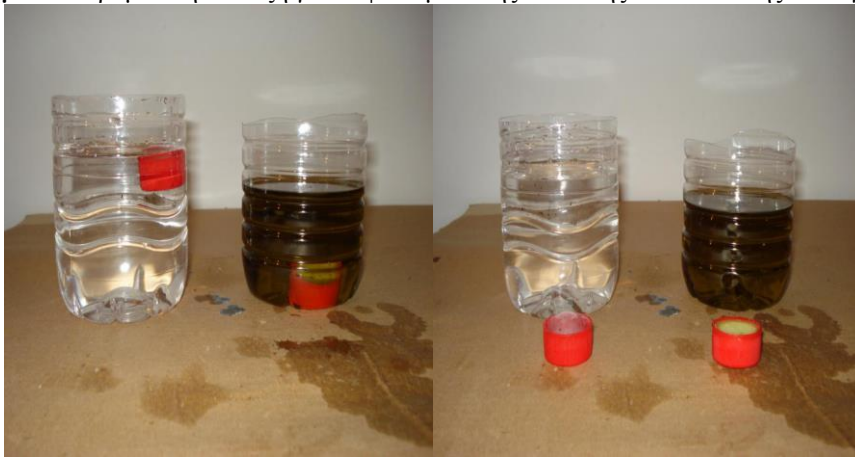
- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι τα υγρά διαστέλλονται, όταν θερμαίνονται.
- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι τα υγρά συστέλλονται, όταν ψύχονται.

Τα παιδιά με προβλήματα όρασης αδυνατούν να συμμετάσχουν στο πείραμα που προτείνεται από το τετράδιο εργασιών καθώς σημαντικό ρόλο για τη συμμετοχή τους κατέχει η οπτική αντίληψη. Συγκεκριμένα, οι μαθητές καλούνται να τοποθετήσουν χρωματισμένο νερό σε ένα γυάλινο δοχείο, να το θερμάνουν και να παρατηρήσουν τι συμβαίνει με τη στάθμη του νερού. Στη συνέχεια, αφήνουν το δοχείο να κρυώσει και καλούνται ξανά να παρατηρήσουν τι συμβαίνει με τη στάθμη του νερού.

Αυτό που **προτείνεται**, είναι να τοποθετηθεί λάδι σε μια παγοκίστη και στη συνέχεια μπει στην κατάψυξη. Όταν παγώσει βγαίνει από τη κατάψυξη, με σκοπό τη δημιουργία ενός παγακίου από λάδι. Στη συνέχεια ρίχνεται αυτό το παγάκι σε ένα ποτήρι που είναι γεμάτο με λάδι, ομοίως με το «Σχήμα 7». Αυτό που μπορούν να διαπιστώσουν οι μαθητές αν βυθίσουν το χέρι τους μέσα στο ποτήρι είναι ότι το παγάκι έχει βυθιστεί στο πάτο. Στη συνέχεια, οι μαθητές προτρέπονται να μας δώσουν εξηγήσεις γι' αυτό το φαινόμενο. Τέλος αφού ακουστούν προσεκτικά οι ερμηνείες, δίνεται η εξήγηση ότι το λάδι που ψύχθηκε έπαθε συστολή, δηλαδή μειώθηκε ο όγκος του και κατά συνέπεια αυξήθηκε η πυκνότητά του, το φαινόμενο αυτό προκάλεσε τη βύθισή του.

Αντίστοιχα για να αντιληφθούν τη διαστολή των υγρών όταν θερμαίνονται βγά-
ζουμε από την κατάψυξη ένα καπάκι, το οποίο ήταν γεμισμένο με λάδι και οι μαθητές το
αγγίζουν. Έπειτα, αφού ξεπαγώσει και πάλι ζητείται από τους μαθητές να το αγγίξουν
προσεκτικά, ώστε να διαπιστώσουν ότι το υγρό που θερμάνθηκε, διεστέλη και πλέον κα-
ταλαμβάνει περισσότερο χώρο.

Σχήμα 7: πειραματική διάταξη για το φαινόμενο της συστολής και διαστολής των υγρών.



Σημείωση: Στο παραπάνω πείραμα δεν χρησιμοποιείται νερό γιατί ως υγρό έχει την ι-
διορρυθμία να διαστέλλεται όταν γίνεται πάγος!

Θερμαίνοντας και ψύχοντας τα αέρια

Το αναλυτικό πρόγραμμα ορίζει (βιβλίο δασκάλου «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και
Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) η παραπάνω υποενότητα να διδαχθεί σε μια διδακτική ώρα. Μέσω
της διδακτικής διαδικασίας αναμένονται τα παρακάτω:

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι ο αέρας διαστέλλεται, όταν θερ-
μαίνεται.
- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι ο αέρας συστέλλεται, όταν ψύχε-
ται.

Στο τετράδιο εργασιών προτείνεται η προσαρμογή στο στόμιο ενός γυάλινου μπουκαλιού
ένα μπαλόνι, όπως φαίνεται στο «Σχήμα 8», και η τοποθέτησή του, αρχικά, σε ένα δοχείο
που έχει ζεστό νερό και μετά η τοποθέτησή του σε ένα δοχείο που έχει κρύο νερό και η
παρατήρηση των μεταβολών. Βεβαία αυτό είναι εύκολα αντιληπτό και από τυφλούς μα-
θητές, οι οποίοι θα έχουν τη δυνατότητα να ψηλαφήσουν το μπαλόνι και να αντιληφθούν
το «φούσκωμά» του όταν τοποθετηθεί το γυάλινο μπουκάλι στο ζεστό νερό και το «ξε-
φούσκωμά» του όταν τοποθετηθεί στο ψυχρό νερό.

Εναλλακτικά προτείνεται οι μαθητές να φέρουν ένα φουσκωμένο μπαλόνι κοντά σε κάποια πηγή θερμότητας. Για παράδειγμα, κοντά σε κάποιο καλοριφέρ, οι μαθητές θα διαπιστώσουν μετά από κάποια λεπτά (αναλόγως με την ένταση της θερμότητας που εκπέμπει η πηγή) ότι το μπαλόνι φουσκώνει, δηλαδή μεγαλώνει ο όγκος του. Στη συνέχεια, τοποθετείται για μερικά λεπτά στη συντήρηση του ψυγείου και έτσι θα διαπιστωθεί ότι το μπαλόνι έχει «ζαρώσει» λόγω της συστολής που υπέστησαν το μόρια του αέρα από την μείωση της θερμοκρασίας. Δίνεται η επεξήγηση στους μαθητές ότι τα αέρια, όταν θερμαίνονται, δηλαδή παίρνουν ενέργεια, διαστέλλονται και όταν ψύχονται, δηλαδή δίνουν ενέργεια, συστέλλονται.

Σχήμα 8: πειραματική διάταξη για την διαστολή και συστολή των αερίων.



Τέλος, ένα πείραμα, τα αποτελέσματα του οποίου είναι ιδιαίτερα «πειστικά» και «καταφανή» ώστε οι τυφλοί μαθητές να αντιληφθούν ότι τα αέρια διαστέλλονται όταν θερμαίνονται και συστέλλονται όταν ψύχονται είναι το ακόλουθο: πολύ απλά ένα άδειο πλαστικό μπουκάλι τοποθετείται στη κατάψυξη για κάποια λεπτά. Όταν το βγει διαπιστώνεται από τους μαθητές ότι έχει παραμορφωθεί, αντίστοιχα με το «Σχήμα 9», επειδή ο αέρας στο μπουκάλι ψύχθηκε και κατά συνέπεια η εσωτερική πίεση στο μπουκάλι ήταν μικρότερη από την εξωτερική με αποτέλεσμα το μπουκάλι να υποστεί συμπίεση. Στη συνέχεια, παραμένει το μπουκάλι στο περιβάλλον της αίθουσας και οι μαθητές δια της αφής διαπιστώνουν ότι αυτό επανέρχεται στο φυσιολογικό του σχήμα.

Σχήμα 9: πειραματική διάταξη για τη συστολή αερίων.



ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διαπιστωθεί αν υπάρχει στη βιβλιογραφία εκπαιδευτικό υλικό κατάλληλο για μαθητές με σοβαρά προβλήματα όρασης για το μάθημα Φυσικά: Ερευνώ Και Ανακαλύπτω Έ Τάξης Δημοτικού (ενότητα θερμότητας). Σε περίπτωση που διαπιστωνόταν ότι δεν υπάρχει διαθέσιμο εκπαιδευτικό υλικό θα επιχειρείτο να γίνουν προτάσεις κατάλληλων δραστηριοτήτων. Επομένως, τα **ερευνητικά ερωτήματα** που τέθηκαν ήταν τα εξής: ανταποκρίνονται οι δραστηριότητες και τα πειράματα του Τετραδίου Εργασιών Φυσικά: Ερευνώ Και Ανακαλύπτω, στις ιδιαιτερότητες ενός μαθητή με σοβαρά προβλήματα όρασης; Αν όχι, ποιες δραστηριότητες θα ήταν κατάλληλες για αυτή την κατηγορία μαθητών σε περιβάλλον συνεκπαίδευσης; Έπειτα από βιβλιογραφική ανασκόπηση διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχουν κατάλληλες δραστηριότητες για τις ανάγκες μαθητών με σοβαρά προβλήματα όρασης (τόσο στο υλικό του Αναλυτικού προγράμματος όσο και «έξω» από αυτό). Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι η **ανάλυση περιεχομένου**. Σε πρώτο στάδιο πραγματοποιήθηκε ανάλυση των δραστηριοτήτων που προτείνονται στο τετράδιο Εργασιών του Μαθητή και αφορούν το σύνολο της τάξης, οπότε και τον τυφλό μαθητή σε περίπτωση ένταξης. Οι δραστηριότητες που προτείνονται δίνουν έμφαση στην οπτική αντίληψη των μαθητών, οπότε απορρίπτονται. Συνεπώς, επόμενος στόχος ήταν η προσπάθεια εύρεσης ή επινόησης κατάλληλων δραστηριοτήτων προσαρμοσμένες στις ανάγκες τυφλών παιδιών σε περιβάλλον συνεκπαίδευσης βλεπόντων και μη. Οι δραστηριότητες που προτάθηκαν επιλέχθηκαν, γιατί πρώτον, μέσω αυτών αξιοποιούνται υπόλοιπες αισθήσεις πέραν της οπτικής και δεύτερον γιατί μπορούν να εμπλακούν σε αυτές και βλέποντες μαθητές

(δημιουργία περιβάλλοντος συνεκπαίδευσης). Επόμενο και επιθυμητό βήμα της έρευνας είναι η διαπίστωση της ανταπόκρισης των τυφλών μαθητών στις προτεινόμενες δραστηριότητες, δηλαδή αν αυτές οι δραστηριότητες επιτελούν τους γνωστικούς στόχους του μαθήματος, οι οποίοι είναι κοινοί για βλέποντες μαθητές και μη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- David H. Warren (2004). *Τύφλωση και Παιδί*, εκδ. ελληνικά γράμματα, Αθήνα.
- Heather W.Mason & Stephen Mccall (2004). *Παιδιά και νέοι με προβλήματα όρασης: Η πρόσβαση στην εκπαίδευση*, εκδ. ελληνικά γράμματα, Αθήνα.
- Kotsis K. and Andreou Y., (2005). *The estimation of length, surface area and volume by blind and sighted children*, *International Congress Series*, 1282, Vision 2005, Elsevier, Amsterdam, 780-784.
- Kotsis K. and Andreou Y., (2006). *The Perception of Basic Science Concepts by Blind and Sighted Children*, *International Journal of Learning*, Vo 12- 1, 253-258.
- Piaget, J. (1990). *Η ψυχολογία του παιδιού*, εκδ. Δαίδαλος, Αθήνα.
- Piaget, J. (1952), *the origin of intelligence in children*, New York, international universities.
- Robertm. Hodapp (2003). *Αναπτυξιακές θεωρίες για την αναπηρία*, εκδ. Μεταίχιμο, Αθήνα.
- Robert S. Feldman (2011). *Εξελικτική ψυχολογία: δια βίου ανάπτυξη*, εκδ. Gutenberg, Αθήνα.
- Robert Jones (2013). *What and how does this child see? British journal of visual impairment*, 31(1): 68-70.
- Wynne Harlen – Joselstgeest(2005). *Διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών στην εκπαίδευση*, εκδ. τυπωθήτω, αθήνα.
- Κουτάντος Δημήτρης Ι. (2005). *Η εκπαίδευση παιδιών και νέων με μειωμένη όραση*, εκδ. ελληνικά γράμματα, Αθήνα.
- Κώτσης Κωνσταντίνος Θ. (2005). *Διδασκαλία της φυσικής και πείραμα*, εκδ. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Λαμπροπούλου Βενέτα (2004). *Διαφοροποιημένο Δ.Ε.Π.Π.Σ και Α.Π.Σ. για τυφλούς μαθητές*, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Λιοδάκης Δημήτριος (2000). *Εκπαιδευτικά προγράμματα για τυφλούς*, Αθήνα.
- Σπυροπούλου - Κατσάνη Δήμητρα (2005). *Διδακτικές και παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις Φυσικές επιστήμες*, εκδ. τυπωθήτω, Αθήνα.
- Τσιναρέλης Γιώργος (2005). *Εκπαίδευση και άτομα με προβλήματα όρασης*, Αθήνα.
- Βιβλίο δασκάλου, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ
- Τετράδιο εργασιών, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ
- Διαδίκτυο: <http://ekfe.chan.sch.gr/index.html>

Εκπαιδευτικό Υλικό για την ενότητα της Μηχανικής για το σχολικό εγχειρίδιο της Έ Τάξης Δημοτικού για τυφλούς μαθητές σε περιβάλλον συνεκπαίδευσης βλεπόντων

Κωνσταντίνος Κώτσης¹ και Αριάδνη Τακουρίδου²

ΠΤΔΕ Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

¹ kkotsis@uoi.gr, ²ariadne.takouridou@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία τονίζονται οι προκλήσεις και οι περιορισμοί που αντιμετωπίζουν οι τυφλοί και οι μαθητές με σοβαρά προβλήματα όρασης κατά την εκπαιδευτική διαδικασία και ιδιαίτερα σε ένα γνωστικό αντικείμενο, όπως αυτό των φυσικών επιστημών, στο οποίο εξέχων ρόλο κατέχει το πείραμα, δηλαδή «απαιτείται» η ενεργός εμπλοκή των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία. Γι' αυτό προτείνεται εκπαιδευτικό υλικό για την ενότητα της «Μηχανικής» του μαθήματος «Φυσικά Ερευνώ Και Ανακαλύπτω» της Έ Τάξης Δημοτικού με στόχο τη διδασκαλία του μαθήματος σε περιβάλλον συνεκπαίδευσης βλεπόντων. Το προτεινόμενο εκπαιδευτικό υλικό αφορά τροποποιημένες δραστηριότητες του Τετραδίου Εργασιών Του Μαθητή αλλά και προτάσεις νέων δραστηριοτήτων, που βασίζονται στους διδακτικούς στόχους των δραστηριοτήτων του Τετραδίου Εργασιών του μαθήματος «Φυσικά Ερευνώ Και Ανακαλύπτω» της Έ Τάξης Δημοτικού, για την ενότητα της Μηχανικής.

ΛΕΞΕΙΣ – ΚΛΕΙΔΙΑ: Μηχανική, τροποποιημένες δραστηριότητες, συνεκπαίδευση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τυφλά ή τα άτομα με σοβαρά προβλήματα όρασης εντάσσονται στην ευρεία κατηγορία των ατόμων με ειδικές ανάγκες. Οι εύλογοι περιορισμοί που αντιμετωπίζουν, λόγω απώλειας ή σοβαρής εξασθένησης μιας εκ των βασικότερων αισθήσεων, είναι πιθανό να οδηγήσουν σε δυσκολίες στο γνωστικό, κινητικό, κοινωνικό τομέα του ατόμου. Γι' αυτό το λόγο, κρίνεται απαραίτητη η κατάλληλη προσαρμογή της εκπαίδευσης των τυφλών ατόμων στις ιδιαίτερες ανάγκες τους, μέσω ειδικών εκπαιδευτικών προγραμμάτων, ειδικών διδακτικών προσεγγίσεων και κατάλληλων διδακτικών - εποπτικών μέσων (McLinden & Mc Call, 2002).

Σε κάθε μάθηση, ειδικά στο πρωταρχικό στάδιο ανάπτυξης ενός παιδιού, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η παρατήρηση – μίμηση των γονικών προτύπων που εξαρτάται από την ποιότητα σχέσεων που αναπτύσσεται μεταξύ τους. Ένα τυφλό παιδί ακολουθεί διαφορετική μαθησιακή πορεία από ένα βλέπον, αρχικά αξιοποιεί κυρίως την απτική αντίληψη και στη συνέχεια υποβοηθείται από το λόγο. Σημαντικό ρόλο, για την «εξερεύνηση» του περιβάλλοντος από το τυφλό παιδί, κατέχει και η αξιοποίηση άλλων αισθήσεων όπως της γεύσης, της όσφρησης και της ακοής και έτσι οδηγείται σε ένα κόσμο ποικίλων και συναισθηματικά έντονων βιωμάτων (Κρουσταλλάκης, 1994). Συνεπώς το παιδί με σοβαρά προβλήματα όρασης αναπτύσσει και εξελίσσει τους δικούς του ιδιαίτερους μηχανισμούς αντίληψης των φυσικών εννοιών του περιβάλλοντος. Αντιλαμβάνεται την έννοια του χώρου και της χρονικής τάξης αισθητηριακά (Rogow, 1988).

Το τυφλό παιδί αντιλαμβάνεται το μέρος των αντικειμένων και δυσκολεύεται με την αντίληψη της ολότητάς τους, δηλαδή η γνώση πάνω στα αντικείμενα ακολουθεί την πορεία από το μέρος στο όλο. Ωστόσο περιορίζεται σε αυτό που μπορεί να μάθει από την άμεση επαφή με τα αντικείμενα, μόλις αυτά εξαφανιστούν από το οπτικό πεδίο του μαθητή παύουν να υπάρχουν για αυτόν. Η έννοια της μονιμότητας των αντικειμένων είναι μια γνώση που οι τυφλοί μαθητές αργούν να κατακτήσουν (Kingsley, 1997). Οι εμπειρίες ενός τυφλού ατόμου και η εξοικείωσή του με τα αντικείμενα θα τον βοηθήσουν να φτάσει στο αφηρημένο επίπεδο (Fraiberg, 1977). Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι οι τυφλοί μαθητές αντιμετωπίζουν σημαντικό περιορισμό στην εξοικείωση και αντίληψη των βασικών χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος, έτσι ως συνέπεια αυτού αναδεικνύεται η σπουδαία συνεισφορά ενός μαθήματος φυσικής στην κατανόηση αυτών των θεμελιωδών χαρακτηριστικών που διέπουν τη κανονικότητα του φυσικού περιβάλλοντος. Το πείραμα διαδραματίζει το κυρίαρχο ρόλο σε ένα διδακτικό αντικείμενο όπως αυτό της φυσικής καθώς συνδέει σε πρακτικό επίπεδο το μαθητή με τον πραγματικό κόσμο (Harlen, 2005). Οι μαθητές με προβλήματα όρασης αποκομίζουν ιδιαίτερο όφελος από τη πρακτική που υποστηρίζει τη θεωρία, από την αυτοπεποίθηση που αποκτούν με την πρόσληψη ενός συνόλου από πρακτικές δεξιότητες και από την αυτονομία που προέρχεται από την κυριαρχία και το αίσθημα ελέγχου. (Mason, Mccall S, 2004).

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ «ΦΥΣΙΚΑ» ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ Έ ΤΑΞΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΤΙΣ ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΤΥΦΛΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΟΤΗΤΑ «ΜΗΧΑΝΙΚΗ»

Οι μαθητές με σοβαρά προβλήματα όρασης αντιμετωπίζουν εύλογη δυσκολία να ανταποκριθούν σε ένα πρακτικό μάθημα όπως αυτό των φυσικών, στο οποίο καλούνται να συμμετάσχουν σε πληθώρα δραστηριοτήτων και πειραμάτων αξιοποιώντας κάθε φορά τις αισθήσεις τους. Στο πλαίσιο, της λογικής της ένταξης ενός μαθητή με ιδιαιτερότητες στο γενικό σχολείο χωρίς διακρίσεις και με βάση την ισότιμη συμμετοχή στην τάξη, προτείνονται παρακάτω κάποιες δραστηριότητες που προορίζονται για όλους τους μαθητές -βλέποντες και μη- για την ενότητα της μηχανικής.

Παρόλο, που οι μαθητές με σοβαρά προβλήματα όρασης αντιμετωπίζουν δυσκολία να ανταποκριθούν σε ένα πρακτικό μάθημα, έχει διαπιστωθεί πειραματικά ότι υπερτερούν εν συγκρίσει με τους βλέποντες μαθητές στην κατανόηση κάποιων εννοιών φυσικής (Kotsis & Andreou, 2006). Συγκεκριμένα, μέσω εμπειρικής έρευνας που διεξήχθη στο Κέντρο Εκπαίδευσης Και Αποκατάστασης Τυφλών στην Αθήνα, προέκυψε ότι οι τυφλοί μαθητές έχουν ορθότερες αντιλήψεις από τους βλέποντες για την έννοια του βάρους και της δύναμης (Kotsis & Andreou, 2005). Αυτό συνδέεται με το γεγονός ότι οι τυφλοί χρησιμοποιούν τη διαδικασία της μέτρησης στην καθημερινή ζωή τους, με αποτέλεσμα να έχουν καλύτερη εκτίμηση των διαστάσεων και όταν διδάσκονται τις έννοιες αυτές να έχουν ορθότερη αντίληψη των φυσικών εννοιών. Η καλύτερη εκτίμηση των διαστάσεων, δημιουργεί για τους τυφλούς καλύτερες προϋποθέσεις προσανατολισμού στο χώρο (Wexter, 1961). Για να αντιληφθούν τις έννοιες αυτές κατά τη διδασκαλία τους πρέπει να χρησιμοποιηθούν όργανα (Baughman & Zoliman, 1977) τα οποία υποκαθιστούν την έλλειψη της όρασης (Hadary & Cohen, 1978), ώστε ο τυφλός μαθητής να «βλέπει» τις έννοιες αυτές.

Αντίθετα οι βλέποντες μαθητές δεν χρειάζεται να προβούν σε μετρήσεις ή να συγκρατήσουν στη μνήμη τους μεγέθη για να προσανατολιστούν στο χώρο, γιατί βλέπουν άμεσα και ολικά τα διάφορα αντικείμενα. Αποτέλεσμα της όρασης είναι ότι δεν παρατηρούν, δεν μετρούν και όταν χρειάζεται να γνωρίζουν έννοιες φυσικής, απλώς τις απομνημονεύουν, χωρίς να έχουν την ικανότητα να τις αφομοιώσουν.

Επιπλέον, τα τυφλά παιδιά είναι αναγκασμένα να κάνουν καλύτερη χρήση των δυνατοτήτων των υπόλοιπων αισθήσεων (Kingsley, 1997) λόγω της ανάγκης να μην παραβλέπουν ακόμη και λεπτομέρειες του περιβάλλοντος, κάτι που δεν συμβαίνει με τα βλέποντα.

Συνεπώς, όταν προτείνονται δραστηριότητες και πειράματα για τυφλούς μαθητές στο μάθημα της φυσικής, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όχι μόνο η «αδυναμία» τους να αντιληφθούν κάποια φυσικά φαινόμενα, αλλά και η εξοικειώσή τους με άλλες (π.χ. διαδικασίες μέτρησης), λόγω της ανάγκης τους να αντιληφθούν και να ερμηνεύσουν τον κόσμο που τους περιβάλλει.

ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Το αναλυτικό πρόγραμμα (βιβλίο δασκάλου, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) ορίζει η ολοκλήρωση του κεφαλαίου «μηχανική» να πραγματοποιηθεί σε 18 διδακτικές ώρες. Ο γενικός στόχος του κεφαλαίου είναι να γνωρίζουν οι μαθητές σημαντικά φυσικά φαινόμενα που σχετίζονται με τις δυνάμεις, καθώς και τις εφαρμογές τους στην καθημερινή ζωή.

Ταχύτητα

Σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα (βιβλίο δασκάλου, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) η διδασκαλία της παραπάνω υποεπότητας ορίζεται στις δύο διδακτικές ώρες. Μέσω της διδακτικής διαδικασίας αναμένονται τα παρακάτω:

- Να αναφέρουν οι μαθητές παραδείγματα κίνησης σωμάτων με μικρή ή μεγάλη ταχύτητα.
- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά τη σχέση του χρόνου που χρειάζεται ένα κινητό, για να διανύσει μια απόσταση με την ταχύτητά του.

Στο τετράδιο του μαθητή (τετράδιο εργασιών, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) προτείνεται μια δραστηριότητα, μέσω της οποίας επιχειρείται η συσχέτιση της ταχύτητας ενός σώματος, που διανύει μια συγκεκριμένη απόσταση με το χρόνο. Συγκεκριμένα ένας μαθητής, ο οποίος κρατά μια μπάλα, όπως φαίνεται στο «Σχήμα 1» την αφήνει να κυλήσει και ένας άλλος χρονομετρεί την πορεία της μπάλας από την στιγμή που την άφησε ο συμμαθητής του μέχρι ένα συγκεκριμένο σημείο (π.χ. τον απέναντι τοίχο). Αρχικά οι μαθητές ξεκινούν το πείραμα με τη μπάλα να κυλάει αργά και στη συνέχεια πιο γρήγορα και ακόμα πιο γρήγορα. Καταγράφουν τους χρόνους που διένυσε τη συγκεκριμένη απόσταση η μπάλα για κάθε μια από τις καταστάσεις: αργά, γρήγορα και γρηγορότερα. Αυτό που προκύπτει είναι ότι οι μαθητές παρατηρούν ότι όσο πιο γρήγορα κινείται η μπάλα τόσο μειώνεται ο χρόνος που διανύει τη συγκεκριμένη απόσταση.

Σχήμα 1: δραστηριότητα συσχέτισης ταχύτητας σώματος με το χρόνο.



Οι τυφλοί ή οι μαθητές με προβλήματα όρασης θα αντιμετωπίσουν δυσκολία στην «ανακάλυψη» της σχέσης ταχύτητα με χρόνο, καθώς στην παραπάνω δραστηριότητα απαιτείται παρατήρηση της πορείας της μπάλας. Οι μαθητές βλέπουν το πόσο πιο σύντομα φτάνει η μπάλα στο σημείο που έχει καθοριστεί, όταν κυλάει πιο γρήγορα, δηλαδή αυξάνεται η ταχύτητα του. Ακόμα και αν το χρονόμετρο επιβεβαιώνει το αποτέλεσμα, αυτό που «πείθει» τους μαθητές είναι η παρατήρηση, ενώ το χρονόμετρο χρησιμοποιείται περισσότερο για επαλήθευση αυτού που παρατήρησαν οι μαθητές.

Έτσι, ακόμα και στην περίπτωση που δοθεί η μπάλα σε ένα τυφλό μαθητή και παροτρυνθεί να κυλήσει την μπάλα δίνοντας σε κάθε επόμενη προσπάθεια περισσότερη ώθηση και ενώ κάποιος άλλος θα χρονομετρεί και θα ενημερώνει για το χρόνο, δεν θα είναι σε θέση να αντιληφθεί πλήρως τη συσχέτιση χρόνου – ταχύτητας καθώς δεν θα έχει εμπλακεί ενεργά. Επομένως, προτείνεται η παρακάτω **παραλλαγή** της δραστηριότητας. Τοποθετούνται στη σειρά ένας συγκεκριμένος αριθμός θρανίων και με οδηγό αυτά ζητείται από έναν

τυφλό μαθητή να περπατήσει από το πρώτο μέχρι το τελευταίο θρανίο, αγγίζοντάς τα με το ένα χέρι (ώστε η πορεία να είναι ευθύγραμμη και να μην αποκλίνουν) και κρατώντας στο άλλο χέρι ένα χρονόμετρο το οποίο το ενεργοποιεί όταν ξεκινά να περπατάει και το σταματάει στο τέλος της διαδρομής. Στη συνέχεια ο μαθητής προτρέπεται να περπατήσει πιο γρήγορα ακολουθώντας την ίδια διαδικασία και στη συνέχεια ακόμα πιο γρήγορα. Κάθε φορά ένας μαθητής τον ενημερώνει για τον χρόνο και γίνεται καταγραφή. Έτσι επαληθεύεται και από την ένδειξη του χρονόμετρου αυτό που ένιωσε και ο ίδιος ο μαθητής, δηλαδή όσο πιο γρήγορα περπατούσε τόσο πιο σύντομα έφτανε στο τέλος της διαδρομής.

Οι επόμενες ασκήσεις, οι οποίες είναι εμπέδωσης της σχέσης μεταξύ χρόνου και ταχύτητας είναι εύκολα εκτελέσιμες και από τους τυφλούς μαθητές. Η τελευταία άσκηση αφορά στην παρατήρηση εικόνων στις οποίες απεικονίζονται ένα σαλιγκάρι, ένας αθλητής, ένα αεροπλάνο και ένα αγωνιστικό αυτοκίνητο, τα οποία ο μαθητής πρέπει να τα κατατάξει ανάλογα με το πόσο γρήγορα κινούνται. Εναλλακτικά, μπορεί να ζητηθεί από τον τυφλό μαθητή να αναφέρει, σύμφωνα με την εμπειρία του, ζώα ή μηχανήματα που κινούνται γρήγορα ή αργά.

Δυνάμεις

Σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα(βιβλίο δασκάλου, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) η διδασκαλία της παραπάνω υποενότητας ορίζεται στις δυο διδακτικές ώρες. Μέσω της διδακτικής διαδικασίας αναμένονται τα παρακάτω:

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά τα αποτελέσματα των δυνάμεων που ασκούνται στα σώματα.
- Να διακρίνουν οι μαθητές τα αποτελέσματα των δυνάμεων σε δυο γενικές κατηγορίες: στην αλλαγή της κινητικής κατάστασης των σωμάτων και στην παραμόρφωση των σωμάτων.

Στη δραστηριότητα που υπάρχει στο τετράδιο εργασιών(τετράδιο εργασιών, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ), προτείνεται οι μαθητές να ασκήσουν δύναμη σε κάποια σώματα και να παρατηρήσουν τα αποτελέσματα. Οι τυφλοί ή οι μαθητές με προβλήματα όρασης μπορούν να εργαστούν χωρίς να αντιμετωπίσουν δυσκολία, καθώς μέσω της δραστηριότητας απαιτείται, κυρίως, η αξιοποίηση της απτικής αντίληψης των μαθητών, οι οποίοι μπορούν να ανταποκριθούν αρκεί να τους δίνεται περισσότερος χρόνος για απτική «εξερεύνηση» των αντικειμένων, αναγνώριση και εξοικείωση με τα υλικά από τα οποία είναι φτιαγμένα τα αντικείμενα.

Δυνάμεις με επαφή-δυνάμεις από απόσταση

Σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα (βιβλίο δασκάλου, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) η διδασκαλία της παραπάνω υποενότητας ορίζεται στις δυο διδακτικές ώρες. Μέσω της διδακτικής διαδικασίας αναμένονται τα παρακάτω:

- Να διακρίνουν οι μαθητές τις δυνάμεις που ασκούνται με επαφή από αυτές που ασκούνται από απόσταση και να το διαπιστώσουν και πειραματικά.
- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι η γη ασκεί σε όλα τα σώματα δύναμη προς το κέντρο της, καθώς και ότι την δύναμη αυτή την ονομάζουμε βάρος.

Και σε αυτή την υποενότητα ο τυφλός μαθητής μπορεί να ανταποκριθεί στις δραστηριότητες που έχουν τεθεί από το τετράδιο εργασιών(τετράδιο εργασιών, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ). Για παράδειγμα, μπορούν να κατανοήσουν πως το αντικείμενο που κρέμεται από το λάστιχο προκαλεί την παραμόρφωσή του λόγω της βαρύτητας, όταν όμως κοπεί το λάστιχο θα είναι η αιτία για τη μεταβολή της κινητικής κατάστασης του αντικείμενου, δηλαδή την αύξηση της ταχύτητάς του. Όσον αφορά τις ηλεκτρικές δυνάμεις, οι μαθητές καλούνται να ανακαλέσουν και να εκτελέσουν δραστηριότητες από την ενότητα του στατικού ηλεκτρισμού. Οι μαγνητικές δυνάμεις είναι και αυτές μια από τις δυνάμεις που ασκούνται από απόσταση και οι οποίες μπορούν να γίνουν εύκολα αντιληπτές από τον τυφλό μαθητή, αρκεί να αλληλεπιδράσει όπως φαίνεται στο «Σχήμα 2» με μαγνήτες και μεταλλικά αντικείμενα και να διαπιστώσει την ύπαρξη ελκτικών δυνάμεων που αναπτύσσονται.

Σχήμα 2: αλληλεπίδραση με αντικείμενα για διαπίστωση ελκτικής δύναμης και δύναμης βάρους.



Πίεση

Σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα (βιβλίο δασκάλου, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) η διδασκαλία της παραπάνω υποενότητας ορίζεται στις δυο διδακτικές ώρες. Μέσω της διδακτικής διαδικασίας αναμένονται τα παρακάτω:

- Να διακρίνουν οι μαθητές τις έννοιες «δύναμη» και «πίεση».
- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι η πίεση εξαρτάται από τη δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα, καθώς και από το μέγεθος της επιφάνειας επαφής.

Το εισαγωγικό ερέθισμα που προτείνεται (τετράδιο εργασιών, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) είναι η προβολή στους μαθητές, μιας εικόνας που απεικονίζει σκιέρ να κάνουν σκι. Σε κάτι αντίστοιχο, δεν μπορούν να συμμετέχουν οι τυφλοί μαθητές, γιατί αφενός δεν θα ανταποκριθούν στην προβολή μιας εικόνας και αφετέρου πιθανώς δεν έχουν τα κατάλληλα βιώματα και αναπαραστάσεις για εν λόγω δραστηριότητες.

Εισαγωγικά, προτείνεται να έλθουν σε επαφή μια επιφάνεια φελιζόλ και να τους ζητηθεί να την τρυπήσουν αρχικά με μια καρφίτσα, μετά με ένα καρφί και στη συνέχεια

με ένα μολύβι. Στη συνέχεια ερωτώνται για το πώς ένιωσαν χρησιμοποιώντας τα διαφορετικά αντικείμενα. Για παράδειγμα με ποιο από αυτά τρύπησαν πιο εύκολα το φελιζόλ και για ποιο λόγο αυτοί θεωρούν πως έγινε αυτό.

Το πείραμα που προτείνεται στο σχολικό τετράδιο(τετράδιο εργασιών, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ) είναι να πάρουμε μια λεκάνη με αλεύρι και σε αυτή να βάλουμε δυο ίδια κουτιά, όπως φαίνεται στο «Σχήμα 3», τα οποία να έρχονται σε επαφή με το αλεύρι από διαφορετικό σημείο της επιφάνειάς τους και να τα τοποθετήσουμε πάνω σε αυτά το ίδιο βιβλίο. Στη δεύτερη περίπτωση τοποθετούμε πετραδάκια στο κουτί και το βάζουμε πάνω στην επιφάνεια με το αλεύρι μια φορά άδειο και μια φορά γεμάτο με τα πετραδάκια. Σε όλες τις περιπτώσεις οι μαθητές καλούνται να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους.

Οι τυφλοί μαθητές ίσως αντιμετωπίσουν πρόβλημα σε αυτή τη δραστηριότητα καθώς όταν θα κληθούν να ψηλαφήσουν τα βαθούλωμα που προκαλούνται κάθε φορά υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να αλλοιώνουν το αποτέλεσμα λόγω του υλικού. Προτείνουμε ως **παραλλαγή** τη χρήση πλαστελίνης αντί για αλεύρι. Καθώς τα αποτυπώματα από τα αντικείμενα δεν θα αλλοιώνονται με το ψηλάφισμα των παιδιών.

Σχήμα 3: προτεινόμενη δραστηριότητα Τετραδίου Εργασιών.



Μέσω της παραπάνω δραστηριότητας οι μαθητές διαπιστώνουν ότι η παραμόρφωση μιας επιφάνειας δεν εξαρτάται μόνο από την δύναμη που ασκείται σε αυτή αλλά και από το εμβαδόν της επιφάνειας στην οποία ασκείται η δύναμη. Με άλλα λόγια η πίεση είναι αυτή που θα καθορίσει το βαθμό παραμόρφωσης. Πίεση είναι το μέγεθος που είναι ανάλογο με τη δύναμη που ασκείται ανά μονάδα επιφάνειας. Μια άσκηση εμπέδωσης και εφαρμογής της έννοιας στην οποία εισήχθησαν οι μαθητές είναι όπως φαίνεται στο «Σχήμα 4» η παρακάτω. Πόσο βάρος αντέχουν τέσσερα πλαστικά ποτήρια; Είναι ευχάριστο, διασκεδαστικό και ενεργοποιεί το ενδιαφέρον των παιδιών(ιστότοπος: www.tinanantsou.blogspot.gr)

Σχήμα 4: δραστηριότητα στην ενότητα της πίεσης.



Τα βήματα που θα ακολουθήσουν οι μαθητές για να ολοκληρώσουν την δραστηριότητα που προτείνεται είναι τα εξής:

- Γεμίζουμε 4 μικρά πλαστικά ποτήρια με χόμα και τα τοποθετούμε στις κορυφές ενός νοητού τετραγώνου διαστάσεων όσες έχει η ξύλινη επιφάνειά μας.
- Τοποθετούμε πάνω στα ποτήρια την ξύλινη επιφάνειά μας.
- Ανεβαίνουμε αργά και προσεκτικά πάνω στην επιφάνεια. Τι παρατηρούμε; Γιατί γίνεται αυτό;

Οι μαθητές πληροφορούνται ότι αυτό συμβαίνει γιατί το βάρος μοιράζεται στα τέσσερα ποτήρια. Τα τέσσερα ποτήρια είναι γεμάτα με χόμα και έτσι λειτουργούν ως μια συμπαγής μάζα. Αν ήταν άδεια τα ποτήρια δεν θα μπορούσαν να αντέξουν το βάρος των μαθητών. Η πίεση εξαρτάται από το μέγεθος της ασκούμενης δύναμης και από το εμβαδόν της επιφάνειας στην οποία ασκείται. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια τόσο μικρότερη γίνεται η πίεση. Μέσω της παραπάνω δραστηριότητας, εκτός των γνωστικών στόχων σχετικά με την έννοια της πίεσης, προωθούνται κιναισθητικοί και ψυχολογικοί στόχοι. Το τυφλό παιδί συμμετέχει στην δραστηριότητα με όλο του το σώμα και καλείται να συνεργαστεί και να εμπιστευτεί τους υπόλοιπους μαθητές, καθώς δεν ξέρει ότι τελικά τα τέσσερα ποτήρια θα «αντέξουν το βάρος του».

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διαπιστωθεί αν υπάρχει στη βιβλιογραφία εκπαιδευτικό υλικό κατάλληλο για μαθητές με σοβαρά προβλήματα όρασης για το μάθημα Φυσικά: Ερευνώ Και Ανακαλύπτω Έ Τάξης Δημοτικού (ενότητα Μηχανικής). Η έρευνα εστιάστηκε τόσο στο υλικό του Αναλυτικού Προγράμματος, όσο και σε εκπαιδευτικό υλικό που έχει σχεδιαστεί εκτός Αναλυτικού Προγράμματος. Επομένως, τα **ερευνητικά ερωτήματα** που τέθηκαν ήταν τα εξής: ανταποκρίνονται οι δραστηριότητες και τα πειράματα του Τετραδίου Εργασιών Φυσικά: Ερευνώ Και Ανακαλύπτω, στις ιδιαιτερότητες ενός μαθητή με σοβαρά προβλήματα όρασης; Αν όχι, ποιες

δραστηριότητες θα ήταν κατάλληλες για αυτή την κατηγορία μαθητών σε περιβάλλον συνεκπαίδευσης; Σε περίπτωση που διαπιστωνόταν ότι δεν υπάρχει διαθέσιμο εκπαιδευτικό υλικό (εντός Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών) θα επιχειρείτο να γίνουν προτάσεις κατάλληλων δραστηριοτήτων. Έπειτα από βιβλιογραφική ανασκόπηση διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχουν κατάλληλες δραστηριότητες για τις ανάγκες μαθητών με σοβαρά προβλήματα όρασης. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι η **ανάλυση περιεχομένου**. Σε πρώτο στάδιο πραγματοποιήθηκε ανάλυση των δραστηριοτήτων που προτείνονται στο τετράδιο Εργασιών του Μαθητή και αφορούν στο σύνολο της τάξης, οπότε και στον τυφλό μαθητή σε περίπτωση ένταξης. Οι δραστηριότητες που προτείνονται από το τετράδιο εργασιών του μαθητή δίνουν έμφαση στην οπτική αντίληψη των μαθητών, οπότε απορρίπτονται. Συνεπώς, επόμενος στόχος ήταν η προσπάθεια εύρεσης ή επινόησης κατάλληλων δραστηριοτήτων προσαρμοσμένες στις ανάγκες τυφλών παιδιών σε περιβάλλον συνεκπαίδευσης βλέπόντων και μη. Προκειμένου, να τροποποιηθούν ή να εισαχθούν νέα πειράματα έναντι αυτών που προτείνονται από το τετράδιο εργασιών «Φυσικά» Ερευνώ και Ανακαλύπτω Ε' Δημοτικού, έγινε χρήση απλών υλικών και δόθηκε έμφαση στην αξιοποίηση των υπόλοιπων αισθήσεων, κυρίως της απτικής αντίληψης. Όλες οι προτεινόμενες δραστηριότητες αφορούν σε όλα τα μέλη της σχολικής τάξης – βλέποντες και μη βλέποντες – στοχεύοντας σε ένα κοινό πρόγραμμα σπουδών και στην συνεργασία όλων των μαθητών, γεγονός που συντελεί στην ομαλή και ουσιαστική ένταξη. Επόμενο και επιθυμητό στάδιο της έρευνας, θα μπορούσε να είναι η διαπίστωση της αποτελεσματικότητας ή της ανταπόκρισης των μαθητών στις προτεινόμενες δραστηριότητες. Δηλαδή, να πραγματοποιηθεί διδασκαλία, και με τον ορισμό των κατάλληλων κριτηρίων να κριθεί η καταλληλότητα ή όχι του προτεινόμενου εκπαιδευτικού υλικού.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Baughman J. & Zoliman D, (1977). *Physics Lab for The Blind, The Physics teacher* 15, pp. 133-342.
- Fraiberg S. (1977). *Insights from the Blind*, London: Souvenir Press.
- Hadary D.& Cohen S., (1978). *Laboratory Science and Art of Blind, Deaf and Emotionally Disturbed Children: A mainstream approach*, MD: University Park Press Baltimore.
- Heather W.Mason&Stephenmccall (2004). *Παιδιά και νέοι με προβλήματα όρασης: Η πρόσβαση στην εκπαίδευση*, εκδ. ελληνικά γράμματα, Αθήνα.
- Kingsley M., (1997). *The effects of a visual Loss*, David Fulton Publishers, London.
- Kotsis K. & Andreou Y., (2006). *The perception of Basic Science Concepts by Blind and Sighted children*, International Journal of Learning, vo 12-1, 253-258.
- Kotsis K. & Andreou Y., (2005). *The estimation of length, surface area and volume by blind and sighted children*, International Congress Series, 1282, Vision 2005, Elsevier, Amsterdam, 780-784.
- McLinden M. &McCall S. (2002). *Learning through touch*, David Fulton Publishers, London.

- Rogow, S.M (1988). *Helping The visually Impaired child with developmental problems*. Teachers College Press, New York.
- Wexter A. (1961). *Experimental science for the blind, an instruction Manual*, Pergamon Press, Oxford.
- Wynne Harlen – Joselstgeest (2005). *Διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών στην εκπαίδευση*, εκδ. τυπωθήτω, αθήνα.
- Κρουσταλλάκης Γ. (1994). *Παιδιά με ιδιαίτερες ανάγκες στην οικογένεια και στο σχολείο. Ψυχοπαιδαγωγική παρέμβαση για μια συμβουλευτική γονέων και εκπαιδευτικών*, εκδ Λύχνος, αθήνα.
- Τετράδιο εργασιών, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ.
- Βιβλίο δασκάλου, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, ΟΕΔΒ.
- Διαδίκτυο: www.tinanantsou.blogspot.gr

Επίλυση τριγωνομετρικών εξισώσεων: Η περίπτωση της $\eta\mu\chi=\alpha$

Αλέξανδρος Μαναρίδης¹ και Νικόλαος Κολλάρας²

¹ Κολλέγιο Αθηνών, ² Κολλέγιο Αθηνών
amanaridis@haef.gr, nkollaras@haef.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διδακτική παρέμβαση εστιάζει στην ενεργοποίηση των μαθητών της Β Λυκείου προκειμένου να λύσουν μια τριγωνομετρική εξίσωση και να οδηγηθούν στην κατασκευή της οικογένειας λύσεων. Στους μαθητές δίνεται μια τριγωνομετρική συνάρτηση που περιγράφει την κίνηση ενός δελφινιού στη θάλασσα και τους ζητείτε να απαντήσουν σε συγκεκριμένα ερωτήματα. Οι μαθητές εργαζόμενοι συνεργατικά χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο πλαίσιο της δραστηριότητας και καθώς αυτή εξελίσσεται αναγκάζονται να γενικεύσουν τα συμπεράσματά τους. Τους παρέχεται δηλαδή η δυνατότητα κάνοντας χρήση των γνώσεων που έχουν αποκομίσει μέχρι εκείνη τη στιγμή, να ανακαλύψουν σταδιακά την οικογένεια λύσεων. Υπάρχει μια συνεχής αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών, του περιεχομένου και του εκπαιδευτικού, ο οποίος βοηθά τους μαθητές παρέχοντάς τους κίνητρα μάθησης. Η δραστηριότητα συνοδεύεται από αρχεία *geogebra* με τα οποία οι μαθητές μπορούν να οπτικοποιήσουν την κατάσταση του προβλήματος, να κάνουν υποθέσεις, να εξάγουν συμπεράσματα, να επαληθεύσουν αποτελέσματα, να διορθώσουν λάθη και παραλείψεις. Με αυτό τον τρόπο μετασχηματίζουν και γενικεύουν τα συμπεράσματά τους καταλήγοντας στο γεγονός ότι μια τριγωνομετρική εξίσωση έχει άπειρο πλήθος λύσεων οι οποίες όμως μπορούν να παρασταθούν σε μια ενιαία μορφή. Τα ερευνητικά συμπεράσματα της παρέμβασης πρόκειται να παρουσιαστούν σε επόμενη εργασία.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Γραφική παράσταση συνάρτησης, Σημεία τομής γραφικών παραστάσεων, Τριγωνομετρικός κύκλος, Αναγωγή στο πρώτο τεταρτημόριο, Γωνίες που προκύπτουν από περιστροφή.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενεργή κατασκευή της γνώσης από τους μαθητές ήταν η βασική θεωρία των κonstrouκτιβιστικών θεωριών που επικρατούσαν στην έρευνα της μαθηματικής εκπαίδευσης. Έμφαση δινόταν στην ενεργή κατασκευή της γνώσης και προτεραιότητα στις νοητικές διαδικασίες του ατόμου για την εσωτερική ανάδειξη του νοήματος των μαθηματικών εννοιών. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού ήταν να αφογκράζεται τους μαθητές του καθώς αυτοί κατασκευάζουν τα μοντέλα των νοητικών διεργασιών τους και να

προσαρμόζει το μάθημα ώστε να είναι συμβατό με τα μοντέλα αυτά. Οι θεωρίες αυτές όμως αδυνατούσαν να εξηγήσουν τα φαινόμενα της τάξης όπως αυτά αναφέρονται κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, καθώς αντιμετώπιζε τους μαθητές ως μονάδες χωρίς να εξετάζεται η σχέση τους με τον εκπαιδευτικό και τους συμμαθητές της τάξης του. Έτσι η αλληλεπίδραση μέσα στην τάξη δεν παίζει πρωταρχικό ρόλο στην ανάπτυξη των γνωστικών σχημάτων του μαθητή καθώς οι θεωρίες αυτές εστιάζουν στις γνωστικές λειτουργίες του ατόμου και όχι στο αποτέλεσμα των κοινωνικών αλληλεπιδράσεών του (Lerman, 2001).

Τα παραπάνω έκαναν τους ερευνητές να στρέψουν την προσοχή τους στη μελέτη της διαδικασίας της μάθησης ως συμμετοχή του ατόμου σε δραστηριότητες επικοινωνιακού χαρακτήρα. Ο Vygotsky, ως κύριος εκφραστής των κοινωνικοπολιτισμικών θεωρήσεων της γνώσης, θεώρησε ότι η γνώση αρχίζει και τελειώνει στην κοινωνία. Με την οπτική αυτή, η διδασκαλία μπορεί να αντιμετωπιστεί ως προϊόν κοινωνικής διαπραγμάτευσης. Ο εκπαιδευτικός τροφοδοτεί με τις ενέργειές τους ένα μοντέλο αλληλεπίδρασης με το περιεχόμενο, όπου οι μαθητές ενθαρρύνονται να αιτιολογούν τις ιδέες τους και να διαπραγματεύονται εναλλακτικές λύσεις με τους συμμαθητές τους. Με τον τρόπο αυτό η σχολική τάξη γίνεται χώρος στο οποίο η γνώση δεν ανακοινώνεται καθώς δάσκαλος και μαθητές διαπραγματεύονται τις μαθηματικές ιδέες και νοήματα και οι διάφορες λύσεις γίνονται αποδεκτές μετά από διαπραγμάτευση.

Διδακτικές Πρακτικές

Αρκετές έρευνες (Στεφανίδου, 2004) έχουν εστιάσει στον τρόπο που οι διδακτικές πρακτικές του εκπαιδευτικού επηρεάζουν τη μάθηση των μαθητών στα μαθηματικά. Ο όρος ‘πρακτική’ μπορεί να ερμηνευθεί ότι αναφέρεται στο σύνολο των ενεργειών του εκπαιδευτικού προκειμένου να προσεγγίσει μια μαθηματική έννοια ή διαδικασία ώστε να παρέχει ουσιαστική βοήθεια στους μαθητές του στην προσέγγισή της.

Οι πρακτικές που χρησιμοποιεί ο εκπαιδευτικός είναι επιθυμητό να δημιουργούν διαύλους επικοινωνίας μεταξύ του ίδιου και της τάξης, τέτοιοι που να αξιοποιούνται αποτελεσματικά οι συλλογισμοί των μαθητών κατά τη διδασκαλία. Έτσι κατάλληλα δομημένες δραστηριότητες θα πρέπει να ενσωματώνονται στα διδακτικά πλάνα, που να είναι οικείες στους μαθητές και να τους εμπλέκουν σε διάλογο και συζήτηση και θα τους βοηθούν να εξελίξουν τις αρχικές τους ιδέες και να διευρύνουν τη μαθηματική τους σκέψη.

Μαθηματικά και μάθηση

Τα μαθηματικά υπάρχουν ως ανθρώπινη δραστηριότητα. Οι μαθηματικές έννοιες υπάρχουν ως μαθηματικά μορφώματα στο νου των μαθητών. Σύμφωνα με τον Vygotsky υπάρχουν δύο τύποι εννοιών, οι αυθόρμητες και οι επιστημονικές. Οι πρώτες αναπτύσσονται διαμέσου της αλληλεπίδρασης του ατόμου με το περιβάλλον ενώ οι δεύτερες εισάγονται κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης (Κλαουδάτος, 2003). Με αυτή την οπτική ο εκπαιδευτικός είναι αυτός που θα δημιουργήσει εκείνες τις διδακτικές καταστάσεις όπου με τη βοήθεια κατάλληλων δραστηριοτήτων θα θέσει ερωτήματα,

αντιπαραδείγματα και προβληματισμούς στους μαθητές του, κάνοντας χρήση παραδειγμάτων από την καθημερινότητα. Αυτή η άποψη έρχεται σε πλήρη συμφωνία με τη άποψη ότι « οι δάσκαλοι θα πρέπει να ενθαρρύνονται για να μειώσουν το σύνολο της ώρας που μιλάνε και αντ'αυτού να θέτουν θέματα, ώστε να εμπλέξουν τους μαθητές σε διάλογο»(NCTM,1991).

Τα μαθηματικά δεν είναι αυθαίρετα. Υπάρχουν συνδέσεις μεταξύ των εννοιών, οι αναπαραστάσεις τους δίνουν νόημα και οι αλγοριθμικές διαδικασίες τα κάνουν προσιτά. Ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να παρέχει δυνατότητες στους μαθητές να αναγνωρίσουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά προκειμένου να τα κατανοήσουν. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιήσει το διάλογο προκειμένου να δεσμεύσει τους μαθητές σε μια διαδικασία εξερεύνησης των μαθηματικών ιδεών και των σχέσεων που τις διέπουν. Με αυτό τον τρόπο παραχωρεί στους μαθητές πιο ενεργό ρόλο στη μάθηση και τους καθιστά συνυπεύθυνους στην ανάπτυξη της καθώς αυτοί συμμετέχουν σε όλα τα στάδια διδασκαλίας. Τα μαθηματικά καθίστανται έτσι ως μια συλλογή κανόνων και διαδικασιών που διαμορφώνονται από τα μέλη μιας κοινότητας και όχι ως ένα σώμα διαδικασιών και μεθόδων που πρέπει να μιμηθούν ή να αποστηθίσουν.

Μαθησιακά περιβάλλοντα.

Σε μία παραδοσιακή διδασκαλία τα μαθηματικά θεωρούνται ως ένα στατικό σώμα γνώσης τη διαχείριση του οποίου έχει αποκλειστικά ο εκπαιδευτικός. Οι ερωτήσεις που απευθύνει στους μαθητές στοχεύουν στο κατά πόσο κατέχουν μια μαθηματική έννοια διασφαλίζοντας με αυτό τον τρόπο την σταθερή πορεία της διδασκαλίας. Στον αντίποδα αυτού του σχολικού περιβάλλοντος βρίσκονται οι τάξεις όπου ο τρόπος που σκέφτονται οι μαθητές καθώς προσπαθούν να κατακτήσουν μια καινούργια έννοια είναι σε προτεραιότητα. Είναι αυτοί που έχουν την ευθύνη να εξηγήσουν στους υπόλοιπους πως κατέληξαν στη λύση αναφέροντας τις στρατηγικές που χρησιμοποίησαν επεκτείνοντας έτσι την προϋπάρχουσα γνώση τους. Μέσα από την ανάπτυξη των επιχειρημάτων τους μαθαίνουν να κάνουν συνδέσεις ενώ ταυτόχρονα ανακαλύπτουν κενά, λανθασμένες συνδέσεις ή παρανοήσεις. Καθώς οι ιδέες τους αποκτούν νόημα συνειδητοποιούν ότι είναι ικανοί να παράγουν νέα γνώση. Μια τέτοια τάξη διακρίνεται από μια συνεχή αλληλεπίδραση μεταξύ του εκπαιδευτικού, του περιεχομένου και των μαθητών. Η αλληλεπίδραση αυτή καθιστά δυνατή την ανταλλαγή μαθηματικών εμπειριών.

Μαθηματική Δραστηριότητα

Η κατασκευή της γνώσης μέσα από επίλυση προβλημάτων, δίνει την ευκαιρία στους μαθητές να εμπλακούν σε μαθηματικές δραστηριότητες μέσα από τις οποίες αναδύονται μαθηματικά νοήματα, έξω από το σύνθηρες τυπικό πλαίσιο (Κολέζα, 2000) που συνήθως προσφέρουν οι τυπικές αλγοριθμικές διαδικασίες.

Ο συνεχιστές και μελετητής του έργου του Vygotsky, Leont'ev έθεσε στο επίκεντρο τη βασική ιδέα της δραστηριότητας, ως ένα σύστημα όπου το υποκείμενο ενεργεί σε ένα αντικείμενο με κάποιο επιθυμητό στόχο. Κατακείωσε έτσι ένα μοντέλο τριών επιπέδων (Leont'ev, 1978), σύμφωνα με το οποίο στο πρώτο επίπεδο βρίσκεται το κίνητρο που

θεωρείται και η αφετηρία της ανθρώπινης δραστηριότητας. Οι ενέργειες είναι αυτές που βρίσκονται στο δεύτερο επίπεδο, καθώς αυτές υποκινούνται από το κίνητρο, και προσπαθούν να εξυπηρετήσουν ένα στόχο. Τέλος οι διαδικασίες είναι τα μέσα με τα οποία μία δράση υλοποιείται και τοποθετούνται στο τρίτο επίπεδο. Μπορούμε να συνοψίσουμε τα τρία επίπεδα στο παρακάτω σχήμα:

- Κίνητρα, Στόχοι
- Ενέργειες
- Διαδικασίες.

Στο πλαίσιο αυτού του μοντέλου γίνεται αναφορά στα εργαλεία, που αποκτούν το ρόλο ενός «*διαμεσολαβητικού μέσου*». Η χρήση των εργαλείων αυτών θα οδηγήσει τους μαθητές στην πραγμάτωση του στόχου, που στην περίπτωση της διδασκαλίας είναι η μάθηση. Τα εργαλεία αυτά είναι δυνατόν να έχουν τη μορφή χειραπτικών υλικών (χαρτί μιλιμετρέ, γεωμετρικά όργανα) ή κοινωνικά διαμορφωμένων εργαλείων όπως η γλώσσα.

Ο ρόλος της δραστηριότητας στη διδασκαλία και μάθηση των Μαθηματικών

Ένα διδακτικό πλαίσιο που μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να αλλάξουν οπτική αντιμετώπισης των μαθηματικών αντικειμένων, θα πρέπει να κινητοποιεί το ενδιαφέρον τους και να τους υποχρεώνει στην κατασκευή νέας γνώσης προκειμένου να προσεγγίσουν τη λύση ενός προβλήματος. Έτσι δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να αναπτύξουν τις ικανότητές τους, να αξιοποιούν καινούργιες εμπειρίες καθώς εφαρμόζουν τις γνώσεις τους, κατανοώντας βαθύτερα τα νοήματα των εννοιών ώστε αυτές να γίνουν μέρος του μαθηματικού τους υπόβαθρου. Με αυτό τον τρόπο η διδασκαλία γίνεται μια ενεργή διαδικασία μαθηματικής εξερεύνησης και ανακάλυψης και ο εκπαιδευτικός και οι μαθητές αποτελούν από κοινού την πραγματικότητα της τάξης.

Όλα τα παραπάνω έρχονται σε πλήρη συμφωνία με το γεγονός ότι οι μαθηματικές δραστηριότητες μπορούν να οδηγήσουν τους μαθητές σε μία ουσιαστική μάθηση των μαθηματικών καθώς τους καθιστά ενεργά μέλη στην κατασκευή της γνώσης. Οι Καλδρυμίδου κ.α. (2009) αναφέρουν χαρακτηριστικά ότι «*βασική συνιστώσα της πράξης της διδασκαλίας των μαθηματικών αποτελεί η επιλογή και αξιοποίηση δραστηριοτήτων και συζητήσεων στην τάξη, οι οποίες αφενός μπορεί να οδηγήσουν στην ανάπτυξη μαθηματικής γνώσης που ορίζει το Αναλυτικό πρόγραμμα και αφετέρου συνιστούν πλαίσια αυθεντικής μαθηματικής δράσης, δηλαδή πεδία αλληλεπίδρασης και επικοινωνίας τόσο μεταξύ του εκπαιδευτικού και των μαθητών όσο και των μαθητών μεταξύ τους, που μπορεί να οδηγήσουν στην ανάδειξη και στην ανάπτυξη μαθηματικών ιδεών*».

Καθώς έχει επισημανθεί η αξία της μαθηματικής δραστηριότητας για τη διδασκαλία το επόμενο εύλογο ερώτημα που τίθεται είναι ο σχεδιασμός της. Σύμφωνα με τους Ainley a.l.(2006), οι άξονες για τον επιτυχή σχεδιασμό της δραστηριότητας είναι ο σκοπός (*purpose*) και η χρηστικότητά της (*utility*). Έτσι μια αποτελεσματική δραστηριότητα θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις ιδέες και εμπειρίες των μαθητών προκειμένου να έχει νόημα να ασχοληθούν με αυτήν και να τους βοηθά να επινοούν νέες στρατηγικές εφαρμόζοντας τη νέα γνώση ώστε να αποδεικνύουν τη χρηστικότητά της.

Η χρήση υλικών που βοηθούν στην αναπαράσταση όπως χαρτί μιλμετρέ για τη σχεδίαση, το λογισμικό geogebra για την γραφική απεικόνιση των συναρτήσεων, θεωρούνται απαραίτητα συστατικά της δραστηριότητας. Με τη βοήθεια των υλικών αυτών τα 'αφηρημένα' μαθηματικά αντικείμενα γίνονται αντιληπτά κάτι που επιτρέπει στους μαθητές να χειριστούν τις νέες έννοιες και να τις συγκρατήσουν. Τους δίνεται επίσης η δυνατότητα να αναστοχαστούν επί των ιδεών τους ή των ιδεών των συμμαθητών τους, καθώς μπορούν να οπτικοποιήσουν τα συμπεράσματα των στρατηγικών τους, δημιουργώντας έτσι ερωτήσεις ή σχόλια που εξαρτώνται από τις δικές τους σκέψεις. Να βιώσουν τη γνωστική σύγκρουση που θα αποτελέσει τη βάση για τη νέα γνώση. Τοποθετείται έτσι ο μαθητής στη θέση ενός ερευνητή σε ένα ανοιχτό περιβάλλον διερεύνησης, που τον ωθεί στην ανακάλυψη σχέσεων, συσχετίσεων και νόμων.

Τριγωνομετρικές εξίσώσεις

Από την πρώτη επαφή που έχει ο μαθητής στη Β Γυμνασίου με τις βασικές έννοιες της Τριγωνομετρίας μέχρι το αντίστοιχο κεφάλαιο της Β Λυκείου, έχει διανύσει μια πορεία γενικεύσεων και συνεχών μετασχηματισμών των εννοιών αυτών. Το αρχικό ημίτονο της οξείας γωνίας ενός ορθογώνιου τριγώνου, έγινε ημίτονο γωνίας οποιουδήποτε τριγώνου για να μετασχηματισθεί τελικά με τη βοήθεια του τριγωνομετρικού κύκλου στον τύπο τριγωνομετρικής συνάρτησης $f(x) = \eta\mu x, x \in \mathbb{R}$. Ο μαθητής καλείται σε συνεχείς υπερβάσεις των ορισμών των τριγωνομετρικών αριθμών και ταυτόχρονα στην κατανόησή τους. Έτσι αναδιοργανώνει συνεχώς την εννοιολογική περιοχή στην οποία έχει συγκροτήσει τις έννοιες αυτές. Συνέπεια της συνεχούς μεταβολής είναι να μαθαίνει αποστηθίζοντας τις τριγωνομετρικές ταυτότητες και τους τύπους των οικογενειών των λύσεων μιάς τριγωνομετρικής εξίσωσης, χωρίς να μπορεί να τις συνδέσει, καθώς τις νοιώθει αποκομμένες από τον τρόπο με τον οποίον ορίστηκαν οι τριγωνομετρικοί αριθμοί. Η ασυνέχεια αυτή είναι και πηγή τόσο επιστημολογικών όσο και διδακτικών εμποδίων. Ο τρόπος παρουσίασης της επίλυσης μιας τριγωνομετρικής εξίσωσης στο σχολικό εγχειρίδιο γίνεται με έναν τρόπο φορμαλιστικό. Οι οικογένειες των λύσεων προκύπτουν με συνοπτικές διαδικασίες κάνοντας μία απλή αναφορά στην περιοδικότητα των τριγωνομετρικών συναρτήσεων, εστιάζοντας στο αποτέλεσμα και όχι στη διαδικασία εύρεσης. Το πρόβλημα γίνεται εντονότερο καθώς αμέσως παρακάτω κάνει την εμφάνισή του ο τριγωνομετρικός κύκλος με τη βοήθεια του οποίου «άμεσα» προκύπτει η οικογένεια λύσεων της τριγωνομετρικής εξίσωσης (Σχήμα 1). Απουσιάζει πλήρως η σταδιακή ανάχνευση της επίλυσης, με τη συμβολή των μαθηματικών εννοιών που απαιτούνται και οι μαθητές ήδη γνωρίζουν, μέχρι να λυθούν. Αποτέλεσμα της προσέγγισης αυτής είναι η απομνημόνευση των οικογενειών λύσεων με ολέθριες συνέπειες. Έτσι οι μαθητές, όπως η πολύχρονη διδασκαλία έχει δείξει,

- αδυνατούν να κατανοήσουν την απειρία των λύσεων
- αδυνατούν να συνδέσουν την περιοδικότητα με την απειρία των λύσεων
- αδυνατούν να συνδέσουν το σύνολο τιμών της τριγωνομετρικής συνάρτησης με το πλήθος λύσεων
- αποστηθίζουν τους τύπους λύσεων

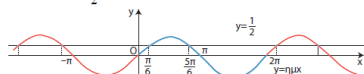
- αδυνατούν να δώσουν νόημα στο σύμβολο $k \in \mathbb{Z}$

Χρειάζεται λοιπόν μία παρέμβαση με στόχο την επούλωση των γνωστικών ασυνεχειών που εμφανίζονται ώστε οι μαθητές να προκληθούν να αντιμετωπίσουν την νέα γνώση.

Σχήμα 1: Η παρουσίαση της επίλυσης της τριγωνομετρικής εξίσωσης στο σχολικό εγχειρίδιο.

Η εξίσωση $\eta\mu x = \alpha$

Έστω ότι θέλουμε να λύσουμε την εξίσωση $\eta\mu x = \frac{1}{2}$. Είναι φανερό ότι ζητάμε να βρούμε τις τετμημένες των σημείων τομής της καμπύλης $y = \eta\mu x$ και της ευθείας $y = \frac{1}{2}$.



Ζητάμε δηλαδή εκείνα τα $x \in \mathbb{R}$, για τα οποία η συνάρτηση $f(x) = \eta\mu x$ παίρνει την τιμή $\frac{1}{2}$. Επειδή η συνάρτηση αυτή είναι περιοδική με περίοδο 2π , για να βρούμε τα ζητούμενα x , που είναι άπειρα σε πλήθος (βλ. σχήμα), αρκεί να βρούμε όσα από αυτά υπάρχουν σε ένα διάστημα πλάτους 2π και σε κάθε ένα να προσθέσουμε το $k \cdot 2\pi$, όπου k ακέραιος.

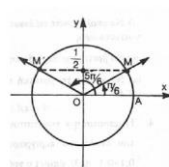
Με τη βοήθεια του τριγωνομετρικού κύκλου βρίσκουμε ότι οι λύσεις της εξίσωσης $\eta\mu x = \frac{1}{2}$ στο διάστημα $[0, 2\pi]$ είναι οι $\frac{\pi}{6}$ και $\pi - \frac{\pi}{6} = \frac{5\pi}{6}$, γιατί

$$\eta\mu \frac{\pi}{6} = \eta\mu \frac{5\pi}{6} = \frac{1}{2}$$

Επομένως το σύνολο των λύσεων της εξίσωσης

$\eta\mu x = \frac{1}{2}$ δίνεται από τους τύπους

$$\begin{cases} x = 2k\pi + \frac{\pi}{6} \\ \text{ή} \\ x = 2k\pi + \frac{5\pi}{6} \end{cases}, \quad k \in \mathbb{Z}$$



Η διδακτική πρόταση

Με τη διδακτική πρόταση επιδιώκεται η προσέγγιση της επίλυσης μιας τριγωνομετρικής εξίσωσης μέσα από μια εφαρμογή. Στους μαθητές δίνεται να συμπληρώσουν ένα φύλλο εργασίας με απαντήσεις σε μία σειρά ερωτήσεων που αφορούν στην κίνηση ενός δελφινιού στη θάλασσα. Συμπληρώνοντας τις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας (διαμεσολαβιτικό εργαλείο) οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα κάνοντας χρήση των προηγούμενων γνώσεων που διαθέτουν, να δομήσουν σταδιακά τη νέα γνώση και να κατασκευάσουν νέα μαθηματικά μοντέλα. Στο επίκεντρο της δραστηριότητας βρίσκεται η τριγωνομετρική συνάρτηση του ημιτόνου καθώς έχει προηγηθεί η διδασκαλία της.

Αρχικά επιχειρείται η μοντελοποίηση της κίνησης του δελφινιού στη θάλασσα με τη βοήθεια μιας τριγωνομετρικής συνάρτησης ημιτόνου. Για το λόγο αυτό στο ξεκίνημα οι μαθητές βλέπουν ένα βίντεο που στόχο έχει να συνδέσει το πρόβλημα με μια πραγματική κατάσταση. Το έργο που θα ανατεθεί στους μαθητές είναι, κάνοντας χρήση του γνωστικού πλαισίου που διαθέτουν, είναι να εργαστούν με τον τύπο της συνάρτησης που περιγράφει την κίνηση του δελφινιού, ώστε να εντοπίσουν χρονικές στιγμές όπου το δελφίνι φτάνει σε κάποιο συγκεκριμένο ύψος.

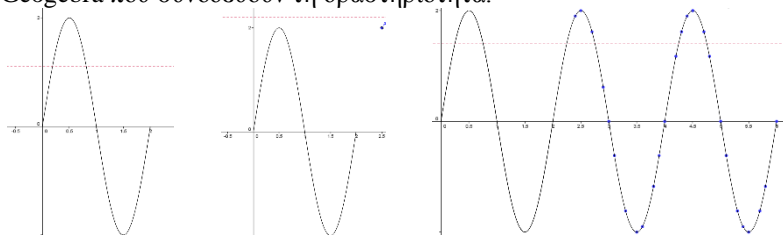
Προκειμένου να γίνει η μετάβαση σε ένα αναπαραστασιακό σύστημα που θα βοηθήσει στην απόκτηση των μαθηματικών ιδεών που σχοχεύει η διδασκαλία, δίνεται ο τύπος της κίνησης του δελφινιού στη μορφή μιας παραμετρικής συνάρτησης. Η επιλογή της παραμετρικής συνάρτησης έγινε ώστε αρχικά να εμπλέξει τους μαθητές σε μια οικεία κατάσταση (μέγιστη τιμή της τριγωνομετρικής συνάρτησης) ώστε στη συνέχεια να ανταποκριθούν σε κάποιο καθήκον που θα τους ανατεθεί. Από το ξεκίνημα της δραστηριότητας οι μαθητές ενθαρρύνονται στο να συλλέγουν και να οργανώνουν

δεδομένα, να επιλέγουν κατάλληλη κριτήρια για την ανάλυση και ερμηνεία τους και τελικά να καταλήγουν σε συμπεράσματα. Για το λόγο αυτό τους ζητείται να σχεδιάσουν τη γραφική παράσταση της συνάρτησης σε διάστημα μιας περιόδου και να καταγράψουν τα διαστήματα μονοτονίας της.

Η κατασκευή και η ανάγκη επίλυσης μιας τριγωνομετρικής εξίσωσης, γίνεται έμμεσα, μέσα από την αναζήτηση σημείων τομής γραφικών παραστάσεων, πλαίσιο οικείο καθώς έχουν επεξεργαστεί τέτοια προβλήματα στο αντίστοιχο κεφάλαιο των συστημάτων. Προσπαθώντας να απαντήσουν στην ερώτηση «Από τη γραφική παράσταση της συνάρτησης όταν $t \in [0,1]$ $t \in [0,1]$ να εντοπίσετε τις χρονικές στιγμές που το ύψος του δελφινιού φτάνει το 1 μέτρο;» κατασκευάζουν την εξίσωση $2\eta\mu(\pi t)=1$, την οποία αρχικά επιλύουν γραφικά.

Με τη βοήθεια της γραφικής παράστασης οι μαθητές μπορούν να αγνωρίσουν πότε μπορούν να προχωρήσουν στην επίλυση της τριγωνομετρικής εξίσωσης και πότε αυτή είναι αδύνατη, πότε δηλαδή υπάρχουν σημεία τομής της ευθείας $y=a$ με την αντίστοιχη γραφική παράσταση. Την πληροφορία αυτή καλούνται να τη συνδέσουν και με το σύνολο τιμών της αντίστοιχης τριγωνομετρικής συνάρτησης.

Σχήμα 2: Γραφικές παραστάσεις που μπορούν δυναμικά να επεξεργαστούν οι μαθητές με αρχεία Geogebra που συνοδεύουν τη δραστηριότητα.



Ακολουθεί η χρήση της περιοδικότητας προκειμένου να εντοπίσουν και άλλες χρονικές στιγμές, που το δελφίνι φτάνει στο ίδιο ύψος. Για το σκοπό αυτό οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν στην ερώτηση «Κάποιος ισχυρίζεται ότι το δελφίνι φτάνει στο 1 μέτρο και κάποιες άλλες χρονικές στιγμές. Συμφωνείτε με αυτή την άποψη; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.». Ανακαλύπτουν έτσι ότι η περιοδικότητα της συνάρτησης είναι ικανή να δώσει και άλλες λύσεις. Χειριζόμενοι δυναμικά τη γραφική παράσταση της συνάρτησης ανακαλύπτουν ότι καθώς αυξάνουν τα διαστήματα πλάτους όσο η περίοδος της συνάρτησης προκύπτουν νέες λύσεις. (Σχήμα 2)

Στο σημείο αυτό οι μαθητές με τη βοήθεια των δυναμικών εικόνων έχουν εξοικειωθεί στην απειρία των λύσεων της τριγωνομετρικής εξίσωσης και έχει ολοκληρωθεί το πρώτο μέρος της δραστηριότητας.

Σειρά έχει η χρήση του τριγωνομετρικού κύκλου. Η αναγκαιότητα χρήσης του προκύπτει από το γεγονός ότι δεν είναι πάντοτε δυνατή η σχεδίαση της γραφικής παράστασης. Οι μαθητές καλούνται να επαληθεύσουν τα συμπεράσματα που έχουν καταλήξει με τη βοήθεια του τριγωνομετρικού κύκλου.

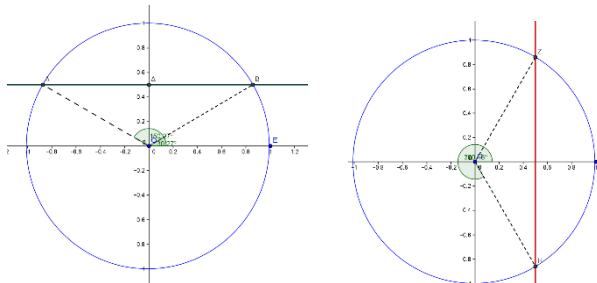
Στο σημείο αυτό, οι μαθητές θα πρέπει να αλλάξουν το πλαίσιο επίλυσης της εξίσωσης, καθώς προκύπτει η ανάγκη αυτή να λυθεί ως προς το « $\eta\mu(\pi t)$ » εξαιτίας της ακτίνας του. Έτσι η ανοικτή ερώτηση «*Προτείνετε τρόπους επίλυσης της εξίσωσης με τη βοήθεια του τριγωνομετρικού κύκλου*» αρχικά οδηγεί τους μαθητές στο μετασχηματισμό της εξίσωσης

$$\text{σύμφωνα με την ισοδυναμία: } 2\eta\mu(\pi t) = 1 \Leftrightarrow \eta\mu(\pi t) = \frac{1}{2}$$

και στη συνέχεια με την βοήθεια του τριγωνομετρικού κύκλου στην εύρεση των δύο λύσεων της στο πρώτο και δεύτερο τεταρτημόριο. Παρέχεται μάλιστα η δυνατότητα αναφοράς και για την αντίστοιχη εξίσωση του συνημιτόνου (Σχήμα 3). Η απειρία των λύσεων εδώ προκύπτει εξαιτίας των περιστροφών περί του τριγωνομετρικού κύκλου. Η παρατήρηση αυτή μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές στην καταγραφή των δύο οικογενειών λύσεων της εξίσωσης. Αρχικά με τη γωνία του πρώτου τεταρτημορίου, μετέπειτα με την βοήθεια της αναγωγής στο πρώτο τεταρτημόριο και τελικά με τις γωνίες που προκύπτουν από περιστροφή.

Λίγο πριν το κλείσιμο οι μαθητές ενθαρρύνονται να τολμήσουν να επεκτείνουν την επίλυση της τριγωνομετρικής εξίσωσης για τις διάφορες τιμές που μπορεί να λάβει το ύψος τους δελφινιού. Για το σκοπό αυτό καλούνται να απαντήσουν στην ερώτηση «*Μπορείτε να δώσετε μια γενική λύση στο πρόβλημα που να εντοπίζει τις χρονικές στιγμές για οποιοδήποτε ύψος μπορεί να φτάσει το δελφίνι;*». Η ερώτηση αυτή βάζει τους μαθητές σε μια διαδικασία ανακάλυψης και διερεύνησης, κάνοντας χρήση των προηγούμενων συγκεκριμένων συμπερασμάτων τους. Θα πρέπει να συνδυάσουν τις απαντήσεις που προέκυψαν από τα προηγούμενα όπως για τη σχέση που έχουν οι δύο πρώτες λύσεις και πως από αυτές οδηγήθηκαν τελικά στην απειρία των λύσεων.

Σχήμα 3: Η επίλυση της τριγωνομετρικής εξίσωσης με τη βοήθεια του τριγωνομετρικού κύκλου.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εφαρμογή της παραπάνω δραστηριότητας σε δύο τμήματα της Β Λυκείου κατέδειξε τα οφέλη που προκύπτουν από την ενεργοποίηση των μαθητών με την συνεχή αλληλεπίδρασή είτε μεταξύ τους είτε με τον εκπαιδευτικό ο οποίος παρείχε τα κίνητρα μάθησης. Οι περισσότεροι μαθητές ανταποκρίθηκαν στο έργο που τους ανατέθηκε,

εξηγώντας επαρκώς τα συμπεράσματά τους. Συγκεκριμένα προσπαθώντας να ανταποκριθούν και να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας

- συλλογίστηκαν σε βάθος
- προσπάθησαν να κάνουν συνδέσεις
- οπτικοποίησαν τις ιδέες τους
- προσπάθησαν να βρουν κατάλληλα παραδείγματα ή αντιπαραδείγματα
- αναστοχάστηκαν επί των ιδεών τους ή των ιδεών των συμμαθητών τους.

Έτσι οι μαθητές ενεπλάκησαν σε μια διερευνητική διαδικασία και έχοντας ως αρωγό το λογισμικό συνεδέσαν τις διαφορετικές αναπαραστάσεις της τριγωνομετρικής εξίσωσης, με αποτέλεσμα την πλήρη κατανόηση επίλυσής της.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ainley, J., Pratt, D. and Hansen, A. (2006). *Connecting engagement and focus in pedagogic task design*. British Educational Research Journal, 32(1), 23-38.

Γαγάτσης, Α., Λοΐζου, Α., Στυλιανού, Μ., Τόφαρου, Σ. (2006). *Διδακτικό Συμβόλαιο και μάθηση Μαθηματικών*. Πρακτικά 9^{ου} Παγκύπριου Συνεδρίου Παιδαγωγικής Εταιρείας Κύπρου, 39-45 και στο

http://www.pek.org.cy/Proceedings_2006/1.%20kefalaio%201%20Themata%20mathim atikis%20Paideias/1.4.%20A.%20Gagatsis%20et%20al..pdf

Dimitracopoulou A, Komis V., Apostolopoulos P. & Politis P. (1999). *Design Principles of a New Modelling Environment Supporting Various Types of Reasoning and Interdisciplinary Approaches*, in S.P. Lajoie and M. Vivet (Eds), *Proceedings of 9th International Conference of Artificial Intelligence in Education: Open Learning Environments- New Computational Technologies to Support Learning, Exploration and Collaboration*, IOS Press/Ohmsha., pp. 109-120 και στο

http://www.academia.edu/2623726/Design_principles_of_a_new_modelling_environment_for_young_students_supporting_various_types_of_reasoning_and_interdisciplinary_approaches

Θωμαΐδης, Γ. (1981). *Αρχή και εξέλιξη της Τριγωνομετρίας*. Μαθηματική Επιθεώρηση (24) 45-73.

Καλδρυμίδου, Μ., Πόταρη, Δ., Σακονίδης, Χ., Τζεκάκη, Μ. (2009). *Η δραστηριότητα και η διαχείρισή της στην τάξη ως παράγοντες συγκρότησης του μαθηματικού νοήματος*. Πρακτικά 3^{ου} Συνεδρίου ΕΝΕΔΙΜ, 343-345.

Κολέζα, Ε. (1997). *Ο ρόλος των δραστηριοτήτων στη διδασκαλία των μαθηματικών*. Πρακτικά 14^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Μαθηματικής Εταιρείας, Μυτιλήνη.

Κολέζα, Ε. (2000). *Γνωσιολογική και Διδακτική προσέγγιση των Στοιχειωδών Μαθηματικών Εννοιών*. Αθήνα, Leader books.

Κλαουδάτος, Ν. (2003). *Σημειώσεις από την παράδοση διαλέξεων στο μάθημα Διδακτική Μαθηματικών Ι*. Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Διδακτικής και Μεθοδολογίας των Μαθηματικών.

- Κυριακίδου, Σ. (2004). *Οι διδακτικές και επικοινωνιακές επιλογές του καθηγητή των Μαθηματικών και πως αυτές επηρεάζουν τη συμπεριφορά των μαθητών του κατά τη Λύση Προβλήματος*. Διπλωματική Εργασία, Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών στο www.math.uoa.gr/me/dipl/dipl_kuriakidou.pdf
- Lampert, M. (1990). *When the problem is not the question and the solution is not the answer: Mathematical knowing and Teaching*. American Educational Journal, 27, 29-63.
- Leont'ev, A.N. (1978). *Activity, Consciousness and Personality*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Leont'ev, A.N. (1981). *The problem of activity in psychology*. Wersch J.V. The concept of activity in Soviet Psychology, Sharpe, Armonk NY, 37-71.
- Lerman, S. (2001). *Accounting for Accounts of Learning Mathematics: Reading the ZPD in Videos and Transcripts*. In Clarke D. Perspectives on Practice and Meaning in Mathematics and Science Classrooms, Kluwer Academic Publishers, Netherlands p.53-74.
- Λιναρδάκης, Π. (1999). *Η διδασκαλία της τριγωνομετρίας στο λύκειο: μια έρευνα υπό το πρίσμα της διδακτικής μηχανικής*. Διδακτορική Διατριβή Πανεπιστημίου Αιγαίου. Σχολή Θετικών Επιστημών. Τμήμα Μαθηματικών.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (1991). *Professional standards for teaching mathematics*. Reston, VA: Author.
- Σακονίδης, Χ. (2007). *Κοινότητες πρακτικής στη μάθηση: Μια αλλαγή προοπτικής για τη μαθηματική εκπαίδευση*. Στο Δραγώνα Θ και Φραγκουδάκη Α «Πρόσθεση όχι αφαίρεση, πολλαπλασιασμός όχι διαίρεση». Μεταίχμιο, Αθήνα. σελ. 289-325

Πρόσημο Τριωνύμου

Δημήτριος Μαντέλλος

Ελληνοαμερικάνικον Εκπαιδευτικόν Ίδρυμα Κολλέγιο Αθηνών
Στεφάνου Δέλτα 15, Τ.Κ 15452
dimitrismantellos@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία είναι ένα ολοκληρωμένο διδακτικό σενάριο για την διδασκαλία του πρόσημου τριωνύμου στην Α' Λυκείου. Η παράδοση της συγκεκριμένης μαθηματικής έννοιας έγινε με ευρεία χρήση των νέων τεχνολογιών. Χρησιμοποιήθηκαν Λογισμικό Δυναμικής Γεωμετρίας όπως το Geogbra, καθώς επίσης προγράμματα όπως το Office και Smartnote για διαδραστικό πίνακα. Έγινε προσπάθεια να αναδειχθούν οι εφαρμογές του τριωνύμου στη φυσική μέσα από προβλήματα της καθημερινότητας. Μέσα από τις δραστηριότητες διαφαίνεται ο ρόλος που μπορεί να διαδραματίσουν οι νέες τεχνολογίες στον τρόπο προσέγγισης και διδασκαλίας των Μαθηματικών, στον τρόπο ανάπτυξης των δεξιοτήτων των μαθητών, στην κατασκευή προβλήματος και στην εισαγωγή τους στην επαγωγική απόδειξη. Η επίδραση της εφαρμογής στη μαθησιακή εμπειρία των μαθητών αξιολογήθηκε σε δυο επίπεδα, στο γνωστικό και στο συναισθηματικό. Μετά το πέρας της διαδικασίας διαπιστώθηκε η διαμόρφωση θετικότερης στάσης απέναντι στο μάθημα, καθώς επίσης και η βελτίωση των μαθηματικών τους επιδόσεων. Αξίζει να σημειωθεί ότι αδύνατοι και μέτριοι μαθητές που μέχρι τότε αδιαφορούσαν ή εκφράζονταν αρνητικά για το μάθημα των Μαθηματικών συμμετείχαν ενεργά και παρουσίασαν αισθητή βελτίωση.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ: διακρίνουσα, πλήθος ριζών, πρόσημο τριωνύμου, εφαρμογές στη Φυσική.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μελέτη του πρόσημου τριωνύμου αποτελεί ένα κομμάτι της ύλης των μαθηματικών που δημιουργεί αρκετές δυσκολίες στους μαθητές. Η σημαντικότερη πηγή αυτών των δυσκολιών, είναι τα διαφορετικά πλαίσια μέσα στα οποία συναντάται η έννοια. Με το συγκεκριμένο σενάριο, επιδιώκεται να κατανοήσουν οι μαθητές ότι πρόσημο του τριωνύμου σημαίνει πρόσημο των τιμών που λαμβάνει το τριώνυμο ανάλογα με τις εκάστοτε τιμές της μεταβλητής. Στόχος είναι να γίνει σαφές ότι το πρόσημο του τριωνύμου δεν ταυτίζεται με το πρόσημο της διακρίνουσας, αλλά εξαρτάται από αυτό. Επίσης, επιδιώκεται οι μαθητές να μπορούν να συνδέσουν τη θέση της γραφικής παράστασης του τριωνύμου με το πρόσημό του και να μπορούν να επιλύσουν επιτυχώς

ανισώσεις δευτέρου βαθμού. Για την υπερπήδηση των παραπάνω δυσκολιών οι ερευνητές συχνά προτείνουν τη χρήση νέων τεχνολογιών (Τουμάσης & Αρβανίτης, 2008). Πέρα από τους διδακτικούς στόχους, όσον αφορά την πλευρά του γνωστικού αντικειμένου που αναφέραμε παραπάνω, επιδιώξαμε οι μαθητές για να κατανοήσουν καλύτερα αυτή την αφηρημένη μαθηματική έννοια, να την οπτικοποιήσουμε και να την επεξεργαστούμε μέσω προβλημάτων και δραστηριοτήτων από την καθημερινή πραγματικότητα με την βοήθεια των νέων τεχνολογιών. Στόχος μας η ενίσχυση της βιωματικής μάθησης. Μέσω αυτών των δραστηριοτήτων θα επιτύχουμε την ενεργή συμμετοχή όλων των μαθητών σε όλη την διαδικασία του μαθήματος, στη δημιουργία και τον έλεγχο των εικασιών, στην ανάπτυξη στρατηγικών επίλυσης προβλήματος καθώς επίσης στην ανάπτυξη διαφόρων τρόπων σκέψης όπως επαγωγική, παραγωγική, αναλυτική και συνθετική. Ένας άλλος βασικός στόχος που θέσαμε, ήταν η διαθεματική προσέγγιση της σχολικής γνώσης, δηλαδή οι μαθητές να ανακαλύψουν τη στενή σχέση που υπάρχει ανάμεσα στην έννοια του τριωνύμου, σε σχέση με άλλες θετικές επιστήμες όπως για παράδειγμα με τη Φυσική. (Οδηγίες του Π.Ι.2007, για τη διδακτέα ύλη των μαθηματικών γενικού Λυκείου). Τέλος, από την πλευρά της τεχνολογίας στόχος μας ήταν οι μαθητές να αποκτήσουν περισσότερη εξοικείωση με τα εκπαιδευτικά λογισμικά όπως το Geogebra, που είναι κατάλληλο για δημιουργία και επεξεργασία δυναμικών σχημάτων. Το σενάριο δομήθηκε σε τρεις διδακτικές ενότητες με διαφορετικούς στόχους.

Στην 1^η διδακτική ενότητα, οι μαθητές επεξεργάζονται δυο προβλήματα που σχετίζονται με την καθημερινότητα. Στο εργαστήριο των ηλεκτρονικών υπολογιστών οι μαθητές πειραματίζονται μεταβάλλοντας τα δεδομένα και παρατηρώντας τα αποτελέσματα. Στη συνέχεια καλούνται να εκφράσουν τα σχετικά συμπεράσματα.

Στην 2^η διδακτική ενότητα, παρουσιάζεται το κεντρικό θέμα. Γίνεται αλγεβρικός προσδιορισμός του πρόσημου τριωνύμου, το οποίο προσεγγίζεται με χρήση διάφορων προκατασκευασμένων αρχείων σε προγράμματα Excel, Geogebra, Smart - note, Power point. (Ψηφιακό σχολείο Αλγεβρα Α΄ Λυκείου § 4. 2 Ανισώσεις Μικροπειράματα).

Στην 3^η διδακτική ενότητα, κωδικοποιούνται τα συμπεράσματα που σχετίζονται με τον προσδιορισμό του πρόσημου τριωνύμου και καταστρώνεται η τυπική μεθοδολογία.

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

Η χρήση εκπαιδευτικών λογισμικών και η ενασχόληση με δραστηριότητες καθιστούν πιο ενεργητικό το ρόλο των μαθητών μέσα στην τάξη και διαφοροποιούν τη διδασκαλία από το παραδοσιακό διδακτικό μοντέλο (Π. Ι., 2007). Επιστημονικές έρευνες για τη χρήση των υπολογιστών στη διδασκαλία και τη μάθηση των μαθηματικών, έδειξαν ότι κάτω από ορισμένες συνθήκες οι μαθητές που χρησιμοποιούν υπολογιστές διαμορφώνουν μια καλύτερη στάση απέναντι στα Μαθηματικά, ενώ αυξάνεται η αυτοπεποίθησή τους για τις μαθηματικές τους ικανότητες. Η διδασκαλία που υποβοηθείται από υπολογιστή είναι πιο αποτελεσματική όσον αφορά στην άνοδο της επίδοσης, ιδιαίτερα των αδύνατων και των μέτριων μαθητών. Επίσης, η διδασκαλία με χρήση Η/Υ συμβάλλει στην ενεργοποίηση και παρακίνηση όλων των μαθητών και ιδιαίτερα αυτών που δείχνουν μια παθητική στάση απέναντι στα Μαθηματικά (Ferrara κ.ά.,2006, McCoy, 1991, Kaput & Thompson, 1994).

Τα χαρακτηριστικά των λογισμικών που χρησιμοποιούνται στον τομέα της εκπαίδευσης όπως το Λογισμικό της Δυναμικής Γεωμετρίας παρέχουν στο μαθητή τη δυνατότητα να κάνει υποθέσεις και να τις ελέγξει εύκολα και γρήγορα. Η διατύπωση υποθέσεων και ο έλεγχος αποτελούν βασικά στοιχεία της διερευνητικής μάθησης. Ο άτυπος αυτός τρόπος απόδειξης, (Bruckheimer και Arcavi 2001), αποκαλείται «εμπειρική απόδειξη». Πολλοί ερευνητές έχουν εκφράσει ανησυχίες σχετικά με το σημείο αυτό, καθώς η απόδειξη αποτελεί ουσιαστικό στοιχείο για τα Μαθηματικά και η διδασκαλία της αποτελεί θεμελιώδη έννοια (Laborde, 2000).

Συγκεκριμένα, έχει εκφραστεί η ανησυχία ότι οι ευκαιρίες που παρέχουν τα ψηφιακά περιβάλλοντα Δυναμικής Γεωμετρίας στους μαθητές να «δουν» τις μαθηματικές ιδιότητες με τόση ευκολία, μπορεί να προκαλέσουν τη μείωση ή και την εξαφάνιση οποιασδήποτε ανάγκης για απόδειξη και κατ' επέκταση της εκμάθησης της διαδικασίας της παραγωγικής απόδειξης (Laborde, 2000, Hadas, Herskowitz & Schwarz, 2000, Bruckheimer & Arcavi, 2001). Πρόσφατες έρευνες τεκμηριώνουν ότι η Δυναμική Γεωμετρία όχι μόνο δεν υποβαθμίζει την απόδειξη, αλλά την καθιστά αναγκαία και προσιτή, προωθώντας συνδέσμους μεταξύ εμπειρικής και παραγωγικής απόδειξης (Bruckheimer & Arcavi, 2001). Συνεπώς, σε ένα περιβάλλον διδασκαλίας με τη χρήση νέων τεχνολογιών με λογισμικό Δυναμικής Γεωμετρίας, οι μαθητές έχουν την ευκαιρία μέσα από κατάλληλα δομημένες δραστηριότητες διαθεματικές και μη, να αντιληφθούν όλες τις λειτουργίες της απόδειξης και να τη χρησιμοποιήσουν για αιτιολόγηση, επεξήγηση, διερεύνηση, ανακάλυψη και συστηματοποίηση προτάσεων σε ένα αξιωματικό σύστημα.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ - ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

Ανάλυση Δραστηριότητας

Το σενάριο υλοποιήθηκε σε μια τάξη της Α΄ Λυκείου με 24 μαθητές. Το ακαδημαϊκό επίπεδο του τμήματος ήταν καλό. Μέσα στο τμήμα υπήρχαν 5 άριστοι μαθητές, κάποιοι άλλοι θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν άνω του μετρίου αλλά υπήρχαν και κάποιοι μαθητές που είχαν μαθησιακές δυσκολίες. Αξιοσημείωτο είναι ότι κάποιοι από αυτούς εξεδήλωναν αρνητική στάση ως προς το μάθημα των Μαθηματικών. Δεν ήταν λίγες οι φορές που ειπώθηκαν εκφράσεις όπως « Δεν πρόκειται να μάθω ποτέ μου Μαθηματικά » ή « Από το Δημοτικό κύριε, δεν ήμουν καλός, τώρα θα γίνω; » ή « Και που διαβάζω την θεωρία δεν καταλαβαίνω πού εφαρμόζονται, δεν έχω εικόνα. Μου φαίνονται Κινέζικα ». Η παράδοση των μαθημάτων έγινε σε 3 διδακτικές ώρες. Δύο ώρες διδασκαλίας έλαβαν χώρα μέσα στο εργαστήριο πληροφορικής του σχολείου, ενώ η τρίτη ώρα διδασκαλίας πραγματοποιήθηκε μέσα στην τάξη. Στην αίθουσα υπολογιστών αντιστοιχούσε ένας υπολογιστής ανά δύο μαθητές. Τον κεντρικό υπολογιστή, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με το διαδραστικό πίνακα και παράλληλα με όλους τους υπόλοιπους υπολογιστές τον χειριζόταν ο διδάσκων. Η εργασία, όπως προαναφέραμε, δομήθηκε σε τρεις διδακτικές ενότητες με διαφορετικούς στόχους. Οι ενότητες και οι δραστηριότητες παρουσιάζονται με τη σειρά διδασκαλίας την οποία έκρινε ο εκπαιδευτικός της συγκεκριμένης τάξης ως την πιο κατάλληλη να ακολουθηθεί για τη σωστή οικοδόμηση των εννοιών. Να αναφέρουμε ότι είναι στην ευχέρεια του κάθε εκπαιδευτικού να αλλάξει τη σειρά των

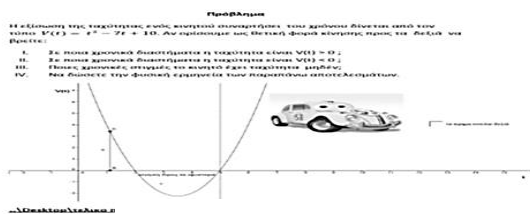
δραστηριοτήτων και να τις διαμορφώσει ανάλογα με τις συγκεκριμένες ανάγκες και το επίπεδο της τάξης του.

Ο ρόλος του εκπαιδευτικού στο προτεινόμενο σχέδιο διδασκαλίας είναι αυτός του συνεργάτη και καθοδηγητή και εμπνευστή, εφόσον δίνεται έμφαση στις ευκαιρίες αυτόνομης μάθησης και ανακάλυψης που παρέχουν οι νέες τεχνολογίες όπως για παράδειγμα το εκπαιδευτικό λογισμικό Geogebra.

Εφαρμογή της δραστηριότητας.

Για την προετοιμασία του μαθήματος ζητείται από τους μαθητές να επαναλάβουν βασικές έννοιες όπως: α) τον τύπο της διακρίνουσας (Δ) του τριωνύμου και τον τύπο εύρεσης ριζών, αν αυτές υπάρχουν β) τη γεωμετρική σημασία των ριζών του τριωνύμου. γ) για τις διάφορες τιμές της διακρίνουσας, το πλήθος των ριζών του τριωνύμου δ) να παραγοντοποιούν ένα τριώνυμο, όταν η διακρίνουσα είναι μεγαλύτερη ή ίση από το μηδέν. Προτρέπουμε τους μαθητές να αφιερώσουν χρόνο στο σπίτι για να εξασκηθούν με το λογισμικό Geogebra, Excel και τον ηλεκτρονικό υπολογιστή, αν και οι περισσότεροι από αυτούς είναι ήδη εξοικειωμένοι με τα συγκεκριμένα προγράμματα. Είναι χωρισμένοι σε ομάδες και κάθονται ανά δυο στο κάθε υπολογιστή. Ο καθένας έχει το ρόλο του. Ένας χειρίζεται τον υπολογιστή και ο άλλος καταγράφει τα αποτελέσματα στο φύλλο εργασίας ή κάνει πρόχειρους υπολογισμούς, όπου χρειάζεται χαρτί και μολύβι. Οι ρόλοι εναλλάσσονται, όποτε αυτοί το θελήσουν ή όποτε κρίνει ο διδάσκων. Το διδακτικό υλικό που χρησιμοποίησε ο διδάσκων στο συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο είναι φύλλα εργασίας εφοδιασμένα με προκατασκευασμένα αρχεία geogebra, excel και powerpoint καθώς επίσης δραστηριότητες με χρήση του διαδικτύου.

Στην 1η διδακτική ενότητα αφιερώνουμε μία διδακτική ώρα. Καλούμε τους μαθητές να ανοίξουν το αρχείο Φύλλο εργασίας 1, με δραστηριότητα που έχει ως θέμα πρόβλημα της καθημερινής πραγματικότητας. Στο φύλλο εργασίας έχουμε επισυνάψει αρχείο g. g. b εικόνα 1. Καλούμε τους μαθητές να ανοίξουν το αρχείο g. g. b να πειραματιστούν με το σημείο A που αντιστοιχεί στην ταχύτητα του οχήματος.



Εικόνα 1

Τίθενται στους μαθητές συγκεκριμένα ερωτήματα που λειτουργούν ως αφόρμηση, όπως ποια μεγέθη λέγονται διανυσματικά και ποια μονόμετρα, πώς αποκαλείται η γραφική παράσταση της δοσμένης συνάρτησης, τι μέγεθος είναι η ταχύτητα, ποια είναι η φυσική

ερμηνεία του πρόσημου της ταχύτητας. Καλούμε τους μαθητές να μετακινήσουν το δρομέα και να παρατηρήσουν πώς μεταβάλλεται η ταχύτητα ανάλογα με το χρόνο. Σε πρώτη φάση οι μαθητές παρατηρούν ότι το μέτρο της ταχύτητας για $t = 0$ ήταν $U = 80\text{Km} / \text{h}$ δηλαδή ότι το κινητό βρίσκεται σε κίνηση και όχι σε ηρεμία. Για $0 < t < 2$ και $t > 5$ η ταχύτητα είναι θετική και για $2 < t < 5$ η ταχύτητα είναι αρνητική. Γίνεται συζήτηση για τα διανυσματικά μεγέθη και τη φυσική ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Αρχικά υπήρξαν αρκετοί μαθητές που δεν μπορούσαν να κατανοήσουν τι δηλώνει το αρνητικό πρόσημο ταχύτητας (κίνηση προς αντίθετη κατεύθυνση). Μετά από τη διατύπωση υποθέσεων με πειραματισμό, παρατήρηση και έλεγχο, βασικά στοιχεία της διερευνητικής μάθησης, βοηθούν να γίνει σε πρώτη φάση αντιληπτή η έννοια του πρόσημου τριωνύμου.

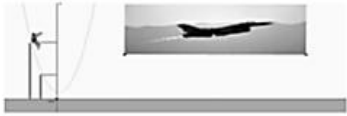
Αμέσως μετά μοιράζουμε στους μαθητές φύλλο εργασίας 2 το οποίο περιέχει ένα πιο σύνθετο μαθηματικό πρόβλημα με θέμα που είναι και αυτό από την καθημερινή πραγματικότητα (βιωματική μάθηση). Η πορεία ενός ακροβατικού αεροπλάνου, περιγράφεται από τη μαθηματική εξίσωση που απεικονίζεται με δυναμικό σχήμα που έχουμε δημιουργήσει με το πρόγραμμα geogebra. Καλούμε τους μαθητές να πειραματιστούν με το δυναμικό σχήμα. « Για ποιες τιμές του λ το αεροπλάνο εκτελεί το ακροβατικό του; » « Για ποιες τιμές του λ το αεροπλάνο συγκρούεται στην θάλασσα; » « Δώστε την τιμή $\lambda = 1$ και βρείτε τις ρίζες του τριωνύμου ». « Ποια είναι η γεωμετρική ερμηνεία των ριζών; »


ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 2

Πρόβλημα

Η πορεία ενός ακροβατικού αεροπλάνου δίνεται από το τριώνυμο $F(x) = (\lambda + 2)x^2 - 2\lambda x + 3\lambda$. Για κάθε τιμή του x η τιμή του τριωνύμου δείχνει την απόσταση του αεροπλάνου από την επιφάνεια της θάλασσας.

Ανοίξτε το αρχείο geogebra. Μετακινήστε τον δρομέα λ .





B

A) Για ποιες θέσεις του δρομέα (λ) το αεροπλάνο ολοκληρώνει το ακροβατικό του ;
Απάντηση:

B) Για ποιες θέσεις του δρομέα (λ) το αεροπλάνο ακουμπά στη θάλασσα;
Απάντηση:

Γ) Ποτε το αεροπλάνο συντριβεται στη θάλασσα;
Απάντηση:

Βασικός στόχος με τις παραπάνω δραστηριότητες είναι να διαπιστώσουμε αν μπορούν οι μαθητές να ερμηνεύουν το γράφημα μιας συνάρτησης, η οποία είναι μοντέλο μιας πραγματικής κατάστασης. Γίνεται διάλογος και μέσα από τις ερωτήσεις -εικασίες που θέτει ο διδάσκων στους μαθητές βασικός στόχος είναι να γίνει ανταλλαγή απόψεων για

να δημιουργηθεί ένα γόνιμο και ευχάριστο περιβάλλον μάθησης, μέσα στο οποίο καλούνται οι μαθητές να απαντήσουν στα ερωτήματα του φύλλου εργασίας.

Στην 2^η διδακτική ενότητα αφιερώνουμε τη δεύτερη διδακτική ώρα. Γίνεται αλγεβρικός προσδιορισμός του προσήμου τριωνύμου με χρήση λογισμικού. Δίδεται φύλλο εργασίας (Εικόνα. 2) με στόχο την ανάκληση βασικών γνώσεων « Διακρίνουσα, πρόσημο διακρίνουσας, πλήθος ριζών ».

ΤΟ ΠΡΟΣΗΜΟ ΤΙΜΩΝ ΤΟΥ ΤΡΙΩΝΥΜΟΥ $f(x) = ax^2 + bx + \gamma$ με $a \neq 0$

Ο τύπος της διακρίνουσας $\Delta = \dots\dots\dots$ από το πρόσημο της οποίας εξαρτάται το πλήθος των
 $\dots\dots\dots$ του τριωνύμου.

Ο τύπος που μας δίνει τις ρίζες της εξίσωσης $f(x) = 0$ είναι $x_1 = \dots\dots\dots$ και $x_2 = \dots\dots\dots$

Πρόσημο διακρίνουσας	Πλήθος ριζών της εξίσωσης $f(x) = 0$
$\Delta > 0$	
$\Delta = 0$	
$\Delta < 0$	

Αν $\Delta > 0$ το τριώνυμο $f(x) = ax^2 + bx + \gamma$ με $a \neq 0$ γράφεται ως γινόμενο παραγόντων $\dots\dots\dots$

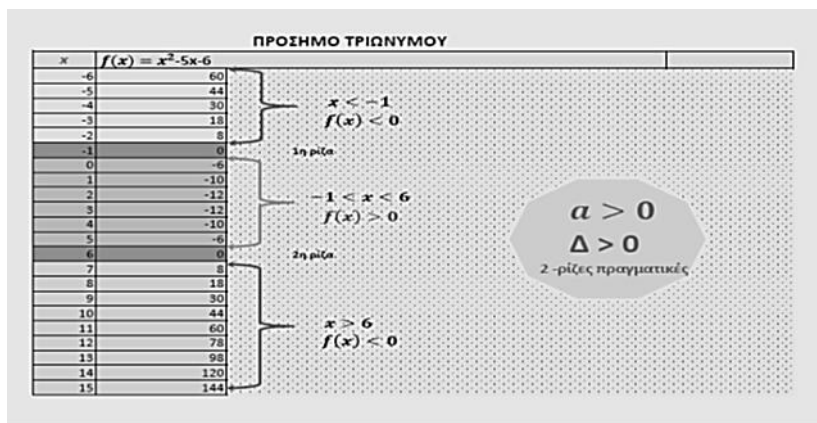
Αν $\Delta = 0$ το τριώνυμο $f(x) = ax^2 + bx + \gamma$ με $a \neq 0$ γράφεται στην μορφή $\dots\dots\dots$

Αν $\Delta < 0$ το τριώνυμο $f(x) = ax^2 + bx + \gamma$ με $a \neq 0$ γράφεται στην μορφή $\dots\dots\dots$

Εικόνα 2

Στο πρόσημο τριωνύμου χρησιμοποιούνται άμεσα οι παραπάνω μαθηματικές έννοιες, ύλη που οι μαθητές έχουν διδαχθεί σε προηγούμενη παράγραφο. Ως επιπρόσθετος στόχος πέρα από την ανάκληση των παραπάνω γνώσεων επιτυγχάνεται η καλλιέργεια γόνιμου εδάφους για την εμπέδωση των χαρακτηριστικών της παραβολής που θα συναντήσουν οι μαθητές σε επόμενες παραγράφους. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι η μονοτονία και τα ακρότατα συνάρτησης. Το συγκεκριμένο φύλλο εργασίας είναι εφοδιασμένο με υπερσυνδέσεις που αντιστοιχούν σε αρχεία excel, geogebra, smartnotes, ppt. Καλούμε τους μαθητές να ανοίξουν το αρχείο xl.1(Εικόνα.3).

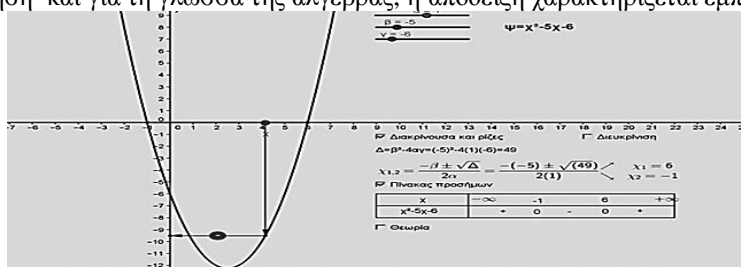
Οι μαθητές παρατηρούν ότι για συγκεκριμένες τιμές του x οι τιμές της συνάρτησης f (x) είναι θετικές, δυο τιμές του x μας δίνουν τιμή f (x) = 0 και για τις υπόλοιπες τιμές, η τιμή της συνάρτησης είναι αρνητική f (x) < 0.



Εικόνα 3

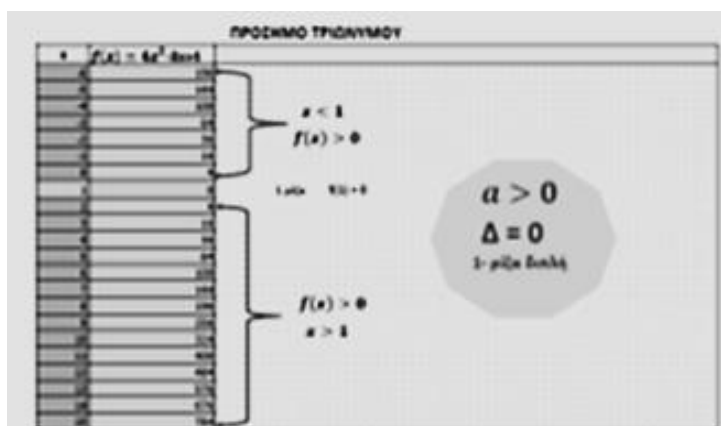
Και σε αυτή την περίπτωση οι μαθητές καταλαβαίνουν εμπειρικά την έννοια του προσήμου του τριωνύμου. Κάποιοι μαθητές διερωτώνται αν τα παραπάνω αποτελέσματα ισχύουν για όλους τους αριθμούς π.χ. για άρρητους εφόσον στο παράδειγμα του κ1.1 χρησιμοποιήσαμε μόνο ακέραιους αριθμούς. Προτρέπουμε τους μαθητές να πειραματιστούν και να δώσουν δικές τους τιμές στον πίνακα του κ1.1 ώστε να πάρουν την απάντηση στο ερώτημα που έθεσαν.

Μετά από αυτή τη διαδικασία τους καλούμε να ανοίξουν ένα αρχείο geogebra (Εικόνα 4) για να δουν τα αποτελέσματα αυτά και γραφικώς μέσα από το δυναμικό σχήμα που έχουμε προκατασκευάσει. Πειραματίζονται μετακινώντας τον κέρσορα. Ανάλογα με το πρόσημο του f(x) αλλάζει το χρώμα στις τιμές του x και επαληθεύουν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το κ1. Σε όλα τα αρχεία ggb που έχουμε προκατασκευάσει, οι δρομείς είναι ενεργοί και μπορούν οι μαθητές να αλλάζουν κάθε φορά τιμές και να παίρνουν νέες συναρτήσεις με αντίστοιχα γραφήματα. Στο σημείο αυτό είναι χρήσιμο ο διδάσκων να υπογραμμίσει στους μαθητές ότι αυτή η απόδειξη στηρίζεται μόνο σε μετρήσεις και στην παρατήρηση και για τη γλώσσα της άλγεβρας, η απόδειξη χαρακτηρίζεται εμπειρική.

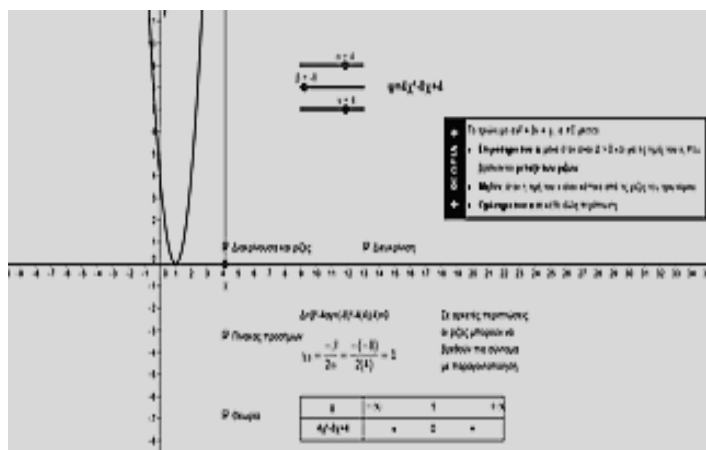


Εικόνα 4

Γι' αυτό το λόγο ακολουθεί αυστηρή αλγεβρική απόδειξη και τεκμηρίωση της νέας μαθηματικής πρότασης, κατηγοριοποιώντας τη νέα γνώση σε μικρούς συνοπτικούς πίνακες. Σε περίπτωση που οι μαθητές δυσκολευτούν στην απόδειξη, τους απευθύνουμε οδηγίες ή υποδείξεις, ερωτήσεις ή παροτρύνσεις για να τους βοηθήσουμε. Η βοήθεια δίνεται βαθμιαία από τις γενικές ερωτήσεις και προχωράμε ανάλογα με την πρόοδο των μαθητών στις πιο ειδικές. Ομοίως εργαζόμαστε και για τις άλλες περιπτώσεις όπως $a > 0$, $\Delta = 0$, $a > 0$ και $\Delta < 0$. Παρακάτω δίνονται εικόνες 5 - 6 ,αποσπάσματα από τα δυναμικά σχήματα από αρχεία Excel και γραφική παράσταση με το πρόγραμμα Geogebra.



Εικόνα 5



Εικόνα 6

Γίνεται χρήση του διαδραστικού πίνακα καθ' όλη τη διάρκεια του μαθήματος και οι σωστές απαντήσεις συμπληρώνονται με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος smart note πάνω, ώστε οι μαθητές να έχουν τα σωστά αποτελέσματα και να επαληθεύουν τις λύσεις τους (Εικόνα 7). Σε περίπτωση που δεν υπάρχει διαδραστικός πίνακας δίνουμε το φύλλο εργασίας συμπληρωμένο σε φωτοτυπία στο τέλος της διαδικασίας.

Να συνοψίσετε τα παραπάνω αποτελέσματα στον παρακάτω πίνακα.

x	$-\infty$	x_0	x_1	$+\infty$
$ax^2 + bx + \gamma$ $a > 0$	ομόσημο του a (+)	ετερόσημο του a (-)	ομόσημο του a (+)	

Δίνεται το τριώνυμο $f(x) = 4x^2 - 8x + 4$ με $a = 4$ $b = -8$ $\gamma = 4$ $\Delta = 0$
 $x_{1,2} = \frac{-b \pm 0}{2a}$. Εφόσον $\Delta = 0$, το τριώνυμο $f(x) = 4x^2 - 8x + 4$ γράφεται στην μορφή $(x - 2)^2$

Ανοίξτε το αρχείο .af στο φύλλο $\Delta = 0, a > 0$. Αντίγραφο του γραπτού_σημειου-1.af

Για $x > 2$, $f(x) > 0$ και για $x < 0$ $f(x) > 0$ για $x = -2$, $f(x) = 0$...

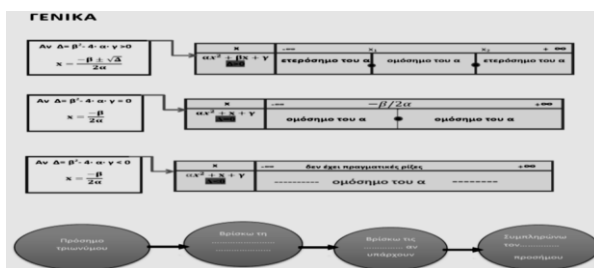
Ανοίξτε το αρχείο g.g.b. Επαληθεύστε τα παραπάνω αποτελέσματα.

Εικόνα 7

Η ίδια διαδικασία συνεχίζεται για τις περιπτώσεις με $a < 0$ και $\Delta > 0$ ή $a < 0 \Delta = 0$ ή $a < 0 \Delta < 0$ τις όπου οι μαθητές καταλαβαίνουν ότι είναι πανομοιότυπη και παρατηρούν ότι τα αποτελέσματα είναι ακριβώς τα αντίθετα σε σχέση με την περίπτωση όπου $a > 0$.

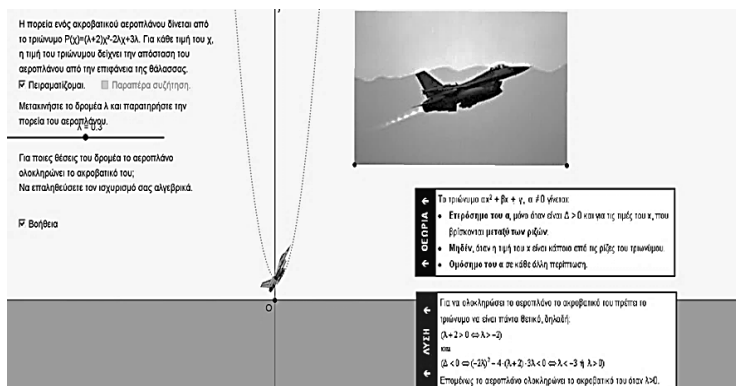
Να τονίσουμε ότι όλα τα αρχεία είναι επεξεργάσιμα και πρέπει να είναι διαθέσιμα στους μαθητές, ώστε να μπορούν να τα μελετήσουν και να τα επεξεργαστούν περαιτέρω στο σπίτι. Επίσης, ο κάθε εκπαιδευτικός μπορεί να τα επεξεργαστεί και να τα χρησιμοποιήσει σύμφωνα με τις ανάγκες της τάξης του.

Η διαδικασία ολοκληρώνεται με τη διάθεση ενός αρχείου pdf με ονομασία (GENIKA), όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα που έχει στόχο να ανακεφαλαιώσουμε τη νέα ύλη και να βοηθήσει στο μέγιστο βαθμό την εμπέδωση και την απόκτηση της νέας γνώσης.



Στην τελευταία φάση της διδασκαλίας καλούμε τους μαθητές να επανέλθουν στο φύλλο

εργασίας 2 και αυτή τη φορά να επιλύσουν το αρχικό πρόβλημα με αλγεβρική μέθοδο. Κατά την επίλυση της άσκησης δίνουμε προσοχή στη γενίκευση και τη δυναμική όψη των μεταβλητών. Θέλουμε να διαπιστώσουμε αν μπορούν οι μαθητές να λύνουν προβλήματα κατανοώντας εκφράσεις που εμπλέκονται σε μια πραγματική κατάσταση. Επίσης, επιδιώκουμε να εξετάσουμε αν μπορούν να γενικεύσουν μια κατάσταση, χρησιμοποιώντας αλγεβρικό συμβολισμό. Στη συγκεκριμένη άσκηση, οι μαθητές με τις γνώσεις που έχουν αποκομίσει, έχουν τη δυνατότητα να επιλύσουν την άσκηση με αλγεβρικό τρόπο. Διαπιστώθηκε ότι αρκετοί ήταν αυτοί που δυσκολεύτηκαν με την παραμετρική μορφή του συντελεστή α του μεγιστοβάθμιου όρου. Θεώρησαν βλέποντας το σχήμα ότι για να ολοκληρωθεί το αεροπλάνο το ακροβατικό του θα πρέπει να μην έρθει σε επαφή με τη θάλασσα, δηλαδή στη γλώσσα των μαθηματικών να μην έχει ρίζες το τριώνυμο ή αλλιώς να μην τέμνει η γραφική παράσταση της συνάρτησης τον άξονα $x'x$. Γι' αυτό το λόγο οι περισσότεροι μαθητές απάντησαν ότι η Διακρίνουσα πρέπει να είναι $\Delta < 0$. Λίγοι ήταν όμως οι μαθητές που συμπλήρωσαν ότι θα πρέπει να πάρουμε έναν επιπλέον περιορισμό, δηλαδή ότι ο συντελεστής του δευτεροβάθμιου όρου του τριωνύμου να είναι μεγαλύτερος του μηδενός ($\alpha > 0$). Ασφαλώς οδηγήθηκαν σε λανθασμένα αποτελέσματα, εφόσον δεν έκαναν συναλήθευση των ανισώσεων. Αξιοσημείωτο είναι πως ακόμα και οι αδύνατοι μαθητές παρατήρησαν ότι τα αποτελέσματα που βρήκαν δεν συμφωνούν με τα αποτελέσματα που προέκυπταν από το δυναμικό σχήμα. Στο αρχείο g.g.b, όπως φαίνεται παρακάτω (Εικόνα 8) υπάρχει κρυφό παράθυρο, όπου δίνεται η θεωρία και η λύση της άσκησης για βοήθεια και επαλήθευση των αποτελεσμάτων. Αποκαλύπτεται αν κάνουμε κλικ με το ποντίκι και μετακινήσουμε αριστερά. Με τον ίδιο τρόπο αποκαλύπτεται και η συνοπτική θεωρία.



Εικόνα 8

Συνοψίζοντας, να αναφέρουμε ότι ως στόχο με τις παραπάνω δραστηριότητες είχαμε οι μαθητές να αποκτήσουν: α) περισσότερη εξοικείωση με εκπαιδευτικά λογισμικά, όπως το Geogebra που είναι κατάλληλο για δημιουργία και επεξεργασία δυναμικών σχημάτων β) να εξασκηθούν στην οργάνωση των δεδομένων τους από τη διερεύνηση, ώστε να

διευκολυνθούν στην εξαγωγή συμπερασμάτων γ) να μάθουν να συνεργάζονται με τα άλλα μέλη της ομάδας, να συζητούν τις παρατηρήσεις τους και να οργανώνουν τα συμπεράσματά τους δ) να διατυπώσουν κανόνες, να καταχωρούν τα δεδομένα τους ε) να μάθουν να επικοινωνούν με τα άλλα μέλη της ομάδας καθώς επίσης και με τον εκπαιδευτικό.

Για την 3η διδακτική ενότητα, αφιερώνουμε την τρίτη διδακτική ώρα για μεθοδολογία και επίλυση ασκήσεων. Δίνονται υποδειγματικά λυμένα παραδείγματα – ασκήσεις. Ως βασικό στόχο εδώ έχουμε την επιβεβαίωση - οικοδόμηση της νέας γνώσης. Γίνεται αξιολόγηση για να ελέγξουμε το βαθμό εμπέδωσης της νέας γνώσης, με εργασία που ανατίθεται στους μαθητές στο σπίτι, με επίλυση ασκήσεων βασισμένες πάνω στη μεθοδολογία που τους έχουμε δώσει καθώς επίσης και με εκπαιδευτικές δραστηριότητες στο διαδίκτυο (Εικόνα 9).

Ερωτήσεις Συμπλήρωσης Κενού

1. Το τριώνυμο $f(x) = ax^2 + bx + c$, $a \neq 0$ είναι επερόσμο του α , όταν Δ 0 και το x βρίσκεται μεταξύ των . Σε κάθε άλλη περίπτωση το τριώνυμο είναι του α .

2. Αν στο τριώνυμο $f(x) = ax^2 + bx + c$ είναι $\Delta < 0$ και $a < 0$, τότε $f(x)$ 0 για $x \in \mathbb{R}$.

3. Αν $f(x) = 3x^2 + 2x + 5$, τότε $f(x) > 0$ για κάθε $x \in \mathbb{R}$, τότε Δ 0 και a 0.

4. Έστω $f(x) = ax^2 + bx + c$, $a \neq 0$. Αν υπάρχουν $\kappa, \lambda \in \mathbb{R}$ ώστε $f(\kappa)\lambda < 0$, τότε η διακρίνουσα Δ 0.

Επιλέξτε την σωστή απάντηση

ια το τριώνυμο $f(x) = -x^2 + 6x - 9$ ισχύει ότι:

$f(x) > 0$ για κάθε $x \in \mathbb{R}$

$f(x) < 0$ για κάθε $x \in \mathbb{R}$

$f(x) \leq 0$ για κάθε $x \in \mathbb{R}$

$f(x) \neq 0$ για κάθε $x \in \mathbb{R}$

Εικόνα 9

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αξιολόγηση των μαθητών

Ο καθηγητής θα αξιολογήσει τους μαθητές για την ενεργή συμμετοχή τους κατά τη διαδικασία του μαθήματος, για τη διατύπωση συλλογισμών και την επιχειρηματολογία, καθώς επίσης και για την κατάλληλη επιλογή και χρήση μαθηματικών εργαλείων που αναπτύσσουν σε όλη τη διαδικασία του μαθήματος. Εφόσον ολοκληρώσουμε τη διαδικασία παράδοσης της νέας ύλης, θα ακολουθήσει προφορική εξέταση, διόρθωση και επίλυση των ασκήσεων. Με την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας θα ακολουθήσει γραπτή δοκιμασία για να μπορέσουμε να αξιολογήσουμε με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια το βαθμό εμπέδωσης της νεοαποκτηθείσας γνώσης.

Παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων

Οι απαντήσεις σε ερωτήσεις τύπου Σωστό –Λάθος είχαν απαντηθεί σωστά σχεδόν από όλους τους μαθητές και αξιοσημείωτο είναι ότι σε πολλές απαντήσεις υπήρχε δίπλα στις

ερωτήσεις σχήμα και δοκιμές με πράξεις, απόδειξη ότι οι απαντήσεις δεν δόθηκαν στην τύχη. Αδύνατοι μαθητές, όσον αφορά το ακαδημαϊκό τους επίπεδο, ασχολήθηκαν με όλες τις ασκήσεις κάνοντας σωστά τα πινακάκια για το πρόσημο του τριωνύμου. Βέβαια αρκετοί από αυτούς έκαναν αλγεβρικά λάθη στις πράξεις όπως τη Διακρινούσα ή λάθος στην αντικατάσταση των μεταβλητών του τύπου των λύσεων με τους αριθμούς.

Στους μαθητές έγινε αξιολόγηση πέρα από το γνωστικό επίπεδο και στο συναισθηματικό επίπεδο. Για το συναισθηματικό επίπεδο δόθηκε ανώνυμο ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις ανοικτού και κλειστού τύπου που έλεγχε τη στάση των μαθητών απέναντι στα μαθηματικά μετά την εφαρμογή. Στο ερώτημα, αν βρήκαν εποικοδομητικό το μάθημα με τη χρήση των νέων τεχνολογιών σε σχέση με το παραδοσιακό μάθημα στον πίνακα, υπήρξε ομόφωνη θετική απάντηση « ναι ». Πιο πολύ τους άρεσε η διαδικασία του μαθήματος μέσα στο εργαστήριο των υπολογιστών όπου πρωταγωνιστές σε όλη την διάρκεια του μαθήματος ήταν οι ίδιοι οι μαθητές.

Επίσης, τους εντυπωσίασε η συνεργασία μεταξύ τους ως ομάδα την ώρα του μαθήματος, καθώς επίσης και ο πειραματισμός με τα δυναμικά σχήματα και η συνεργατική σχέση που αναπτύχθηκε μεταξύ αυτών και του καθηγητή. Στο ερώτημα αν θα θέλανε όλα τα υπόλοιπα μαθήματα της Άλγεβρας να γίνονται στο εργαστήριο των υπολογιστών, οι περισσότεροι μαθητές απάντησαν «ναι», αλλά και κάποιοι διαπίστωσαν ότι απαιτείται περισσότερος χρόνος για την παράδοση της κάθε καινούργιας ενότητας σε σχέση με την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας που κύριος πρωταγωνιστής είναι ο καθηγητής. Επίσης, σε κάποιους πολύ καλούς μαθητές αφενός τους άρεσε το μάθημα, αφετέρου αναρωτήθηκαν αν εξακολουθήσουμε να κάνουμε όλα τα υπόλοιπα μαθήματα στο εργαστήριο των υπολογιστών. Παράλληλα εξέφρασαν τον προβληματισμό αν θα φτάσει ο χρόνος να τελειώσουμε την ύλη και να κάνουμε επαναληπτικές ασκήσεις για την προετοιμασία των εξετάσεων. Όλοι συμφώνησαν ότι όσες φορές πραγματοποιήθηκε μάθημα στο εργαστήριο το διάβασμα στο σπίτι ήτανε λιγότερο.

Μετά από καιρό οι συγκεκριμένοι μαθητές ήταν αυτοί που διαπίστωσαν, ότι για τη συγκεκριμένη παράγραφο χρειάστηκαν λιγότερο χρόνο για επανάληψη.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο εκπαιδευτικός γίνεται ένας αναστοχαστικός σχεδιαστής των μαθησιακών εμπειριών ενώ τα διδακτικά σχέδια μαθημάτων της τάξης μετατρέπονται σε κοινόχρηστα σχέδια για μάθηση. Η διδακτική με τη χρήση των νέων τεχνολογιών συντελεί στην ανάπτυξη ολόκληρου του φάσματος των Γνωστικών Διαδικασιών και αποσκοπεί στην προώθηση ανώτερων δεξιοτήτων κριτικής σκέψης και εμπέδωσης της μάθησης. (Mary Kalantzis & Bill Cope 2014). Παράλληλα με αυτή την παρέμβαση, επιδιώξαμε επίσης και σε συναισθηματικό επίπεδο να κάνουμε πιο ενεργό το ρόλο των μαθητών στην τάξη μέσω της συμμετοχής τους. Είχαμε στόχο να προκαλέσουμε το ενδιαφέρον των μαθητών με δραστηριότητες χρησιμοποιώντας τις νέες τεχνολογίες που θα τους εντυπωσιάσουν. Επιπλέον, αποσκοπούσαμε στο να βοηθήσουμε μαθητές που έχουν αποστασιοποιηθεί από το μάθημα των Μαθηματικών, λόγω κάποιων άσχημων εμπειριών όπως απογοήτευση λόγω αδυναμίας κατανόησης βασικών μαθηματικών εννοιών από προηγούμενες τάξεις του

Γυμνασίου ακόμα και του Δημοτικού, με αποτέλεσμα την αποστροφή προς το μάθημα. Με αυτό τον τρόπο προσπαθούμε να καταφέρουμε να απομυθοποιήσουν το μάθημα των Μαθηματικών ως δύσκολο και δυσνόητο και να τους ενθαρρύνουμε να ασχοληθούν ξανά χωρίς το φόβο της αποτυχίας.

Η επίδραση της εφαρμογής στη μαθησιακή εμπειρία των μαθητών αξιολογήθηκε και έδειξε αξιόλογα στοιχεία με την προηγούμενη εικόνα των μαθητών στα Μαθηματικά. Συγκεκριμένα επιτεύχθηκε αύξηση της συμμετοχής των μαθητών στο μάθημα, διαμόρφωση θετικότερης στάσης και βελτίωση των μαθηματικών επιδόσεων. Μέσα από το διαγώνισμα πήραμε την ενθαρρυντική εικόνα με το αισιόδοξο μήνυμα ότι σημαντικότερη βελτίωση παρουσίασαν οι αδύνατοι και οι μέτριοι μαθητές. Αξιοσημείωτο είναι ότι αδύναμοι μαθητές οι οποίοι παρέδιδαν σχεδόν λευκή κόλλα, ασχολήθηκαν με όλα τα θέματα του διαγωνίσματος αποτυπώνοντας τη μαθηματική τους σκέψη με συνοχή, περισσότερο δομημένη από κάθε άλλη φορά. Σε αυτό συνέβαλε ουσιαστικά και η εργασία όλων των μαθητών σε ομάδες. Οι μαθησιακά αδύνατοι μαθητές ευνοήθηκαν, επειδή δέχονταν τη βοήθεια των άλλων και οι καλοί επειδή, προσπαθώντας να βοηθήσουν τους άλλους, εμπέδωναν καλύτερα τη νέα γνώση. Τα παιδιά εργαζόμενα σε ομάδες αποκτούν το πολύτιμο βίωμα ότι η συμβολή όλων των μελών της ομάδας είναι αναγκαία για τη λύση των προβλημάτων που προκύπτουν σε όλα τα στάδια της εργασίας. (Κυνηγός & Φράγκου, 2000). Επίσης, με την ομαδοσυνεργατική μέθοδο ενισχύθηκαν οι δεσμοί των μελών της ομάδας και συναναστράφηκαν και με συμμαθητές που ίσως δεν ανήκουν στο στενό πλαίσιο της παρέας τους.

Περισσότερο ενδιαφέρον έχει ότι με τη δημιουργία αυτού του εκπαιδευτικού σεναρίου κατορθώσαμε να εμπλέξουμε σε δραστηριότητες μαθητές που μέχρι πρότινος εκφράζονταν σαφώς αρνητικά και δε συμμετείχαν καθόλου στο μάθημα. Τέλος, τα ίδια τα παιδιά, δήλωσαν ότι έπαψαν να αισθάνονται ως απλοί ακροατές, παθητικοί δέκτες και ενισχύθηκε η αυτοπεποίθησή τους.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- «Διαδραστικά βιβλία μαθητή εμπλουτισμένα html». *Ψηφιακό σχολείο*. Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων. Διαδίκτυο. 18 Οκτ. 2014. <<http://ebooks.edu.gr/new/classcoursesdiadrastika.php?classcode=DSGL>>.
- Kalantzis, Mary, και Bill Cope. «Η παιδαγωγική». *Νέα Μάθηση*. Νέα Μάθηση. Διαδίκτυο. 18 Οκτ. 2014. <<http://neamathisi.com/learning-by-design/pedagogy>>.
- Κορρές, Ε. (2010). *Θέματα διδακτικής μεθοδολογίας*. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.
- Κυνηγός, Χ., και Σ. Φράγκου. (2000). Πτυχές της παιδαγωγικής αξιοποίησης της Τεχνολογίας Ελέγχου στην σχολική τάξη. *2ο Συνέδριο ΕΤΠΕ, Πάτρα*. Αθήνα: ΕΤΠΕ.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. (2007). *Οδηγίες για την διδασκεία ύλη των μαθηματικών Α' Λυκείου*. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Τουμάσης, Μπάμπης. (2003). *Διδασκαλία μαθηματικών με χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών*. Αθήνα: Σαββάλας.

- Arcavi, A., and N. Hadas. (2000). Computer mediated learning: an example of an approach. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 5: 25-45.
- Bruckheimer, M., and A. Arcavi. (2001). A herrick among mathematicians or dynamic geometry asan aid to proof. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6: 113-126.
- Ferrara, F., D. Pratt, and O. Robutti. (2006). The role and uses of technologies for the teaching of Algebra and Calculus. In A. Gutierrez, and P. Boero, eds. *Hand-book of Research on the Psychology of Mathematics Education: Past, Present and Future* Rotterdam: Sense Publishers: 237-273.
- Hadas, N., R. Hershkowitz, and B. B. Schwarz. (2000). The role of contradiction and uncertainty ipromoting the need to prove in dynamic geometry environments. *Educational Studies in Mathematics*, 44: 127-150.
- Laborde, C. (2000). Dynamic geometry environments as a source of rich learning contexts for the complex activity of proving. *Educational Studies in Mathematics*, 44: 151-161.

Η λειτουργία Εργαστηρίου Μαθηματικών σε επίπεδο σχολικής μονάδας: πλαίσιο λειτουργίας και αρχικά αποτελέσματα

Ειρήνη Περυσινάκη¹, Ανδρέας Βαρβεράκης², Δημήτριος Καλυκάκης³ και Αλέξανδρος Συγκελάκης⁴

iriniper@sch.gr, varverak@gmail.com, kalikakis1@sch.gr,
asygelakis@gmail.com

Πρότυπο Πειραματικό Γενικό Λύκειο Ηρακλείου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σύγχρονες τάσεις της διδακτικής των Μαθηματικών που προβάλλουν τα Μαθηματικά ως αντικείμενο πειραματισμού, όπου οι έννοιες συνδιαμορφώνονται μέσα από τον διάλογο, αποτέλεσαν το έρισμα για τη δημιουργία Εργαστηρίου Μαθηματικών στον χώρο της σχολικής μονάδας. Το παρόν άρθρο εστιάζει στα διδακτικά στοιχεία που συνθέτουν τις δραστηριότητες που πραγματοποιούνται στο Εργαστήριο Μαθηματικών του Πρότυπου Πειραματικού Γενικού Λυκείου Ηρακλείου (όπως κατασκευές, διερεύνηση προβλημάτων, μοντελοποίηση καταστάσεων) καθώς και στις έκδηλες θετικές μεταβολές στη στάση των μαθητών απέναντι στα Μαθηματικά και τη μάθηση, μέσα από ορισμένες επιλεγμένες εκπαιδευτικές δραστηριότητες.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Δημιουργικότητα, πειραματισμός, διδακτική Μαθηματικών, σύνδεση Μαθηματικών με Επιστήμες και Τέχνη, άτυπη Μαθηματική Παιδεία*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Εργαστήριο Μαθηματικών που λειτουργεί στο Πρότυπο Πειραματικό Γενικό Λύκειο Ηρακλείου δεν είναι απλώς μια ειδικά εξοπλισμένη αίθουσα για τη διδασκαλία των Μαθηματικών. Ο χαρακτήρας του φέρει τη σφραγίδα της ανήσυχης διάθεσης των εκπαιδευτικών για εφαρμογή καινοτόμων διδακτικών προσεγγίσεων, κατά τις οποίες οι μαθηματικές έννοιες αναδύονται μέσα από την ανάγκη επίλυσης πραγματικών προβλημάτων, ή τη δημιουργία κάποιας καλλιτεχνικής κατασκευής ή απλώς κατά την εξέλιξη ενός ευχάριστου παιχνιδιού.

Οι δραστηριότητες του Εργαστηρίου αναπτύσσονται σε τέσσερα επίπεδα: σχεδιασμός διδασκαλιών, πειραματική εφαρμογή και αξιολόγησή τους και δημοσίευση του παραγόμενου εκπαιδευτικού υλικού στην ιστοσελίδα του Εργαστηρίου (<http://mathlab.mysch.gr>). Αποδέκτες του έργου του Εργαστηρίου είναι τόσο οι μαθητές

όσο και οι εκπαιδευτικοί. Ειδικότερα οι δεύτεροι έχουν πρόσβαση σε ένα πρωτότυπο υλικό, δοκιμασμένο σε συνθήκες πραγματικής τάξης το οποίο μπορεί να συμβάλει στην επαγγελματική τους ενημέρωση και ανάπτυξη. Υπό αυτήν την έννοια, το Εργαστήριο έχει και ρόλο επιμορφωτικό **ρόλο**.

Τα μέσα που αξιοποιούνται στις διάφορες δραστηριότητες είναι ποικίλα: από απλά χειραπτικά υλικά (χαρτιά, γεωμετρικά όργανα, κλπ), μέχρι Τ.Π.Ε. (εκπαιδευτικό λογισμικό για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες και το διαδίκτυο).

Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη διαμόρφωση κλίματος επικοινωνίας μεταξύ των μαθητών, οι οποίοι έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στη μάθησή τους. Οι δραστηριότητες που επιλέγονται είτε συνδέονται με το αναλυτικό πρόγραμμα των μαθημάτων του Προγράμματος Σπουδών, όπως η κατασκευή μωσαϊκών με θέμα τη συμμετρία, είτε με το περιεχόμενο εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που πλαισιώνουν το Πρόγραμμα Σπουδών, όπως εκπαιδευτικοί όμιλοι, προγράμματα σχολικών δραστηριοτήτων, μαθητικοί διαγωνισμοί είτε εντάσσονται σε επετειακούς εορτασμούς, όπως οι Χριστουγεννιάτικοι γρίφοι και η κατασκευή του τετραέδρου του Sierpinski, αντί για ένα κοινό Χριστουγεννιάτικο δέντρο. Επίσης, όχι σπάνια, οι μαθητές εμπλέκονται με προχωρημένες και σύγχρονες έννοιες των μαθηματικών, όπως είναι τα fractals (κλασματικές δομές) ή οριακή εξέλιξη μιας διαδικασίας, όμως το υλικό προσαρμόζεται με προσοχή στις δυνατότητές τους, ώστε να μπορέσουν να ανταποκριθούν στις δραστηριότητες και η προσέγγιση γίνεται ολιστικά, αναδεικνύοντας και τη συνάφεια των μαθηματικών με άλλες επιστήμες και την τέχνη.

Όπως είναι αναμενόμενο, οι μαθητές διαμορφώνουν θετική στάση απέναντι στα μαθηματικά, και τα αντιλαμβάνονται ως πολιτισμικό αγαθό, με εμφανή επιρροή στο προσωπικό τους τρόπο σκέψης, στην επίδοσή τους και στην ατομική τους ανάπτυξη.

ΤΡΕΙΣ ΒΑΣΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Αν εστιάσουμε στη θεματολογία του μαθήματος των μαθηματικών στο Λύκειο, αντιλαμβανόμαστε ότι ο κύριος στόχος του μαθήματος είναι η προετοιμασία των μαθητών για την ανώτερη βαθμίδα. Συνήθως απουσιάζει η διαπραγμάτευση των μαθηματικών εννοιών και η ενασχόληση με το «μαθηματικό πρόβλημα» που θα δημιουργήσει την ανάγκη να παραχθούν μέθοδοι επίλυσής του και να αναπτυχθεί το κατάλληλο θεωρητικό υπόβαθρο.

Ακριβώς το κενό αυτό καλύπτει το Εργαστήριο Μαθηματικών. Οι δραστηριότητες που αναπτύσσονται στο Εργαστήριο έχουν ως κύριο στόχο οι μαθητές να αναπτύξουν παράλληλα με άλλες δεξιότητες και τις παρακάτω τρεις:

- α) ικανότητα οπτικοποίησης
- β) δημιουργική σκέψη, διερευνητική αποδεικτική ικανότητα και
- γ) κοινωνικές δεξιότητες

Ικανότητα οπτικοποίησης

Το αντικείμενο των Μαθηματικών δεν έχει φυσική υπόσταση. Αποτελείται από έννοιες που είναι μεταξύ τους λογικά συνδεδεμένες. Για να γίνουν όμως αντιληπτές χρειάζεται ως

ένα βαθμό η μετοχή του μαθητή στις καταστάσεις που τις γέννησαν, μέσα από κατάλληλη εκπαιδευτική δραστηριότητα.

Το εκπαιδευτικό λογισμικό παρέχει πολλές δυνατότητες στον χρήστη-μαθητή, με εργαλεία που επιτρέπουν την κίνηση (animation), την διάδραση, τις πολλαπλές αναπαραστάσεις. Έτσι για παράδειγμα, η έννοια της συνάρτησης προσεγγίζεται συγχρόνως και ως αλγεβρική σχέση και ως συσχέτιση τιμών δύο μεταβλητών σε έναν πίνακα και γραφικά με κάποια καμπύλη (Mariotti, Laborde, Falcade 2003). Ενισχύεται έτσι η ικανότητα του μαθητή να «οπτικοποιεί» τις αφηρημένες έννοιες των Μαθηματικών.

Ειδικότερα τα τρισδιάστατα αντικείμενα, γίνονται καλύτερα αντιληπτά όταν μοντελοποιούνται – κατασκευάζονται από φυσικά υλικά όπως χαρτιά και χαρτόνια (Lok, Naik, Whitton, Brooks 2003).

Η λειτουργία της οπτικοποίησης είναι ιδιαίτερα βασική στα Μαθηματικά καθώς καλλιεργεί τη διακριτική αντίληψη λεπτών εννοιών που αν και θα ονομάζονταν «κοντινές» εντούτοις διαφέρουν, όπως η διάκριση της αύξουσας συνάρτησης από την γνησίως αύξουσα συνάρτηση.

Δημιουργική σκέψη, διερευνητική αποδεικτική ικανότητα

Η δημιουργική σκέψη διακρίνεται σε αποκλίνουσα και συγκλίνουσα. Η αποκλίνουσα συνίσταται στην ικανότητα του ατόμου να συλλαμβάνει το πολυδιάστατο ενός θέματος, ενώ η συγκλίνουσα στην ικανότητά του να συνθέτει τα ετερόνομα ώστε να επιτύχει τον στόχο του, όπως είναι η επίλυση ενός προβλήματος (Fasko 2001).

Και οι δύο δεξιότητες είναι απαραίτητες για τη σύνθεση μιας μαθηματικής απόδειξης. Η μαθηματική απόδειξη είναι μία από τις ανώτερες πνευματικές εργασίες, ξεκινά με τη διερεύνηση και τη διαμόρφωση κάποιας εικασίας και καταλήγει στη σύνθεση των αποδεικτικών βημάτων που οδηγούν στο τελικό συμπέρασμα. «Διερευνώ και λύνω ένα αυθεντικό πρόβλημα» -και όχι μια απλή άσκηση- σημαίνει ότι επιστρατεύω όλη μου τη φαντασία, όλη μου τη γνώση, όλη μου την εμπειρία προκειμένου να εμπνευστώ κάποια μέθοδο επίλυσης, κινητοποιούνται δηλαδή τόσο η αποκλίνουσα όσο και η συγκλίνουσα δημιουργική σκέψη.

Κοινωνικές δεξιότητες

Εάν θεωρηθούν τα μαθηματικά ως πολιτισμικό αγαθό και αποδεχτούμε το γεγονός ότι οι μαθηματικές έννοιες διαμορφώνονται μέσα από τον διάλογο (Κολέζα 2006), τότε θα πρέπει η ενασχόληση με τα Μαθηματικά να καλλιεργεί και κοινωνικές δεξιότητες. Να υιοθετείται η κατάλληλη ορολογία, να στοιχειώνεται ο ορθός λόγος (=λογική) τόσο σε μια διερευνητική διαδικασία, όσο και κατά τη συνθετική αποδεικτική διαδικασία, σύμφωνα με αυτό που είναι «κοινώς αποδεκτό».

Χαρακτηριστικό παράδειγμα προσαρμογής του μαθηματικού λόγου στο «κοινώς αποδεκτό» αποτελεί η εξέλιξη στην έννοια της απόδειξης με την εμφάνιση των H/Y. Όπως αναφέρει ο Borwein (2005), η απόδειξη του θεωρήματος των τεσσάρων χρωμάτων βασίζεται αποκλειστικά σε αλγοριθμικές διαδικασίες των υπολογιστών κάτι που σήμερα είναι αποδεκτό ως τυπική απόδειξη, ενώ στο παρελθόν δεν ήταν.

Οι κοινωνικές δεξιότητες μαζί με την αποκλείουσα δημιουργική σκέψη δημιουργούν το πνευματικό υπόβαθρο για τη θεώρηση των Μαθηματικών ως επιστήμη που συνεχώς συνδιαλέγεται με τις άλλες επιστήμες και τις Τέχνες. Η συνάφεια μεταξύ των πλακοστρώσεων του Μ. C. Escher και του μοντέλου της υπερβολικής γεωμετρίας είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα σχέσης Μαθηματικών και Ζωγραφικής.

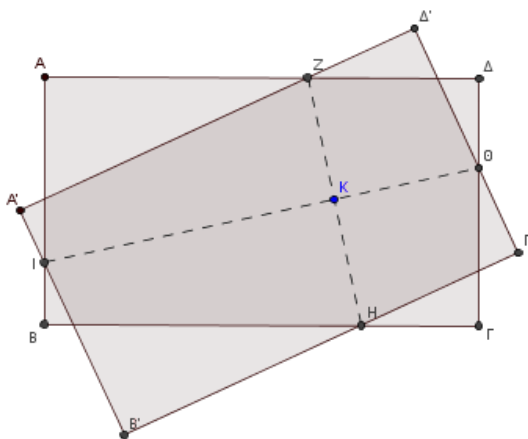
ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΟΡΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

Οι καταγραφές που ακολουθούν επιλέχθηκαν ως ενδεικτικές για να υποστηριχθεί η θέση μας πως τα Μαθηματικά μπορούν να γίνουν αντικείμενο διερεύνησης σε περιβάλλον σχολικού εργαστηρίου και να ενεργοποιήσουν τη δημιουργική σκέψη των μαθητών.

Αναλλοίωτο σημείο ενός χάρτη

Το γεωμετρικό πρόβλημα που περιγράφουμε ακολούθως είναι μάλλον απλό στη διατύπωσή του, αλλά όχι στοιχειώδες στην απόδειξή του, παρόλο που επάληθευεται πολύ εύκολα πειραματικά. Ακόμα είναι απρόσμενο ως αποτέλεσμα. Τα μαθηματικά λοιπόν κρύβουν εκπλήξεις ξεπερνώντας την κάθε λογική, γι' αυτό και αξίζει να εντυφώσει κανείς στους μαθηματικούς συλλογισμούς.

Εικόνα 1: Σταθερό σημείο στη μετακίνηση χάρτη.



Μετακινούμε ένα χάρτη σχήματος ορθογωνίου $AB\Gamma\Delta$ με τρόπο τέτοιο ώστε στη νέα του θέση $A'B'\Gamma'\Delta'$ οι νέες πλευρές του, να τέμνουν τις αρχικές στα σημεία I, H, Θ, Z όπως φαίνεται στο σχήμα. Ζητούμενο είναι να εντοπίσουμε ένα σημείο που παρέμεινε σταθερό σε αυτή τη μετακίνηση. Δηλαδή αναζητάμε ένα σημείο, το οποίο να έχει την ίδια θέση και στα δύο ορθογώνια. Αν χρησιμοποιήσουμε διάφανο αντίγραφο του χάρτη, μπορούμε να δούμε ότι πάντα υπάρχει τέτοιο σημείο και μάλιστα μοναδικό. Το σημείο αυτό προσδιορίζεται από την τομή K των ευθυγράμμων τμημάτων $I\Theta$ και ZH . Η πειραματική

επιβεβαίωση, μπορεί να γίνει, καρφώνοντας τους δύο χάρτες στο συγκεκριμένο σημείο και περιστρέφοντας το δεύτερο κατά κατάλληλη γωνία έως ότου συμπέσει με τον αρχικό. Αν το κέντρο περιστροφής είναι οποιοδήποτε άλλο σημείο, δεν θα καταφέρουμε να καταλήξουμε στη σύμπτωση των δύο χαρτών.

Μετά την πειραματική επιβεβαίωση, μπορεί να γίνει και μαθηματική απόδειξη, αποδεικνύοντας ότι $KA=KA'$, $KB=KB'$, $KΓ=KΓ'$ και $KΔ=KΔ'$.

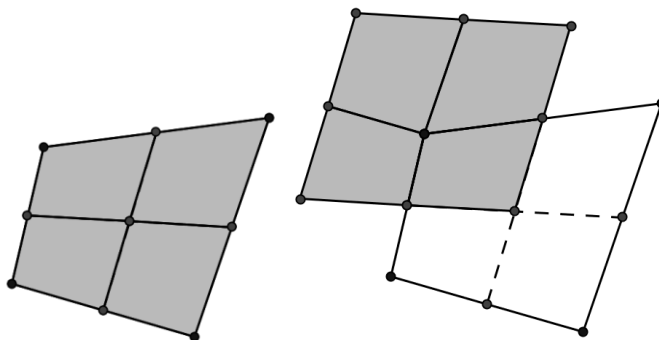
Γενικότερα, μπορούμε να αποδείξουμε ότι σε οποιαδήποτε μετακίνηση ενός ορθογωνίου η οποία του αλλάζει τον προσανατολισμό, υπάρχει πάντα ένα κέντρο περιστροφής (σταθερό σημείο μετασχηματισμού), το οποίο εν γένει μπορεί να βρίσκεται και εκτός του ορθογωνίου αλλά πάντα προσδιορίζεται από το σημείο τομής των $IΘ$, ZH όπου Z , $Θ$, H , I είναι τα σημεία τομής των φορέων των ομολόγων πλευρών $(AB, A'B')$, $(BΓ, B'Γ')$, $(ΓΔ, Γ'Δ')$, $(AΔ, A'Δ')$ αντίστοιχα.

Με τη βοήθεια του λογισμικού Geogebra, μπορούν οι μαθητές να προσομοιάσουν την περιστροφή ενός σχήματος και να δείξουν το σταθερό σημείο περιστροφής.

Αναδιάταξη τετραέδρου και μετασχηματισμός σε παραλληλόγραμμο

Ένα δεύτερο πρόβλημα γεωμετρίας που δημιουργεί την επίσης απρόσμενη έκπληξη πως από το τυχαίο και το χάος μπορούμε να οδηγηθούμε στην τάξη.

Εικόνα 2: Τυχαίο τετράπλευρο που με τα τέσσερα κομμάτια του αναδιατεταγμένα δημιουργείται παραλληλόγραμμο



Ζητούμενο είναι να διαιρεθεί με δύο ευθείες ένα τυχαίο τετράπλευρο σε τέσσερα μικρότερα, με τρόπο τέτοιο, ώστε η αναδιάταξη των τεσσάρων τετραπλεύρων να μας δίνει ένα παραλληλόγραμμο. Η πειραματική απόδειξη γίνεται κόβοντας ένα χαρτόνι σε σχήμα τετραπλεύρου, με ευθείες που ορίζονται από τα μέσα των απέναντι πλευρών του. Απαιτείται βέβαια να έχει προηγηθεί η άσκηση που αποδεικνύει ότι τα τέσσερα μέσα είναι κορυφές παραλληλογράμμου, οπότε οι διαγώνιοι του διχοτομούνται. Με τη βοήθεια του λογισμικού Geogebra μπορούν οι μαθητές να προσομοιάσουν τη διαδικασία της

διαίρεσης ενός σχήματος και αναδιάταξης των τμημάτων του, όπως κάνουμε με το κλασικό παιχνίδι Tangram.

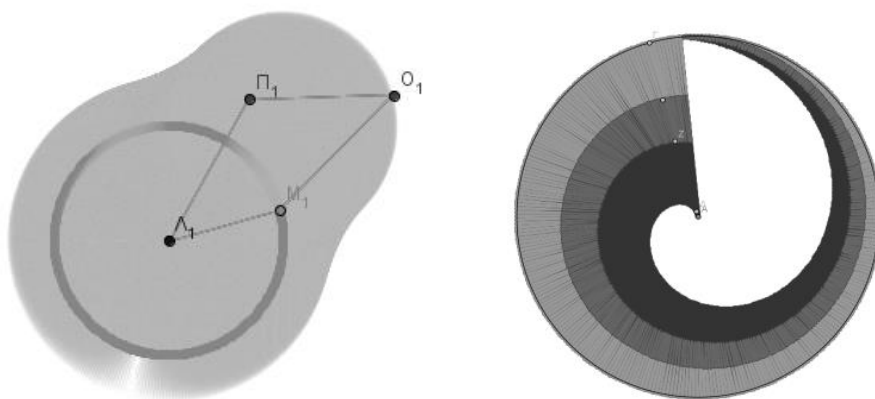
Μελέτη μιας περίπτωσης

Μετά τη σύντομη αναφορά στα δύο γεωμετρικά προβλήματα, ας εξετάσουμε στη συνέχεια την επιρροή των δραστηριοτήτων με λογισμικό στην περίπτωση ενός μαθητή, του Γιώργου, με ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα πορεία εξέλιξης.

Συμμετείχε μαζί με τρεις συμμαθητές του σε έναν άτυπο όμιλο για το λογισμικό GeoGebra. Μία τυπική δραστηριότητα που απηύθυνε η καθηγήτρια ήταν η κατασκευή των 7 πολυγώνων στο παιχνίδι Tangram. Να μπορούν να μετατεθούν σε άλλες θέσεις και να στρίβουν, χωρίς να μεταβάλλεται το σχήμα τους ή το μέγεθός τους. Η κατασκευή αυτή προϋποθέτει όχι μόνο την εξοικείωση με τα εργαλεία του λογισμικού, αλλά και την κατανόηση της γεωμετρικής κατασκευής με κανόνα και διαβήτη (που ως εργαλεία υποκαθιστώνται από τα εργαλεία του λογισμικού).

Ο Γιώργος όμως συνδύασε μόνος του την εύπλαστη κατασκευή (Healy, 2000) με τη δυναμική κίνηση που διαθέτει το λογισμικό, παράγοντας πολλά δυναμικά καλλιτεχνικά σχέδια. Κατά την κίνηση τμημάτων κύκλων και άλλων καμπυλών που αφήνουν ίχνος, παράγονται καινούριες, πολύπλοκες καμπύλες, ως περιβάλλουσες.

Εικόνα 3: «Αχλάδι» και «σπείρα», δημιουργία σχημάτων από τμήματα που αφήνουν ίχνος ενώ κινούνται.

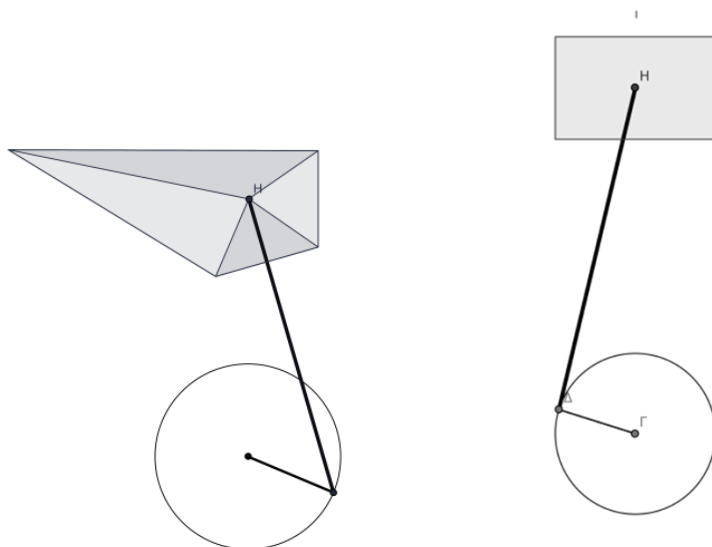


Θα λέγαμε πως οι κατασκευές του είναι περισσότερο χασοτικές, που δεν θίγουν ιδιαίτερα Μαθηματικά θέματα, αλλά στοχεύουν κυρίως στο αισθητικό αποτέλεσμα. Αυτό όμως αλλάζει με την ωρίμανση του μαθητή, ο οποίος στα τελευταία δημιουργήματά του συνειδητά προσπαθεί να κατασκευάσει συγκεκριμένες καμπύλες ή μοντέλα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η κατασκευή μιας σπείρας και ενός εμβόλου εν κινήσει. Η σπείρα δημιουργείται από το ίχνος που αφήνουν ένα ή περισσότερα τμήματα καθώς ο φορέας τους περιστρέφεται γύρω από ένα σημείο με σταθερή γωνιακή ταχύτητα,

και συγχρόνως το μήκος τους αυξάνεται. Χωρίς να το συνειδητοποιεί, συμμετέχει στον ορισμό της σπείρας του Αρχιμήδη με εξίσωση σε πολικές συντεταγμένες $\rho = a + b\theta$, που δηλώνει ακριβώς την ομαλή κυκλική κίνηση του σημείου και την γραμμική αύξηση της απόστασής του από τον πόλο της σπείρας. Αξιοσημείωτος ακόμα και ο συγχρονισμός που πέτυχε στα κινούμενα σημεία: μόλις ολοκληρώθηκε η περιστροφή του τμήματος ολοκληρώθηκε και η κίνηση του σημείου που καθόριζε την αυξομείωση των τμημάτων.

Το έμβολο το βλέπουμε να εξελίσσεται μέσα από λάθη στην κατασκευή και τελικά να αποδίδεται η σωστή κίνηση και το σωστό σχήμα. Στις πρώτες προσπάθειες, ενώ η κίνηση του άξονα αποδίδεται πιστικά, το έμβολο (τετράπλευρο) αλλάζει σχήμα κατά την περιστροφή του τροχού. Η επιθυμητή διατήρηση του σχήματος του ορθογωνίου, του μεγέθους του και του προσανατολισμού του θα επιτευχθούν μέσα από μια διαδικασία δοκιμών και λάθους. Στην εξέλιξη αυτή διακρίνονται τα στάδια της επίλυσης ενός προβλήματος που έθεσε ο ίδιος ο μαθητής. Αξιοσημείωτο το γεγονός ότι γενικώς, τα θέματα δημιουργίας του μαθητή απορρέουν από τις δικές του ανάγκες.

Εικόνα 4: Η εξέλιξη της κατασκευής του μοντέλου ενός εμβόλου εν κινήσει.



Συλλογικές δραστηριότητες: το τετράεδρο του Sierpinski και τα παιχνίδια Πιθανοτήτων

Τις αναφέρουμε και τις δυο δραστηριότητες μαζί, γιατί σκηνοθετήθηκαν παρόμοια: Καλέσαμε πρώτα στους μαθητές να κάνουν κάποιες κατασκευές (παιχνίδια ή τρισδιάστατη κατασκευή από χαρτί) με στόχο να διδαχθούν τόσο μέσα από την διαδικασία της κατασκευής όσο και με το μετα-προϊόν που ήταν το παιχνίδι με την κατασκευή. Επίσης και οι δυο δραστηριότητες είχαν ως σκοπό τον εμπλουτισμό του μαθήματος της Άλγεβρας Α' Λυκείου σε ενότητες του αναλυτικού προγράμματος (Πιθανότητες και

Πρόοδοι). Μέσα από την αφήγηση αφήνουμε να διαφανούν τα προβλήματα ένταξης της δραστηριότητας στα πλαίσια του μαθήματος, όταν ο χρονικός προγραμματισμός της διδακτέας ύλης είναι ιδιαίτερα πειστικός.

Πλησίαζαν Χριστούγεννα του 2013 και υπήρχε θετικό κλίμα για κατασκευές και διακοσμήσεις. Τότε συλλάβαμε την ιδέα να φτιάξουμε ένα δέντρο -ένα «μαθηματικό» δέντρο- που μονάχα η θέα του να προκαλεί τη λογική. Αλλά δεν θέλαμε οι μαθητές μας να είναι απλώς θεατές. Επιθυμούσαμε να έχουν τον πρωταγωνιστικό ρόλο του δημιουργού.

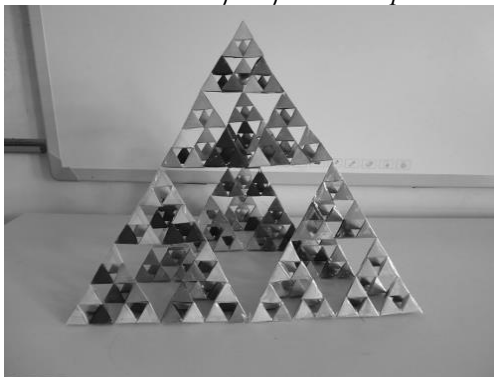
Η αναζήτηση μιας τέτοιας δραστηριότητας, μάς οδήγησε στο τετράεδρο του Sierpinski. Η ιδέα ήταν απλή: οι μαθητές θα κατασκεύαζαν με χαρτί πολλά, μικρά, ίσα τετράεδρα και έπειτα θα τα συνένωναν με σελοτέιπ για να δομήσουν το τετράεδρο του Sierpinski. Με αυτόν τον τρόπο, θα εμπλέκονταν σε διαδικασία άτυπης μάθησης μαθηματικών εννοιών όπως «ισόπλευρο τρίγωνο», «τετράεδρο», «fractal», «επαγωγή» (η κατασκευή γίνεται επαγωγικά), «γεωμετρική πρόοδος», «εκθετική αύξηση». Το εύρος μεγάλο και όχι περιορισμένο στο Αναλυτικό Πρόγραμμα κάποιος Τάξης. Συνεπώς το γνωστικό όφελος θα ήταν μεγαλύτερο για εκείνους που αγνοούσαν πλήρως αυτές τις έννοιες, και αυτοί ήταν οι μαθητές της Α' Λυκείου, τα τμήματα Α2 και Α3.

Σύντομα λήφθησαν διάφορες αποφάσεις, όπως το να κατασκευαστούν τα τετράεδρα-δομικοί λίθοι με χαρτοδιπλωτική, να αφήσουμε τους μαθητές να επιλέξουν χρωματισμούς και συνδυασμούς, να εντάξουμε τη δραστηριότητα στις ώρες των μαθημάτων μας.

Ακολούθησε η εφαρμογή σε δυο φάσεις: Αρχικά, αφιερώσαμε μια διδακτική ώρα σε κάθε τμήμα για να διδάξουμε την κατασκευή του τετραέδρου-δομικού λίθου με χαρτοδιπλωτική. Εκείνη την ώρα κατασκευάστηκαν μερικά τετράεδρα, όχι όμως αρκετά για να προχωρήσουμε στο επόμενο στάδιο της κατασκευής. Αναγκαστικά έπρεπε να περιμένουμε τους μαθητές να ετοιμάσουν περισσότερα τετράεδρα στο σπίτι τους. Όμως η αναμονή ήταν πολύ μεγαλύτερη, καθώς δόθηκε προτεραιότητα στη διδασκαλία της εξεταστέας ύλης. Εν τέλει, κατά τα μέσα Μαΐου, μπορέσαμε να «ξεκλένουμε» ένα δίωρο από τα μαθήματά μας για τη δεύτερη φάση, της επαγωγικής δόμησης του τετραέδρου του Sierpinski.

Ήταν κάτι που οι μαθητές σχεδόν το περίμεναν. Κατά τη διάρκεια της κατασκευής, κάθε φορά που εμφανιζόταν ένα τετράεδρο μεγαλύτερης κλάσης από αυτά που είχαν ήδη κατασκευαστεί, ακούγονταν φωνές ενθουσιασμού. Η συγκίνηση κορυφώθηκε με τη θέα του ολοκληρωμένου τετραέδρου του Sierpinski. Ήθελαν όλοι να το αγγίξουν, κάποιοι μάλιστα έχωσαν και το κεφάλι τους στο κούφιο εσωτερικό του. Ήταν ένα προϊόν δικό τους, μισό από το Α2 και μισό από το Α3. Πολλοί πρότειναν να το μεγαλώσουμε ακόμα περισσότερο, φτιάχνοντας άλλα τρία όμοια του. Εμείς στρέψαμε την κουβέντα στα Μαθηματικά, επισφραγίζοντας την προσπάθεια με κάποιους γρίφους-σπαζοκεφαλιές. Οι απαντήσεις ήταν ολόσωστες ακόμα και στους πιο απαιτητικούς γρίφους. Έτσι βεβαιωθήκαμε ότι η μάθηση είχε επέλθει στους μαθητές μας.

Εικόνα 5: Το τετράεδρο του Sierpinski



Στα «Παιχνίδια Πιθανοτήτων» η πορεία ήταν πιο ομαλή. Θεωρώντας ότι μαθαίνει κάποιος τις έννοιες «πείραμα τύχης», «ενδεχόμενο», «πιθανότητα» καθώς και τις εφαρμογές της Θεωρίας Πιθανοτήτων στην καθημερινή ζωή με βιωματικό τρόπο, οργανώσαμε μια σύντομη δράση στην οποία οι μαθητές μας θα κατασκεύαζαν πειράματα τύχης και θα πειραματίζονταν με αυτά στα διαλείμματα και την ώρα του μαθήματος. Το κάθε παιχνίδι που κατασκευάστηκε είχε κάτι διαφορετικό να διδάξει για τις Πιθανότητες.

Ο «τυχαίος περίπατος του κυρ-Μέντιου» εξηγούσε το πώς μια απλή επαναλαμβανόμενη διαδικασία μπορούσε να έχει ένα χαοτικό αποτέλεσμα και μάλλον αβέβαιο, ερμηνεύοντας «τυχαίο περίπατο του φωτονίου» κατά τον οποίο ένα φωτόνιο που γεννιέται στον πυρήνα του Ηλίου χρειάζεται εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια για να ανέλθει στην επιφάνειά του. Το παιχνίδι ήταν ως εξής: με την ρίψη ενός νομίσματος ένα μικρό γαϊδουράκι κινείται σε έναν μακρύ διάδρομο ανάλογα, είτε ένα τετραγωνάκι μπροστά, είτε ένα τετραγωνάκι πίσω. Στόχος του να βρεθεί σε ένα τετράγωνο 2 βήματα μπροστά, όπου βρίσκεται ένα κουκουνάρι. Ο χρόνος για να μεταβεί στο τόσο κοντινό τετράγωνο ήταν ασυνήθιστα μεγάλος.

Τα «μπουκάλια» ήταν σφραγισμένα και το εσωτερικό τους ήταν άγνωστο. Το μόνο που μπορούσε να δει κανείς ήταν μία από τις πολλές μπίλιες που περιείχε το καθένα (άλλη μπίλια κάθε φορά). Η συχνότητα εμφάνισης μιας κόκκινης μπίλιας σε σχέση με μια πράσινη, φάνερωνε και την αναλογία πράσινων και κόκκινων μπιλιών στο εσωτερικό του μπουκαλιού. Δεδομένου ότι οι μπίλιες ήταν 2 ή 3 το πολύ, έπρεπε κανείς να συμπεράνει το πόσες μπίλιες περιείχε το μπουκάλι και τι χρώματος. Με αυτό το πείραμα αναδεικνύεται η χρησιμότητα της θεωρίας πιθανοτήτων στην πρόβλεψη γεγονότων.

Τέλος, με το «The Monty Hall Game», ένα παιχνίδι που παιζόταν σε show της Αμερικής, οι μαθητές έμαθαν εμπειρικά ότι οι αποφάσεις που λαμβάνουμε είναι πολύ σημαντικές για να αυξήσουμε τις πιθανότητες να κερδίσουμε σε ένα παιχνίδι τύχης.

Ας σημειώσουμε ακόμα ότι στις κατασκευές ήταν ιδιαίτερα έκδηλη η καλλιτεχνική διάθεση των μαθητών (π.χ. ο διάδρομος του κυρ-Μέντιου ήταν ένα χαρούμενο πλακόστρωτο γεμάτο λουλούδια και μαργαρίτες, σε ένα όρφο λιβάδι). Επίσης,

το γεγονός ότι τα δημιουργήματά τους ήταν και το αντικείμενο των πειραμάτων, ενίσχυσε την επιθυμία για πειραματισμό και παιχνίδι με αυτά.

Εικόνα 6: Κατασκευές από τα «Παιχνίδια Πιθανοτήτων»



ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η καινοτομία στην εκπαίδευση είναι εφικτή, αν και δυσχεραίνεται από πολλούς παράγοντες με κυριότερο τον αυστηρό χρονοπρογραμματισμό της εξεταστέας ύλης των μαθημάτων. Εντούτοις, θεωρούνται αναγκαία για τη διδασκαλία των Μαθηματικών η διερεύνηση, ο πειραματισμός, η καλλιτεχνική έκφραση, η σύνδεση με την καθημερινή ζωή, τις Επιστήμες, τις Τέχνες. Για το λόγο αυτό, σε ευρωπαϊκή κλίμακα, έχουν θεσμοθετηθεί διάφοροι φορείς που την προωθούν, όπως το STENCIL (Science Teaching European Network for Creativity and Innovation in Learning), που μέλος του είναι το Εργαστήριο Μαθηματικών, το οποίο μάλιστα απέσπασε και διάκριση κατά την 1^η πρόσκληση των μελών (STENCIL Annual Report n.2, 2012).

Η προώθηση της καινοτομίας επιφέρει διπλά οφέλη, καθώς ενισχύεται η αυτοπεποίθηση τόσο των μαθητών όσο και των διδασκόντων οι οποίοι δρέπουν βαθύτερη ικανοποίηση όταν έχουν τον ρόλο του δημιουργού και όχι τον ρόλο του διεκπεραιωτή (Κυνηγός 2010).

Τέλος, και τα Μαθηματικά «κερδίζουν» καθώς προσεγγίζονται με πιο ρεαλιστικές διαδικασίες, επαληθεύεται η ρήση του Borwein (2005;104) ότι «Τα Μαθηματικά είναι ανθρώπινα. Είναι μέρος της ανθρώπινης κουλτούρας και ενσωματώνονται σε αυτήν. Δεν τους αρμόζει η αντίληψη του Frege για αφηρημένη, άχρηνη, χωρίς εντάσεις, αντικειμενική πραγματικότητα».

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Borwein, J. (2005), The Experimental Mathematician: the Pleasure of Discovery and the Role of Proof, *International Journal of Computers for Mathematical Learning* 10 (2),75-108
- Fasko, D. Jr. (2001). Education and Creativity. *Creativity Research Journal* 2000–2001, 13(3 & 4), 317–327.

- Healy, L. (2000). Identifying and explaining geometric relationship: interactions with robust and soft Cabri constructions. In *Proceedings of the 24th conference of the IGPME v.1*, 103–117, Hiroshima, Japan.
- Lakatos I. (1976), *Proofs and Refutations: The Logic of Mathematical Discovery*, Cambridge University Press
- Lok, B., Naik, S., Whitton, M., and Brooks, F. (2003) Effects of Handling Real Objects and Avatar Fidelity on Cognitive Task Performance in Virtual Environments. *Proceedings of IEEE Virtual Reality 2003*, 125-132. *Accompany video in IEEE Virtual Reality 2003 Video Proceedings*.
- Mariotti, M.A., Laborde, C., Falcade, R. (2003). Function and Graph in a DGS environment. *Proceedings of the 2003 Joint Meeting of PME and PMENA*, 3, 237-244
- Reuben Hersh (2006), *18 Unconventional Essays on the Nature of Mathematics*, Springer New York
- Κολέζα Ε. (2006). *Μαθηματικά και Σχολικά Μαθηματικά*. Ελληνικά Γράμματα
- Κυνηγός Χ. (2010). *Το μάθημα της διερεύνησης*. Ελληνικά Γράμματα
- Τουμάσης Μ. (1999), *Σύγχρονη διδακτική των Μαθηματικών*, Gutenberg - Γιώργος & Κώστας Δαρδανός

ΔΙΚΤΥΟΓΡΑΦΙΑ

BIRS, proceedings 2007

http://www.birs.ca/files/publications/proceedings/birs_2007_proceedings.pdf

Innovations in Mathematics Education via the Arts

<http://www.birs.ca/events/2007/5-day-workshops/07w5062>

<http://www.georgehart.com/birs/>

STENCIL 1st Call winner projects, Enhancing Innovation and Creativity in Science Teaching, Exemplary Initiatives on Science Education, STENCIL Annual Report n.2 (2012), 33-36

http://www.stencil-science.eu/documents/annual_reports/STENCIL_AnnualReport2.pdf

Εργαστήριο Μαθηματικών <http://mathlab.mysch.gr>

Παιχνίδια του εμπορίου ως εργαλεία για την υποστήριξη της διερευνητικής μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες

Θεόδωρος Πιερράτος¹ και Παναγιώτης Κουμαράς²

¹Υπεύθυνος του Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου, ²Καθηγητής του Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ.
pierratos@gmail.com, koumaras@eled.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή, παρουσιάζονται παραδείγματα ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού τα οποία αξιοποιούν παιχνίδια του εμπορίου στη διδασκαλία της Φυσικής στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, στο πλαίσιο της διερευνητικής μάθησης και διδασκαλίας. Συγκεκριμένα, προτείνονται παιχνίδια και παρουσιάζεται υποστηρικτικό εκπαιδευτικό υλικό που έχει αναπτυχθεί τόσο για τη διδασκαλία περιεχομένου, της ηλεκτρισμού των σωμάτων και της αρχής διατήρησης της ορμής, όσο και τη διδασκαλία της επιστημονικής μεθοδολογίας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Εμπορικά παιχνίδια, έννοιες Φυσικής.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Διεθνώς σήμερα τα προγράμματα σπουδών Φυσικών Επιστημών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης συνδέονται με τον κόσμο της καθημερινής ζωής των παιδιών (Κουμαράς, Πράμας, Σταμπουλή 2010). Θεωρούμε ότι η σύνδεση των προγραμμάτων σπουδών με την καθημερινή ζωή μπορεί να δώσει την ευκαιρία να παρουσιάζεται στο μάθημα πρόβλημα «που ο ίδιος ο μαθητής το αναγνωρίζει και το δέχεται σαν πρόβλημα». Από τον Duit σημειώνεται πως αν το πρόβλημα είναι του δάσκαλου ή απλά του σχολικού βιβλίου δεν θα έχουμε επιτυχία (Σατώ, 1983).

Στην καθημερινή ζωή του παιδιού το παιχνίδι, τόσο με την έννοια του αντικειμένου όσο και με την έννοια της διαδικασίας, είναι σε περίοπτη θέση (UNESCO, 1988). Όμως, στις περιπτώσεις που αυτό αξιοποιείται στη διδασκαλία των Φ.Ε., περιορίζεται συνήθως στην πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών (Crouch, Fagen and Callen, 2004) ή εστιάζει στην απάντηση ερωτήσεων του τύπου «πώς δουλεύει;» και «γιατί συμπεριφέρεται έτσι;» (Levinstein, 1982; Aref, Hutzler and Weaire, 2007; Saviz & Shakerin, 2010). Με δεδομένο ότι αρκετά παιχνίδια κρύβουν ιδιαίτερα απαιτητική και τεχνική ερμηνεία αυτό οδηγεί, κάποιες φορές, σε αντίθετα από τα προσδοκώμενα αποτελέσματα, απογοητεύοντας τους μαθητές (Guemez, Fiolhais and Fiolhais, 2009).

Μολονότι δεν παραγνωρίζεται η παιδαγωγική αξία της πρόκλησης του ενδιαφέροντος και της ενεργοποίησης των μαθητών (Sokoloff and Thornton, 1997), φαίνεται ότι μάλλον δεν δίνεται αρκετή έμφαση στη χρησιμότητα του παιχνιδιού ως μέσου που θα μπορούσε επίσης να συνδράμει στην ανάδειξη της επιστημονικής μεθοδολογίας, στην εισαγωγή και διερεύνηση εκ μέρους των μαθητών εννοιών των Φ.Ε. καθώς επίσης και στην αξιολόγηση της διδασκαλίας.

Στην εργασία αυτή, υιοθετώντας το μοντέλο της διερευνητικής μάθησης και διδασκαλίας, παρουσιάζονται παραδείγματα ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού που αξιοποιούν παιχνίδια του εμπορίου στη διδασκαλία της Φυσικής στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Συγκεκριμένα, προτείνονται παιχνίδια και παρουσιάζεται υποστηρικτικό εκπαιδευτικό υλικό που έχει αναπτυχθεί για τη διδασκαλία:

- της επιστημονικής μεθοδολογίας στην Ε΄ τάξη του Δημοτικού Σχολείου και στη Β΄ τάξη του Γυμνασίου, χρησιμοποιώντας το παιχνίδι Hui-Huimaschine.
- της ηλεκτρίσης των σωμάτων και την κατάταξη των αντικειμένων σε ηλεκτρικούς αγωγούς και μονωτές στην Ε΄ τάξη του Δημοτικού Σχολείου και στην Γ΄ τάξη του Γυμνασίου, αξιοποιώντας το Fun Fly Stick, μια φορητή γεννήτρια Van der Graaf, παιχνίδι της χρονιάς 2008 στις Η.Π.Α.,
- της αρχής διατήρησης της ορμής στις Β΄ και Γ΄ τάξεις του Λυκείου, αξιοποιώντας το παιχνίδι Hover soccer.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΑΙΧΝΙΔΙΩΝ

Η εισαγωγή των παιχνιδιών μέσα στην τάξη δεν σημαίνει αυτόματα και την επίτευξη των διδακτικών στόχων. Προκειμένου να αξιοποιηθούν και να εισαχθούν με ομαλό τρόπο τα παιχνίδια στην εκπαιδευτική διαδικασία απαιτείται το κατάλληλο παιδαγωγικό πλαίσιο (Gross, 2002). Στις προτάσεις που ακολουθούν υιοθετείται κυρίως το μοντέλο της διερευνητικής μάθησης και διδασκαλίας και συγκεκριμένα της προσανατολισμένης καθοδήγησης (guided inquiry): οι μαθητές επιχειρούν να απαντήσουν σε αυθεντικές προβληματικές καταστάσεις που τίθενται από τον εκπαιδευτικό σχεδιάζοντας τις δικές τους διαδικασίες (Banchi and Bell, 2008).

Hui-Huimaschine

Το Hui-machine είναι ένα παιχνίδι ινδιάνικης, πιθανότατα, προέλευσης. Αποτελείται από μία ράβδο Α με τετραγωνική διατομή, μία ακμή της οποίας είναι σκαλισμένη με «δόντια» (Εικόνα 1), μία ράβδο Β με κυκλική διατομή και ένα περιστρεφόμενο στέλεχος-προπέλα, το οποίο συνδέεται με μία πινέζα στο άκρο της ράβδου Α. Ο χειριστής του παιχνιδιού πρέπει να θέσει την προπέλα σε περιστροφή τρίβοντας κατάλληλα τη ράβδο Β πάνω στη ράβδο Α. Όταν αυτό γίνει με κάποιο συγκεκριμένο τρόπο, χάρη σε φαινόμενα συντονισμού η προπέλα αρχίζει να περιστρέφεται.

Εικόνα 1: Το παιχνίδι hui-machine.



Η εξήγηση της λειτουργίας του παιχνιδιού είναι αρκετά περίπλοκη (Aubrecht, 1982; Schlichting & Backhaus, 1988; Τσαούσης, 2007). Αν και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στο μάθημα της Φυσικής Κατεύθυνσης της Γ' Λυκείου, εμείς εδώ προτείνουμε την αξιοποίηση του παιχνιδιού για να εισάγουμε βιωματικά τους μαθητές της Ε' Δημοτικού ή/και της Β' Γυμνασίου στην επιστημονική μεθοδολογία.

Διδακτική διαχείριση

Δείχνουμε το παιχνίδι στους μαθητές και τους ζητάμε να το περιεργαστούν. Τους ζητάμε να υποθέσουν τι κάνει αυτό το παιχνίδι. Αφού ακούσουμε διάφορες απόψεις, παίρνουμε το παιχνίδι και τρίβοντας κατάλληλα τη ράβδο Β στην τραχιά ακμή της ράβδου Α, θέτουμε σε περιστροφή την μικρή προπέλα (φάση 1). Ζητάμε από τους μαθητές μας να προσπαθήσουν να επαναλάβουν ό,τι κάναμε, ώστε να το θέσουν σε κίνηση. Το παιχνίδι περνάει διαδοχικά σε αρκετούς μαθητές οι οποίοι προσπαθούν με τυχαίες κινήσεις να θέσουν την προπέλα σε περιστροφή και συνήθως αποτυγχάνουν (φάση 2). Στο σημείο αυτό το ενδιαφέρον τους κεντρίζεται και ζητούν από τον εκπαιδευτικό να τους ξαναδείξει πώς ακριβώς αυτός το κατάφερε (φάση 3). Επαναλαμβάνουμε μπροστά τους όλη τη διαδικασία (φάση 4). Αρκετοί μαθητές ισχυρίζονται ότι τώρα το κατάλαβαν και ζητούν να το κάνουν και οι ίδιοι (φάση 5). Το παιχνίδι περνάει και πάλι διαδοχικά σε αρκετούς μαθητές οι οποίοι, στις περισσότερες περιπτώσεις, αποτυγχάνουν να θέσουν την προπέλα σε περιστροφή (φάση 6). Επαναλαμβάνονται αρκετές φορές οι φάσεις 3-6 μέχρι που κάποια στιγμή κάποιος μαθητής καταφέρνει να θέσει σε περιστροφή την προπέλα (φάση 7). Οι συμμαθητές του ζητούν, συνήθως επίμονα, να τους πει πώς το έκανε ώστε να το επαναλάβουν και οι ίδιοι (φάση 8).

Αφού ολοκληρωθεί η παραπάνω δραστηριότητα καλούμε τους μαθητές να αναστοχαστούν και να περιγράψουν τις διάφορες φάσεις που διαδραματίστηκαν. Τους καθοδηγούμε να διακρίνουν τις παραπάνω 8 φάσεις, ενώ τους δίνουμε την παρακάτω ερμηνεία-περιγραφή τους:

Κατά τη φάση 1, η επίδειξη από τον εκπαιδευτικό της περιστροφής της προπέλας παίζει το ρόλο ενός φυσικού φαινομένου που λαμβάνει χώρα και παρατηρείται από τους μαθητές, που αναπαριστούν τους επιστήμονες. Στη φάση 2, οι «επιστήμονες» διατυπώνουν πειραματικά ελέγξιμες υποθέσεις του πώς λειτουργεί το φαινόμενο που παρατήρησαν και επιχειρούν να το αναπαραγάγουν. Αποτυγχάνουν (φάση 3) και προστρέχουν και πάλι στη φύση για να παρατηρήσουν εκ νέου το φαινόμενο (φάση 4). Διατυπώνουν νέες υποθέσεις για τη λειτουργία του φαινομένου (φάση 5) και ελέγχουν τις υποθέσεις αυτές στο εργαστήριο (φάση 6). Κάποια στιγμή είναι πιθανό οι υποθέσεις να επιβεβαιωθούν πειραματικά (φάση 7) οπότε ακολουθεί η διάχυση των αποτελεσμάτων στην υπόλοιπη επιστημονική κοινότητα (φάση 8).

Με τον τρόπο αυτό επιδιώκεται οι μαθητές να εξοικειωθούν με την παρατήρηση αυθεντικών, καθημερινών φαινομένων, να διατυπώσουν υποθέσεις, να τις ελέγξουν πειραματικά και να καλλιεργήσουν ικανότητες αναστοχασμού. Να εισαχθούν σε ό,τι αποκαλείται επιστημονική μεθοδολογία, τουλάχιστον σε μία πρωταρχική μορφή. Σκοποί μας είναι μέσω της χρήσης του παιχνιδιού: οι μαθητές να αρχίσουν να βλέπουν με «άλλο μάτι» ακόμη και τα πιο απλά και καθημερινά πράγματα που συμβαίνουν δίπλα τους, να κάνουν υποθέσεις και όπου είναι δυνατόν να επιχειρούν να τις ελέγξουν πειραματικά, να αρχίσουν να λειτουργούν ως σκεπτόμενοι πολίτες και να αντιλαμβάνονται στην πράξη πως η μεθοδολογία που ακολουθεί η Φυσική είναι προϊόν αφαίρεσης και αναστοχασμού του ορθολογικού τρόπου αντιμετώπισης των προβλημάτων που απασχολούν όλους μας καθημερινά.

To Fun Fly Stick

Το Fun Fly Stick είναι στην πραγματικότητα μία φορητή γεννήτρια Van de Graaff υπό μορφή ενός ραβδιού (Εικόνα 2). Ωστόσο, αποτελεί ένα ασφαλές εμπορικό παιχνίδι με μπαταρίες, έχοντας μάλιστα κερδίσει τον τίτλο «παιδικό παιχνίδι της χρονιάς 2008» στις Η.Π.Α. Όταν πατηθεί ένα κουμπί που βρίσκεται τη λαβή του ραβδιού, τίθεται σε κίνηση ένας μιάντας και δημιουργείται λόγω τριβής ηλεκτροστατικό φορτίο που συσσωρεύεται στο ραβδί. Το ρόλο του σφαιρικού μεταλλικού θόλου, ο οποίος κοσμεύει την κορυφή μιας εργαστηριακής μηχανής Van de Graaff, παίζει ένας χάρτινος σωλήνας, ένας ασφαλής για τα παιδιά συσσωρευτής φορτίου που δεν δίνει σπινθήρα εκφόρτισης. Το χαρτόνι έχει μεγάλη ηλεκτρική αντίσταση αλλά γίνεται αγωγός υπό μεγάλη ηλεκτρική τάση. Επιπλέον, εκφορτίζεται πολύ πιο αργά από ένα μέταλλο οπότε δεν υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας σπινθήρα.

Το βασικό πλεονέκτημα του συγκεκριμένου παιχνιδιού είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί:

- για την πραγματοποίηση πειραμάτων στατικού ηλεκτρισμού που περιγράφονται στα σχολικά εγχειρίδια αλλά συνήθως αποτυγχάνουν λόγω της υγρασίας.
- σε αρκετά πειράματα αντί για τη μηχανή Whimshurst, η οποία έχει αρκετά μεγάλο κόστος κτήσης και συχνά εμφανίζει προβλήματα δυσλειτουργίας, και
- ακόμη και για την προσομοίωση έντονων φυσικών φαινομένων (Pierratos, Tsakmaki & Papageorgiou, 2014).

Εικόνα 2: Το Fun Fly Stick



Το συγκεκριμένο παιχνίδι μπορεί να αξιοποιηθεί τόσο για την εισαγωγή και διερεύνηση νέων εννοιών εκ μέρους των μαθητών όσο και για την αξιολόγηση της διδασκαλίας.

Εισαγωγή – διερεύνηση νέων εννοιών: ποια σώματα είναι αγωγοί και ποια μονωτές; Μολονότι συνηθίζεται η ταξινόμηση των υλικών σε αγωγούς και μονωτές να γίνεται κατά τη διάρκεια πειραμάτων δυναμικού ηλεκτρισμού, δηλαδή σε κυκλώματα μπαταρίας - λάμπας, προτείνουμε εδώ την εισαγωγή της έννοιας μονωτής και αγωγός του ηλεκτρικού φορτίου και σε ηλεκτροστατικά φαινόμενα. Θεωρούμε ότι με τον τρόπο αυτό δίνεται η ευκαιρία στον εκπαιδευτικό από πολύ νωρίς να επιχειρήσει τη σύνδεση μεταξύ στατικού ηλεκτρισμού και δυναμικού (ηλεκτρικών κυκλωμάτων) ηλεκτρισμού, κάτι που συνήθως παραβλέπεται. Έχει καταγραφεί ότι η διαφορά τόσο μεταξύ των παρατηρούμενων φαινομένων όσο και των διαφορετικών υλικών και δραστηριοτήτων που χρησιμοποιούνται στο κεφάλαιο του στατικού και του δυναμικού ηλεκτρισμού και έχει οδηγήσει στη διαφοροποίηση από τα παιδιά των δυο αυτών περιοχών (Κουμαράς, 2011 σελ. 184).

Αρχικά φτιάχνουμε ένα ηλεκτροστατικό εκκρεμές με ένα κομμάτι φελιζόλ, ένα σπαστό καλαμάκι, ένα κομμάτι αλουμινόχαρτο και λίγη πετονιά (μήκους περίπου 10 cm): τρυπάμε με μία βελόνα την άκρη από το καλαμάκι, περνάμε και δένουμε την πετονιά και στερεώνουμε στην άλλη άκρη της το αλουμινόχαρτο κάνοντάς το μία συμπαγή μπάλα (Εικόνα 3). Στερεώνουμε το καλαμάκι πιέζοντάς το στο φελιζόλ ώστε να παραμείνει κατακόρυφο. Πλησιάζουμε και ακουμπάμε στο αλουμινόχαρτο το Fun Fly Stick και το θέτουμε σε λειτουργία: το μπαλάκι απομακρύνεται σχηματίζοντας μικρή γωνία με την κατακόρυφο. Ζητάμε από τους μαθητές να εξηγήσουν γιατί συμβαίνει αυτό: το μπαλάκι

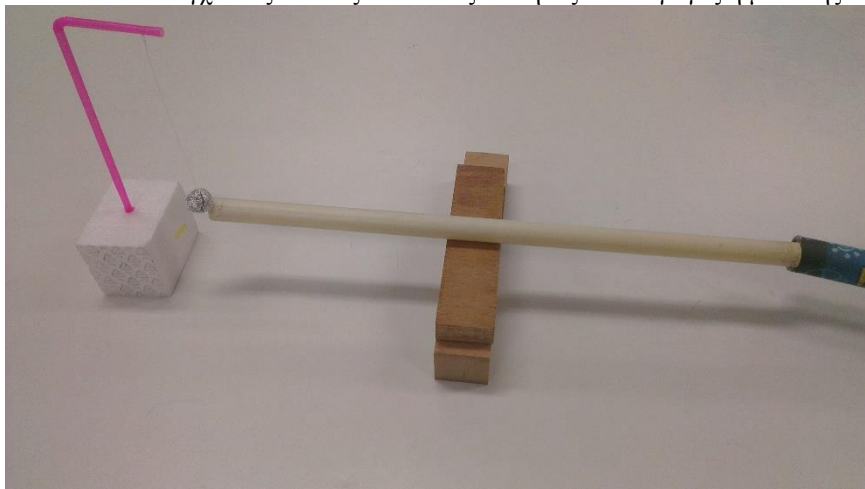
φορτίζεται με επαφή από το Fun Fly Stick και στη συνέχεια αποωθείται από αυτό επειδή φέρουν ομώνυμα φορτία.

Παρέχουμε στους μαθητές διάφορα υλικά, π.χ. ένα πλαστικό καλαμάκι, ένα ξυλάκι από σουβλάκι, μία μεταλλική βέργα, ένα μεγάλο καρφί, και τους καθοδηγούμε να σχηματίσουν μία διάταξη όπως αυτή της Εικόνας 3. Σκοπός τους είναι να εξετάσουν αν το μπαλάκι από αλουμινόχαρτο εκτρέπεται από την κατακόρυφο όταν μεταξύ του εν λειτουργία Fun Fly Stick και της μπάλας μεσολαβεί κάθε ένα από τα υλικά αυτά. Αφού πραγματοποιήσουν τα σχετικά πειράματα οι μαθητές κατατάσσουν τα υλικά σε δύο κατηγορίες: σε αυτά για τα οποία το μπαλάκι εκτράπηκε από την κατακόρυφο και σε αυτά που δεν εκτράπηκε.

Πώς μπορεί το μπαλάκι να εκτρέπεται στην μία περίπτωση ενώ στην άλλη όχι; Η εκτροπή μπορεί να ερμηνευτεί με τον ίδιο τρόπο όπως και στην περίπτωση που το Fun Fly Stick ακουμπάει τη μπάλα: φορτίο περνάει από το παιχνίδι σε αυτή. Αφού όμως μεσολαβεί κάποιο αντικείμενο, που είναι σε επαφή με την Fun Fly Stick, πρέπει να υποθέσουμε ότι το φορτίο διέρχεται μέσα από αυτό. Άρα, οι δύο κατηγορίες υλικών μπορεί να θεωρηθεί ότι αφορούν σε εκείνα τα υλικά που επιτρέπουν ηλεκτρικά φορτία να διέλθουν μέσα από αυτά, τα οποία θα λέγονται ηλεκτρικοί αγωγοί, και σε εκείνα που δεν επιτρέπουν, τα οποία θα λέγονται μονωτές.

Στο σημείο αυτό, θα θέλαμε να επιστήσουμε την προσοχή σε όσους προσπαθήσουν να επαναλάβουν τα παραπάνω πειράματα στην τάξη τους. Το Fun Fly Stick παρέχει μία ιδιαίτερα μεγάλη, αν και ασφαλή τάση, (αφού δεν μπορεί να δημιουργήσει ρεύμα ικανό να προκαλέσει ατύχημα): περίπου 6 kV. Υπό τέτοιες τάσεις διάφορα υλικά συμπεριφέρονται ως αγωγοί ακόμη κι όταν υπό συνήθεις συνθήκες θεωρούνται ως μονωτές, για παράδειγμα σε ένα κύκλωμα συνεχούς ρεύματος. Έτσι, προκειμένου να μην οδηγηθούν οι μαθητές σε αποτελέσματα που αντικρούουν όσα μπορεί να είδαν ή να δουν σε κύκλωμα συνεχούς ρεύματος, θα πρέπει τα υλικά που θα κληθούν να ταξινομήσουν να έχουν αρκετά μεγάλο μήκος, μεγαλύτερο από 30 cm, ώστε να ελαχιστοποιηθούν ανεπιθύμητα φαινόμενα ηλεκτρικής αγωγιμότητας λόγω υψηλής τάσης. Εντούτοις, σε μεγαλύτερες τάξεις, π.χ., στο Λύκειο, θα είχε ενδιαφέρον η παρουσίαση τέτοιων φαινομένων και η απόπειρα ερμηνείας και διδακτικής τους αξιοποίησης.

Εικόνα 3: Ελέγχοντας αν ένας πλαστικός σωλήνας είναι αγωγός ή μονωτής.



Αξιολόγηση της διδασκαλίας με το Fun Fly Stick

Αντί να θέσουμε ένα πρόβλημα ή να ζητήσουμε την ερμηνεία μιας υποθετικής κατάστασης για να αξιολογήσουμε την επίτευξη των διδακτικών μας στόχων, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το Fun Fly Stick για να παρουσιάσουμε μία αυθεντική κατάσταση που χρήζει ερμηνείας. Ενδεικτικά θα μπορούσαμε να εκθέσουμε τους μαθητές στην εξής πειραματική κατάσταση:

Ακουμπάμε πάνω στο εν λειτουργία Fun Fly Stick μία κορδέλα από tinsel (ελαφρύ αγωγίμο υλικό από το οποίο φτιάχνονται οι χριστουγεννιάτικες τρέσες) η οποία παρέχεται στη συσκευασία του παιχνιδιού. Η κορδέλα τεντώνεται και καθώς την πλησιάζουμε ξανά με το Fun Fly Stick αυτή απωθείται μακριά. Ζητάμε από τους μαθητές να περιγράψουν ό,τι συμβαίνει και στη συνέχεια να εξηγήσουν την παρατήρησή τους χρησιμοποιώντας τις έννοιες του στατικού ηλεκτρισμού.

Περιμένουμε οι μαθητές να είναι σε θέση να εξηγήσουν ότι η κορδέλα φορτίζεται με επαφή από το Fun Fly Stick και αποκτάει το ίδιο φορτίο με αυτό. Επειδή τα φορτία που αποκτά είναι ομώνυμα απωθούνται μεταξύ τους. Καθώς η κορδέλα είναι φτιαγμένη από αγωγίμο υλικό η απομάκρυνση των απωθούμενων φορτίων προκαλεί το τέντωμα της κορδέλας. Όταν πλησιάζουμε ξανά το Fun Fly Stick η άπωση μεταξύ των ομώνυμα φορτισμένων αντικειμένων (κορδέλα και Fun Fly Stick) διώχνει την κορδέλα μακριά υποχρεώνοντάς την να αιωρείται στον αέρα.

Ας σημειωθεί ότι προσπαθώντας οι μαθητές να περιγράψουν και να εξηγήσουν την παραπάνω κατάσταση δεν υφίστανται την κλασική αξιολογητική διαδικασία με «μολύβι και χαρτί». Αντίθετα, αξιολογούνται (τόσο αυτοί όσο και η διδακτική προσέγγιση του εκπαιδευτικού) σε καταστάσεις που είναι ελκυστικές μειώνοντας το άγχος τους και

αναδύοντας τα χαρακτηριστικά των Φυσικών Επιστημών που τις καθιστούν ενδιαφέρουσες.

Hover soccer

Το hover soccer (ή hover football, όπως είναι επίσης γνωστό) είναι ένα παιχνίδι σε μορφή δίσκου που καλείται εδώ να καλύψει την έλλειψη στα σχολεία των πολύ ακριβών αεροδιαδρόμων. Διαθέτοντας έναν ισχυρό κινητήρα που τροφοδοτείται από τρεις μπαταρίες, ρουφάει αέρα από το πάνω μέρος του δίσκου και τον διοχετεύει στη βάση του. Έτσι δημιουργεί ένα πολύ λεπτό υπόστρωμα αέρα πάνω στο οποίο μπορεί να κινείται με ελάχιστη τριβή. Επιπλέον, περιμετρικά διαθέτει ένα ελαστικό και ανθεκτικό “δακτυλίδι” που επιτρέπει την ασφαλή σύγκρουση της συσκευής με κάποιον τοίχο ή κάποια άλλη όμοια συσκευή (Εικόνα 4).

Το παιχνίδι κυκλοφορεί σε δύο μεγέθη: έναν δίσκο με διάμετρο περίπου 18 cm και έναν μικρότερο με διάμετρο περίπου 9 cm. Το παιχνίδι αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί και για τη διδασκαλία της τριβής, εδώ, ωστόσο, θα παρουσιάσουμε τη χρήση του στη διερεύνηση των χαρακτηριστικών των ελαστικών κρούσεων που διδάσκονται στις Β΄ και Γ΄ τάξεις Λυκείου.

Εικόνα 4: Δύο δίσκοι, ένας μικρός και ένας μεγάλος, σε πορεία σύγκρουσης.



Εισαγωγή – διερεύνηση νέων εννοιών και καταστάσεων

Διαθέτουμε δύο δίσκους hover soccer μεγάλης διαμέτρου τους οποίους τοποθετούμε σε επίπεδη και οριζόντια επιφάνεια, για παράδειγμα στο πάτωμα μίας αίθουσας διδασκαλίας. Θέτουμε σε λειτουργία τους δύο δίσκους και αφήνουμε τους μαθητές να εξοικειωθούν με αυτούς θέτοντάς τους σε κίνηση σπρώχνοντάς τους με το χέρι και προκαλώντας συγκρούσεις είτε μεταξύ τους είτε με ακλόνητα εμπόδια (κάποιον τοίχο).

Για να αναδειχθεί ο ρόλος της ταχύτητας στις κρούσεις σωμάτων ίδιας μάζας, ζητάμε στη συνέχεια από τους μαθητές να διερευνήσουν και να καταγράψουν τη συμπεριφορά των δύο όμοιων δίσκων όταν συγκρουστούν μεταξύ τους υπό διάφορες συνθήκες:

- ο ένας κινείται ομαλά ενώ ο άλλος είναι αρχικά ακίνητος
- οι δίσκοι κινούνται με, κατά προσέγγιση, αντίθετες ταχύτητες
- οι δίσκοι κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις με ταχύτητες διαφορετικού μέτρου (σπρώχνοντάς τους με το χέρι και προσδίδοντας διαφορετική για κάθε δίσκο αρχική ταχύτητα)
- οι δίσκοι κινούνται σε διευθύνσεις που σχηματίζουν γωνία (πλάγια κρούση)

Για να αναδειχθεί ο ρόλος της μάζας στις κρούσεις ζητάμε στη συνέχεια από τους μαθητές να διερευνήσουν και να καταγράψουν τη συμπεριφορά δύο διαφορετικών δίσκων, ενός μεγάλου και ενός μικρού, όταν συγκρουστούν μεταξύ τους υπό διάφορες συνθήκες:

- Ο μικρός κινείται ομαλά ενώ ο μεγάλος είναι αρχικά ακίνητος
- Ο μεγάλος κινείται ομαλά ενώ ο μικρός είναι αρχικά ακίνητος
- Οι δύο δίσκοι κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις με διάφορα μέτρα ταχυτήτων
- Οι δύο δίσκοι κινούνται στην ίδια κατεύθυνση με τον προπορευόμενο δίσκο να έχει ταχύτητα μικρότερου μέτρου: στη μία περίπτωση προπορεύεται ο μικρός δίσκος στη δεύτερη ο μεγάλος δίσκος.

Τέλος, για να διερευνηθεί ο ρόλος της πολύ μεγάλης (“άπειρης”) μάζας σε μία σύγκρουση ζητάμε από τους μαθητές να μελετήσουν την πρόσπτωση ενός εν λειτουργία δίσκου σε κάποιον τοίχο με διάφορες γωνίες πρόσπτωσης.

Από όλα τα παραπάνω πειράματα προκύπτουν ποιοτικά διάφορα χαρακτηριστικά των ελαστικών κρούσεων τα οποία συνήθως οι μαθητές αντιμετωπίζουν, ως πιθανά ενδεχόμενα και μόνο, κατά την επίλυση ασκήσεων. Προκειμένου να προκύψουν ποσοτικά δεδομένα τα οποία μπορούν να οδηγήσουν στην επιβεβαίωση (ή στην “ανακάλυψη”) της αρχής διατήρησης της ορμής αρκεί να βιντεοσκοπηθούν τα παραπάνω φαινόμενα κρούσης και να χρησιμοποιηθεί το ελεύθερης διανομής λογισμικό tracker (<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>) για την ανάλυση των κινήσεων. Επίσης, πολλές από τις παραπάνω πειραματικές καταστάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη και την ερμηνεία καταστάσεων, επικουρώντας την αξιολόγηση της διδασκαλίας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή επιχειρήθηκε να παρουσιαστούν διάφορα εμπορικά παιχνίδια ως διδακτικά εργαλεία που επιτρέπουν την εργαστηριακή προσέγγιση των φυσικών φαινομένων στην τάξη.

Τα παιχνίδια αυτά χρησιμοποιούνται για διάφορους λόγους. Αρχικά, προκαλούν το ενδιαφέρον των μαθητών, στη συνέχεια όμως γίνεται προσπάθεια να αποτελέσουν το μέσο που θα τους μάθει να παρατηρούν τα καθημερινά αντικείμενα που χειρίζονται και να αναζητούν απαντήσεις σε ερωτήματα που θέτουν οι ίδιοι.

Τα παιχνίδια αυτά φαίνεται ότι μπορούν να αντικαταστήσουν περίπλοκες εργαστηριακές συσκευές δίνοντας τη δυνατότητα σε σχολεία που δεν διαθέτουν οργανωμένα εργαστήρια να αποκτήσουν ειδικευμένες εργαστηριακές συσκευές σε πολύ χαμηλό κόστος. Μάλιστα, πολλά από τα πειράματα που προτάθηκαν σε αυτή την εργασία, όπως για παράδειγμα αυτά των κρούσεων με τα hover soccer, δεν είναι δυνατόν να γίνουν ούτε με τον ειδικό εξοπλισμό των οργανωμένων εργαστηρίων των Λυκείων (ειδικά αμαξίδια). Ωστόσο, το σημαντικό πλεονέκτημα δεν είναι ότι έχουν χαμηλό κόστος, δεν τα παρουσιάζουμε ως λύση ανάγκης αλλά προτείνουμε πως και αν ακόμα είχαμε τα ειδικά υλικά θα τα παραμερίζαμε και θα χρησιμοποιούσαμε τα παιχνίδια ως υλικά προερχόμενα από την καθημερινή ζωή του παιδιού και άρα δείχνουν τη σύνδεση της Φυσικής με την καθημερινή ζωή (Κουμαράς, 2014)

Μολονότι τα εμπορικά παιχνίδια και τα αντίστοιχα πειράματα που παρουσιάστηκαν κινούνται στο χώρο της Φυσικής, διάφορες ευφάνταστες ιδέες δείχνουν ότι παιχνίδια μπορούν να αξιοποιηθούν και σε άλλους τομείς (Τσακμάκη, 2014). Επίσης, ένα πολύ ενδιαφέρον κανάλι αξιοποίησης των παιχνιδιών προσφέρει η σύγχρονη τεχνολογία που ενσωματώνουν κάποια από αυτά, προσφέροντας τη δυνατότητα ακόμη και για καταγραφή δεδομένων σε ηλεκτρονικό υπολογιστή σε πραγματικό χρόνο, κάτι που ήταν μέχρι τώρα δυνατόν μόνο με πανάκριβα συστήματα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης (Πριμεράκης, 2008).

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aref, H., Hutzler, S. & Weaire, D. (2007). Toying with physics. *European Physics News* 38 (3), 23–26.
- Aubrecht II G.J. (1982). A mechanical toy: The gee-haw whammy-diddle. *The Physics Teacher*, 20(9), 614-615.
- Banchi, H. & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26-29.
- Crouch, C. H. Fagen, A. P., and Callen, J. P. (2004). Classroom demonstrations: Learning tools or entertainment? *American Journal of Physics* 72 (6), 835–838.
- Gross, J. L. (2002). Seeing is believing: Classroom demonstrations as scientific inquiry. *Journal of Physics Teacher Education Online* 1 (3), 3-6.
- Levinstein, H. (1982). The physics of toys. *The Physics Teacher* 20, 358–365.
- Pierratos, T., Tsakmaki, P. & Papageorgiou, C. (2014). Simulating the effect of the solar wind on communication satellites in your classroom. *Science in School*, issue 29, summer 2014, 23-29.
- Saviz, C. & Shakerin S. (2010). “How Does It Work?”: Using Toys to Inspire Wonder and Develop Critical Thinking Skills in Fluid Mechanics. *Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition*, Louisville, KY.
- Schlichting, H. J. & Backhaus, U. (1988). Zur Physik der Hui-Maschine. *Physik und Didaktik* 16(3), 238.

- Sokoloff D. R. & Thornton R. K. (1997). Using Interactive Lecture Demonstrations to create an active learning environment. *The Physics Teacher* 35, 340–347.
- UNESCO (1988). Games and Toys in the Teaching of Science and Technology. *Science and Technology Education, Document series* No. 29. Ed. N. K. Lowe. Paris.
- Κουμαράς, Π. (2011). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Εκδόσεις Χριστοδουλίδη. Θεσσαλονίκη.
- Κουμαράς, Π. (2014). *Διδασκαλία της Φυσικής με στόχο την ανάπτυξη γνώσεων και Ικανοτήτων*. Πανεπιστημιακές σημειώσεις.
- Κουμαράς, Π., Πράμας, Χ. & Σταμπούλη Μ. (2011). *Προγράμματα Σπουδών στην κατεύθυνση «Γνώσεις και Ικανότητες για τη ζωή»*. Εκδόσεις Επίκεντρο. Θεσσαλονίκη.
- Πριμεράκης, Γ. (2008). Μετατρέποντας τον χώρο παιχνιδιού σε Εργαστήριο Φυσικής Υψηλής Τεχνολογίας. Πειράματα Φυσικής με ποσοτικές μετρήσεις στο Λούνα Παρκ – Παιδική Χαρά. *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Ένωσης για τη Διδακτική της Φυσικής, Θεσσαλονίκη 9-11 Μάη 2008*, 375-382.
- Σατώ, Ζ. (Επιμέλεια) (1983). *Οι μεγάλοι Παιδαγωγοί. Από τον Πλάτωνα και τον Σωκράτη ως τον Τζων Ντιούι και τη Μαρία Μοντεσσόρι*. Εκδόσεις Γλάρος. Αθήνα.
- Τσακμάκη, Π. (2014). «Φωτίζοντας» την επίδραση της θερμοκρασίας στην ταχύτητα των χημικών αντιδράσεων. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, Τεύχος 3-Καλοκαίρι 2014, 67-76.
- Τσαούσης, Δ. (2007). Joopee-Joopee Game ένα όμορφο παιχνίδι που έγινε ένα πολυμορφικό εργαστηριακό όργανο φυσικής. *10ο Κοινό συνέδριο Ελλήνων και Κυπρίων Φυσικών, Κέρκυρα, 1-4 Μαρτίου 2007*. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://users.sch.gr/dtsaousis/arthra/Joopee.doc>

Φυσικές Επιστήμες και Δημιουργικότητα: Ανακαλύπτοντας τα ηλεκτρικά κυκλώματα με την βοήθεια “γλυπτών” από αγωγήμη πλαστελίνη

Γεώργιος Πριμεράκης

Υπ. Διδάκτορας ΑΠΘ, Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, gprim@eled.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή περιγράφεται η κατασκευή και η χρήση εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση σειράς πειραμάτων ηλεκτρισμού και τεχνολογικών κατασκευών για παιδιά κάθε ηλικίας. Βασικό υλικό είναι η αγωγήμη πλαστελίνη η οποία χρησιμοποιείται για την κατασκευή αγωγών και μαζί με μπαταρίες και διάφορα ηλεκτρονικά υλικά και στοιχεία (δίοδοι εκπομπής φωτός LED, βομβητές, κινητήρες συνεχούς ρεύματος κ.λ.π.) οι μαθητές/τριες κατασκευάζουν λειτουργικά κυκλώματα. Η χρήση της αγωγήμης πλαστελίνης επιτρέπει την μελέτη και σε μικρότερη ηλικία μιας και δεν χρειάζονται ειδικές δεξιότητες και υλικά. Με την βοήθεια του εκπαιδευτικού υλικού μπορούν να διερευνηθούν έννοιες του ηλεκτρισμού όπως σε σειρά και παράλληλα κυκλώματα, βραχυκύκλωμα, μπαταρίες αλλά και περιοχές του αναλυτικού προγράμματος της Αισθητικής αγωγής. Τα υλικά μπορούν να αναπαραχθούν εύκολα από οποιονδήποτε κατασκευάζοντας τα στην κουζίνα με σκεύη και υλικά μαγειρικής, κάποια μπορούν να βρεθούν από ανακύκλωση κατεστραμμένων παιχνιδιών και κάποια ίσως θα πρέπει να αγοραστούν. Στην παρούσα εργασία δίνονται και οι συνταγές για να παρασκευαστεί η αγωγήμη καθώς και η μονωτική πλαστελίνη. Τέλος παρουσιάζεται πιλοτική εφαρμογή χρήσης του εκπαιδευτικού υλικού σε ομάδα μαθητών και μαθητριών του ολοήμερου προγράμματος

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Φυσικά Δημοτικού, πειράματα, ηλεκτρικά κυκλώματα, αγωγήμη πλαστελίνη, καλλιτεχνικές και επιστημονικές δεξιότητες, δημιουργικότητα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μελέτες στην Ευρώπη όσο και στον υπόλοιπο κόσμο, καταγράφουν μείωση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) και ειδικά για τη Φυσική (Fischer & Horstendahl, 1997). Στην Ελλάδα, ειδικότερα, η μείωση αυτή μπορεί να αποδοθεί και στην ακαδημαϊκή φύση της διδασκαλίας των Φ.Ε. και στην αναντιστοιχία της διδακτέας ύλης με την κοινωνική πραγματικότητα, όπως υποδεικνύουν σχετικές έρευνες (ΟΟΣΑ, 2006). Η μεγάλη ποσότητα ύλης και το αυστηρό ωρολόγιο

πρόγραμμα καθώς και η έλλειψη εργαστηριακής εμπειρίας οδηγούν τους εκπαιδευτικούς σε «συμπίεση» του μαθήματος των Φ.Ε. και της μετατροπής του σε ένα ακόμη τυπικό ελληνικό μάθημα (βιβλίο – φωτοτυπία- διαγώνισμα). Προσπάθειες έχουν γίνει από την Διοίκηση για τον εξορθολογισμό και περιορισμό της ύλης (ΥΠΑΙΘ 2010, 2014) με προτάσεις όμως που αναιρούν η μία την άλλη, κεφάλαια μεταφέρονται να διδαχθούν στην επόμενη τάξη ενώ είναι τυπωμένα στα εγχειρίδια της προηγούμενης και προκαλούν δυσκολίες στην εφαρμογή τους και σύγχυση στους εκπαιδευτικούς. Η έλλειψη κατάλληλου συνοδευτικού εκπαιδευτικού υλικού και η δυσκολία συγκέντρωσης των υλικών που απαιτούνται για την υλοποίηση των πειραμάτων που προτείνουν τα εγχειρίδια αποτρέπουν την εκτέλεση πειραμάτων από τους μαθητές και στην καλύτερη περίπτωση εκτελούνται από τους εκπαιδευτικούς σαν πειράματα επίδειξης.

Το θέμα της συσχέτισης του ενδιαφέροντος που δείχνουν οι μαθητές και της ενασχόλησής τους με τις Φ.Ε., αποτέλεσε κεντρικό πυρήνα του Διεθνούς Προγράμματος για την Αξιολόγηση των Μαθητών (PISA), το 2006. Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας, οι μαθητές με μεγαλύτερο ενδιαφέρον και θετική στάση απέναντι στις Φ.Ε. είναι πιο πρόθυμοι να επενδύσουν στην προσπάθεια που απαιτείται για να έχουν καλή επίδοση σε αυτά τα μαθήματα. Επίσης, το ενδιαφέρον τους για ένα θέμα φυσικών επιστημών μπορεί να επηρεάσει την ένταση και την χρονική διάρκεια της εμπλοκής των μαθητών στις διαδικασίες μάθησης. Με τη σειρά της, η έντονη και σε βάθος εμπλοκή με ένα θέμα ενισχύει την κατανόηση αυτού του θέματος (PISA, 2006).

Σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα των Φυσικών επιστημών στο Δημοτικό (ΑΠΣ «Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο», 2003 και ΔΕΠΠΣ Φυσικών Επιστημών, 2003) η κατασκευή και η μελέτη ηλεκτρικών κυκλωμάτων γίνεται στην Ε΄ Δημοτικού στα πλαίσια του μαθήματος "Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο". Σύμφωνα με το "Βιβλίο του Μαθητή" προτείνεται η κατασκευή κυκλωμάτων αλλά και η κατασκευή "λυχνιολαβής" και καλωδίων με ακροδέκτες (Τετράδιο Εργασιών Ε΄, σελ. 101 έως 107) και η χρήση μικρών λυχνιών πυράκτωσης που πλέον δεν χρησιμοποιούνται στην πραγματική ζωή μια και αντικαθίστανται από διόδους εκπομπής φωτός LED και αποτελούν παρωχημένη γνώση καθώς και η υλοποίηση και η μελέτη κυκλωμάτων παράλληλης και σε σειρά σύνδεσης λυχνιών (Τετράδιο Εργασιών Ε΄, σελ. 120 έως 122).

Θα μπορούσαμε να αναπτύξουμε ένα οικονομικό απτικό εκπαιδευτικό υλικό που να κινητοποιεί τους μαθητές και τις μαθήτριες ώστε να μπορέσουν να κατασκευάσουν εύκολα μια ποικιλία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και να αποκτήσουν μία βασική γνώση για τα σύγχρονα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά στοιχεία με ελκυστικό και διασκεδαστικό τρόπο;

Η παρούσα εργασία ασχολείται με την παρουσίαση της ανάπτυξης του εκπαιδευτικού υλικού, η χρησιμοποίησή του ως εργαλείο μάθησης καθώς τα οφέλη και τα πλεονεκτήματα της χρήσης του σε πεδία της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.

Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Η προτεινόμενη κατασκευή κυκλωμάτων με την αγωγήμη πλαστελίνη και διόδους εκπομπής φωτός LED είναι ένας σύγχρονος τρόπος όπου απτικά εκπαιδευτικά

μέσα εισάγονται για να ενισχύσουν την μάθηση και να βοηθήσουν τους μαθητές και τις μαθήτριες στην κατανόηση των βασικών ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών στοιχείων και την υλοποίηση διαφόρων κυκλωμάτων (Johnson κ.α. 2010) . Επιπλέον, επιτρέπουν οι έννοιες αυτές να εισαχθούν σε πολύ μικρότερη ηλικία . Όπως και άλλα απτικά υλικά τα κυκλώματα με αγωγή πλαστελίνη έχουν τη δυνατότητα να είναι αποτελεσματικά εκπαιδευτικά εργαλεία επειδή συνδυάζουν την εποπτεία και την παιγνιώδη μάθηση έτσι ώστε οι μαθητές να έχουν μία ευχάριστη “hands on” εμπειρία στην γνώση.

Βασικό υλικό είναι η αγωγή πλαστελίνη η οποία κατασκευάζεται εύκολα με υλικά που βρίσκει κανείς στην κουζίνα με την βοήθεια απλών εργαλείων και συσκευών της κουζίνας (ξύλινα κουτάλια, κατσαρόλα, ηλεκτρικό μάτι κλπ). Παρασκευάζουμε ουσιαστικά έναν ιοντικό ημιστερεό αγωγό από ζυμάρι με αλάτι και κιτρικό οξύ εύπλαστο και ακίνδυνο στην επαφή με το δέρμα.

Με το εκπαιδευτικό υλικό οι μαθητές εξερευνούν περιοχές του Αναλυτικού Προγράμματος των Φυσικών Επιστημών (ΑΠΣ «Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο», 2003,) εκτελούν πειράματα, ανακαλύπτουν πως λειτουργούν κάποιες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, δημιουργούν τεχνουργήματα, αναπτύσσουν την αισθητική τους και τις καλλιτεχνικές και επιστημονικές δεξιότητες με έναν ευχάριστο και ελκυστικό τρόπο.

Η ιδέα της χρήσης αγωγικής πλαστελίνης δεν είναι καινούργια (Jones, 1993 και Schmidtbauer κ.α. , 2012). Δοκιμάσαμε διάφορες συνταγές (Johnson κ.α. 2010 και Johnson κ.α. 2011) και κάναμε τις βελτιώσεις και τις απαραίτητες τροποποιήσεις στις συνταγές για να γίνονται με υλικά που βρίσκονται στην Ελλάδα.

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ-ΣΥΝΤΑΓΕΣ

Αγωγή πλαστελίνη

Υλικά:

- 1 κούπα νερό
- 1 ½ κούπες αλεύρι για όλες τις χρήσεις
- ¼ της κούπας αλάτι
- 3 κουταλιές σούπας κιτρικό οξύ (ξινό) ή το χυμό δύο λεμονιών
- 1 κουταλιά λάδι (καλύτερα άοσμο φυτικό)
- χρώμα ζαχαροπλαστικής
- προαιρετικά άρωμα ζαχαροπλαστικής ή οτιδήποτε αρωματική ουσία (π.χ. κολόνια του λίτρου)

(το άρωμα είναι προαιρετικό για να μυρίζει όμορφα το μίγμα)

Θα χρειαστούμε ακόμη: ξύλινη κουτάλα, κατσαρόλα, ηλεκτρικό μάτι και μια επιφάνεια εργασίας

Εκτέλεση:

Βάζουμε όλα τα υλικά εκτός από την μισή κούπα αλεύρι σε μια μικρή κατσαρόλα, τα αναμιγνύουμε και την βάζουμε σε ένα ηλεκτρικό μάτι σε μέτρια θερμοκρασία. Ανακατεύουμε συνεχώς μέχρι να βράσει. Μόλις αρχίζει να βράζει, το μείγμα θα σκληρύνει και καθώς ανακατεύουμε συνέχεια, θα σχηματιστεί στο τέλος μία μπάλα στο κέντρο της κατσαρόλας. Την αφήνουμε να κρυώσει (τουλάχιστον 30 λεπτά). Αφού κρυώσει καλά την βάζουμε στην επιφάνεια εργασίας όπου την έχουμε αλευρώσει και την ζυμώνουμε με το υπόλοιπο αλεύρι μέχρι να αποκτήσει την υφή και την αίσθηση πλαστελίνης (εικόνα 1) και να μπορούμε να πλάσουμε εύκολα κυλίνδρους.



Εικόνα 1

Μονωτική πλαστελίνη

Υλικά

- 1 ½ κούπες αλεύρι για όλες τις χρήσεις
- ¾ της κούπας ζάχαρη
- 3 κουταλιές σούπας λάδι (καλύτερα άοσμο φυτικό)
- ½ κούπας απιονισμένο νερό (για σίδερα ατμού)
- χρώμα ζαχαροπλαστικής
- προαιρετικά άρωμα ζαχαροπλαστικής ή οτιδήποτε αρωματική ουσία (π.χ. κολόνια του λίτρου)

Θα χρειαστούμε και μια μικρή λεκάνη

Εκτέλεση:

Ανακατεύουμε σε μία μικρή λεκάνη όλα τα υλικά εκτός από το απιονισμένο νερό. Συνεχίζουμε προσθέτοντας σιγά σιγά το νερό και ζυμώνουμε μέχρι να αποκτήσει την αίσθηση και την επιθυμητή υφή πλαστελίνης.

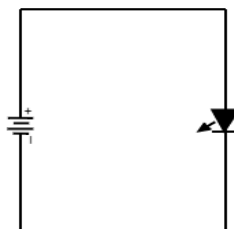
Μπορούμε βέβαια να χρησιμοποιήσουμε και την κλασική απλή πλαστελίνη που βρίσκουμε στα καταστήματα, βιβλιοπωλεία η οποία είναι μονωτική. Χρησιμοποιούμε ακόμη υλικά όπως LED, μπαταρίες, βομβητές, μικρούς κινητήρες κλπ που τα βρίσκουμε σε καταστήματα ηλεκτρονικών ειδών αλλά και σε δικτυακά καταστήματα. Ακόμη μπορούμε να βρούμε τέτοια υλικά LED, βομβητές, μικρούς κινητήρες σε χαλασμένα παιχνίδια και έτσι με λίγο κόπο να τα “ανακυκλώσουμε” και να τα χρησιμοποιήσουμε.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΓΩΓΙΜΗΣ ΠΛΑΣΤΕΛΙΝΗ - ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

Απλό κύκλωμα με δίοδο εκπομπής φωτός LED



Εικόνα 2



Εικόνα 3

Το κύκλωμα υλοποιείται με την βοήθεια μπαταρίας, μιας LED και της αγωγίμης πλαστελίνης. Πλάθουμε δύο λεπτούς κυλίνδρους από την αγωγή πλαστελίνη και τους χρησιμοποιούμε σαν αγωγούς (εικόνα 2). Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι η LED βέβαια έχει πολικότητα (εικόνα 3) και με τυχόν λανθασμένη συνδεσμολογία δεν θα φωτίζει πράγμα όμως που προσπερνιέται εύκολα γιατί να παιδιά κατέχουν από πολύ μικρά την γνώση: “αν συνδέσω ανάποδα την μπαταρία δεν θα δουλεύει σωστά” και εύκολα αναστρέφοντας την σύνδεση η LED φωτίζει κανονικά. Η αγωγή πλαστελίνη έχει αντίσταση της τάξης των εκατοντάδων Ωμ ανά 10 cm οπότε με μπαταρίες 4,5 ή 6 έως 9 Volt οι LED λειτουργούν ικανοποιητικά και σε ασφαλή περιοχή. Στο απλό αυτό κύκλωμα μπορούμε να διδάξουμε και την αντίσταση των αγωγών μεγαλώνοντας το μήκος του αγωγού από πλαστελίνη και παρατηρώντας ότι η φωτεινότητα της LED μικραίνει αλλά και το βραχυκύκλωμα ακουμπώντας τα δύο κομμάτια πλαστελίνης πριν την LED (εικόνα 4).



Εικόνα 4

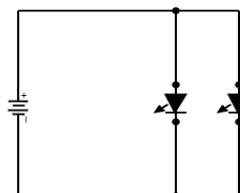
Κυκλώματα με LED σε σειρά και παράλληλα

Εύκολα μπορούμε να μελετήσουμε κυκλώματα με LED συνδεδεμένα σε σειρά και παράλληλα (εικόνες 5 και 6) χρησιμοποιώντας το υλικό μας. Το κύκλωμα υλοποιείται με την βοήθεια μπαταρίας, δύο ίδιου τύπου LED και της αγωγίμης πλαστελίνης. Τα πειράματα είναι κλασικά πειράματα που μπορούν με τον τρόπο που προτείνεται να γίνουν οικονομικότερα, ευκολότερα και αρκετά διασκεδαστικότερα.

Όταν μελετάμε σε σειρά και παράλληλα κυκλώματα είναι αναγκαίο να χρησιμοποιούμε τουλάχιστον 9 Volts για να έχουμε ικανοποιητικά αποτελέσματα στην φωτεινότητα των LEDs

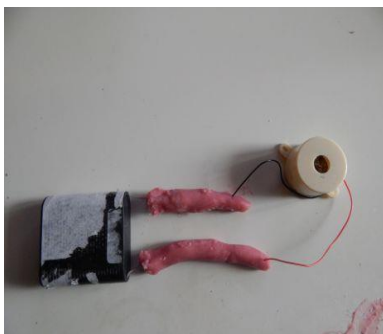


Εικόνα 5



Εικόνα 6

Κυκλώματα με βομβητές και κινητήρες



Εικόνα 7

Εύκολα στο απλό κύκλωμα μπορούμε να αντικαταστήσουμε τη LED με βομβητή (εικόνα 7) ή έναν απλό κινητήρα και να μελετηθούν τα ηχητικά ή κινητικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος.

Κατασκευή ηλεκτρικών στοιχείων (μπαταριών)

Εξαιτίας της φύσης των υλικών που αποτελούν την αγώγιμη πλαστελίνη (ζύμη με ηλεκτρολύτες δηλαδή αλάτι και κιτρικό οξύ) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ημιστερέος ηλεκτρολύτης για την κατασκευή απλών ηλεκτρικών στοιχείων μαζί με χαλκό (π.χ. χρησιμοποιώντας τα κέρματα των 1, 2 και 5 λεπτών που είναι επιχαλωμένοι σίδηρος) και ψευδάργυρο (που βρίσκουμε στις διάφορες βίδες ή μεταλλικά εξαρτήματα που είναι επιψευδαργυρωμένος σίδηρος)

ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ



Εικόνα 8

Η πιλοτική χρήση του εκπαιδευτικού υλικού έγινε σε μία ομάδα 9 μαθητών και μαθητριών Στ' τάξης του Ολοήμερου Προγράμματος ενός Δημοτικού Σχολείου της Κεντρικής Μακεδονίας το Φθινόπωρο του 2014. Οι μαθητές και οι μαθήτριες συμμετείχαν στην εφαρμογή η οποία διεξήχθη σε τρία 2ωρα εργαστηριακά μαθήματα. Στην αρχή του πρώτου εργαστηρίου δόθηκε ερωτηματολόγιο για να καταγραφεί η υπάρχουσα γνώση των

μαθητών και των μαθητριών σχετικά με τις απλές βασικές έννοιες των ηλεκτρικών κυκλωμάτων καθώς και των στοιχείων τους. Στην συνέχεια παρουσιάσθηκαν τα διάφορα υλικά σε συντομία χωρίς να επιδιώκουμε να γίνει αναλυτική και λεπτομερή παρουσίαση, δόθηκαν τα υλικά στα παιδιά και αφέθηκαν να διερευνήσουν τις ιδιότητές τους και τους τρόπους σύνδεσης. Παροτρύνονταν να κάνουν δοκιμές, αλλαγές και συνδυασμούς και να παρατηρούν τα αποτελέσματα. Στο δεύτερο μάθημα υλοποιήθηκαν κυκλώματα σε σειρά και παράλληλα καθώς κυκλώματα με ηχητικά και κινητικά αποτελέσματα (βομβητές και μικροί κινητήρες. Στο τρίτο μάθημα τα παιδιά κλήθηκαν να κατασκευάσουν ελεύθερα ένα “γλυπτό” με συνδυασμό αγωγίμης πλαστελίνης, απλής πλαστελίνης και ηλεκτρονικών υλικών (εικόνα 8). Τέλος τους δόθηκε ξανά το ίδιο αρχικό ερωτηματολόγιο για να γίνει αξιολόγηση της αποκτημένης γνώσης.

Συγκρίνοντας τις απαντήσεις των μαθητών και των μαθητριών παρατηρήθηκε μια σημαντική βελτίωση στη ποιότητα και την ποσότητα της γνώσης των στοιχείων του κυκλώματος. Ακόμα μπόρεσαν να περιγράψουν σωστά τον τρόπο υλοποίησης κυκλωμάτων σε σειρά και παράλληλα που αν και το είχαν διδαχθεί στη Ε΄ τάξη στο εισαγωγικό ερωτηματολόγιο δεν περιέγραψαν σωστά. Τέλος απέκτησαν γνώσεις για ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά στοιχεία της καθημερινότητας (όπως τα LED, βομβητές, κινητήρες) που όπως έδειξε το ερωτηματολόγιο δεν είχαν στην αρχή της εφαρμογής.

Σε όλη την διάρκεια της εφαρμογής υπήρχε μία θετική ατμόσφαιρα. Οι μαθητές και οι μαθήτριες την ώρα που μάθαιναν ήταν χαρούμενοι και διασκεδάζαν μαθαίνοντας. Η πλαστελίνες (αγωγή και μονωτική) είναι ένα οικείο και προσφιλές στα παιδιά υλικό και τα κινητοποιεί να μπορέσουν συνδυάσουν και αισθητικές και πλαστικές δεξιότητες - ικανότητες με γνώσεις Φυσικών Επιστημών. Τέλος η ενασχόληση με την πλαστική τέχνη και ο συνδυασμός με τις Φυσικές Επιστήμες, η κατασκευή του “τελικού έργου” ικανοποίησαν τους μαθητές και τις μαθήτριες

Προεκτάσεις

Πέρα από την κάλυψη περιοχών του Αναλυτικού Προγράμματος των ανώτερων τάξεων του Δημοτικού το υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τις τάξεις του Γυμνασίου (πχ. Για την απόδειξη του νόμου του Ωμ, για μέτρηση ειδικής αντίστασης και την εξάρτηση του από την διατομή του αγωγού). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εισαγωγή εννοιών της ηλεκτρονικής και τις εφαρμογές της και σε μικρότερη ηλικία. Ακόμη μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από τα παιδιά ανεξαρτήτου ηλικίας για μικρές τεχνολογικές κατασκευές ή για κατασκευή “γλυπτών” - έργων τέχνης όπου μπορούν να προστεθούν και LED, κινητήρες κλπ, συνδυάζοντας τις πλαστικές τέχνες με τα ηλεκτρικά κυκλώματα και την ηλεκτρονική.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την βοήθεια του υλικού οι μαθητές και οι μαθήτριες μαθαίνουν υλοποιώντας τα αντίστοιχα κυκλώματα για αγωγούς και μονωτές, παράλληλη και σε σειρά σύνδεση, βραχυκύκλωμα κλπ. Ακόμη μαθαίνουν με ευχάριστο τρόπο για τα οπτικά, κινητικά,

χημικά και ακουστικά αποτελέσματα του ηλεκτρισμού. Μαθαίνουν για τα στοιχεία των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών κυκλωμάτων όπως αντίσταση, ηλεκτρικό στοιχείο, δίοδος LED, ροοστάτης κλπ. Με τον τρόπο αυτό καλύπτουν γνωστικές περιοχές του Αναλυτικού προγράμματος των Φυσικών Επιστημών και ειδικά του Ηλεκτρισμού αλλά προεκτείνουν και καινούργιες περιοχές της ηλεκτρονικής. Η πλαστελίνη (αγώγιμη και μονωτική) είναι ένα οικείο και προσφιλές στα παιδιά υλικό και τα κινητοποιεί να μπορέσουν συνδυάσουν και αισθητικές και πλαστικές δεξιότητες - ικανότητες με γνώσεις Φυσικών Επιστημών. Έτσι μπορούν να κατασκευάσουν “έργα τέχνης” τα οποία να είναι και αισθητικά ελκυστικά αλλά παράλληλα να είναι και τεχνολογικές εφαρμογές αρχών και εννοιών των Φυσικών Επιστημών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΔΕΠΠΣ Φυσικών Επιστημών και ΑΠΣ (2003). «Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο» ΦΕΚ 303B/13-03-2003, ΦΕΚ 304B/13-03-2003
- ΟΟΣΑ (2006). “PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World” Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <http://www.pisa.oecd.org>,
- ΥΠΑΙΘ (2010). Αναδιάρθρωση και εξορθολογισμός της διδακτέας ύλης στις Φυσικές Επιστήμες, τα Μαθηματικά και τη Γεωγραφία, στην Ε΄ και Στ΄ Δημοτικού (12-08-10) διαθέσιμο στο διαδίκτυο http://www.minedu.gov.gr/publications/docs/eksorthologismos_ylhs_dhmotiko_10_0812.doc
- ΥΠΑΙΘ (2014). «Αναδιάρθρωση, εξορθολογισμός και διαχείριση της διδακτέας ύλης στα Μαθηματικά και τα Φυσικά της Ε΄ και ΣΤ΄ Δημοτικού και εξορθολογισμός της διδακτέας ύλης της Ιστορίας για τη ΣΤ΄ Δημοτικού» (Εγκύκλιος του ΥΠΑΙΘ με αριθμό πρωτοκόλου 171850/Γ1/22-6-2014)
- Φυσικά Ε΄ Δημοτικού, Βιβλίο του μαθητή (2012), ΙΤΥΕ-Διόφαντος 2012
- Fischer, H. & Horstendahl, M. (1997). Motivation and Learning Physics. Research and Science Education, 27(3), 411-424.
- Jones, B. (1993). Resistance Measurements in Play-Doh. The Physics Teacher 31:1. σελ. 48-49
- Johnson, S., Thomas, A.M. (2010). Sculpting Circuits. Make Magazine Vol. 22 . 78
- Johnson, S., Thomas, A.M., (2011). Exchange: Using Squishy Circuit Technology in the Classroom, 118th ASEE Annual Conference & Exposition Διαθέσιμα στο διαδίκτυο [online](http://www.asee.org/public/conferences/1/papers/1331/view) πρακτικά, σύνδεσμος: <http://www.asee.org/public/conferences/1/papers/1331/view>
- Matthew Schmidtbauer, Samuel Johnson, Jeffrey Jalkio, AnnMarie Thomas, Squishy circuits as a tangible interface (2012), Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM σελ. 2111-2116

Η μαθηματική λογοτεχνία ως διδακτικό εργαλείο: «Μαλλιά Κουβάρια», μία διδακτική πρόταση για τη διδασκαλία των Μαθηματικών

Αμαλία Σουραντάνη¹ και Κωνσταντίνος Τάτσης²

^{1,2}Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
amalia.sourantani@gmail.com, ktatsis@uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στα Μαθηματικά και η αρνητική στάση τους απέναντι σε αυτά αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για την ολόπλευρη και αρμονική ανάπτυξή τους. Κρίνεται λοιπόν αναγκαία η αξιοποίηση ενός πλαισίου ευχάριστου και οικείου στους μαθητές, όπως η μαθηματική λογοτεχνία. Στην παρούσα εργασία σκιαγραφείται το θεωρητικό πλαίσιο σύζευξης των Μαθηματικών και της λογοτεχνίας και παρουσιάζεται ένα παραμύθι με τίτλο «Μαλλιά Κουβάρια» ως διδακτική πρόταση για τη διδασκαλία των Μαθηματικών της Στ' Δημοτικού.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Μαθηματικά, λογοτεχνία, παραμύθι.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη σύγχρονη εποχή, όπου η εξειδίκευση θεωρείται απαραίτητο προσόν, το εκπαιδευτικό σύστημα χαρακτηρίζεται από την παροχή μεμονωμένων και ασύνδετων γνώσεων στα διάφορα γνωστικά αντικείμενα (Τρέσσου & Μητακίδου, 2002). Οι σύγχρονες παιδαγωγικές θεωρίες όμως, υποστηρίζοντας την οικοδόμηση της γνώσης μέσα από νοηματοδοτούμενες για το μαθητή καταστάσεις, έρχονται σε αντίθεση με αυτή την προσέγγιση. Η ολιστική προσέγγιση της γνώσης θεωρείται πλέον ως ο κατάλληλος τρόπος διδακτικής διαδικασίας, συνδέοντας γνώσεις από πολλά γνωστικά πεδία και προσφέροντας ερμηνεία, κατανόηση και εξήγηση αυθεντικών καταστάσεων στους μαθητές (Ματσαγγούρας, 2009). Έτσι, διαμορφώνεται το πλαίσιο μίας πιθανής σύνδεσης των Μαθηματικών και της λογοτεχνίας και της αξιοποίησης της σύνδεσης αυτής στη διδασκαλία των Μαθηματικών. Πλέον, χρησιμοποιείται ο όρος «μαθηματική λογοτεχνία» για να χαρακτηρίσει μια νέα κατηγορία λογοτεχνικών έργων που έχουν άμεση σχέση με τα Μαθηματικά.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Πλαίσιο σύζευξης Μαθηματικών και λογοτεχνίας

Η γνώση των Μαθηματικών βοηθάει στην καθημερινή ζωή του ανθρώπου, αλλά συμβάλει και στην κοινωνική του ζωή, προάγοντας την παραγωγική κι επαγωγική σκέψη. Τα Μαθηματικά οξύνουν τη φαντασία, αναπτύσσουν την παρατηρητικότητα και βοηθούν στην αυτοσυγκέντρωση, καλλιεργώντας, έτσι το μαθητή ψυχικά και πνευματικά (Εξαρχάκος, 1988). Ωστόσο, συναισθήματα, όπως το άγχος και ο φόβος κατακλύζουν τους μαθητές όταν έρχονται σε επαφή με τα Μαθηματικά. Προς αποφυγήν αυτών, οι μαθητές αποφεύγουν την ενασχόλησή τους με τα Μαθηματικά με αποτέλεσμα να οδηγούνται συχνά στο μαθηματικό αναλφαριθμητισμό (Μηλιώνης, 2001; Σκαλοχωρίτου κ.ά., 2013).

Προς αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος είναι χρήσιμο να αναζητηθούν δραστηριότητες που εμπλέκουν ενεργά τους μαθητές με μαθηματικά προβλήματα, που τους βοηθούν να εξοικειώνονται με το μαθηματικό τρόπο σκέψης και να κατανοούν ότι τα Μαθηματικά είναι απαραίτητα στην καθημερινότητα. Σε αυτό το πλαίσιο, η ρεαλιστική προσέγγιση των Μαθηματικών ισχυρίζεται ότι τα Μαθηματικά αποτελούν μία ανθρώπινη δραστηριότητα. Συνεπώς, πρέπει να συνδέονται με την πραγματικότητα και να είναι προσβάσιμα στους μαθητές. Ως πραγματικότητα δεν νοείται μόνο ο πραγματικός κόσμος αλλά ό,τι ο μαθητής αντιλαμβάνεται ως πραγματικό, ακόμη και στη σφαίρα της φαντασίας. Τέλος, τα στοιχεία της έκπληξης, της ανατροπής, της περιπέτειας και του μυστηρίου καθιστούν το κείμενο και τις μαθηματικές έννοιες που εμπεριέχονται σε αυτό περισσότερο ενδιαφέρουσες και ελκυστικές για τους μαθητές, με αποτέλεσμα την ενεργή και ευχάριστη εμπλοκή τους στη μαθησιακή διαδικασία (Λεμονίδης & Καϊάφα, 2011).

Επιπρόσθετα, οφείλει να επισημανθεί και η σημασία των συναισθημάτων στη μάθηση των Μαθηματικών, αφού συναισθηματικοί παράγοντες επηρεάζουν τη λειτουργία της λογικής σκέψης και μπορούν να προκαλέσουν ακόμη και τη διακοπή της (Μηλιώνης, 2001). Ο Vygotsky (2000) υποστηρίζει πως η δημιουργία φανταστικών καταστάσεων μπορεί να οδηγήσει στην αφηρημένη σκέψη, ενώ σύμφωνα με τον Μηλιώνη (2001), μέσω της λογοτεχνίας, δημιουργείται ένα οικείο κι ευχάριστο πλαίσιο μάθησης, το οποίο μπορεί να προκαλέσει αποβολή των αρνητικών στάσεων των μαθητών για τα Μαθηματικά. Επιπλέον, η Κολέζα (2007) υποστηρίζει ότι η ανάγνωση ενός κειμένου έχει πολλές σημασίες, ενώ η αίσθηση ελευθερίας που προσφέρει προκαλεί θετικά συναισθήματα στο μαθητή.

Σύζευξη Μαθηματικών και λογοτεχνίας

Σκοπός των Μαθηματικών στο σχολείο είναι η μελέτη των δομών, των ποσοτήτων, των μεταβολών και του χώρου. Η μελέτη αυτή πραγματοποιείται μέσω της παραγωγικής σκέψης, ενώ τα αποτελέσματά της οργανώνονται σε ένα σύστημα κανόνων, αξιών και διαδικασιών τεκμηρίωσης και επαλήθευσης των πορισμάτων αυτών (Χασάπης, 2006). Από την άλλη πλευρά, σκοπός της λογοτεχνίας είναι να εξοικειώσει και να μνήσει τους μαθητές στο λογοτεχνικό ύφος με την ανάγνωση και μελέτη λογοτεχνικών κειμένων,

προωθώντας έτσι την αποκλίνουσα σκέψη και καθιστώντας εμφανή την αμφιλεγόμενη φύση διαφόρων φαινομένων (Καρατάσου & Παναούρα, 2010; Μακρής, 2012).

Το ερώτημα που προκύπτει είναι αν υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης των δύο αυτών τομέων, δημιουργώντας μία γέφυρα ένωσης του πραγματικού και φανταστικού κόσμου, όπου μέσω αναλογιών και μεταφορών να είναι δυνατή η κατανόηση νέων εννοιών (Μακρής, 2012). Και στους δύο τομείς σημαντικό ρόλο παίζει η γλώσσα, η οποία σχετίζεται με τη σκέψη. Η γλώσσα των Μαθηματικών ανάγεται σε λογικο-επιστημονικό επίπεδο ενώ η γλώσσα της λογοτεχνίας σε αφηγηματικό επίπεδο. Παρόλο που η γλώσσα του ενός τομέα είναι ανεξάρτητη του άλλου, φαίνεται να συμπληρώνει η μία την άλλη, προσεγγίζοντας έτσι τον ολιστικό τρόπο σκέψης (Κολέζα, 2007). Επιπλέον, η σχέση ανάμεσα στα Μαθηματικά και τη λογοτεχνία φαίνεται να είναι και αμφίδρομη, αφού τα Μαθηματικά ασκούν επιρροή στη συγγραφή λογοτεχνικών κειμένων, ενώ η λογοτεχνική γλώσσα βοηθά στην κατανόηση της μαθηματικής γλώσσας (Koehler, 1982).

Ορισμός «μαθηματικής λογοτεχνίας»

Η στενή αυτή σχέση των Μαθηματικών και της λογοτεχνίας, η συγγραφή λογοτεχνικών έργων με μαθηματικές έννοιες και η όλο αυξανόμενη συχνότητα έκδοσης λογοτεχνικών κειμένων που σχετίζονται με Μαθηματικά οδήγησαν στην ανάγκη δημιουργίας μίας ειδικής κατηγορίας έργων, τη μαθηματική λογοτεχνία. Ο Μηλιώνης (2001) υποστηρίζει πως η λογοτεχνία ονομάζεται μαθηματική λογοτεχνία όταν σχετίζεται με θέματα Μαθηματικών. Η Leary (2004) ορίζει τη μαθηματική λογοτεχνία σε γενικότερο επίπεδο, επισημαίνοντας πως ένα πλήρες έργο μαθηματικής λογοτεχνίας οφείλει να περιλαμβάνει επίπεδα νοημάτων, με σκοπό να ενδυναμώσει τη σχέση του αναγνώστη με τα Μαθηματικά με φυσικό τρόπο, να δημιουργήσει ευκαιρίες στον αναγνώστη να χρησιμοποιήσει τα Μαθηματικά σε δραστηριότητες που έχουν νόημα για αυτόν καθιστώντας τα Μαθηματικά ευχάριστη ενασχόληση, να προκαλέσει τον αναγνώστη να ανακαλύψει τη νέα γνώση με τις εμπειρίες του, να ενθαρρύνει την περιέργειά του, την ικανότητα διαλόγου και τη λογική και αφηγηματική συνέπεια. Σύμφωνα με το Μιχαηλίδη (2007), με τον όρο «μαθηματική λογοτεχνία» ορίζεται κάθε μορφή μυθοπλασίας στην οποία τα Μαθηματικά παίζουν καθοριστικό ρόλο, είτε γιατί οι ήρωες σχετίζονται άμεσα με αυτά είτε γιατί η πλοκή της ιστορίας αφορά μαθηματικές έννοιες.

Οφέλη χρήσης της μαθηματικής λογοτεχνίας

Με τη σωστή χρήση έργων μαθηματικής λογοτεχνίας μπορεί να επιτευχτεί η ολόπλευρη ανάπτυξη των μαθητών. Σύγχρονες μελέτες υποστηρίζουν ότι η μαθηματική λογοτεχνία έχει πολλά οφέλη για τους μαθητές (Μακρής, 2012; Ντούλια, 2010). Αρχικά, οι μαθητές, προσπαθώντας να κατανοήσουν τη νέα γνώση βασίζονται στις εμπειρίες τους, με αποτέλεσμα την επέκταση των πρότερων γνώσεών τους (Halsey & Elliott, 2007; Λεμονίδης & Καϊάφα, 2011; Μακρής, 2012). Η επέκταση αυτή πραγματοποιείται σε ένα γνωστό και ευχάριστο πλαίσιο για αυτούς, διότι είναι εξοικειωμένοι με τα βιβλία παιδικής λογοτεχνίας, η γραφή των οποίων είναι περισσότερο φιλική από τα σχολικά βιβλία (Halsey & Elliott, 2007). Επιπλέον, η μαθηματική λογοτεχνία δίνει τη δυνατότητα στον

εκπαιδευτικό να οργανώσει τη διδασκαλία του σε ένα ευρύ φάσμα πεδίου και στυλ μάθησης, ανάλογα με τις ανάγκες των μαθητών. Η ανάγνωση του κειμένου και η επανάληψή του οδηγεί τους μαθητές στην κατανόηση επιστημονικών εννοιών και δεξιοτήτων μέσα από διαφορετικά στάδια ανάπτυξης, οικοδομώντας, έτσι, κάθε μαθητής τη γνώση με προσωπικούς ρυθμούς (Halsey & Elliott, 2007; Παρασχιδής, 2007). Ακόμη, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να κατανοήσουν μαθηματικές έννοιες σε βάθος (Δεληγιαννάκη κ.ά., 2014; Halsey & Elliott, 2007; Καρατάσου & Παναούρα, 2010; Ντούλια, 2010), γνωρίζοντας την ιστορική τους εξέλιξη, προσδίδοντας νόημα σε αυτές και αναγνωρίζοντας τη δυναμική τους φύση (Sriraman, 2004).

Επιπροσθέτως, μέσω της μαθηματικής λογοτεχνίας οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να συνδέσουν τις μαθηματικές έννοιες που διδάσκονται με τον πραγματικό κόσμο. Με αυτό τον τρόπο τα Μαθηματικά αποκτούν ενδιαφέρον, ενώ γεγονότα της καθημερινότητας των μαθητών εξηγούνται με μαθηματικό τρόπο σκέψης (Halsey & Elliott, 2007; Καρατάσου & Παναούρα, 2010; Παρασχιδής, 2007). Μόλις οι μαθητές αντιληφθούν τη σχετικότητα των πληροφοριών που λαμβάνουν και κατανοήσουν τεχνικές επίλυσης προβλημάτων, είναι ικανοί για μεταφορά των γνώσεων και λύση προβλημάτων στην πραγματική ζωή (Forbes-Macphail, 2013; Halsey & Elliott, 2007; Παρασχιδής, 2007). Η μαθηματική λογοτεχνία, ακόμη, μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο εξοικείωσης των μαθητών και εκμάθησης της έκφρασης με μαθηματικούς όρους. Μέσα από κείμενα μαθηματικής λογοτεχνίας οι μαθητές εξοικειώνονται με τη μαθηματική ορολογία και εμπλουτίζουν το λεξιλόγιό τους (Halsey & Elliott, 2007; Ντούλια, 2010; Τρέσσου & Μητακίδου, 2005). Επιπλέον, οι μαθητές μαθαίνουν να εκφράζονται, να αναλύουν, να επεξεργάζονται, να εξηγούν, να επιχειρηματολογούν και να διαπραγματεύονται, αναπτύσσοντας, έτσι, κριτική σκέψη (Δεληγιαννάκη κ.ά., 2014; Μακρής, 2012; Ντούλια, 2010; Παρασχιδής, 2007). Μέσα από το διάλογο έρχονται σε γνωστική σύγκρουση, επιβεβαιώνουν ή απορρίπτουν τις πρότερες προϋπάρχουσες ιδέες τους, αναπτύσσοντας ανώτερες νοητικές λειτουργίες (Δεληγιαννάκη κ.ά., 2014; Λεμονίδης & Καϊάφα, 2011). Επίσης, μέσω της μαθηματικής λογοτεχνίας προωθείται η φυσική περιέργεια των μαθητών (Halsey & Elliott, 2007; Λεμονίδης & Καϊάφα, 2011), η φαντασία, η δημιουργικότητα, (Ντούλια, 2010) και η διεξοδική εξερεύνηση επιστημονικών αρχών (Halsey & Elliott, 2007).

Τέλος, έρευνες έχουν δείξει ότι χρησιμοποιώντας έργα μαθηματικής λογοτεχνίας κατά τη διδασκαλία μειώνεται το άγχος των μαθητών, αυξάνεται η αυτοεκτίμηση, τα κίνητρα και οι προσδοκίες τους, ενώ παράλληλα οι μαθητές υιοθετούν μία πιο θετική στάση απέναντι στα Μαθηματικά (Τρέσσου & Μητακίδου, 2005; Δεληγιαννάκη κ.ά., 2014; Sriraman, 2004).

Κριτήρια αξιολόγησης έργων μαθηματικής λογοτεχνίας

Η μαθηματική λογοτεχνία, όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο στα χέρια του εκπαιδευτικού, με τη χρήση του οποίου μπορεί να καταστεί η διδασκαλία των Μαθηματικών ευχάριστη και με νόημα για τους μαθητές προσεγγίζοντας με διαθεματικό τρόπο τη γνώση (Ντούλια, 2010). Ωστόσο, η επιλογή ενός έργου μαθηματικής

λογοτεχνίας κατάλληλου για διδασκαλία είναι δύσκολο εγχείρημα. Οι Halsey και Elliott (2007) έπειτα από έρευνα παιδικών βιβλίων συμπέραναν ότι ενώ το λογοτεχνικό περιεχόμενο ήταν καλό, το επιστημονικό υστερούσε. Έτσι πρότειναν ένα εργαλείο, το οποίο αποτελείται από 14 ερωτήσεις κλειστού τύπου με κλίμακα Likert πέντε σημείων και 4 ανοιχτές ερωτήσεις και εξετάζει τόσο το επιστημονικό περιεχόμενο όσο και τα λογοτεχνικά χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα, το συγκεκριμένο εργαλείο εξετάζει αν τα γεγονότα του έργου παρουσιάζονται με σαφή τρόπο, λογική συνοχή και σε πραγματική διάσταση. Επιπλέον, εξετάζει κατά πόσο το έργο είναι σύμφωνο με την επικρατούσα επιστημονική άποψη, ώστε να μη δημιουργηθούν παρανοήσεις αλλά και αν είναι απαλλαγμένο από προκαταλήψεις διαφόρων μορφών και προωθεί θετική στάση προς την επιστήμη. Επιπροσθέτως, ελέγχει την αξιοπιστία του συγγραφέα και την καταλληλότητα του έργου για το ακροατήριο για το οποίο προορίζεται, ενώ παράλληλα διερευνά και την εικονογράφηση του έργου: αν είναι σύμφωνη με το κείμενο και ακριβής ως προς το μέγεθος, το χρώμα και την κλίμακα. Τέλος, αναφέρεται στα θετικά και αρνητικά λογοτεχνικά και επιστημονικά χαρακτηριστικά του έργου.

ΠΑΡΑΜΥΘΙ «ΜΑΛΛΙΑ ΚΟΥΒΑΡΙΑ»

Το «Μαλλιά Κουβάρια» αποτελεί μία διδακτική πρόταση για τη διδασκαλία των Μαθηματικών της Στ΄ Δημοτικού και είναι βασισμένο στο παραμύθι «Ραπουνζέλ» (1698) των αδελφών Γκριμ. Ωστόσο, η πρωτότυπη έκδοση των Γκριμ ήταν λακωνική με ελάχιστες δυνατότητες εισαγωγής μαθηματικών εννοιών και ελάχιστη δράση. Για αυτό το λόγο προτιμήθηκε η διασκευή της Ντίσνεϋ (2010), με τίτλο «Μαλλιά Κουβάρια», η οποία παρουσιάζει περισσότερες δυνατότητες εισαγωγής Μαθηματικών και περισσότερες σκηνές δράσης, κάνοντας το παραμύθι περισσότερο ενδιαφέρον στο μαθητή. Το παραμύθι έχει εικονογραφηθεί χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες με την αφήγηση εικόνες της Ντίσνεϋ. Είναι χωρισμένο σε πέντε τμήματα, ανάλογα με τις μαθηματικές έννοιες στις οποίες αναφέρεται, ενώ στο τέλος κάθε τμήματος παρουσιάζονται σχετικές ερωτήσεις κατανόησης, εμπάθνσης και επεξεργασίας των εννοιών αυτών. Ο διαχωρισμός αυτός κρίθηκε απαραίτητος ώστε σε μία διδασκαλία ο μαθητής να μην υποστεί γνωστική υπερφόρτωση λόγω των πολλών πληροφοριών και των εννοιών που μελετώνται μέσω του παραμυθιού.

Παρουσίαση τμημάτων του παραμυθιού

Μια φορά κι έναν καιρό, σε ένα μακρινό τόπο, υπήρχε ένα ολοστρόγγυλο βασίλειο που απλωνόταν σε ακτίνα 15 χλμ. Μια μέρα, σε απόσταση περίπου 3 χλμ έξω από το βασίλειο αυτό, μια σταγόνα ηλιόφωτος έπεσε από τον ουρανό και μεταφορτώθηκε σε λουλούδι με μαγικές δυνάμεις που θεράπευαν τους ανθρώπους.

Μια ηλικιωμένη μάγισσα, με το όνομα Γκόθελ, το βρήκε και το κράτησε για τον εαυτό της, ώστε να διατηρείται νέα κι όμορφη αιώνια. Η μάγισσα Γκόθελ τραγουδούσε ένα μαθηματικό τραγούδι μπροστά στο λουλούδι για γεωμετρικά σχήματα και στερεά που, ενώ δεν αντιπροσωπεύουν το ίδιο, χρησιμοποιούνται καταχρηστικά ως ίδια. Τότε το λουλούδι έλαμπε και με τις μαγικές του ιδιότητες την έκανε 60 χρόνια νεότερη. Ωστόσο,

η διάρκεια της νεότητας αυτής μειωνόταν κάθε φορά που χρησιμοποιούσε το λουλούδι κατά ένα χρόνο. Έτσι, η μάγισσα Γκόθελ χρειαζόταν το λουλούδι όλο και πιο συχνά στο πέρασμα των αιώνων.

Αιώνες αργότερα, η βασίλισσα αυτού του βασιλείου αρρώστησε κατά τη διάρκεια εγκυμοσύνης κι οι υπήκοοί της αναζήτησαν θεραπεία σε ολόκληρο το βασίλειο και πέρα από αυτό. Ευτυχώς, ανακάλυψαν το κρυμμένο λουλούδι και χρησιμοποίησαν τα μαγικά του πέταλα για να θεραπεύσουν τη βασίλισσα. Αυτή έφερε στον κόσμο ένα όμορφο κοριτσάκι, τη Ραπουνζέλ, που γεννήθηκε έχοντας όλες τις μαγικές δυνάμεις του στα μαλλιά της.

Η μάγισσα Γκόθελ έμαθε τι συνέβη στο λουλούδι και το επόμενο βράδυ προσπάθησε να κλέψει μια τούφα από τα μαλλιά της Ραπουνζέλ. Αντλήφθηκε, όμως, ότι αν έκοβε τα μαλλιά της, αυτά έχαναν τις μαγικές τους δυνάμεις. Εγώστρια, όπως ήταν, απήγαγε την πριγκίπισσα για να κρατήσει για τον εαυτό της τις μαγικές δυνάμεις των μαλλιών της.

Ο βασιλιάς κι η βασίλισσα αναζητούσαν για μήνες πολλούς την κόρη τους μέσα κι έξω από το βασίλειο –έστειλαν όλους τους υπηκόους του βασιλείου να ψάξουν παντού για την πριγκίπισσα. Όρισαν αρχηγό τον κύριο π, ο οποίος σχεδίασε την έρευνα.

Διέταξε κάποιους υπηκόους, την ομάδα Μ.Κ, να σταθούν τριγύρω από το βασίλειο, πάνω στη γραμμή των συνόρων του, ο ένας δίπλα στον άλλον σαν φράχτης, ώστε αν κάποιος από το βασίλειο απήγαγε την πριγκίπισσα να μην μπορεί να την βγάλει έξω από αυτό.

Διέταξε και κάποιους ακόμη, την ομάδα, Ε.Κ.Δ., να ψάξουν όλη την επιφάνεια του βασιλείου αναζητώντας τη Ραπουνζέλ. Ο κύριος π επικοινωνούσε με τις ομάδες με γουόκι τόκι. Έμπειρος από τέτοιες έρευνες, είχε ορίσει ένα συνθήμα για την κάθε ομάδα, σχετικό με το όνομά της και τα χαρακτηριστικά της, ώστε να μην μπει κανένας ξένος στη συνομιλία τους και του δώσει ψεύτικες πληροφορίες.

Οι υπήκοοι κάλυψαν χιλιόμετρα πολλά –τόσο που στο τέλος έλιωσαν οι πάτοι από τα παπούτσια τους! – κι έτσι ο βασιλιάς όρισε μια τρίτη ομάδα για να ψάξει ακόμη 15 χλμ πέρα από την περιφέρεια του κύκλου που απλωνόταν το βασίλειο, περνώντας και τη θάλασσα.

Όμως, η μάγισσα Γκόθελ είχε κλειδώσει τη Ραπουνζέλ σε έναν ψηλό πύργο βαθιά κρυμμένο μέσα στο δάσος, σε μέρος που καμιά ομάδα δεν έφτασε.

1. Μπορείς να φανταστείς τι σημαίνουν τα αρχικά των ομάδων των υπηκόων Μ.Κ. και Ε.Κ.Δ.;

2. Πώς θα ονόμαζες την τρίτη ομάδα των υπηκόων;

3. Μπορείς να φανταστείς ποια είναι τα συνθήματα που σκέφτηκε ο κύριος π για να επικοινωνεί με τις ομάδες;

4. Πόσους υπηκόους είχε η ομάδα Μ.Κ.;

5. Ποιος στο καλό είναι ο κύριος π;

6. Τι θα συνέβαινε με τις ομάδες των υπηκόων, αν το βασίλειο ήταν τρίγωνο με εμβαδόν ίσο με το υπάρχον;

7. Πού βρισκόταν ο πύργος που ήταν κλειδωμένη η Ραπουνζέλ;

Έτσι, πέρασαν τα χρόνια, χωρίς να βρεθεί η πριγκίπισσα, ενώ η μάγισσα Γκόθελ την ανέτρεφε σαν δική της παιδί. Φυσικά, η Ραπουνζέλ δεν κουρεύτηκε ποτέ όλα αυτά τα χρόνια, παρόλο που τα μαλλιά της μάκραιναν πολύ γρήγορα, 7 εκατοστά κάθε μήνα!! Και κάθε φορά που περνούσε η επίδραση του ξορκιού νεότητας, η μάγισσα Γκόθελ επισκεπτόταν τη Ραπουνζέλ στον πύργο της, ώστε να ξαναγίνει νέα. Και κάθε φορά η Ραπουνζέλ την παρακαλούσε να την αφήσει να βγει από τον πύργο, έστω για μια μέρα. Όμως, η απάντηση της Γκόθελ ήταν πάντα η ίδια. Θα της έλεγε ένα γρίφο. Αν κατάφερνε να τον λύσει, θα πήγαινε βόλτα γύρω από τον πύργο. Αν, όμως, όχι, θα τραγουδούσε μαζί της το μαγικό τραγούδι.

Η Ραπουνζέλ, φυσικά, κάθε φορά συμφωνούσε, αλλά ποτέ δεν μπορούσε να λύσει το γρίφο, αφού ήξερε ελάχιστα Μαθηματικά. Έτσι, τραγουδούσε μαζί με τη Γκόθελ το μαγικό τραγούδι και η Γκόθελ γινόταν και πάλι νέα.

Παράλληλα, ο βασιλιάς και η βασίλισσα δυστυχισμένοι που δεν έβρισκαν τη μονάκριβη κόρη τους, κάθε χρόνο στα γενέθλιά της έστελναν όλο και περισσότερα φαναράκια στον ουρανό, σα σημάδι για να την οδηγήσουν στο σπίτι της. Στα πρώτα γενέθλια της, άφησαν στον ουρανό 2 φαναράκια – 1 ο βασιλιάς και 1 η βασίλισσα. Το δεύτερο χρόνο άφησαν περισσότερα και κάθε χρόνο άφηναν περισσότερα φαναράκια σε αριθμό από ό,τι τον προηγούμενο σύμφωνα με ένα μαθηματικό μοντέλο, με σκοπό να ξεπεράσουν σε αριθμό τα αστέρια που φαίνονται στον ουρανό στα 18α γενέθλια της κόρης τους. Η Ραπουνζέλ μεγάλωνε, χωρίς να ξέρει ότι τα πανέμορφα και παράξενα φαναράκια στον ουρανό, που έβλεπε από το παράθυρό της κάθε χρόνο στα γενέθλιά της, ήταν για εκείνη.

8. Μπορείς να ανακαλύψεις ένα μαθηματικό μοντέλο, ώστε οι γονείς της Ραπουνζέλ να πετύχουν το στόχο τους;

9. Μπορείς να υποθέσεις το τραγούδι του ξορκιού νεότητας;

Μια μέρα πριν τα 18α γενέθλιά της, η Ραπουνζέλ παρακάλεσε την Γκόθελ να την αφήσει να βγει από τον πύργο για να δει από κοντά τα φαναράκια. Η Γκόθελ τότε της είπε το παρακάτω γρίφο: «Αν αύριο με το μαγικό τραγούδι γίνω νέα για δύο χρόνια, πόσες φορές θα έχω χρησιμοποιήσει το μαγικό τραγούδι;». Η Ραπουνζέλ σκέφτηκε πως αφού θα γίνει για 2 χρόνια νέα, $18/2=9$, άρα θα έχει χρησιμοποιήσει 9 φορές το τραγούδι. Η Γκόθελ της είπε πως κάνει λάθος και απογοητευμένη η Ραπουνζέλ της ζήτησε να την αφήσει μόνη.

Λίγη ώρα αργότερα, ο Φλιν Ράντερ, ένας χαρισματικός και πολύ ψηλός -περίπου 2 μέτρα- κλέφτης, τρέχοντας στο δάσος να αποφύγει τους εχθρούς του, βρέθηκε μπροστά από τον κρυμμένο πύργο της Ραπουνζέλ.

Αλαφιασμένος από τον πανικό του, σκαρφάλωσε στον πύργο, χρησιμοποιώντας τα βέλη από το τόξο του και μόλις τρύπωσε στο δωμάτιο της Ραπουνζέλ από το παράθυρο, ένα τηγάκι του ήρθε στο κεφάλι και τον έκανε να λιποθυμήσει. Η Ραπουνζέλ, πεπεισμένη από τη μάγισσα Γκόθελ για την κακία του έξω κόσμου, τρώμαξε με την παρουσία του Φλιν και προσπάθησε να προσπατήσει τον εαυτό της.

Μετά από λίγα λεπτά, ο Φλιν συνήλθε κι η Ραπουνζέλ τον ξαναχτύπησε με το τηγάκι στο κεφάλι, αφού δεν έβρισκε άλλο τρόπο να τον ακινητοποιήσει. Μετά από πολλά καρούμπαλα στο κεφάλι του, ο Φλιν έπεισε τη Ραπουνζέλ ότι δεν θέλει να της κάνει κακό.

Μάλιστα, της υποσχέθηκε ότι θα τη βοηθήσει να βρει την πηγή των παράξενων αστεριών-των πανέμορφων φαναριών, που τόσο ήθελε. Έτσι, λοιπόν, ξεκίνησαν μαζί να πάνε προς το παλάτι.

10. Πιστεύεις η Ραπουνζέλ έλυσε όντως λάθος το γρίφο της Γκόθελ; Γιατί; Εσύ πώς θα τον έλυνες αν ήσουν στη θέση της;

11. Τα μαλλιά της Ραπουνζέλ ήταν τόσο μακριά, ώστε να τυλίξει το Φλιν με αυτά, την πρώτη φορά που μήκη στον πύργο και να τον ακινητοποιήσει (γλυτώνοντας, έτσι πολλά καρούμπαλα!);

Με τα πρώτα βήματά της έξω από τον πύργο, η Ραπουνζέλ αντιλήφθηκε σιγά σιγά ότι ο έξω κόσμος δεν ήταν τόσο τρομακτικός όσο τον είχε παρουσιάσει η μάγισσα Γκόθελ. Στο ταξίδι τους συνάντησαν πολύ κόσμο, όπως το Γουίνι το αρκουδάκι με την φουσκωτή σαν αβγό κοιλιά, τον γκρινιάρη νάνο που γκρινίαζε, γιατί οι υπόλοιποι έξι πήγαν στη δουλειά χωρίς να τον περιμένουν και την αδελφή τη Αλίκης που την έμαχνε μέσα στο δάσος, για να της δώσει κουλούρια για κολατσιό.

Ωστόσο, η Ραπουνζέλ μαγεύτηκε ιδιαίτερα με την ομορφιά του έξω κόσμου, όταν ο Φλιν την πήγε βαρκάδα στα ανοιχτά για να δουν τα φαναράκια να πετούν και να σηκώνονται ψηλά πάνω από το βασίλειο. Τότε, ήταν κι η στιγμή που υποσχέθηκε στον εαυτό της ότι δεν θα αφήσει τη μάγισσα Γκόθελ να την κλείσει ξανά στον πύργο.

Όμως, η μάγισσα Γκόθελ ανακάλυψε τη φυγή της Ραπουνζέλ και αμέσως άρχισε να την ψάχνει. Στο δρόμο της, συνάντησε τους εχθρούς του Φλιν και τους πήρε μαζί της μήπως τους χρειαστεί -κι όντως τους χρειάστηκε. Όταν βρήκε το Φλιν και τη Ραπουνζέλ στην άκρη της λίμνης, κατάφερε να απομονώσει τη Ραπουνζέλ και οι εχθροί του Φλιν τον έπιασαν και τον πήραν μακριά.

Έτσι, η Γκόθελ έπεισε τη Ραπουνζέλ ότι ο Φλιν την πρόδωσε, αφού της είπε πως το μόνο που ήθελε ήταν να την απαγάγει για τα μαλλιά της. Η Ραπουνζέλ, πληγωμένη και μη γνωρίζοντας την αλήθεια, επέτρεψε στη μάγισσα Γκόθελ να την πάρει πίσω στο πύργο.

Καθώς η Ραπουνζέλ γύριζε στον πύργο με τη μάγισσα Γκόθελ, ο Φλιν κατάφερε να απελευθερωθεί από τους εχθρούς του. Αμέσως, κατάλαβε ότι η Γκόθελ είχε πάρει τη Ραπουνζέλ και ξεκίνησε πάνω στο άλογό του προς τον πύργο, ώστε να τη σώσει. Ο Φλιν γνώριζε το πονηρό μυαλό και τις μαγικές δυνάμεις της μάγισσας Γκόθελ, γι αυτό σκέφτηκε να ζητήσει βοήθεια από φίλους του.

Πηγαίνοντας προς το πύργο, πέρασε από το σπίτι της Χιονάτης, που ζούσε με τους νάνους κι αυτοί αμέσως δέχτηκαν να τον βοηθήσουν. Πίστευε πως οι νάνοι με το μικρό τους ύψος (ο πιο κοντός ήταν 1 μέτρο ακριβώς και οι υπόλοιποι ήταν ο ένας 1 εκατοστό πιο ψηλός από τον άλλον) θα μπορούσαν να κρυφτούν καλά σε περίπτωση ανάγκης.

Στη συνέχεια, βρήκε την Αλίκη που μόλις γύρισε από τον κόσμο των θαυμάτων, έχοντας πια το κανονικό της ύψος, μόλις 153 εκατοστά και κρατώντας ένα μπουκαλάκι με μια σταγόνα από το μαγικό φίλτρο, όπου αρκούσε για να ψηλώσει κανείς 7 φορές.

Όλοι μαζί, σαν μια ομάδα, έφτασαν μπροστά από τον πύργο της Ραπουνζέλ. Μόλις τους αντιλήφθηκε η μάγισσα Γκόθελ, έσπασε τα σκαλιά που οδηγούσαν στην πόρτα της Ραπουνζέλ, απομένοντας ο πύργος με το 50% των αρχικών σκαλιών του,

δηλαδή με 75 σκαλιά 90 χιλιοστών. Ο Φλιν αμέσως άρπαξε τα σύνεργά του για να σκαρφαλώσει στον πύργο, όμως η μάγισσα Γκόθελ έκανε ένα ξόρκι που έκανε τον τοίχο λείο και δεν μπορούσε να σκαρφαλώσει κανείς. Αναγκαστικά, ο Φλιν κι η παρέα του έπρεπε να σκεφτούν έναν άλλον τρόπο για να μπει ο Φλιν στο δωμάτιο της Ραπουνζέλ και να τη σώσει.

12. Μπορείς να βοηθήσεις το Φλιν και την παρέα του για να μπει στο δωμάτιο της Ραπουνζέλ;

Μετά από πολλή σκέψη, ο Φλιν και η ομάδα του βρήκαν τρόπο για να μπει στο δωμάτιο της Ραπουνζέλ. Όμως, μόλις μπήκε από το παράθυρο, η μάγισσα Γκόθελ, θολωμένη από το φόβο μήπως χάσει για πάντα την νεότητά της, τον μαχαίρωσε στην πλάτη. Βλέποντας το Φλιν να υποφέρει, η Ραπουνζέλ έκανε μια συμφωνία με τη μάγισσα Γκόθελ· θα παρέμενε κλεισμένη στον πύργο και θα της τραγουδούσε, όποτε αυτή ήθελε, αν τη βοηθούσε να θεραπεύσει το Φλιν.

Εκείνη τη στιγμή, ο Φλιν έκοψε τα χρυσαφένια μαλλιά της Ραπουνζέλ με ένα σπασμένο κομμάτι καθρέφτη για να την ελευθερώσει από τη φοβερή τυραννία της μάγισσας Γκόθελ και λιποθύμησε στα χέρια της Ραπουνζέλ. Η Γκόθελ, βλέποντας τα χρυσαφένια μαλλιά της Ραπουνζέλ να γίνονται καστανά και άχρηστα, έχασε την ισορροπία της κι έπεσε από τον πύργο. Είχε γίνει πολύ γριά και μετατράπηκε σε σκηνή πριν ακόμη χτυπήσει στο έδαφος.

Η πριγκίπισσα, με ραγισμένη καρδιά από τον πόνο που έχασε το Φλιν, τραγούδησε με δάκρυα στα μάτια το τραγούδι που είχε κρατήσει ζωντανή και νέα τη διαβολική μητριά της στο πέρασμα του χρόνου. Εκείνη τη στιγμή, ένα μαγικό δάκρυ κύλησε κι έπεσε στο μάγουλο του Φλιν, επιστρέφοντας τον πίσω στη ζωή!

Η Ραπουνζέλ και ο Φλιν πρώτα ευχαρίστησαν τους φίλους τους για την πολύτιμη βοήθεια τους και στη συνέχεια γύρισαν πίσω στο βασίλειο. Η Ραπουνζέλ, αφού ανακάλυψε ότι ήταν η χαμένη πριγκίπισσα, αγκάλιασε τους γονείς της μετά από τόσα χρόνια, οι οποίοι την καλωσόρισαν στο σπίτι της.

Κι έζησαν αυτοί καλά κι εμείς καλύτερα...

13. Μέσα στο παραμύθι, αναφέρονται πολλά αντικείμενα που έχουν μορφή γεωμετρικών σχημάτων και στερεών. Μπορείς να τα εντοπίσεις; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

14. Σχεδίασε το βασίλειο, εκεί που έφτασε η τρίτη ομάδα υπηκόων, τον πύργο που ήταν κλειδωμένη η Ραπουνζέλ και το σημείο που ήταν αρχικά το μαγικό λουλούδι με αναλογία 1χλμ/1εκ.

Ανάλυση παραμυθιού

Στη συνέχεια πραγματοποιείται σχολιασμός και ανάλυση των ερωτήσεων που παρουσιάστηκαν στο παραμύθι.

1. Μπορείς να φανταστείς τι σημαίνουν τα αρχικά των ομάδων των υπηκόων Μ.Κ. και Ε.Κ.Δ.;, 2. Πώς θα ονόμαζες την τρίτη ομάδα των υπηκόων;, 3. Μπορείς να φανταστείς ποια είναι τα συνθήματα που σκέφτηκε ο κύριος π για να επικοινωνεί με τις ομάδες;

Στις τρεις πρώτες ερωτήσεις οι μαθητές καλούνται να συνδυάσουν τις αρμοδιότητες κάθε ομάδας και να κατανοήσουν τη λειτουργία τους, ώστε να μαντέψουν την ονομασία τους αλλά και τη σχέση τους με τον αριθμό π , ανατρέχοντας σε γνώσεις γεωμετρίας.

4. *Πόσους υπηκόους είχε η ομάδα Μ.Κ.;*

Οι μαθητές καλούνται να σκεφτούν πόσα άτομα χρειάζονται για να καλύψουν το μήκος του κύκλου. Με αυτό τον τρόπο συσχετίζουν τον όγκο με το μήκος και αντιμετωπίζουν πρακτικά το πρόβλημα.

5. *Ποιος στο καλό είναι ο κύριος π ;*

Η ερώτηση αυτή δεν αφορά κάποιο μαθηματικό υπολογισμό, αλλά οι μαθητές ενθαρρύνονται να αναζητήσουν πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό π .

6. *Τι θα συνέβαινε με τις ομάδες των υπηκόων, αν το βασίλειο ήταν ορθογώνιο παραλληλόγραμμο με εμβαδόν ίσο με το υπάρχον;*

Αρχικά, οι μαθητές πρέπει να σκεφτούν τα ονόματα των ομάδων και έπειτα τον πληθυσμό της ομάδας που αναφέρεται στην περίμετρο του ορθογώνιου παραλληλογράμμου. Εισάγοντας μια νέα συνθήκη, γίνεται φανερό κατά πόσο κατανόησαν τις έννοιες της περιμέτρου και του εμβαδού, ενώ επιτυγχάνεται παράλληλα η μεταφορά και η γενίκευση γνώσης.

7. *Πού βρισκόταν ο πύργος που ήταν κλειδωμένη η Ραπουνζέλ;*

Η ερώτηση αυτή είναι ανοιχτού τύπου και οι μαθητές οφείλουν να έχουν καταλάβει τη λειτουργία και των τριών ομάδων των υπηκόων, ώστε να απαντήσουν.

8. *Μπορείς να ανακαλύψεις ένα μαθηματικό μοντέλο, ώστε οι γονείς της Ραπουνζέλ να πετύχουν το στόχο τους;*

Αρχικά, οι μαθητές πρέπει να αναζητήσουν τον αριθμό των αστεριών που φαίνονται στον ουρανό από ένα σημείο, εμπλέκοντας έτσι και στοιχεία αστρονομίας. Έπειτα, πρέπει να προσπαθήσουν να κατασκευάσουν ένα μοντέλο, το οποίο έχει πρώτο όρο το 2 και δέκατο όγδοο όρο περίπου 2500, όπου 2500 τα αστέρια του ουρανού που φαίνονται στον ουρανό από συγκεκριμένο σημείο, μικρός αριθμός συγκριτικά με τα αστέρια του γαλαξία μας (Garber, 2013).

9. *Μπορείς να υποθέσεις το τραγούδι του ζορκιού νεότητας;*

Η ερώτηση προκαλεί τους μαθητές να αναζητήσουν στοιχεία που θα τους βοηθήσουν να μαντέψουν το μαγικό τραγούδι. Θα πρέπει λοιπόν να αναζητήσουν τα γεωμετρικά σχήματα και στερεά, τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά αυτών και να αναλογιστούν ποια χρησιμοποιούνται καταχρηστικά ως ίδια. Ο εκπαιδευτικός ενθαρρύνει τους μαθητές να συνθέσουν ένα ποίημα εμβαθύνοντας σε έννοιες της γεωμετρίας και να δημιουργήσουν οι ίδιοι κείμενο μαθηματικής λογοτεχνίας.

10. *Πιστεύεις η Ραπουνζέλ έλυσε όντως λάθος το γρίφο της Γκόθελ; Γιατί; Εσύ πώς θα τον έλυνες, αν ήσουν στη θέση της;*

Οι μαθητές καλούνται να αναζητήσουν στοιχεία που θα τους βοηθήσουν να λύσουν το γρίφο, ενώ μέσα από τη λανθασμένη απάντηση της Ραπουνζέλ έχουν τη δυνατότητα να διερευνήσουν τους λόγους που η απάντησή της δεν είναι σωστή, εμβαθύνοντας στις έννοιες της διαίρεσης και της προόδου. Ο εκπαιδευτικός μπορεί να προτείνει στους

μαθητές να χρησιμοποιήσουν έναν πίνακα, αν το κρίνει απαραίτητο, βοηθώντας ταυτόχρονα μαθητές χωρικού τύπου νοημοσύνης να λύσουν το πρόβλημα.

11. Τα μαλλιά της Ραπουνζέλ ήταν τόσο μακριά, ώστε να τυλίξει το Φλιν με αυτά, την πρώτη φορά που μπήκε στον πύργο και να τον ακινητοποιήσει (γλυτώνοντας, έτσι, πολλά καρούμπαλα!);

Αφού βρουν το μήκος των μαλλιών της Ραπουνζέλ στα 18α γενέθλιά της, χρησιμοποιώντας πιθανόν τη μέθοδο των τριών, θα πρέπει να σκεφτούν έναν τρόπο να υπολογίσουν πόσα μέτρα μαλλιών χρειάζεται να τυλιχτεί ο Φλιν. Ο εκπαιδευτικός, αν κρίνει απαραίτητο, μπορεί να δώσει ένα μακρύ μαντήλι στους μαθητές, ώστε να τους βοηθήσει να σκεφτούν πώς λύνεται αυτό το πρόβλημα, προκαλώντας παράλληλα το ενδιαφέρον μαθητών σωματικού και χωρικού τύπου νοημοσύνης

12. Μπορείς να βοηθήσεις το Φλιν και την παρέα του για να μπει στο δωμάτιο της Ραπουνζέλ;

Οι μαθητές πρέπει να συσχετίσουν δεδομένα που αναφέρονται στο κείμενο, αρχικά για να βρουν το ύψος του πύργου και έπειτα για να βρουν τρόπο να μπει ο Φλιν στον πύργο. Είναι μια ανοιχτού τύπου ερώτηση, στην οποία εμπλέκονται διάφορες μαθηματικές έννοιες, όπως πρόσθεση, πολλαπλασιασμός, ποσοστά, αριθμητική πρόοδος, σύγκριση αριθμών, μετατροπή μονάδων μέτρησης μεγέθους.

13. Μέσα στο παραμύθι, αναφέρονται πολλά αντικείμενα που έχουν μορφή γεωμετρικών σχημάτων και στερεών. Μπορείς να τα εντοπίσεις; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

Οι μαθητές ξαναδιαβάζουν το παραμύθι, δίνοντας προσοχή και στις εικόνες, ώστε να εντοπίσουν τα σημεία που παρουσιάζονται γεωμετρικά σχήματα και στερεά. Έτσι συνδέουν έννοιες της γεωμετρίας με αντικείμενα του πραγματικού κόσμου, κατανοώντας τη σημασία και την εφαρμογή των Μαθηματικών στην καθημερινή ζωή. Επιπροσθέτως, μέσω της δικαιολόγησης οι μαθητές συνειδητοποιούν τις ιδιότητες των αντικειμένων του πραγματικού κόσμου ως γεωμετρικά σχήματα και στερεά. Επιπλέον, μέσω της επανάληψης του κειμένου, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να αντιμετωπίσουν έννοιες που σχολιάστηκαν προηγουμένως και πιθανόν δεν κατανόησαν. Έτσι, θέτουν ερωτήσεις, σχολιάζουν, δίνουν απαντήσεις και επιχειρηματολογούν.

14. Σχεδίασε το βασίλειο, εκεί που έφτασε η τρίτη ομάδα υπηκόων, τον πύργο που ήταν κλειδωμένη η Ραπουνζέλ και το σημείο που ήταν αρχικά το μαγικό λουλούδι με αναλογία 1χλμ/1εκ.

Οι μαθητές μέσω της κατασκευής του χάρτη με κλίμακα κατανοούν τις αναλογίες, ενώ μέσα από τη σύνδεση των Μαθηματικών με τη γεωγραφία/χαρτογράφηση αναγνωρίζουν τη σημασία των Μαθηματικών στην καθημερινή ζωή.

Το παραμύθι αποτελείται από 14 ερωτήσεις κλειστού και ανοιχτού τύπου, οι οποίες αφορούν μαθηματικές έννοιες που διδάσκονται στη Στ΄ Δημοτικού, σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών. Παράλληλα διακρίνονται τέσσερις άξονες ανάλυσης των ερωτήσεων: τύπος ερώτησης, μαθηματικές έννοιες που μελετά η ερώτηση, γνωστικά αντικείμενα που εμπλέκονται και τύπος νοημοσύνης που προκαλεί η ερώτηση. Αρχικά, υπάρχουν έξι τύποι ερωτήσεων, οι ερωτήσεις επίδοσης που αναφέρονται στην

τυποποιημένη γνώση είτε στη θεωρία είτε σε μαθηματικές πράξεις και συνήθως κυριαρχούν στα σχολικά εγχειρίδια, οι ερωτήσεις αιτίας που προκαλούν τους μαθητές να αναφερθούν στο γιατί συμβαίνει κάτι, οι διαστρέβλωσης στις οποίες αλλάζουν κάποια δεδομένα, οι κατασκευές, όπου οι μαθητές καλούνται να χτίσουν ένα μαθηματικό μοντέλο σύμφωνα με κάποιες αρχές, οι ανοιχτού τύπου, όπου υπάρχουν πολλές πιθανές απαντήσεις και τέλος οι ερωτήσεις του συλλογισμού, κατά τις οποίες παρουσιάζεται η απάντηση σε ένα ερώτημα και οι μαθητές καλούνται να σκεφτούν αν η απάντηση είναι σωστή ή όχι και να τη δικαιολογήσουν (Zazkis & Hazzan, 1998). Όσον αφορά στις μαθηματικές έννοιες που αναφέρονται στο παραμύθι αυτές σχετίζονται και με την άλγεβρα αλλά και τη γεωμετρία. Επιπλέον, γίνεται διασύνδεση των Μαθηματικών με τη γεωγραφία, την ιστορία, τη γλώσσα, τη λογοτεχνία και τη μουσική, ενώ οι ερωτήσεις αναφέρονται κυρίως σε πέντε τύπους νοημοσύνης: λεκτική, λογικομαθηματική, χωρική, σωματική, μουσική, ενδοπροσωπική, αν οι μαθητές εργάζονται ατομικά. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά κάθε ερώτησης σύμφωνα με τους προαναφερθέντες άξονες.

Πίνακας 8: Άξονες ανάλυσης ερωτήσεων παραμυθιού

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΤΥΠΟΣ ΕΡΩΤΗΣΗΣ	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	ΓΝΩΣΤΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ	ΤΥΠΟΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ
1	Επίδοσης	Μήκος κύκλος, εμβαδόν κυκλικού δίσκου	Γεωμετρία	Λεκτική, λογικομαθηματική, χωρική, ενδοπροσωπική
2	Επίδοσης/ ανοιχτού τύπου	Εξωτερικά σημεία κύκλου	Γεωμετρία	Λεκτική, λογικομαθηματική, χωρική, ενδοπροσωπική
3	Επίδοσης	Μήκος κύκλος, εμβαδόν κυκλικού δίσκου	Γεωμετρία,	Λεκτική, λογικομαθηματική, χωρική, ενδοπροσωπική
4	Επίδοσης/ ανοιχτού τύπου	Μήκος κύκλος, εμβαδόν κυκλικού δίσκου, πολλαπλασιασμός, διαίρεση, μετατροπή μονάδων μέτρησης απόστασης	Γεωμετρία, άλγεβρα	Λεκτική, λογικομαθηματική, χωρική, σωματική ενδοπροσωπική

5	Επίδοσης	Αριθμός π	Γεωμετρία, άλγεβρα, ιστορία	Λεκτική, λογικομαθημα- τική, ενδοπροσωπική
6	Διαστρέ- βλωσης/ ανοιχτού τύπου	Περίμετρος και εμβαδόν ορθογωνίου παραλληλογράμμο υ πρόσθεση, πολλαπλασιασμός, διαίρεση, μετατροπή μονάδων μέτρησης απόστασης	Γεωμετρία, άλγεβρα	Λεκτική, λογικομαθημα- τική, χωρική, σωματική ενδοπροσωπική
7	Επίδοσης/ ανοιχτού τύπου	Ακτίνα κύκλου, εξωτερικά σημεία κύκλου, πρόσθεση	Γεωμετρία, άλγεβρα	Λεκτική, λογικομαθημα- τική, χωρική, ενδοπροσωπική
8	Κατασκε- υής/ ανοιχτού τύπου	Πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμός, διαίρεση, συνάρτηση	Άλγεβρα, αστρονομία	Λεκτική, λογικομαθημα- τική, ενδοπροσωπική
9	Κατασκε- υής/ ανοιχτού τύπου	Γεωμετρικά σχήματα και στερεά	Γεωμετρία, γλώσσα, λογοτεχνία, μουσική	Λεκτική, λογικομαθημα- τική, μουσική, ενδοπροσωπική
10	Κατασκε- υής/αιτίας/ συλλογι- σμού/ ανοιχτού τύπου	Πρόσθεση, αφαίρεση, πρόοδος	Άλγεβρα	Λεκτική, λογικομαθημα- τική, χωρική, ενδοπροσωπική
11	Επίδοσης/ ανοιχτού τύπου	Πρόσθεση, πολλαπλασιασμός, διαίρεση, μέθοδος των τριών	Άλγεβρα	Λογικομαθημα- τική, χωρική, σωματική, ενδοπροσωπική
12	Επίδοσης/ ανοιχτού τύπου	Πρόσθεση, πολλαπλασιασμός, ποσοστά, αριθμητική πρόοδος, σύγκριση	Άλγεβρα	Λεκτική, λογικομαθημα- τική, χωρική, σωματική, ενδοπροσωπική

		αριθμών, μετατροπή μονάδων μέτρησης μεγέθους		
13	Επίδοση/ αιτίας/ ανοιχτού τύπου	Γεωμετρικά σχήματα και στερεά	Γεωμετρία	Λεκτική, λογικομαθημα- τική, χωρική, ενδοπροσωπική
14	Κατασκευ- ής/ ανοιχτού τύπου	Αναλογία, μετατροπή μονάδων μέτρησης απόστασης	Άλγεβρα, γεωγραφία/ χαρτογράφη- ση, ζωγραφική	Λεκτική, λογικομαθημα- τική, χωρική,

Συμπερασματικά, το παραμύθι αποτελεί μια διαθεματική προσέγγιση στη διδασκαλία των Μαθηματικών, εμπλέκοντας στοιχεία και από άλλα γνωστικά αντικείμενα, όπως την αστρονομία, την ιστορία, τη γεωγραφία τη μουσική και τη ζωγραφική. Ωστόσο, δεν αποσκοπεί μόνο σε διδακτικούς στόχους, αλλά και στην οικειοποίηση των μαθητών με μαθηματικές έννοιες, όπως το μήκος κύκλου και οι μονάδες μέτρησης απόστασης και μεγέθους. Ακόμη, το παραμύθι ως πλαίσιο στοχεύει στη διαμόρφωση θετικής στάσης των μαθητών απέναντι στα Μαθηματικά και παράλληλα στην ψυχαγωγία τους. Επιπλέον, δίνοντας προσοχή στις εκφράσεις και τις λεπτομέρειες του παραμυθιού οι μαθητές γνωρίζουν τρόπους να κατανοούν και να αναλύουν ένα μαθηματικό κείμενο σε βάθος. Τέλος, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί, λόγω των Μαθηματικών εννοιών στις οποίες αναφέρεται, από τον εκπαιδευτικό ως μέσο επανάληψης της ύλης της Στ' Δημοτικού ή ως μέσο αντίχνευσης γνώσεων στην Α' Γυμνασίου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μαθηματική εκπαίδευση αποτελεί απαραίτητο παράγοντα για την επίτευξη της ολόπλευρης και ισόρροπης ανάπτυξης της προσωπικότητας των μαθητών. Η μεγάλη δυσκολία όμως που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην κατανόηση των Μαθηματικών εννοιών και η αρνητική στάση τους προς τα Μαθηματικά καθιστούν αναγκαία τη δημιουργία ενός πλαισίου διδασκαλίας των Μαθηματικών που θα είναι ευχάριστο και οικείο στους μαθητές και θα χαρακτηρίζεται από συγκινησιακές καταστάσεις και διαμόρφωση θετικών στάσεων. Η λογοτεχνία θα μπορούσε να αποτελέσει ένα τέτοιο πλαίσιο. Η μαθηματική λογοτεχνία αποτελεί ένα εργαλείο στα χέρια του εκπαιδευτικού, μέσω του οποίου οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να διδαχτούν και να κατανοήσουν μαθηματικές έννοιες με τον προσωπικό τους ρυθμό μέσα σε ένα ευχάριστο και νοηματοδοτούμενο για αυτούς περιβάλλον.

Το «Μαλλιά Κουβάρια» αποτελεί μία διδακτική πρόταση για τη διδασκαλία των μαθηματικών εννοιών που παρουσιάζονται στο βιβλίο τη Στ' Δημοτικού. Βασισμένο στο

παραμύθι της Ντίσνεϋ «Μαλλιά Κουβάρια» με κατάλληλη τροποποίηση και ανάλογη εικονογράφηση, επιχειρεί τη διδασκαλία μαθηματικών εννοιών. Μέσα από ερωτήσεις επίδοσης, αιτίας, διαστρέβλωσης, κατασκευής, ανοιχτού τύπου και συλλογισμού, γίνονται φανερές οι έννοιες που μελετώνται στο παραμύθι, συσχετίζοντας θεωρητικές γνώσεις με τον πραγματικό κόσμο των μαθητών, προκαλώντας ταυτόχρονα μαθητές με διαφορετικούς τύπους νοημοσύνης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δελιγιαννάκη, Ν., Περικλειάδης, Γ., Γαλανάκης, Ι., & Τζακαράκης, Ε. (2014). «Creativemathpathways.sch.gr»: μια ιστοσελίδα με «δημιουργικά Μαθηματικά» στη διαδικτυακή κοινότητα μάθησης, *Πρακτικά 5^{ου} Συνεδρίου της Ένωσης Ερευνητών της Διδακτικής των Μαθηματικών*, 14-16 Μαρτίου 2014. Φλώρινα.
- Εξαρχάκος, Θ. (1988). Διδακτική των Μαθηματικών, *Εκπαίδευση και Μαθηματικά Ειδική Διδακτική Μαθηματικών Ειδικά Θέματα Διδακτικής Μαθηματικών*. Αθήνα: ΕλληνικάΓράμματα.
- Forbes-Macphail, I., (2013). 'Poetical Science': Literature and Mathematics in Nineteenth-Century Britain (Διδακτορική διατριβή). University of California, Department of English, Berkeley.
- Garber, M. (2013, Νοέμβριος). How many stars are there in the shy? *The Atlantic*. Ανακτήθηκε στις 24 Ιουνίου 2014 από <http://www.theatlantic.com/technology/archive/2013/11/how-many-stars-are-there-in-the-sky/281641/>.
- Halsey, P., A., & Elliott, S., G. (2007). Assessing Textbook Publishers' Recommendations for Using Children's Literature in Science. *Electronic Journal of Literacy Through Science*, 6, 27-40.
- Καρατάσου, Κ., & Παναούρα, Α. (2009). Λογοτεχνική Εκπαίδευση, μαθηματική παιδεία και διαθεματικότητα στη δημοτική εκπαίδευση, *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου για τη Διδασκαλία της Ελληνικής Γλώσσας*, 4-6 Σεπτεμβρίου 2009. Νυμφαίο Φλώρινας.
- Koehler, D. O. (1982). Mathematics and Literature. *Mathematics Magazine*, 55 (2), 81-95.
- Κολέζα, Ε. (2007). Τα Μαθηματικά μέσα από τον καθρέφτη της Λογοτεχνίας: ένα ταξίδι στη χώρα των θαυμάτων, *Πρακτικά 6^{ου} Δημέρου για τη Διδασκαλία των Μαθηματικών «Μαθηματικά & Λογοτεχνία»*, 17-18 Μαρτίου 2009 (σσ. 27-48). Θεσσαλονίκη: City Publish.
- Λεμονίδης, Χ., & Καϊάφα, Ι. (2011). Οι απόψεις κι οι εμπειρίες μελλοντικών δασκάλων σχετικά με τη διδασκαλία των Μαθηματικών με τη χρήση της λογοτεχνίας. *Πρακτικά 4^{ου} Συνεδρίου Ένωσης Ερευνητών της Διδακτικής των Μαθηματικών «Η τάξη ως πεδίο ανάπτυξης της μαθηματικής δραστηριότητας»*, 1-4 Δεκεμβρίου 2011 (σσ. 303-312). Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Leary, A. K. (2004). The Status of Literature in the Secondary Mathematics Classroom (Μεταπτυχιακή εργασία). University of Alaska Anchorage, Alaska Anchorage

- Μακρής, Ν. (2012). Αξιοποιώντας τη Λογοτεχνία στη διδασκαλία των Μαθηματικών στο Δημοτικό, *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Πανελληνίου συνέδριο του Ελληνικού Ινστιτούτου εφαρμοσμένης παιδαγωγικής και εκπαίδευσης «ΠΑΙΔΕΙΑ ΚΑΛΙΣΤΟΝ ΕΣΤΙ ΚΤΗΜΑ ΒΡΟΤΟΙΣ: ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ: ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΠΡΑΞΗ*», 5-7 Οκτωβρίου 2012. Αθήνα.
- Ματσαγγούρας, Η. (2009). Η Διαθεματικότητα στη σχολική Γνώση, *Εννοιοκεντρική αναπλαισίωση και Σχέδια Εργασίας*. Αθήνα: Γρηγόρης.
- Μηλιώης, Χ. (2001). Μαθηματική λογοτεχνία: Ένα εργαλείο για τη διδασκαλία των Μαθηματικών, *Πρακτικά 18^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Μαθηματικής Παιδείας «Μαθηματικός αναλφαβητισμός: ο ρόλος του σχολείου στην κοινωνία της πληροφορίας και των νέων τεχνολογιών»*, 23-25 Νοεμβρίου 2001. Ρόδος.
- Μιχαηλίδης, Τ. (2007). Από τον Αισχύλο στους μεταμοντέρνους: μαθηματική λογοτεχνία, από <http://www.thalesandfriends.org/gr>.
- Ντούλια, Α. (2010). Διδάσκοντας μέσα από τα παραμύθια: Δυνατότητες-όρια-Προοπτικές, *Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου του Ελληνικού Ινστιτούτου Εφαρμοσμένης Παιδαγωγικής και Εκπαίδευσης «Μαθαίνω πώς να μαθαίνω»*, 7-9 Μαΐου 2010. Αθήνα
- Παρασχίδης, Κ. (2007). Διδακτική της μαθηματικής λογοτεχνίας στο Δημοτικό σχολείο – Μια πρώτη ερευνητική προσέγγιση, *Πρακτικά 6^{ου} Δημέρου Διαλόγου για τη Διδασκαλία των Μαθηματικών «Μαθηματικά& Λογοτεχνία»*, 17-18 Μαρτίου 2009. Θεσσαλονίκη: City Publish.
- Sriraman, B. (2004). Mathematics and Literature (the sequel): Imagination as a pathway to advanced mathematical ideas and philosophy. *The Australian Mathematics Teacher*. 60 (1), 17-23.
- Σκαλοχωρίτου, Γ., Νείρος Α., Κουτσκουδής, Π., &Κουκούτα, Β. (2013). Δράση eTwinning με τίτλο «MathsinArt: beyondchalkandtalk», *Πρακτικά 7^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ*, 21-23 Ιουνίου 2013. Σύρος
- Τρέσσου Ε., & Μητακίδου Σ. (2002). Η Διδακτική της Γλώσσας και των Μαθηματικών, *Εκπαίδευση Γλωσσικών Μειονοτήτων*. Θεσσαλονίκη: Παρατηρητής.
- Vygotsky, L., S. (2000). *Νους στην κοινωνία*. (Σ.Βοσνιάδου & Α.Μπίμπου, Μετάφ.). Αθήνα: Gutenberg
- Χασάπης, Δ. (2007). Μαθηματικά και Λογοτεχνία. Μια αιτούμενη σχέση. *Πρακτικά 6^{ου} Δημέρου Διαλόγου για τη Διδασκαλία των Μαθηματικών «Μαθηματικά& Λογοτεχνία»*, 17-18 Μαρτίου 2009 (σσ. 3-14). Θεσσαλονίκη: City Publish.
- Zazkis, R., &Hazzan, O. (1998). Interviewing in Mathematics Education, Research: Choosing the Questions. *Journal of mathematical behavior*, 17(4), 229-439.

Σχεδιασμός και Δημιουργία Παιγνιωδών μαθησιακών δραστηριοτήτων σε εικονικούς κόσμους για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Δρ. Νικόλαος Τανής¹, Αγάθη Βαρσαμίδου¹, Δρ. Ευστράτιος Καρβέλας¹, Δρ. Ευαγγελία Μουλά¹, Αγγελική Νικολάου¹, Δρ. Στέλιος Ορφανός¹ και Δρ. Μιχάλης Φιλίππου²

¹Υπουργείο Παιδείας & Θρησκευμάτων, Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας, ²Διδάσκων στο Μ.Ι.Θ.Ε.

tapsis@aegean.gr, agathivars@gmail.com, dr.stratoskarvelas@gmail.com, moulaevang@gmail.com, anikola57@gmail.com, steliosorfanos@sch.gr, mfilippou.filippou@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι εικονικοί κόσμοι έχουν τη δυνατότητα τρισδιάστατης μοντελοποίησης καταστάσεων, ενώ παράλληλα υποστηρίζουν συνεργατικά μοντέλα μάθησης, όπως το παιχνίδι ρόλων, οι ομάδες εργασίας, η συζήτηση κατά ομάδες, κλπ. Αυτές οι δυνατότητες θα μπορούσαν να υποστηρίζουν τους στόχους της εκπαιδευτικής διαδικασίας και ιδιαίτερα την ιδέα του εικονικού εργαστηρίου φυσικών επιστημών (dos Santos, 2012).

Οι Νόμοι Φυσικής των Εικονικών Κόσμων διαφέρουν από τους Νόμους του Πραγματικού Κόσμου, ο εικονικός κόσμος μπορεί να ρυθμιστεί σε συνθήκες μοντέλου, ώστε να απομονωθούν ορισμένες παράγοντες ή να γίνει εστίαση σε ορισμένους παράγοντες ανάλογα με τις ανάγκες του διδακτικού μοντέλου.

Στην παρούσα εργασία διερευνάται η αξιοποίηση των εικονικών κόσμων στη δημιουργία εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων με χαρακτηριστικά: την αναζήτηση, τη συνεργασία, την ανταλλαγή πληροφοριών, την ανάπτυξη της φαντασίας και την πολυπρισματική διδακτική προσέγγιση των φυσικών φαινομένων. Οι προτεινόμενες παιγνιώδεις δραστηριότητες, σε επόμενη φάση μπορούν να εφαρμοστούν σε ευρύτερο φάσμα διδακτικών αντικειμένων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Εικονικοί κόσμοι, παιγνιώδης δραστηριότητα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η νέα γενιά, "gamer generation" (Beck & Wade, 2004) των ηλεκτρονικών περιβαλλόντων και του διαδικτύου «δεν ανταποκρίνεται στις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας» (Katz, 2000; Prensky, 2005), εφόσον έχει κλονιστεί η μονοκρατορία του σχολείου στον έλεγχο και τη διάδοση της γνώσης.

Η χρήση των ψηφιακών μέσων υποστηρίζεται ότι μπορεί να εκδημοκρατίσει τη μαθησιακή διαδικασία, διαμορφώνοντας γέφυρες με την εξωσχολική εμπειρία των σύγχρονων μαθητών, ενσωματώνοντας διαφορετικές φωνές, υποστηρίζοντας μη γραμμικά μοντέλα δράσης και πολλαπλότητα λύσεων- προσεγγίσεων ενός προβλήματος και ενθαρρύνοντας τη συμμετοχή στη διερεύνηση της γνώσης και την ευελιξία στη σκέψη. Καθώς η θετική ανταπόκριση και η ενεργός εμπλοκή των παιδιών με τα ηλεκτρονικά παιχνίδια θεωρείται σχεδόν δεδομένη και εφόσον οι παραπάνω συνθήκες αποτελούν αναγκαίες προϋποθέσεις μάθησης, μπορεί κανείς να υποθέσει ότι θα πρέπει η εκπαίδευση να καταφέρει να τα ενσωματώσει με τον κατάλληλο τρόπο, ώστε να επιτύχει τα καλύτερα δυνατά οφέλη. Η ενασχόληση με παρόμοια εγχειρήματα σημαίνουν μια μετατόπιση του εκπαιδευτικού παραδείγματος (Bagg & Tagg, 1995: 13) από τη διδασκαλία στη μάθηση.

Πολλές έρευνες αποδεικνύουν ότι οι μαθητές απολαμβάνουν τη μαθησιακή διαδικασία περισσότερο μέσω των υπολογιστών παρά μέσω της παραδοσιακής μεθοδολογίας και ότι επιπλέον εκδηλώνουν θετικότερες στάσεις απέναντι στη μάθηση μέσω υπολογιστών όταν αυτή ευνοεί τη συνεργασία απ' ό,τι όταν εργάζονται ατομικά (Shernoff & Csikszentmihalyi, 2009). Πολλά συστατικά της επιτυχημένης συνεργατικής μάθησης επικαλύπτονται με αυτά της θεωρίας της ροής (Csikszentmihalyi & Csikszentmihaly, 1991), μεταξύ των οποίων εντοπίζονται: η διατύπωση σαφών στόχων, η ύπαρξη επανατροφοδότησης στον διδασκόμενο καθώς και τα εσωτερικά κίνητρα εμπλοκής σε μια δράση.

ΝΕΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ

Ο σχεδιασμός των νέων μαθησιακών περιβαλλόντων δεν είναι απλά μια υπόθεση που αφορά στη σωστή διαχείριση του εκπαιδευτικού υλικού των προγραμμάτων σπουδών, αλλά και μια υπόθεση που πρέπει να αξιοποιεί τις νέο-αναδυόμενες δομές της μαθησιακής κοινότητας, τις ανάγκες και τις πρακτικές της σωστά (Steinkuehler, 2004: 527).

Οι αναγκαίες δεξιότητες και γνώσεις της ψηφιακής κουλτούρας είναι κυρίως κοινωνικής φύσης και συμπεριλαμβάνουν την ικανότητα να εμπλέκεται κανείς σε συλλογικές ή διανεμημένες δράσεις μάθησης, να εμπλέκεται σε διάφορες κοινότητες και να διαπραγματεύεται ποικίλες οπτικές, να επιλύει προβλήματα συνεργατικά και να επικοινωνεί μέσω πολυμεσικών εργαλείων (Gee, 2005; Jenkins, 2006).

Οι προϋποθέσεις μιας επιτυχημένης μαθησιακής εμπειρίας μέσα σε ένα ψηφιακό περιβάλλον είναι:

- η ύπαρξη ανατροφοδότησης και καθοδήγησης
- η ύπαρξη δομημένων μίνι-διαλέξεων που να αποτελούν ένα είδος εισαγωγής στο υπό εξέταση αντικείμενο
- η έμφαση στη συνεργατική μάθηση και

- η επιδίωξη αίσθησης εμπύθισης και ροής (immersivity – flow)

Με δεδομένη την αρνητική στάση των μαθητών ως προς τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας (Katz, 2000), είναι αναγκαία η διερεύνηση των δυνατοτήτων των νέων ηλεκτρονικών περιβαλλόντων. Προς αυτή την κατεύθυνση βρίσκονται οι εικονικοί κόσμοι, περιβάλλοντα που αξιοποιούν τις αρχές της εικονικής πραγματικότητας.

Εικονικοί κόσμοι

Οι εικονικοί κόσμοι είναι γραφικά συνεργατικά περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας, που ανήκουν στην κατηγορία των εφαρμογών κοινωνικής δικτύωσης. Σύμφωνα με τους Dickey (2005) και Hew & Cheung (2010), οι βασικές δυνατότητές τους είναι:

- αίσθηση παρουσίας σε ένα τρισδιάστατο χώρο, κάτι που προσφέρει τη δυνατότητα κατασκευής κάποιας πραγματικότητας με βάση ένα διδακτικό σενάριο,
- δυνατότητα κατασκευής και αλληλεπίδρασης με τρισδιάστατα αντικείμενα, κάτι που βοηθά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων,
- ψηφιακή αναπαράσταση της εικόνας του εαυτού του ίδιου του χρήστη-μαθητή (avatar),
- σύγχρονη και ασύγχρονη επικοινωνία μέσα σε διαμοιραζόμενο περιβάλλον.

Οι εικονικοί κόσμοι συχνά αξιοποιούνται από οργανισμούς όπως μουσεία, βιβλιοθήκες, πλανητάρια, εργαστήρια, για δραστηριότητες, όπως εκθέσεις, συνέδρια, σεμινάρια, διαγωνισμοί, διαδραστικές παρουσιάσεις ιστορικών μνημείων και αξιοθέατων, αναβιώσεις ιστορικών γεγονότων, κονσέρτα, θεατρικές παραστάσεις, παιχνίδια, όπως κινήγι θησαυρού, εκμάθηση ξένων γλωσσών, διδασκαλία ποικίλων γνωστικών αντικειμένων, μεταξύ των οποίων και φυσικών επιστημών σε εικονικά εργαστήρια.

Σήμερα η πλέον διαδεδομένη εφαρμογή εικονικού κόσμου είναι το Second Life (SL). Το SL ιδρύθηκε από το Linden Lab το 2003 και σήμερα έχει περίπου 20 εκ. εγγεγραμμένους χρήστες, ενώ ανά πάσα στιγμή είναι συνδεδεμένοι περίπου 40.000 χρήστες. Κάθε χρήστης εκπροσωπείται στον εικονικό κόσμο από ένα avatar και έχει πρόσβαση σε αυτόν από οπουδήποτε και οποτεδήποτε, ενώ υπάρχει δυνατότητα πολλαπλής αλληλεπίδρασης με τους άλλους χρήστες (μέσω ομιλίας, chat, instant messages, εκφράσεις προσώπου και κινήσεις).

Το SL θεωρείται κατάλληλο μαθησιακό εργαλείο επειδή μπορεί να προσφέρει στους χρήστες του:

- Ενσωμάτωση περιεχομένου από άλλους διαδικτυακούς πόρους.
- Συνεργατικά εργαλεία (διαμοιρασμού εγγράφων, δημιουργίας ομάδων).
- Αλληλεπίδραση με οντότητες (αντικείμενα ή χρήστες) του περιβάλλοντος.
- Σύγχρονη και ασύγχρονη επικοινωνία.
- Δυνατότητα ευέλικτης χρήσης του ως προς το χρόνο, επιτρέποντας την αυτορρυθμιζόμενη εξ αποστάσεως μάθηση.
- Αίσθηση παρουσίας.

- Συνδυασμό τυπικής και μη τυπικής μάθησης, εκ των οποίων η δεύτερη επιτυγχάνει σημαντικό βαθμό εμπλοκής και βελτίωση της επίδοσης.

ΤΟ ΠΑΙΧΝΙΔΙ

Τα ηλεκτρονικά παιχνίδια αποτελούν μια μοναδική, αυθεντική και επιλεγμένη από τη φύση εκπαιδευτική τεχνολογία (Crawford, 1984).

Όπως σημειώνει ο Crawford (1984), το παιχνίδι (game) διαφέρει από τις στατικές αναπαραστάσεις της πραγματικότητας (πχ ζωγραφική ή γλυπτική), ή τις δυναμικές αναπαραστάσεις (πχ ταινίες, μουσική, χορός), στο ότι είναι μια αλληλεπιδραστική αναπαράσταση. Κάθε φορά που ο παίκτης παίζει το παιχνίδι, δοκιμάζει διαφορετική στρατηγική μέχρι να μάθει καλά τον τρόπο λειτουργίας του, σε αντίθεση με την πρόσληψη μιας ιστορίας που γίνεται με ένα και μοναδικό τρόπο. Όσες περισσότερες δυνατότητες εξερεύνησης έχει προβλέψει ο σχεδιαστής του παιχνιδιού, τόσο πιο ενδιαφέρον γίνεται το παιχνίδι, δηλαδή ένας από τους παράγοντες που καθορίζουν την ποιότητα ενός παιχνιδιού είναι ο πλούτος των επιλογών που προσφέρει μέσω εντατικοποιημένων διαδικασιών.

Με βάση τη δυνατότητα ελέγχου που έχει ο χρήστης, το παιχνίδι (game) βρίσκεται μεταξύ μιας ιστορίας (story) και ενός παιχνιδιού αντικειμένου (toy). Ο αναγνώστης συμμετέχει σε μια ιστορία που κατασκευάστηκε από τον συγγραφέα, ως ακροατής, χωρίς να επεμβαίνει στην κατασκευή της και αλληλεπιδρά μόνο νοητικά. Ο παίκτης του παιχνιδιού-αντικειμένου το χειρίζεται με βάση ένα δικό του σενάριο αλληλεπίδρασης. Ο παίκτης του παιχνιδιού (game) συμμετέχει με βάση κάποιους κανόνες αλληλεπίδρασης που τέθηκαν από το δημιουργό του. Σε κάθε περίπτωση η αλληλεπίδραση που δημιουργείται είναι το κεντρικό στοιχείο για την απόλαυση του παιχνιδιού.

Καθεμία από αυτές τις λειτουργίες μπορεί να ταιριάζει με διαφορετικό μοντέλο διδασκαλίας-μάθησης. Η στρατηγική της αφήγησης μιας ιστορίας αντιστοιχεί στην παροχή εκπαιδευτικού υλικού (πχ κείμενα, παρουσιάσεις, εικόνες), η στρατηγική του παιχνιδιού αντικειμένου αντιστοιχεί στην παροχή εργαλείων (πχ λογισμικό) και η στρατηγική του παιχνιδιού (game) αντιστοιχεί στην ανάθεση δραστηριοτήτων.

Η ποιότητα μιας ιστορίας βασίζεται στον πλούτο της περιεχόμενης πληροφορίας. Τα παιχνίδια που έχουν πλούσια πληροφορία, αλλά φτωχές διαδικασίες είναι πιο κοντά στην ιστορία παρά στο ιδανικό παιχνίδι. Τα σύμβολα και οι μεταφορές αποτελούν στοιχεία πλούτου ενός παιχνιδιού, ενώ τα θεατρικά στοιχεία, προσποίησης, μίμησης και προσομοίωσης που περιλαμβάνει, συμβάλλουν στην απόλαυσή του.

Μέσω του παιχνιδιού ο παίκτης αντλεί απόλαυση από τον φαντασιακό χώρο και το όνειρο, ενώ ταυτόχρονα αυξάνει τις ικανότητες αναπαράστασης και αυτοαναπαράστασης. Η εμπλοκή του παίκτη στο παιχνίδι αυξάνεται όταν η αλληλεπίδρασή του εξωτερικοποιείται, δηλαδή όταν υπάρχουν πολλαπλές επιλογές μέσω εντατικοποιημένων διαδικασιών. Αντίθετα όταν ένα παιχνίδι είναι πλούσιο σε πληροφορίες, αλλά φτωχό σε διαδικασίες, τότε είναι πιο κοντά στην ιστορία παρά στο ιδανικό παιχνίδι.

ΜΑΘΗΣΗ ΜΕΣΩ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ

Ο όρος ‘edutainment’ αναφέρεται ακριβώς στο συνδυασμό εκπαίδευσης και διασκέδασης (Wang et al., 2007) και εξαιρεί την αξία του παιχνιδιού για τη μάθηση, καθώς αυτά τα περιβάλλοντα μπορούν να προσαρμοστούν σε ποικίλα μαθησιακά στυλ και στόχους (Cela, 2008).

Αν λάβουμε υπόψη ότι *"Στην κουλτούρα των παιχνιδιών τα παιχνίδια δεν παίζονται απλά. Γίνονται αντικείμενο συζήτησης, αναζήτησης, ανταλλαγής πληροφοριών και κόλπων, πεδίο ανάπτυξης της φαντασίας, χώροι συνεργασίας, και γενικότερα μοντέλα για την καθημερινή ζωή και μέσα διαμόρφωσης της υπο και δι- υποκειμενικότητας"* (De Castell & Jenson, 2003), τότε διανοίγεται μια τελείως διαφορετική οπτική γωνία εξέτασης της χρήσης των ηλεκτρονικών παιχνιδιών στην εκπαίδευση.

Έρευνες αποδεικνύουν ότι οι μαθητές έχουν καλύτερες επιδόσεις όταν παράλληλα με τα παιχνίδια επίλυσης ανοικτού τύπου προβλήματος, έχουν πρόσβαση και σε δομημένα μαθήματα (Bransford & Schwartz, 2001), ή όταν γίνεται κυρίως εθελούσια χρήση των παιχνιδιών (εκτός τάξης, οπότε η ήδη προσκτηθείσα γνώση στην τάξη εμπεδώνεται και διευρύνεται (Habgood, 2007). Δεν έχει όμως ακόμα επαρκώς εξετασθεί το πώς τα υπάρχοντα παιχνίδια θα μπορούσαν να υποστηρίξουν τη μάθηση σε τυπικά μαθησιακά περιβάλλοντα και δεν έχουν σχεδιαστεί και εφαρμοστεί αρκετά παιχνίδια με σαφείς εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Ο Merchant από την μετα-ανάλυση εργασιών που έχουν γίνει για περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας κατέληξε στα εξής συμπεράσματα (Merchant et al 2014):

- ένα παιχνίδι πρέπει να περιλαμβάνει στοιχεία όπως στόχοι, επίπεδα (achievement levels) και ανταμοιβές
- αν το παιχνίδι είναι πολύ δύσκολο ο παίχτης θα απογοητευτεί και αν είναι πολύ εύκολο, ο παίχτης θα χάσει το ενδιαφέρον του. Και στις δύο αυτές ακραίες περιπτώσεις ο παίχτης είναι πιθανόν να σταματήσει το παιχνίδι
- γενικά, τα παιχνιδώδη μαθησιακά περιβάλλοντα ήταν πιο αποτελεσματικά από τα περιβάλλοντα που είχαν μόνο προσομοιώσεις ή ήταν απλά εικονικοί κόσμοι
- τα παιχνίδια και οι εικονικοί κόσμοι είναι κατάλληλα για τα τρία είδη μαθησιακών αποτελεσμάτων (γνώσεις, ικανότητες, δεξιότητες).

ΟΙ ΕΙΚΟΝΙΚΟΙ ΚΟΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Ένας εικονικός κόσμος αν και μπορεί να προσφέρει στατικές και δυναμικές αναπαραστάσεις, πλεονεκτεί σημαντικά στις αλληλεπιδραστικές αναπαραστάσεις. Η υποστήριξη στατικών και δυναμικών αναπαραστάσεων βασίζεται στη δυνατότητα προβολής (α) περιεχομένου από το διαδίκτυο και (β) περιεχομένου που κατασκευάζεται μέσα στον εικονικό κόσμο. Η υποστήριξη δυναμικών αναπαραστάσεων βασίζεται στη δυνατότητα προγραμματισμού ενεργειών (scripting).

Η αξιοποίηση των ανωτέρω δυνατοτήτων στην εκπαιδευτική πρακτική θα μπορούσε να επιδράσει θετικά στα μαθησιακά αποτελέσματα, όταν παράλληλα με το παιχνίδι στο πλαίσιο του εικονικού κόσμου, δίνεται στους μαθητές πρόσβαση και σε δομημένα μαθήματα (Bransford & Schwartz, 1999). Όμως τα παιχνίδια που σχεδιάζονται

σε αυτές τις πλατφόρμες πρέπει να είναι συμβατά με τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος, ώστε να προσφέρονται για εστιασμένο αναστοχασμό (Oliver & Carr, 2009).

Σύμφωνα με τους Duncan et al (2012), οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες που αναπτύσσονται σε εικονικούς κόσμους διακρίνονται σε:

- Επίλυσης προβλήματος,
- διερεύνησης προβλήματος,
- παιγνιώδους μάθησης,
- παιχνιδιών ρόλων,
- εικονικές αναζητήσεις,
- συνεργατικές προσομοιώσεις,
- συνεργατικές κατασκευαστικές δραστηριότητες,
- σχεδιασμού χώρου,
- εκμάθησης γλώσσας,
- εικονικών εργαστηρίων,
- εικονικών πεδίων εργασίας,
- παρακολούθησης ομιλιών και εισηγήσεων.

Εικονικοί κόσμοι και διδασκαλία φυσικών επιστημών

Κατά τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, και όχι μόνο, συχνά οι μαθητές καλούνται να μελετήσουν, ή να προβληματιστούν επάνω σε μοντελοποιημένες καταστάσεις, ώστε να οδηγηθούν σε συμπεράσματα. Στόχος των εικονικών κόσμων είναι να αναπαραστήσουν ολοκληρωμένες καταστάσεις με όσο το δυνατόν ρεαλιστικότερο τρόπο (εικονική πραγματικότητα). Η αναπαράσταση αυτή γίνεται εντός των ορίων που τίθενται από τις τεχνικές δυνατότητες του λογισμικού υποστήριξης (μηχανή φυσικής του εικονικού κόσμου). Σήμερα οι εικονικοί κόσμοι, δίνουν τη δυνατότητα τρισδιάστατης μοντελοποίησης καταστάσεων μηχανικής συμπαγούς στερεού σώματος. Παράλληλα, λόγω του διαμοιρασμένου περιβάλλοντος μπορούν να υποστηρίξουν συνεργατικά μοντέλα μάθησης και πρακτικές, όπως το παιχνίδι ρόλων, οι ομάδες εργασίας, η συζήτηση κατά ομάδες, κλπ.

Οι Νόμοι Φυσικής των Εικονικών Κόσμων δεν είναι πάντα οι ίδιοι με τους φυσικούς νόμους ενός πραγματικού κόσμου. Για παράδειγμα οι κάτοικοι του εικονικού κόσμου (avatars) μπορούν να πετάνε, να τηλεμεταφέρονται, να περνούν μέσα από νερό χωρίς να πνίγονται, κλπ. Ο σχεδιαστής μιας δραστηριότητας στον εικονικό κόσμο, λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνικές δυνατότητες που προσφέρονται μπορεί να δημιουργήσει μοντελοποιημένες καταστάσεις, πχ φαινόμενα χωρίς βαρύτητα ή χωρίς τριβή.

Όσον αφορά τα φυσικά μεγέθη του εικονικού κόσμου, σε ορισμένες περιπτώσεις είναι ίδια με του πραγματικού κόσμου (πχ απόσταση, χρόνος, ταχύτητα) και σε άλλες διαφορετικά. Για παράδειγμα η ενέργεια λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Ακόμα διαφέρει η έννοια της βαρύτητας, αφού στον εικονικό κόσμο η βαρύτητα είναι απλά μια σταθερή δύναμη που εφαρμόζεται σε ένα σώμα με κατακόρυφη διεύθυνση.

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, όλος ο εικονικός κόσμος μπορεί να λειτουργήσει ως ένα εικονικό εργαστήριο μέσα στο οποίο ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εξασκηθεί στην επιστημονική μέθοδο. Γενικά το εικονικό εργαστήριο Φυσικής προσφέρει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Δυνατότητα ασφαλούς πειραματισμού.
- Επαγωγική – ανακαλυπτική μάθηση.
- Εποπτικοποίηση των φαινομένων.
- Αυτενέργεια χρήστη.

Το γεγονός ότι ο χρήστης εκτελεί τη δραστηριότητα μέσω του υπολογιστή του, δημιουργεί θετικότερη προδιάθεση στους αρνητικούς μαθητές (science- anxious students) με αποτέλεσμα τη δραστηριοποίησή τους.

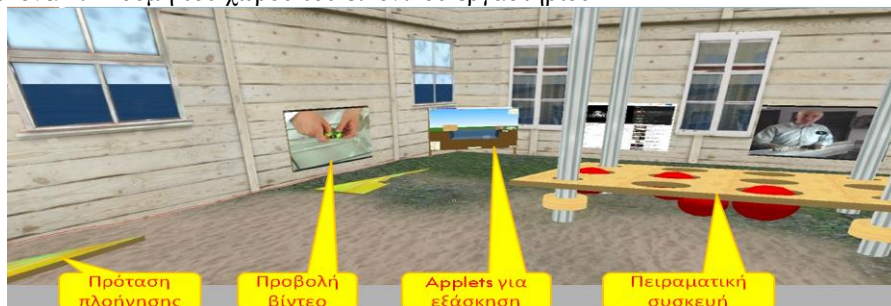
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Σκοπός της τρέχουσας έρευνας είναι η διερεύνηση των δυνατοτήτων των εικονικών κόσμων στη μαθησιακή διαδικασία.

Στόχος σε πρώτη φάση είναι η μεταφορά, η ενσωμάτωση και ο εμπλουτισμός ήδη υπάρχοντος οπτικοακουστικού υλικού και εφαρμογών σε εικονικό κόσμο, με σκοπό την πολυπρισματική διδακτική προσέγγιση φυσικών φαινομένων. Η υλοποίηση αυτού του σχεδίου περιλαμβάνει:

- τη δημιουργία του εικονικού περιβάλλοντος (Εικόνα 1),
- το σχεδιασμό και υλοποίηση δραστηριοτήτων, που θα συμπεριλαμβάνουν: εκπαιδευτικά βίντεο, applications και ψηφιακό παιχνίδι και τέλος,
- την έρευνα και αξιολόγηση.

Εικόνα 1: Η δομή του χώρου του εικονικού εργαστηρίου



Η τρέχουσα εργασία εστιάζει στα δύο πρώτα με άξονα τις φυσικές επιστήμες και συγκεκριμένα την κινηματική (κινήσεις χωρίς να ληφθούν υπόψη οι δυνάμεις και οι ροπές) και κινητική (κίνηση σε σχέση με μάζα, δύναμη και ροπή). Από την υλοποίηση αυτού του ερευνητικού προγράμματος προσδοκούμε να δημιουργήσουμε εκπαιδευτικό υλικό και να εξάγουμε καλές πρακτικές για την ελληνική εκπαιδευτική πραγματικότητα.

Παράδειγμα σχεδιασμού δραστηριότητας

Στους εργαστηριακούς οδηγούς του σχολικού αναλυτικού προγράμματος δεν περιλαμβάνονται στοιχεία που θα προσέδιδαν στη δραστηριότητα κάποιο παιχνιδιώδη χαρακτήρα. Τέτοιες δυνατότητες όμως υπάρχουν στους εικονικούς κόσμους. Για το λόγο αυτό στις σχεδιαζόμενες δραστηριότητες γίνεται προσπάθεια να δοθεί η δυνατότητα στους μαθητές-χρήστες για περισσότερες δοκιμές, εξερευνήσεις και αλληλεπιδράσεις. Παράλληλα προβλέπεται κάποιο είδος ανταμοιβής όταν επιτυγχάνεται ένας στόχος.

Παράδειγμα 1: Μελέτη της ευθύγραμμης ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης (Εργαστηριακή άσκηση Φυσικής Α Λυκείου)

Στόχοι της άσκησης

- Ποιοτική κατανόηση του φαινομένου της κίνησης
- Μετρήσεις των μεγεθών θέσης και χρόνου
- Κατανόηση της σχέσης θέσης- χρόνου στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση
- Κατασκευή της γραφικής παράστασης της θέσης x συναρτήσει της ταχύτητας u και να επαληθεύσετε τη σχέση της ευθύγραμμης ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης.

Όργανα – Συσκευές – Υλικά που θα χρειαστούμε:

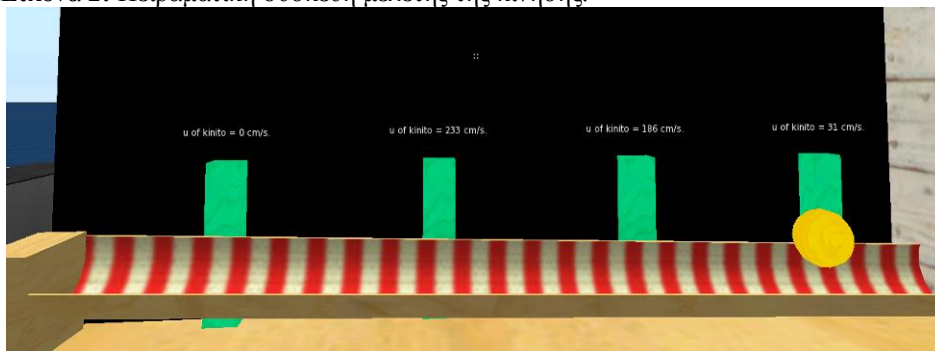
- Διάδρομος κίνησης,
- Κινούμενο σώμα: φυσικό σώμα, χωρίς τριβή, με script (όταν κάνουμε κλικ στο σώμα, τότε να πηγαίνει στην αφετηρία και όταν κάνουμε δεύτερο κλικ να εφαρμόζεται επάνω του σταθερή δύναμη 10N με διεύθυνση παράλληλη του διαδρόμου κίνησης),
- Τέσσερεις όργανα-αισθητήρες για τη μέτρηση, χρόνου και στιγμιαίας ταχύτητας. Περιέχουν script, το οποίο όταν ένα αντικείμενο βρίσκεται σε απόσταση 1m, τότε θα καταγράφει και θα εμφανίζει (α) τη χρονική στιγμή και (β) τη στιγμιαία ταχύτητα αυτού του αντικειμένου.

Πειραματική διάταξη

Η πειραματική συσκευή (Εικόνα 2) κατασκευάζεται ως εξής:

- Κατασκευάζουμε το διάδρομο κίνησης και τον τοποθετούμε οριζόντια.
- Κατασκευάζουμε το σώμα και το τοποθετούμε επάνω στο διάδρομο κίνησης.
- Κατασκευάζουμε έναν αισθητήρα και στη συνέχεια τον αντιγράφουμε τρεις φορές.
- Τοποθετούμε τους αισθητήρες κατά μήκος του διαδρόμου κίνησης σε απόσταση 1m από αυτόν.

Εικόνα 2: Πειραματική συσκευή μελέτης της κίνησης.



Εκτέλεση του πειράματος

- Κάνουμε κλικ επάνω στο σώμα για να το φέρουμε στο σημείο εκκίνησης.
- Κάνουμε κλικ επάνω στους τέσσερις αισθητήρες για να τους μηδενίσουμε.
- Κάνουμε κλικ επάνω στο σώμα για να κινηθεί.

Παιχνίδι

Απενεργοποιούμε το script ενός αισθητήρα και λέμε στους μαθητές ότι είναι χαλασμένο. Όταν ολοκληρώσουν το πείραμα, τους ζητούμε να προβλέψουν τις τιμές αυτού του αισθητήρα και να γράψουν τις τιμές στο chat. Όταν γράψουν τη σωστή τιμή, τότε λαμβάνουν ηχητική ανταμοιβή (πχ ακούγεται το τραγούδι "you are the champion").

Καταγραφή και επεξεργασία πειραματικών δεδομένων

Οι μαθητές καλούνται να καταγράψουν στον πίνακα μετρήσεων (Πίνακας 1):

- τις θέσεις των τεσσάρων αισθητήρων και
- τις ενδείξεις χρόνου και στιγμιαίας ταχύτητας των τεσσάρων αισθητήρων.

Πίνακας 1: Ο Πίνακας μετρήσεων του φύλλου εργασίας των μαθητών

	Αρχικά	Αισθητήρας 1	Αισθητήρας 2	Αισθητήρας 3	Αισθητήρας 4
x	0				
t	0				
u	0				

Στη συνέχεια οι μαθητές καλούνται να κατασκευάσουν τη γραφική παράσταση απομάκρυνσης - ταχύτητας (x-v) και στη συνέχεια από τη γραφική παράσταση να προβλέψουν ποιες θα είναι οι ενδείξεις του χαλασμένου αισθητήρα.

Παράδειγμα 2: Δραστηριότητα με τίτλο "Ανεβάστε το ναυάγιο"

Το σενάριο της δραστηριότητας.

Ένα αντικείμενο βρίσκεται επάνω σε μια βυθισμένη πλατφόρμα. Στόχος είναι η ανύψωση της πλατφόρμας μέχρι την επιφάνεια του νερού.

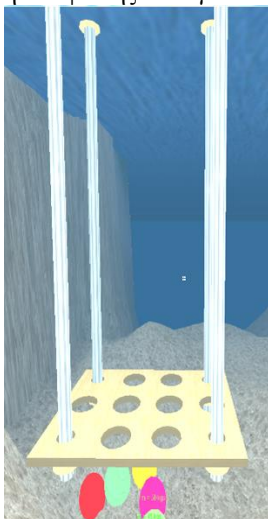
Οι εκπαιδευόμενοι καλούνται μέσω δοκιμών να βρουν τον κατάλληλο αριθμό μπαλονιών που πρέπει να τοποθετήσουν κάτω από την πλατφόρμα ώστε να την ανυψώσουν και βλέπουν άμεσα το αποτέλεσμα της κάθε ενέργειάς τους.

Περιγραφή πειραματικής συσκευής.

Η συσκευή (Εικόνα 3) αποτελείται από ένα οριζόντιο σώμα (πλατφόρμα), τέσσερις κυλίνδρους-οδηγούς και μπαλόνια ανύψωσης.

Η πλατφόρμα έχει ορισθεί ως φυσικό σώμα, το οποίο δέχεται βαρύτητα. Στα τέσσερα άκρα της έχει οπές κατάλληλης διαμέτρου ώστε να εφαρμόζουν στους τέσσερις κυλίνδρους-οδηγούς. Οι κύλινδροι-οδηγοί τοποθετούνται προκειμένου να αποφεύγεται η ανατροπή της πλατφόρμας λόγω ροπών κατά την τοποθέτηση των μπαλονιών ανύψωσης. Στην πλατφόρμα υπάρχουν επίσης οπές για να εφαρμόζουν τα μπαλόνια ανύψωσης και να μην γλιστρούν κατά την τοποθέτησή τους. Τα δύο άκρα του κάθε κυλίνδρου οδηγού είναι πεπλατυσμένα ώστε να μην φεύγει η πλατφόρμα όταν φτάσει στο τέλος της διαδρομής.

Εικόνα 3: Πειραματική συσκευή ανύψωσης ναυαγίου.



Η λειτουργία κάθε μπαλονιού καθορίζεται από ένα script το οποίο προβλέπει ότι για όση ώρα ένας χρήστης κάνει κλικ επάνω του, τότε θα εφαρμόζεται άνωση

συγκεκριμένου μέτρου. Το μέτρο της άνωσης που δέχεται κάθε μπαλόνι έχει τέτοια τιμή, ώστε να μην είναι δυνατή η ανύψωση της πλατφόρμας μόνο με ένα μπαλόνι. Αυτό γίνεται προκειμένου να απαιτείται η συνεργασία των μαθητών για την ανύψωση της πλατφόρμας. Στο τέλος της προβλεπόμενης διαδρομής της πλατφόρμας έχει οριστεί να ακούγεται ήχος που επιβραβεύει την ομάδα των μαθητών και δίνει οδηγία για τη συνέχεια της δραστηριότητας.

Οδηγία για τη δραστηριότητα.

Σχετικά με τα μπαλόνια: Όταν γίνεται κλικ επάνω σε ένα μπαλόνι τότε αυτό δέχεται άνωση. Στη δραστηριότητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα μπαλόνια ανύψωσης που βρίσκονται στο περιβάλλον.

Σχετικά με την πλατφόρμα: Η πλατφόρμα έχει βάρος, ενώ τα μπαλόνια έχουν άνωση. Η ανύψωση μπορεί να γίνει τοποθετώντας κατάλληλο αριθμό μπαλονιών κάτω από την πλατφόρμα.

Οδηγία εκτέλεσης.

Στους μαθητές δίνονται οι παρακάτω οδηγίες για την εκτέλεση της δραστηριότητας:

- Εξοικειωθείτε με το χειρισμό των μπαλονιών.
- Παρατηρήστε πως αντιδρά η πλατφόρμα κάθε φορά που τοποθετείτε κάποιο μπαλόνι από κάτω της.
- Συνεργαστείτε για να τοποθετήσετε όσα μπαλόνια χρειάζεται κάτω από την πλατφόρμα για να την ανυψώσετε.
- Αφού ανυψώσετε την πλατφόρμα, να συμπληρώσετε το φύλλο εργασίας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ως προς τα γενικά χαρακτηριστικά των εικονικών κόσμων

Τα εκπαιδευτικά λογισμικά μπορούν να προσφέρουν στατικές, ή δυναμικές και αλληλεπιδραστικές αναπαραστάσεις. Στην κατανόηση των εννοιών από τους μαθητές συμβάλλει η αξιοποίηση πολλαπλών αναπαραστάσεων. Οι εικονικοί κόσμοι μπορούν να υποστηρίξουν όλα τα είδη αναπαραστάσεων και κυρίως τις δυναμικές αναπαραστάσεις, κάτι που αποτελεί συγκριτικό πλεονέκτημα του εικονικού κόσμου. Επιπλέον οι έρευνες έχουν δείξει ότι δημιουργούν μια υψηλότερη αίσθηση παρουσίας και εμπύθισης, κάτι που μπορεί να ενισχύσει την εικονική μαθησιακή εμπειρία (Νικολού κ.α., 1999).

Στις προτεινόμενες δραστηριότητες αξιοποιείται ο εικονικός κόσμος για τη δημιουργία ενός προσομοιωμένου εικονικού εργαστηρίου, βάζοντας το μαθητή στο κλίμα της δραστηριότητας.

Ως προς τα γενικά χαρακτηριστικά των παιχνιδιών

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο «Παιχνίδι», βασικά χαρακτηριστικά του παιχνιδιού είναι: η αλληλεπίδραση, ο πλούτος της περιεχόμενης πληροφορίας και ο πλούτος των διαδικασιών. Τα χαρακτηριστικά αυτά πρέπει να αξιοποιηθούν στις εκπαιδευτικές

δραστηριότητες με παιχνιώδη χαρακτήρα ώστε να είναι ελκυστικές για τους μαθητές. Όμως το παιχνίδι πρέπει να είναι στο επίπεδο των μαθητών, ως προς το επίπεδο δυσκολίας, ούτως ώστε ο μαθητής, μέσω της επίτευξης στόχων, να ικανοποιείται και να προχωρά στο επόμενο επίπεδο.

Στις προτεινόμενες δραστηριότητες ο μαθητής αλληλεπιδρά και με τα αντικείμενα της πειραματικής συσκευής και με τους συνεργάτες του για την επίτευξη του στόχου. Αρχικά έχει να δοκιμάσει το χειρισμό των μπαλονιών, στη συνέχεια την εφαρμογή τους κάτω από την πλατφόρμα και τελικά τον υπολογισμό του απαιτούμενου αριθμού μπαλονιών για την ανύψωση. Οι δραστηριότητες αξιοποιούν τις ιδιαίτερες δυνατότητες του εικονικού κόσμου για συνεργασία. Η συνεργατικότητα ενθαρρύνεται μέσω ρύθμισης, τέτοιας ώστε να μην επιτυγχάνεται ο στόχος της δραστηριότητας χωρίς τη συνεργασία των μαθητών.

Ως προς τις δραστηριότητες φυσικών επιστημών

Ο σχεδιασμός εργαστηριακών ασκήσεων και πειραμάτων σε πραγματικό εργαστήριο, για διάφορους λόγους (πχ κανόνες ασφαλείας των μαθητών) συχνά δεν ενσωματώνει παιχνιώδη στοιχεία. Μάλιστα σε ορισμένα πειράματα δεν είναι εφικτό να γίνονται δοκιμές και να επιτρέπεται το λάθος κατά την εκτέλεση του πειράματος, με αποτέλεσμα να διαστρεβλώνεται το πραγματικό νόημα της πραγματικής πειραματικής δραστηριότητας και να γίνεται λιγότερο ελκυστικό. Στις προτεινόμενες δραστηριότητες, στο εργαστήριο των εικονικών κόσμων, μπορεί να συνυπάρχει ο παιχνιώδης χαρακτήρας σε ορισμένες φάσεις της εργαστηριακής δραστηριότητας, η δυνατότητα ελέγχου με πολλαπλές δοκιμές και η διδακτική αξιοποίηση του λάθους.

Ο εικονικός κόσμος μπορεί να ρυθμιστεί σε συνθήκες μοντέλου, ώστε να απομονωθούν ορισμένες παράγοντες, ή να γίνει εστίαση σε υπό μελέτη παράγοντες. Η αξιοποίηση αυτών των χαρακτηριστικών μπορεί να γίνει αντικείμενο συζήτησης, αναζήτησης, ανταλλαγής πληροφοριών και τεχνικών, πεδίο ανάπτυξης της φαντασίας, χώροι συνεργασίας, και γενικότερα μοντέλα για την καθημερινή ζωή και μέσα διαμόρφωσης της υπο και δι-υποκειμενικότητας" (De Castell & Jenson, 2003).

Ο εικονικός κόσμος ρυθμίζεται ευκολότερα από τον πραγματικό κόσμο. Για παράδειγμα στη δραστηριότητα της ανύψωσης ο εκπαιδευτικός έχει τη δυνατότητα να ορίσει το μέτρο της άωσης σε τέτοια τιμή που να γίνεται πιο εύκολη η παρατήρηση από το μαθητή, κάτι που δεν θα μπορούσε να γίνει σε ένα πραγματικό εργαστήριο. Το ηλεκτρονικό περιβάλλον προσφέρει στη συγκεκριμένη περίπτωση, πέραν της ασφάλειας του μαθητή, τη δυνατότητα πολλαπλών δοκιμών σε μικρό χρονικό διάστημα.

Εμπόδια στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων στους εικονικούς κόσμους

Η φυσική που διέπει έναν εικονικό κόσμο είναι κυρίως Φυσική του Στερεού Σώματος (Rigid Body Physics), αποκλείοντας τα ρευστά (υγρά ή αέρια) και τα εύκαμπτα (όπως το σκοινί και το ελατήριο). Όμως από την άλλη, δίνει πλήρη ελευθερία στο δημιουργό του εικονικού κόσμου να ρυθμίζει τις διαθέσιμες παραμέτρους (όπως πχ την τιμή της βαρύτητας ή του συντελεστή τριβής) κάτι που αποτελεί πρόκληση στο σχεδιασμό

ορισμένων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων. Παράδειγμα αντιμετώπισης των δυσκολιών στη σχεδίαση δραστηριοτήτων στους εικονικούς κόσμους είναι η ανατροπή της πλατφόρμας λόγω ροπών και το γλίστρημα των μπαλονιών στη δραστηριότητα «Ανεβάστε το ναυάγιο». Η ανατροπή της πλατφόρμας αντιμετωπίστηκε με κυλίνδρους-οδηγούς και το γλίστρημα των μπαλονιών ανύψωσης με τη δημιουργία οπών/θέσεων στη πλατφόρμα, αφού στους εικονικούς κόσμους δεν υπάρχει η δυνατότητα χρήσης σχοινιών.

Κατά το σχεδιασμό δραστηριοτήτων στον εικονικό κόσμο πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι οι νόμοι φυσικής του εικονικού κόσμου μερικές φορές διαφέρουν από τους πραγματικούς φυσικούς νόμους (Santos, 2014). Για το λόγο αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την αποφυγή δημιουργίας εναλλακτικών ιδεών στους μαθητές και ενίσχυσης αυτών.

Ένταξη των παιγνιωδών δραστηριοτήτων στα σύγχρονα αναλυτικά προγράμματα

Η παρούσα εργασία κινείται στην ίδια κατεύθυνση με τις εργασίες των Nadolny et al (2013), McGrath et al (2012) και κατατάσσεται στην κατηγορία Educational Activities σύμφωνα με την ταξινόμηση των Duncan et al (2012). Κύριος στόχος της εργασίας είναι ο εμπλουτισμός των δραστηριοτήτων φυσικών επιστημών που πρότειναν άλλοι ερευνητές (πχ Santos, 2012) σε εικονικούς κόσμους, με στοιχεία παιχνιδιού και συνεργασίας, μέσα στα πλαίσια που τίθενται από τα αναλυτικά προγράμματα. Άλλες σημαντικές εικονικές δραστηριότητες (πχ οι εφαρμογές του FET Colorado), οι οποίες κατά κανόνα υλοποιούνται ατομικά, θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν μέσα στα πλαίσια του εικονικού κόσμου, ώστε να ενισχυθεί ο διάλογος της τάξης.

Αυτό το μοντέλο δραστηριοτήτων θα μπορούσε να αξιοποιηθεί και από άλλα επιστημονικά πεδία αξιοποιώντας τις δυνατότητες οπτικοποίησης και επικοινωνίας που προσφέρουν οι εικονικοί κόσμοι. Σε κάθε περίπτωση ο τρισδιάστατος εικονικός χώρος μέσα στον οποίο μπορούν να βρίσκονται ομάδες μαθητών, ή και μια ολόκληρη τάξη μαθητών, αποτελεί πρόκληση για το εκπαιδευτικό σύστημα, αφού μπορεί να ενισχυθεί η μαθησιακή εμπειρία μέσα από εικονικές δραστηριότητες.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Barr, R. B., & Tagg, J. (1995). From teaching to learning—A new paradigm for undergraduate education. *Change: The magazine of higher learning*, 27(6), 12-26.
- Beck, J. & Wade, M. (2004). *The kids are alright: How the gamer generation is changing the workplace*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Bransford, J. D., & Schwartz, D. L. (1999). Rethinking transfer: A simple proposal with multiple implications. *Review of research in education*, 61-100.
- Cela, K. (2008). Web 2.0, Estilos de Aprendizaje y sus Implicaciones en la Educación. *Universidad de Poitiers & Universidad Nacional de Educación a Distancia de Madrid, Poitiers, France & Madrid, Spain*.
- Crawford, C. (1984). The art of computer game design. http://www.vic20.vaxxine.com/wiki/images/9/96/Art_of_Game_Design.pdf

- Csikszentmihalyi, M., & Csikszentmihalyi, M. (1991). *Flow: The psychology of optimal experience* (Vol. 41). New York: HarperPerennial.
- De Castell, S., & Jenson, J. (2003). OP-ED Serious play. *J. Curriculum Studies*, 35(6), 649-665.
- Dickey, M.D. (2005). Three-dimensional virtual worlds and distance learning: two case studies of Active Worlds as a medium for distance education. *British Journal of Educational Technology*, 36 (3), 439-451.
- Duncan, I., Miller, A. & Jiang, S. (2012). A taxonomy of virtual worlds usage in education. *British Journal of Educational Technology*, 43(6), 949-964.
- Gee, J. P. (2005). The Classroom of Popular Culture. What video games can teach us about making students want to learn. *Harvard Education Letter*, 21(8).
- Habgood, M. P. J. (2007). *The effective integration of digital games and learning content* (Doctoral dissertation, University of Nottingham).
- Hew, K. F., & Cheung, W. S. (2010). Use of three-dimensional (3-D) immersive virtual worlds in K-12 and higher education settings: A review of the research. *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 33-55.
- Jenkins, H. (2006). Confronting the Challenges of Participatory Culture: Media Education for the 21st Century. An Occasional Paper on Digital Media and Learning. *John D. and Catherine T. MacArthur Foundation*.
- Katz, J. (2000). Up, up, down, down. *Slashdot.org*. Originally published November, 30, 2000. (<http://slashdot.org/features/00/11/27/1648231.shtml>)
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40.
- McGrath, D., Savage, C., Williamson, M., Wegener, M., & McIntyre, T. (2012, September). Teaching special relativity using virtual reality. In Proceedings of *The Australian Conference on Science and Mathematics Education* (formerly UniServe Science Conference).
- Nadolny, L., Woolfrey, J., Pierlott, M., & Kahn, S. (2013). SciEthics Interactive: science and ethics learning in a virtual environment. *Educational Technology Research and Development*, 61(6), 979-999.
- Oliver, M., & Carr, D. (2009). Learning in virtual worlds: Using communities of practice to explain how people learn from play. *British Journal of Educational Technology*, 40(3), 14.
- Prensky, M. (2005). Computer games and learning: Digital game-based learning. *Handbook of computer game studies*, 18, 97-122.
- Dos Santos, R. P. (2012, June). Second Life as a Platform for Physics Simulations and Microworlds: An Evaluation. In *Proceedings of the CBLIS 2012-10th Conference on Computer-Based Learning in Science*, Barcelona, 173-180.
- Dos Santos, R. P. (2014). Second Life: Game, simulator, or serious game?. *Acta Scientiae*, 16(1), 72-92.

- Shernoff, D. J., & Csikszentmihalyi, M. (2009). Cultivating engaged learners and optimal learning environments. *Handbook of positive psychology in schools*, 131-145. <http://scienceinthemoment.cedu.niu.edu/~shernoff/shernoffsc.pdf>
- Steinkuehler, C. A. (2004, June). Learning in massively multiplayer online games. In *Proceedings of the 6th international conference on Learning sciences* (pp. 521-528). International Society of the Learning Sciences.
- Wang, Q., Tan, W., & Song, B. (2007). Research and design of edutainment. In *Information Technologies and Applications in Education, 2007. ISITAE'07. First IEEE International Symposium on* (pp. 502-505). IEEE.
- Νικολού Ε., Τσάκαλης Π., Γιούνης Α., Μπέλλου Ι., Μικρόπουλος Τ. Α. (1999), Εικονική πραγματικότητα στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Κριτική θεώρηση, Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή 'Διδακτική των Μαθηματικών & Πληροφορική στην Εκπαίδευση', 163-173, Ρέθυμνο.

«Υπολογιστικά υποστηριζόμενη διερεύνηση στις Φυσικές Επιστήμες για τις Ε΄ και Στ΄ τάξεις του Δημοτικού και για το Γυμνάσιο»

Ξανθίππη Τσορτανίδου

Δασκάλα και Μεταπτυχιακή φοιτήτρια στο Π.Μ.Σ. του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
xatsorta@pre.uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το παρόν σενάριο διδασκαλίας αφορά στις Ε΄ και Στ΄ τάξεις του Δημοτικού Σχολείου και το Γυμνάσιο και άπτεται του χώρου των Φυσικών Επιστημών. Η εκπαιδευτική αξία του σεναρίου έγκειται στο γεγονός ότι υπακούει στις παιδαγωγικές αρχές της διαθεματικότητας, της ενεργοποίησης των μαθητών, στην επίλυση προβλημάτων μέσω αναζήτησης και αξιοποίησης πληροφοριών, στην οικοδόμηση της γνώσης μέσω αυθεντικών και με νόημα δραστηριοτήτων, στην προαγωγή δεξιοτήτων υψηλού επιπέδου και στην προώθηση της συνεργασίας και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των μαθητών βάσει της στρατηγικής της συνεργατικής μάθησης «Jigsaw», γνωρίσματα που καθιστούν το σενάριο μαθητοκεντρικό και ως εκ τούτου συμβατό με το σκοπό του «Νέου Σχολείου». Η δικτυακή αποστολή φιλοξενείται στο περιβάλλον της Ιστοεξερεύνησης (WebQuest), βρίσκεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://platform.openwebquest.org/view/index.php?wg=609> με τίτλο «Από πού να πιά νερό;» και συνοδεύεται από ένα Ιστολόγιο που βρίσκεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://scinq.blogspot.gr/>. Το σενάριο αφορά στο πόσιμο νερό του Βόλου, ένα κοινωνικοεπιστημονικό ζήτημα που απασχολεί σε μεγάλο βαθμό τους κατοίκους της πόλης.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: Φυσικές Επιστήμες, παιδαγωγικές αρχές, Ιστοεξερεύνηση, Ιστολόγιο.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας συνδέονται άρρηκτα με τη παγκόσμια «ροή πληροφοριών» που υπερβαίνει τα γεωγραφικά όρια. Για να είναι σε θέση οι μαθητές να χρησιμοποιούν τις σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες είναι απαραίτητο να αναπτύξουν ένα σύνολο ικανοτήτων που θα τους επιτρέπει να αναζητούν, να βρίσκουν, να αξιοποιούν και να διαχειρίζονται αποτελεσματικά τις πληροφορίες. Το σύνολο των παραπάνω ικανοτήτων συνοψίζεται στον όρο «πληροφοριακός εγγραμματισμός» (Παπανικολάου, 2009). Ωστόσο, η αναζήτηση, αξιολόγηση, επεξεργασία και αξιοποίηση πληροφοριών με

«πολυμεσικά στοιχεία και υπερμεσική δομή» μέσω διαδικτύου συχνά αποπροσανατολίζει τους μαθητές και κωλύει την έγκυρη και αξιόπιστη αναζήτηση ψηφιακού υλικού (Μικρόπουλος & Μπέλλου, 2010). Συνεπώς, προκύπτει η ανάγκη δημιουργίας ενός περιβάλλοντος μάθησης, το οποίο θα οριοθετεί τη δραστηριότητα των μαθητών μέσω της στοχοκεντρικής διερεύνησης και της καθοδηγούμενης ανακάλυψης. Η ανάγκη αυτή μπορεί να ικανοποιηθεί από τα σενάρια διδασκαλίας που διενεργούνται στο περιβάλλον μιας Ιστοεξερεύνησης (Webquest) (Παπανικολάου & Γρηγοριάδου, 2005).

Αναφορικά με το ζήτημα του πόσιμου νερού, αυτό ανήκει στα κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα, τα οποία περιλαμβάνουν ζητήματα κοινωνικά/πολιτικά και επιστημονικά. Τα ανοικτά ερωτήματα, τα διλήμματα και η επιχειρηματολογία από πολλαπλές προοπτικές, σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη παρουσία αντιφατικών και αντικρουόμενων απόψεων, ενεργοποιούν την κριτική σκέψη των μαθητών και εξασφαλίζουν την ενεργό εμπλοκή τους στην επίλυση των εκάστοτε προβλημάτων (Kolsto, et al., 2006; Sadler, 2004; Zeidler, Sadler, Simmons, & Howes, 2005).

Η θεματολογία της Ιστοεξερεύνησης ανήκει στο χώρο των Φυσικών Επιστημών, αλλά άπτεται και της περιβαλλοντικής αγωγής, της κοινωνικής/πολιτικής αγωγής και της διαχείρισης της πληροφορίας, καθιστώντας έτσι το σενάριο διαθεματικό. Το σενάριο στοχεύει στην καλλιέργεια της ερευνητικής διάθεσης και της κριτικής σκέψης των μαθητών για την αντιμετώπιση προβλημάτων, στην κριτική αξιολόγηση των δικαιωμάτων και των υποχρεώσεων τους στη κοινωνία και στην ανάπτυξη συνεργατικού πνεύματος. Το σενάριο μπορεί να υλοποιηθεί στην Ευέλικτη Ζώνη καινοτόμων δράσεων εντός του υποχρεωτικού ωραρίου του πρώτου κύκλου της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, δηλαδή το Γυμνάσιο όσο και στο Δημοτικό Σχολείο, προσφέροντας τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να «ξεφύγει» από το γνωσιοκεντρικό προσανατολισμό του σχολείου (ΥΠΕΠΘ, 2003).

ΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Τεχνολογίες του εκπαιδευτικού υλικού

Η παρούσα διδακτική πρόταση φιλοξενείται στην πλατφόρμα OpenWebQuest και προσφέρει την δυνατότητα σχεδίασης Ιστοεξερεύνησεων (Webquest). Το Webquest αναπτύχθηκε το 1995 από τον Bernie Dodge στο Πανεπιστήμιο του San Diego της Καλιφόρνια (ΗΠΑ). Στόχος των Ιστοεξερεύνησεων είναι να γεφυρώσουν το χάσμα μεταξύ των σχολικών δραστηριοτήτων και των καθημερινών ζητημάτων (Παπανικολάου & Γρηγοριάδου, 2005). Επικουρικά η Ιστοεξερεύνηση συμπληρώθηκε από ένα Ιστολόγιο (Blog), το οποίο λειτουργεί ως ημερολόγιο, ως αποθετήριο των σκέψεων και των συναισθημάτων που ανέκυπταν στην διάρκεια της συλλογής πληροφοριών. Αναφορικά με τα Ιστολόγια, ανήκουν στη δεύτερη γενιά των εφαρμογών Web 2.0, οι οποίες επιτρέπουν την αλληλεπίδραση, συνεργασία και επικοινωνία των ατόμων. Τα εργαλεία του Παγκόσμιου Ιστού 2.0, θεωρείται ότι διατηρούν την προσοχή των μαθητών, ενδυναμώνουν τις μαθησιακές τους εμπειρίες και τους καθιστούν ενεργητικά εμπλεκόμενους στη μαθησιακή διαδικασία (ΥΠΕΠΘ, 2011).

Συλλογή και επιλογή πληροφοριών

Η συλλογή των πληροφοριών έγινε με βάση τα ερωτήματα «για ποιους λόγους οι κάτοικοι του Βόλου δεν πίνουν νερό μόνο από τη βρύση;», «ποιες εναλλακτικές λύσεις χρησιμοποιούνται;», «πώς μπορεί να ελεγχθεί αν το νερό είναι πόσιμο;», «ποιοι είναι αρμόδιοι για την εποπτεία της ποιότητας του νερού;», «τι μπορεί να γίνει για να αντιμετωπιστεί το ζήτημα;», «ποιες είναι οι συνέπειες των εναλλακτικών λύσεων;». Προκειμένου να στοιχειοθετεί το περιεχόμενο της Ιστοεξερεύνησης, συλλέχθηκαν πληροφορίες, με άξονα τα παραπάνω ερωτήματα, από διάφορες πηγές, πρωτογενείς, όπως επιστημονικά άρθρα, αρχεία δεδομένων υπηρεσιών, ηλεκτρονικά μηνύματα, δημόσια έγγραφα, αποτελέσματα ερευνών και δευτερογενείς, όπως βιβλία, διαδικτυακές πηγές, άρθρα εφημερίδων. Η επιλογή των πληροφοριών που θα πλαισιώναν την αποστολή έγινε βάσει του γνωστικού επιπέδου και των ικανοτήτων παιδιών ηλικίας μεταξύ 11-14 ετών.

Περιγραφή του Ιστολογίου

Κρίθηκε αναγκαίο να δημιουργηθεί ένα διαδικτυακό ημερολόγιο που θα παρουσιάζει στους μαθητές την προετοιμασία, την πορεία, την εξέλιξη και τα συναισθήματα που δημιουργούνταν καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας/συλλογής πληροφοριών. Έτσι λοιπόν, δημιουργήθηκε το Ιστολόγιο με τίτλο «scan & inquire», στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://scinq.blogspot.gr/>, το οποίο ανήκει στην κατηγορία των εκπαιδευτικών Ιστολογίων που απευθύνονται στους μαθητές.

Περιγραφή της Ιστοεξερεύνησης

Η Ιστοεξερεύνηση περιλαμβάνει τους άξονες της ποιότητας του πόσιμου νερού, των εναλλακτικών τρόπων χρήσης, της κατανάλωσης του πόσιμου νερού και της κινητοποίησης-ανάληψης δράσης, αντιστοιχίζοντας τους με τα ερωτήματα «για ποιους λόγους οι κάτοικοι του Βόλου δεν πίνουν νερό μόνο από τη βρύση;», «πώς μπορεί να ελεγχθεί αν το νερό είναι πόσιμο;», «ποιες εναλλακτικές λύσεις χρησιμοποιούνται;», «ποιες είναι οι συνέπειες των εναλλακτικών λύσεων;», «ποιοι είναι αρμόδιοι για την εποπτεία της ποιότητας του νερού;», «τι μπορεί να γίνει για να αντιμετωπιστεί το ζήτημα;». Στόχος είναι να προτείνουν οι μαθητές λύσεις και προτάσεις ως προς τον τρόπο κατανάλωσης του πόσιμου νερού, λαμβάνοντας υπόψη διάφορους παράγοντες. Η συνεργασία των μαθητών στο σενάριο ακολουθεί τη στρατηγική της συνεργατικής μάθησης «Jigsaw», σύμφωνα με την οποία ο κάθε μαθητής είναι απαραίτητος για την ολοκλήρωση τμήματος του τελικού προϊόντος. Πιο συγκεκριμένα, το υπό εξέταση θέμα χωρίζεται σε κατηγορίες/άξονες (προαναφέρθηκαν) και οι μαθητές ομαδοποιούνται με βάση τον αριθμό των θεμάτων των κατηγοριών/άξονων, αναλαμβάνοντας ρόλους, εν προκειμένω τον ρόλο των Χημικών, των Υγειονόμων Μηχανικών, των Περιβαλλοντολόγων και των Ενεργών πολιτών και συγκροτούν τις «ομάδες ειδικών» (expert groups). Ο εκπαιδευτικός ορίζει συντονιστή για κάθε ομάδα (προτιμάται ο ωριμότερος μαθητής). Ταυτόχρονα, οι μαθητές ανήκουν σε μικρές ετερογενείς ομάδες (Jigsaw ή home groups). Αφού οι «ειδικοί» μελετήσουν τα καθορισμένα θέματα,

επιστρέφουν στις αρχικές ομάδες (home groups) για να ολοκληρώσουν το τμήμα της εργασίας. Στο τέλος, τα τμήματα αυτά «συναρμολογούνται» και αποδίδουν το τελικό προϊόν, το παραδοτέο των μαθητών (Aronson, 2000).

Η Ιστοεξερεύνηση δημιουργήθηκε στην ηλεκτρονική πλατφόρμα platform.openwebquest.org που βρίσκεται στην ακόλουθη ηλεκτρονική διεύθυνση «<http://platform.openwebquest.org/view/index.php?wq=609>» με τίτλο «Από πού να πιάω νερό;». Πιο συγκεκριμένα, η δομή της Ιστοεξερεύνησης έχει ως εξής:

Αρχική: παρέχονται γενικές πληροφορίες αναφορικά με την Ταυτότητα της Ιστοεξερεύνησης (τίτλος, βαθμίδα εκπαίδευσης, θεματική περιοχή, ημερομηνία δημιουργίας, όνομα της/του δημιουργού, διεύθυνση του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου της/του, εκπαιδευτικός φορέας και η ηλεκτρονική διεύθυνση της Ιστοεξερεύνησης).

Εισαγωγή: παρουσιάζεται το αντικείμενο της εξερεύνησης που είναι το γεγονός ότι οι κάτοικοι του Βόλου δεν καταναλώνουν αποκλειστικά νερό από τη βρύση, αλλά καταφεύγουν κυρίως στην αγορά εμφιαλωμένων νερών και στη τοποθέτηση φίλτρων, αλλά και ο στόχος των μαθητών, που είναι να καταλήξουν και να δικαιολογήσουν τον ασφαλέστερο και πιο ενδεδειγμένο τρόπο κατανάλωσης του νερού.

Δραστηριότητα: οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες σε δύο φάσεις, σύμφωνα με τη στρατηγική της συνεργατικής μάθησης «Jigsaw». Στη πρώτη φάση, οι μαθητές αναλαμβάνουν ρόλους και χωρίζονται σε τέσσερις ομοιογενείς ομάδες (expert groups), στους Υγιεινολόγους Μηχανικούς, στους Χημικούς, στους Περιβαλλοντολόγους και στους Ενεργούς Πολίτες, ανάλογα με το τι χρησιμοποιεί η οικογένειά τους (Εικόνα 3). Η δραστηριότητα της κάθε ομάδας οριοθετείται από τους στόχους-ερωτήματα, καθώς και από το τελικό προϊόν που θα πρέπει να έχουν διεκπεραιώσει μετά το πέρας της Ιστοεξερεύνησης. Δίνονται οδηγίες για το πώς θα εργαστούν σε γενικές γραμμές και πού θα πρέπει να έχουν καταλήξει στο τέλος της πρώτης φάσης. Κατόπιν, στη δεύτερη φάση χωρίζονται ξανά σε ομάδες –ουσιαστικά επανέρχονται στις αρχικές τους ομάδες (home groups)– αυτή τη φορά οι ομάδες είναι τέσσερις ανομοιογενείς. Η κάθε ομάδα από αυτή τη φάση θα περιλαμβάνει έναν ειδικό από κάθε ομάδα της πρώτης φάσης. Αυτή η ανασυγκρότηση γίνεται για να είναι πιο σφαιρική η λύση-πρόταση που θα προταθεί. Η παρουσίαση της πρότασης της κάθε ομάδας θα παρουσιαστεί στην ολομέλεια της τάξης.

Αρχική
Εισαγωγή
Δραστηριότητα
Επιμέλεια
Πηγές-Μέσα
Αξιολόγηση
Βήμα Έρευνας
Εκπαιδευτικός

Δραστηριότητα



ΠΡΟΕΙΔΑΓΟΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Αρχικά, για να κατανοήσετε το ζήτημα που θα διερευνήσετε, θα πρέπει να γνωρίσετε τα προβλήματα που τίθενται νερό. Θα σας δώσω πηγές, οι οποίες θα σας προσανατολίσουν στο να αντιληφθείτε τα προβλήματα του τόπου σας, όπως φαίνονται να είναι μέσα από τον τοπικό τύπο, π.χ. εφημερίδα, ραδιόφωνο, κ.λπ. Για να βρείτε τις πηγές πατήστε εδώ.

ΧΩΡΙΣΜΟΣ ΟΜΑΔΩΝ

Επειδή έχω ξεκινήσει την έρευνα για το νερό, κατάλαβα ότι για να διερευνηθεί αποτελεσματικά, θα πρέπει να χωριστείτε σε ομάδες. Και αυτό γιατί περιλαμβάνει πολλά και διαφορετικά σημεία. Παρακάτω σας αναλύω τις ομάδες των επιστημόνων και των καθηγητών τους.

Πώς θα χωριστείτε σε ομάδες; Όσοι μαθητές πήγαινε από τη βρύση θα γίνει Υγιεινολόγοι Μηχανικοί ή θα γίνει Μηχανικοί, όσοι αγοράζετε εμφιαλωμένα νερά ή και έχετε φίλτρα θα γίνει Περιβαλλοντολόγοι και όσοι ακολουθείτε κάτι διαφορετικό, θα γίνει Ενεργειακοί Πολίτες. Ίσως αναρωτηθείτε, γιατί να χωριστούμε σε ομάδες και μάλλον γιατί σε αυτές τις συγκεκριμένες ομάδες; Ο λόγος είναι γιατί το ζήτημα του νερού εμπλέκει διάφορα προβλήματα, ζητήματα, κριτήρια τα οποία για να απαντηθούν θα πρέπει να ρωτήσουμε ειδικούς. Και ποιοι είναι αυτοί; Οι Υγιεινολόγοι Μηχανικοί, οι Χημικοί, οι Περιβαλλοντολόγοι, οι Ενεργειακοί Πολίτες. Η κάθε ομάδα, θα σπεύσει να απαντήσει σε κάποια κριτήρια, τα οποία στην ουσία απασχολούν τους ενήλικες που έχουν τα παραπάνω επαγγέλματα.

*Όταν θα την ολοκληρώσει αυτής της καταεργονόησης, θα είστε σε θέση να προτείνετε τι πρέπει τελικά να κάνουμε; να πίνουμε από τη βρύση, από εμφιαλωμένα, βάζοντας στη βρύση φίλτρο; ένας συνδυασμός από όλα αυτά.

ΑΦΑΞΗ

1^η ομάδα: Υγιεινολόγοι Μηχανικοί

Η ομάδα αυτή θα ασχοληθεί με τα σύστημα που έχει κατασκευάσει η ΔΕΥΑΜΒ για να τροφοδοτεί τους πολίτες και τις επιχειρήσεις με νερό καλής ποιότητας. Η ομάδα θα συνεργαστεί, αλλά τα μέλη θα δουλεύουν διαφορετικό πράγμα. Η παρουσίαση των όσων βρήκατε θα γίνει στους συμμαθητές σας, σε όλη την τάξη.

Εικόνα 3: Ενδεικτικό τμήμα της Δραστηριότητας

Διαδικασία: περιγράφεται αναλυτικά η πορεία της εργασίας των μαθητών ανά ομάδες. Η κάθε ομάδα έχει τον δικό της ρόλο και χωρίζεται σε επιμέρους ομάδες, τις υπο-ομάδες, προκειμένου οι μαθητές να αναλάβουν διαφορετικές δραστηριότητες, υπο-έργα, για να ολοκληρωθεί επιτυχώς το έργο της κάθε ομάδας. Η κάθε ομάδα «εφοδιάζεται» με οδηγίες και βήματα που πρέπει να ακολουθήσει για να διεκπεραιώσει επιτυχώς το μερίδιο της δραστηριότητάς της.

Πηγές-Μέσα: περιγράφονται τα βήματα που θα ακολουθήσουν οι μαθητές στην πράξη. Δίνονται τα μέσα που θα χρησιμοποιήσουν για να αναζητήσουν και να οργανώσουν τις πληροφορίες που θα συλλέξουν. Αυτές οι πηγές και οι πληροφορίες που δίνονται προσανατολίζουν τους μαθητές στην κατεύθυνση που θα πρέπει να κινηθούν. Επομένως, οι μαθητές μπορούν να αναζητήσουν και μόνοι τους άλλες πηγές άντλησης πληροφοριών, αν θεωρήσουν ότι θα τους βοηθήσουν περαιτέρω. Επίσης, παρέχονται οδηγίες ως προς τα μέρη που θα πρέπει να εστιάσουν οι μαθητές καθώς διαβάζουν μια πηγή. Παρέχονται Οδηγοί ανάγνωσης κάποιων δυσνόητων κειμένων, τα οποία θεωρήθηκε ότι υπερβαίνουν το γνωστικό και νοητικό δυναμικό των μαθητών της συγκεκριμένης ηλικιακής ομάδας και επισυναπτόμενα φύλλα που είτε παρέχουν επιπρόσθετες πληροφορίες είτε συνοψίζουν κάποιες πηγές πληροφόρησης. Ακόμη, δίνονται ιδέες για ανοιχτές διαδικασίες, όπως συνεργασία με φορείς, επισκέψεις ειδικών, επισκέψεις των μαθητών εκτός σχολείου κ.ά.

Αξιολόγηση: περιγράφεται ο τρόπος αξιολόγησης του τελικού προϊόντος των μαθητών μέσω ρουμπρικών αξιολόγησης, οι οποίες με δείκτες και κριτήρια ορίζουν την επιτυχία της εργασίας των μαθητών, τόσο της ποιότητας και της απόδοσης της συνεργασίας μεταξύ των μαθητών όσο και του μαθησιακού αποτελέσματος. Οι μαθητές θα κληθούν να συντάξουν την/τις ενδεδειγμένη/-ες πρόταση/-εις αναφορικά με το τι θα πρέπει να κάνουν οι κάτοικοι ως προς την κατανάλωση και χρήση του πόσιμου νερού. Φυσικά, τους δίνεται

ένας Οδηγός για την σύνταξη της πρότασης, δηλαδή ποιους παράγοντες θα πρέπει να λάβουν υπόψη, ώστε να είναι ολοκληρωμένη. Η αξιολόγηση των μαθητών είναι ομαδική, όπως και η εργασία τους. Επίσης, στο στάδιο αυτό δεν αξιολογεί μόνο ο εκπαιδευτικός, αλλά και οι μαθητές μέσω της αυτοαξιολόγησής τους και της ετεροαξιολόγησης μεταξύ τους.

Συμπέρασμα: συνοψίζεται η δραστηριότητα των μαθητών, ανασκοπούνται οι μαθησιακοί στόχοι και επισημαίνεται το τελικό προϊόν που θα πρέπει να έχουν διεκπεραιώσει οι μαθητές. Επίσης, οι μαθητές αυτοαξιολογούν την πορεία τους, τη συνεργασία μεταξύ τους, τις δυσκολίες που συνάντησαν, αυτά που έμαθαν και το τελικό προϊόν που ανέπτυξαν, συμπληρώνοντας ένα φύλλο που τους επισυνάπτεται. Τέλος, δίνεται μια ιδέα για να γνωστοποιήσουν την δραστηριότητα τους στους συμμαθητές τους με τη οργάνωση μιας ημερίδας.

Εκπαιδευτικός: παρέχονται επιπρόσθετες πηγές πληροφόρησης και οδηγίες/συμβουλές σε εκπαιδευτικούς που θέλουν να εφαρμόσουν την Ιστοεξερεύνηση στη τάξη τους. Για την εισαγωγή στην σελίδα του εκπαιδευτικού χρησιμοποιείστε τον κωδικό 199225.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διδακτική πρόταση συνάδει με το σκοπό του «Νέου Σχολείου», το οποίο θέτει στο επίκεντρο τον μαθητή και επιδιώκει το άνοιγμα του σχολείου στην κοινωνία. Η στοχοκεντρική διερεύνηση βοηθά τους μαθητές να προσανατολιστούν στο τελικό προϊόν που θα παρουσιάσουν, η καθοδηγούμενη ανακάλυψη τους βοηθά να οικοδομήσουν γνώση, μέσω της μαθησιακής υποστήριξης και η κοινωνική αλληλεπίδραση/συνεργασία, τους βοηθά να αναπτυχθούν αντιληπτικά και να κοινωνικά. Το σενάριο μπορεί να αφορά στο πόσιμο νερό του Βόλου, ωστόσο με κάποιες τροποποιήσεις μπορεί να προσαρμοστεί στο πόσιμο νερό της εκάστοτε πόλης. Ένας περιορισμός που πρέπει να διατυπωθεί είναι το γεγονός ότι δεν έχει εφαρμοστεί σε τάξη. Ίσως η υλοποίησή του να σηματοδοτούσε αλλαγές και τροποποιήσεις ως προς την πορεία της διερεύνησης και το περιεχόμενο. Με αφορμή αυτή τη καινοτόμα διδακτική πρόταση, μπορούν να σχεδιαστούν και να εφαρμοστούν Ιστοεξερευνήσεις με ποικίλη θεματολογία, εκμεταλλεύοντας την δυνατότητα να αναπαραστήσουν οι μαθητές συνθήκες που θα συναντήσουν στην ενήλικη ζωή τους.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία έγινε στα πλαίσια του Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών, του Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Βόλου, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Κόλλια Βασίλη για την εμπιστοσύνη, την υπομονή και την καθοδήγηση που μου παρείχε για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Aronson, E. (2000). *Jigsaw Classroom*. Ανακτήθηκε στις 11 Δεκεμβρίου 2014, από <http://www.jigsaw.org/overview.htm>

- Kolsto, S., Bungum, B., Arnesen E., Isnes A., Kristensen, T., Mathiassen K., Mestad I., Quale A., Sissel A., Tonning V., & Ulvik, M. (2006). Science Students' Critical Examination of Scientific Information Related to Socioscientific Issues. *Science Education*, 90(4), 632-655. Ανακτήθηκε στις 28 Μαΐου 2014, από <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.20133/pdf>
- Κόμης, Β. (2004). *Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Μικρόπουλος, Τ. & Μπέλλου, Ι. (2010). *Σενάρια διδασκαλίας με υπολογιστή*. Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- Παπανικολάου, Κ. (2009). *Μάθηση βασισμένη σε Πηγές: Πληροφοριακός Εγγραμματισμός και Οργάνωση Διαδικτυακών Εξερενήσεων*. Ανακτήθηκε στις 28 Νοεμβρίου 2014, από <http://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/D58/%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B12012/chapter6-WebQuest-Papanikolaou-camera1.pdf>
- Παπανικολάου, Κ. & Γρηγοριάδου, Μ. (2005). Σχεδιάζοντας WebQuest σενάρια μαθημάτων με βάση πολλαπλές πηγές πληροφορίας για τη δομή, λειτουργία, αναβάθμιση υπολογιστή. Στα: Α. Γιαλαμά, Ν. Τζιμόπουλος & Α. Χλωρίδου (Επιμ.), «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη». *3ο Πανελλήνιο Συνέδριο. Σύρος 13 έως 15 Μαΐου 2005*. Αθήνα: Νέες Τεχνολογίες. Ανακτήθηκε στις 28 Μαΐου 2014, από <http://hermes.di.uoa.gr/lab/CVs/papers/papanikolaou/PG-WebQuest-Syros2005.pdf>
- Sadler, T. (2004). *Informal Reasoning Socioscientific Issues: A critical review of research*, 41(5), 513-536. Ανακτήθηκε τις 28 Μαΐου 2014, από <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tea.20009/pdf>
- ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2011). *Το Πρόγραμμα Σπουδών για τον Πληροφορικό Γραμματισμό στο Γυμνάσιο. Οδηγός για τον Εκπαιδευτικό*. Αθήνα. Ανακτήθηκε στις 28 Μαΐου 2014, από http://dide.zak.sch.gr/keplinet/yliko/neo_programma_spoudwn_odigos_ekpkoy_gymnasio.PDF
- ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2003). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών Πληροφορικής*. Αθήνα. Ανακτήθηκε στις 28 Μαΐου 2014, από <http://www.pi-schools.gr/programs/depps/>
- Zeidler, D., Sadler, T., Simmons, M., & Howes, E. (2005). Beyond STS: A Research-Based Framework for Socioscientific Issues Education. *Science Education*, 89(3), 357-377. Ανακτήθηκε στις 10 Δεκεμβρίου 2014, από <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.20048/pdf>

ΑΝΑΡΤΗΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Οι Ερευνητές της Φλώρινας: Ένα Επιτραπέζιο Παιχνίδι Ηλεκτρισμού, Μιγμάτων και Τοπικής Ιστορίας

Ασημίνα Ανδρικού¹ Πασγαλία Δάρατζη²

¹ ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας ² ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

m_andrikou20@hotmail.com , pdaratzh@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία-αφίσα περιγράφεται το εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε κατά το σχολικό έτος 2013-2014 στη Δ' τάξη του Δημοτικού Σχολείου Βεύης στην περιοχή της Φλώρινας. Οι μαθητές κατασκεύασαν ένα επιτραπέζιο παιχνίδι με σκοπό να εμπλέξουν την τοπική ιστορία της περιοχής με βασικές ιδέες του ηλεκτρισμού και των μιγμάτων. Παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά του μαθησιακού περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύχθηκε το παιχνίδι, το ταμπλό του, το οποίο είναι ένα τρισδιάστατο μοντέλο του Νομού Φλώρινας, καθώς και τρία κουτιά τα οποία περιλαμβάνουν τα υλικά των μιγμάτων, του ηλεκτρισμού και τις ερωτήσεις για την τοπική ιστορία.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών, Διαθεματική προσέγγιση, Ανοιχτή διερεύνηση, Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την ολοκλήρωση του επιστημονικού μας υλικού βασιστήκαμε σε τρεις έννοιες που αποτελούν το θεωρητικό μας υπόβαθρο, την διαθεματική διδασκαλία, τη μάθηση σε ανοιχτό διερευνητικό περιβάλλον και το Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας. Πιο συγκεκριμένα:

Με τον όρο διαθεματική προσέγγιση εννοούμε την πολύπλευρη διερεύνηση και μελέτη ενός θέματος που άπτεται πολλών γνωστικών αντικειμένων (Vars, 1991). Συγγενής με την διαθεματικότητα είναι και η λεγόμενη διεπιστημονική προσέγγιση, η οποία περιορίζει τις μορφές γνώσης από τις οποίες ξεκινά η μάθηση στον χώρο των επιστημών. Η διαθεματική διδασκαλία είναι μια μέθοδος ή ένα σύνολο μεθόδων το οποίο χρησιμοποιείται για να διδάσκεται μια ενότητα μέσω διαφορετικών σκοπιών. Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη ή επίπεδα της διαθεματικής διδασκαλίας. Η πιο κοινή μέθοδος για την εφαρμογή ολοκληρωμένης διαθεματικής διδασκαλίας είναι η θεματική ενότητα,

στην οποία ένα κοινό θέμα έχει μελετηθεί σε σχέση με περισσότερους από έναν γνωστικούς τομείς (Burton & Smith, 2000).

Η ανοιχτή διερεύνηση αποτελεί μια σημαντική πτυχή της διερευνητικής μάθησης. Η ανοιχτή διερεύνηση δεν έχει καθορισμένο στόχο ή αποτέλεσμα που οι μαθητές πρέπει να επιτύχουν. Δίνεται έμφαση στον ατομικό χειρισμό πληροφοριών και τη δημιουργία νοήματος από ένα σύνολο υλικών ή συνθηκών που έχουν δοθεί (Hannafin, Land, & Oliver, 1999). Σε πολλά συμβατικά και δομημένα μαθησιακά περιβάλλοντα οι μαθητές αναρωτιούνται ποιο αναμένεται να είναι το αποτέλεσμα και μετά αυτοί απλά περιμένουν να επιβεβαιώσουν ή να αποδείξουν αυτή την υπόθεση. Στην ανοιχτή διερεύνηση, όμως, υπάρχουν πολλά οφέλη. Οι μαθητές δεν εκτελούν απλά πειράματα σε κατάσταση ρουτίνας, αλλά πραγματικά σκέφτονται τα αποτελέσματα που συλλέγουν και τη σημασία αυτών. Στην παραδοσιακή μορφή εκπαίδευσης υπάρχει η τάση των μαθητών να λένε ότι το πείραμα πήγε “λάθος”, όταν αυτοί συλλέγουν αποτελέσματα αντίθετα σε αυτά που τους είπαν να περιμένουν. Στην ανοιχτή διερεύνηση δεν υπάρχουν “λάθος” αποτελέσματα και οι μαθητές πρέπει να αξιολογούν τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες των αποτελεσμάτων που συλλέγουν μόνοι τους και να αποφασίσουν την αξία τους (Hmelo-Silver, 2004).

Ένα Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας (ΦΕ/ΤΧ) είναι ένα φεστιβάλ που παρουσιάζει τα θέματα της επιστήμης και της τεχνολογίας με την ίδια φρεσκάδα και λάμψη που θα αναμενόταν από ένα φεστιβάλ τεχνών ή μουσικής. Οι εκδηλώσεις μπορεί να ποικίλουν συμπεριλαμβανομένων των διαλέξεων, των εκθέσεων, των εργαστηρίων, των ζωντανών επιδείξεων πειραμάτων, των ξεναγήσεων και των ομαδικών συζητήσεων (Orkney International Science Festival website, 2012). Επιπλέον, μπορεί να υπάρχουν γεγονότα που συνδέουν τις ΦΕ με την Τέχνη ή την Ιστορία, όπως θεατρικές παραστάσεις, δραματοποιημένες αναγνώσεις και μουσικές παραγωγές. Το βασικό περιεχόμενο προέρχεται από την επιστήμη και την τεχνολογία, αλλά το ύψος της διοργάνωσης προέρχεται από τον κόσμο της τέχνης. Τα Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ, ακόμη, έχουν ως στόχο να διαδραματίζουν ένα σημαντικό μέρος της άτυπης μορφής της εκπαίδευσης. Αρκετοί έχουν οργανώσει εκδηλώσεις που απευθύνονται ειδικά σε μαθητές ή/και εκπαιδευτικούς, όπως εργαστήρια ή προσφορά προγραμμάτων σπουδών που συνδέονται με εργαστήρια και οι ΦΕ παρουσιάζονται σε περιφερειακά σχολεία όλο το χρόνο. Τα Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ οργανώνονται σε πολλές χώρες, όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, η Ιταλία, η Σουηδία, η Σλοβενία οι ΗΠΑ και ο Καναδάς (Orkney International Science Festival website, 2012).

ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΕΣΤΙΒΑΛ

Η προετοιμασία του φεστιβάλ πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους 2013-2014 σε 12 δίωρες συναντήσεις. Για την καλύτερη οργάνωση και επεξεργασία χωρίσαμε τη διαδικασία σε τέσσερις υποενότητες:

Στάδιο γνωριμίας

Αποτελεί την πρώτη δώρη συνάντησή μας με τα παιδιά. Σε αυτή αποφασίσαμε να γνωριστούμε παίζοντας μαζί τους αποφεύγοντας, έτσι, την αυστηρή μορφή της παραδοσιακής διδασκαλίας και συζητήσαμε για τα ενδιαφέροντα και τις ασχολίες. Έτσι, αποφασίστηκε το θέμα με το οποίο ασχοληθήκαμε. Θεωρήσαμε ότι θα ήταν καλύτερο το θέμα να επιλεγεί από τους ίδιους τους μαθητές, καθώς με αυτό τον τρόπο θα παρέμενε αμείωτο το ενδιαφέρον τους καθ' όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας.

Στάδιο επαφής με τα γνωστικά αντικείμενα

Στο συγκεκριμένο στάδιο οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με το θεωρητικό πλαίσιο της τοπικής ιστορίας και εξοικειώθηκαν με τον ηλεκτρισμό και τα μίγματα. Πιο συγκεκριμένα, προσπαθήσαμε να διαιρέσουμε κάθε δώρη συνάντηση σε θεωρητικό και πρακτικό μέρος. Έτσι, στο ένα μέρος τα παιδιά έρχονταν σε επαφή με την τοπική ιστορία και στο άλλο εξοικειώνονταν με τον ηλεκτρισμό και τα μίγματα μέσω πειραμάτων και διαδραστικών παιχνιδιών. Επιπλέον, οι μαθητές προσπάθησαν να εξοικειωθούν με την επιστημονική ορολογία του κάθε γνωστικού αντικειμένου.

Κατασκευαστικό στάδιο

Μετά την ολοκλήρωση της εξοικείωσης των μαθητών με τα γνωστικά αντικείμενα περάσαμε στη δημιουργία του εκπαιδευτικού υλικού.

Στάδιο αναστοχασμού

Στο τελικό στάδιο ζητήσαμε από τους μαθητές να καταγράψουν τις εντυπώσεις τους και συζητήσαμε για όλη τη συνεργασία μας. Επιπλέον, προετοιμάσαμε την παρουσίαση του επιστημονικού κουτιού για το Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ.

ΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Το εκπαιδευτικό μας πακέτο αποτελείται από ένα μεγάλο κουτί που περιλαμβάνει το ταμπλό του επιτραπέζιου παιχνιδιού και άλλα τρία μικρότερα κουτιά. Το ταμπλό είναι ένα τρισδιάστατο μοντέλο του Νομού Φλώρινας και είναι κατασκευασμένο από υλικά που τα παιδιά βρίσκουν εύκολα. Προσπαθήσαμε να κατασκευάσουμε βουνά, ποτάμια, λίμνες, σπίτια και δρόμους με χαρτί, κόλλα, διάφορα χαρτόνια, πολύχρωμους μαρκαδόρους και πινέζες. Επίσης, κάναμε πόνια και ζάρια από πολύχρωμα χαρτιά.

Όσον αφορά τα τρία μικρότερα κουτιά, αυτά περιλαμβάνουν τα υλικά των μιγμάτων και της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και τις ερωτήσεις για την τοπική ιστορία. Ειδικότερα, το κουτί των μιγμάτων περιλαμβάνει τα υλικά για την παρασκευή και το διαχωρισμό των μιγμάτων, όπως χωνί, σουρωτήρι, φίλτρα, μαγνήτη, συνδετήρες, ρύζι, φασόλια, φακές, νερό και σμιγδάλι. Το κουτί της ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει αγωγούς, μονωτές και ένα μοντέλο ενός αυτοκινήτου. Το αυτοκίνητο φτιάχτηκε από ξύλο, χαρτόνια, φωτογραφίες από ένα αυτοκίνητο και ένα ηλεκτρικό κύκλωμα που περιλαμβάνει δύο λάμπες, δύο μπαταρίες και καλώδια.

Η ιστορία του παιχνιδιού μας είναι η εξής: Κάθε παίκτης είναι ένας «ερευνητής» της Φλώρινας, περνάει από διάφορα χωριά και καλείται να περάσει με επιτυχία κάποιες δοκιμασίες, ώστε να ανάψει τα φώτα του αυτοκινήτου με τη χρήση αγωγών και όχι μονωτών, να διακρίνει με το σωστό τρόπο ένα μίγμα στα συστατικά του και να απαντήσει σωστά σε ερωτήσεις που σχετίζονται με την περιοχή της Φλώρινας.

Φωτογραφία 1: Το εκπαιδευτικό υλικό



ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΤΟ ΦΕΣΤΙΒΑΛ

Το 2^ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ πραγματοποιήθηκε στο κέντρο της πόλης της Φλώρινας. Επισκέπτες του Φεστιβάλ ήταν μαθητές και κάτοικοι της πόλης.

Την ίδια μέρα, οι μαθητές έφτιαξαν τον πάγκο τους με το επιτραπέζιο παιχνίδι και πρόθυμα υποδέχτηκαν τους επισκέπτες εξηγώντας τους κανόνες, παίζοντας μαζί τους και απαντώντας στις απορίες τους. Επιπλέον, οι μαθητές επισκέφτηκαν και άλλες ομάδες του Φεστιβάλ παρατηρώντας τη δουλειά τους.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ

Από τη συνολική αποτίμηση του προγράμματος διαπιστώσαμε ότι:

- Όλοι οι μαθητές, ακόμα και οι «αδύναμοι», πρόθυμα συμμετείχαν στην κατασκευή του εκπαιδευτικού υλικού.
- Εκτιμούμε ότι βελτιώθηκε η ατομική και η ομαδική συμπεριφορά των μαθητών, καθώς όλη η κατασκευή βασίστηκε στον καταμερισμό των εργασιών ανά άτομο αλλά και ομαδικά.
- Εκτιμούμε ότι αναπτύχθηκαν οι τέσσερις γλωσσικές δεξιότητες (κατανόηση και παραγωγή προφορικού λόγου, κατανόηση και παραγωγή γραπτού λόγου) και η κριτική τους ικανότητα μέσω συζητήσεων και δραστηριοτήτων.
- Οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με τις ΦΕ σε ένα ανοιχτό διερευνητικό και διαθέμα-τικό περιβάλλον, πράγμα που τους βοήθησε να κατανοήσουν ότι τα αντικείμενα

αυτά μπορούν να διδαχθούν εκτός των στενών ορίων που ορίζει το σχολικό βιβλίο και η σχολική τάξη.

- Οι μαθητές καλλιέργησαν για πρώτη φορά τη δεξιότητα της προφορικής παρουσίασης του εκπαιδευτικού υλικού που κατασκεύασαν.
- Το γεγονός ότι όλοι οι μαθητές ζήτησαν να επαναληφθεί το πρόγραμμα την επόμενη σχολική χρονιά, μας ενισχύει την πεποίθησή μας για τη θετική του έκβαση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Barton, K., C. & Smith, L., A. (2000). Themes or motifs? Aiming for coherence through interdisciplinary outlines. *The Reading Teacher*, 54 – 63.
- Hannafin, M., Land, S., Oliver, K. (1999). Open learning environments: Foundation, methods, and models. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models. A new paradigm of instructional theory Volume II*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 115-140.
- Hmelo-Silver, C. (2004). Problem Based Learning: What and how do students learn. *Educational Psychology Review*, 16(3).
- Orkney International Science Festival website. Background to science festivals. Retrieved 2012-04-07.
- Vars, G.F. (1991). Integrated curriculum in historical perspective. *Educational Leadership*, 14 – 15.

Το «επιστημονικό» κουτί του τρένου: Ανάπτυξη και παρουσίαση εκπαιδευτικού υλικού από μαθητές δημοτικού

Αγγελική Βασιλούδη¹ και Γεώργιος Κοταμπάσης²

¹ ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, ² ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

vasiloudiangela992@gmail.com, georgekotabasis3@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα αναρτημένη εργασία παρουσιάζεται το εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε κατά τα σχολικά έτη 2012-2013 και 2013-2014, στο Δημοτικό Σχολείο Κέλλης Φλώρινας, από τους μαθητές της Ε' και ακολούθως Στ' τάξης. Οκτώ μαθητές εργάστηκαν στα πλαίσια ενός ανοιχτού διερευνητικού περιβάλλοντος, κατά την ευέλικτη ζώνη, με την υποστήριξη δύο φοιτητών του ΠΤΔΕ Φλώρινας. Στόχος της εργασίας ήταν η σχεδίαση και κατασκευή του «επιστημονικού κουτιού του τρένου», για τη δημιουργία της «Επιστημονικής Γωνιάς» του σχολείου. Οι μαθητές εργάστηκαν ομαδικά με απώτερο σκοπό την παρουσίασή του στα 2 Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας, που πραγματοποιήθηκαν στη Φλώρινα.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας, ανοιχτό διερευνητικό περιβάλλον μάθησης, προσέγγιση STSE.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το εκπαιδευτικό υλικό που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία-αφίσα αποτελεί μέρος ενός προγράμματος, στόχος του οποίου ήταν η δημιουργία «επιστημονικών γωνιών» στα δημοτικά σχολεία της ευρύτερης περιοχής της Φλώρινας. Στο πλαίσιο αυτό, οι μαθητές συνεργάστηκαν με φοιτητές του τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Φλώρινας, σχεδίασαν και κατασκεύασαν τα δικά τους «επιστημονικά κουτιά», με τα οποία στελέχωσαν την επιστημονική γωνιά του σχολείου τους. Επιπλέον, οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να παρουσιάσουν τα «επιστημονικά κουτιά» σε ένα τοπικό Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας στη Φλώρινα.

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στο σχεδιασμό και την κατασκευή του «επιστημονικού κουτιού του τρένου», το οποίο αναπτύχθηκε κατά τα σχολικά έτη 2012-13 και 2013-14, στο δημοτικό σχολείο Κέλλης Φλώρινας, από μαθητές της Ε και ακολούθως της Στ τάξης. Ως προς την επιλογή του θέματος, αφορμή στάθηκε ένα επίκαιρο πρόβλημα που αντιμετώπισε η τοπική κοινωνία- η διακοπή των δρομολογίων του

σιδηροδρόμου στην περιοχή. Οι μαθητές κλήθηκαν να κατανοήσουν τη σημασία του κοινωνικού αυτού προβλήματος, να το συνδέσουν με τη γεωμορφολογία του εδάφους του Νομού Φλώρινας και να το εξετάσουν υπό το πρίσμα της επιστήμης, της τεχνολογίας, της κοινωνίας και του περιβάλλοντος.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη της διδακτικής παρέμβασης πραγματοποιήθηκε με βάση το πρόγραμμα STSE (Επιστήμη, Τεχνολογία, Κοινωνία, Περιβάλλον) , στα πλαίσια ενός ανοικτού διερευνητικού περιβάλλοντος μάθησης.

Το πρόγραμμα STSE

Αναφορικά με το πρόγραμμα STSE, «η επιστημονική πρακτική τοποθετείται στα πλαίσια της κοινωνικής κατάστασης και του περιβαλλοντικού προβλήματος. Η επιθυμία να διερευνηθεί η κατάσταση και να λυθεί το πρόβλημα δημιουργεί στους μαθητές ένα πλαίσιο μέσα στο οποίο αποκτούν νόημα οι επιστημονικές έννοιες και αναπτύσσονται οι δεξιότητές τους» (Σκορδούλης, Σωτηράκου, 2005).

Έτσι, η μάθηση συνδέεται με την καθημερινή ζωή των μαθητών, οι οποίοι πλέον αντιλαμβάνονται τον κόσμο μέσα από τις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ). Ως επακόλουθο, οι μαθητές αντιστρέφουν την αρχική αρνητική τους στάση απέναντι στις ΦΕ με αποτέλεσμα το γεγονός αυτό να επιδρά και στην επιλογή της σταδιοδρομίας τους. Ακόμη, οι μαθητές αναπτύσσουν το ενδιαφέρον τους και για την εκλαΐκευση της επιστήμης ώστε να γίνει κατανοητή από ευρύτερα στρώματα του πληθυσμού.

Διερευνητικά περιβάλλοντα μάθησης- η ανοιχτή διερεύνηση

Διερεύνηση είναι η διαδικασία μέσω της οποίας εργάζονται οι επιστήμονες και περιλαμβάνει τα εξής στάδια: α) σχεδιασμός της διερεύνησης ενός ερωτήματος, β) λήψη και παρουσίαση των δεδομένων και γ) αξιολόγηση των ενδείξεων (Χαλκιά, 2010). Ως διαδικασία, η διερεύνηση περιγράφεται επακριβώς με τη φράση «οι μαθητές κάνουν κάτι», αντί του «κάποιος ενεργεί για τους μαθητές» και υπάρχουν τρία είδη διερεύνησης ανάλογα με το υποκείμενο που είναι υπεύθυνο για αυτή. Επομένως, μια διερεύνηση μπορεί να είναι «δομημένη», «καθοδηγούμενη» ή «ανοιχτή».

Στην ανοιχτή διερεύνηση λαμβάνουν χώρα δραστηριότητες που πραγματοποιούνται από τους ίδιους τους μαθητές, οι οποίοι επιλέγουν το θέμα και τη μέθοδο που θα χρησιμοποιήσουν, με το δάσκαλο να λειτουργεί υποστηρικτικά, παρέχοντας γνώσεις και υλικά για την περάτωση της διαδικασίας (Carin et al., 2005). Έτσι, οι μαθητές μετατρέπονται σε ενεργά υποκείμενα της μάθησης, υπεύθυνα για την εξέλιξη της διαδικασίας, αποτινάσσοντας από αυτούς το ρόλο του παθητικού δέκτη πληροφοριών.

Η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

Όπως προαναφέρθηκε, το θέμα της παρέμβασής μας ήταν εξ αρχής ορισμένο και δόθηκε στους μαθητές με την παρακίνηση να αναπτύξουν τους προβληματισμούς τους στα πλαίσια της ομάδας τους. Χωρίζεται σε δύο μέρη.

Στο Α΄ μέρος, αρκεστήκαμε στην απλή εξοικείωση των μαθητών με το επιλεγμένο θέμα και περιβάλλον μάθησης. Απώτερος σκοπός μας ήταν η προετοιμασία της ομάδας για το δεύτερο μέρος της παρέμβασης και η κατασκευή του πρώτου εκπαιδευτικού υλικού από τους μαθητές.

Στο Β΄ μέρος, οι μαθητές μας πήραν μέρος σε μια πληθώρα στοχοθετημένων δραστηριοτήτων, με σκοπό την επέκταση του «επιστημονικού κουτιού του τρένου». Οι μαθητές συγκέντρωσαν στοιχεία σχετικά με το τρένο, μελέτησαν τη λειτουργία των τροχών του, χειρίστηκαν συσκευές και σχεδίασαν τον τρόπο ανάλυσης των πληροφοριών που συγκέντρωσαν. Το ανοιχτό διερευνητικό περιβάλλον οδήγησε σταδιακά στην ενεργοποίηση των μαθητών, μετατρέποντάς τους σε ενεργά μέλη της τάξης, ικανά να αναδομήσουν τα σχέδια και τις ιδέες τους βάσει των συνθηκών που αντιμετώπιζαν.

Στην κατεύθυνση του προγράμματος STSE, οι μαθητές γνώρισαν επιστημονικούς και τεχνολογικούς όρους (βαγόνι και μηχανή, ράγες, ατμομηχανή κ.ά.). Όλες οι δραστηριότητες σχεδιάστηκαν σταδιακά, ακολουθώντας τους ρυθμούς και τις ανάγκες των μαθητών τόσο σε γνωστικό, όσο και σε πρακτικό επίπεδο. Οι πίνακες 1 και 2 περιγράφουν συνοπτικά τα δύο μέρη της παρέμβασης χωρισμένα σε υποενότητες, τις δραστηριότητες που έλαβαν χώρα, καθώς και τα μέρη του «επιστημονικού κουτιού» που δημιουργήθηκαν κατά την εκτέλεσή τους.

Ειδικότερα, στον πίνακα 1 παρουσιάζονται οι δραστηριότητες του Α΄ μέρους, χωρισμένες σε δύο υποενότητες ανάλογα με το είδος τους. Πραγματοποιήθηκαν πέντε δίωρες συναντήσεις με τους μαθητές, οι οποίοι μετά την κατασκευή προχώρησαν στην παρουσίαση του υλικού τους στο 1^ο Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας (ΦΕ/ΤΧ).

Πίνακας 1: Α΄ μέρος της διδακτικής παρέμβασης

Υποενότητα	Δραστηριότητες	Εκπαιδευτικό Υλικό
Θεωρητικό μέρος	Ανάλυση φωτογραφιών και βίντεο σχετικών με τους τύπους τρένου.	
Ανάπτυξη «επιστημονικού κουτιού»	Σχεδιασμός και συλλογή υλικών Αναπροσαρμογή αρχικών ιδεών Κατασκευή ηλεκτρικού κυκλώματος	Τρισδιάστατο μοντέλο τρένου

Ο πίνακας 2 παρουσιάζει το Β μέρος της παρέμβασής μας, η οποία περιελάμβανε τους ίδιους μαθητές και περισσότερες συναντήσεις (15), με σκοπό την επέκταση των περιεχομένων του «επιστημονικού κουτιού». Λόγω της προϋπάρχουσας εμπειρίας των μαθητών, οι δραστηριότητες έγιναν πιο σύνθετες, με την προσθήκη και άλλων παραγόντων που αφορούσαν το θέμα, όπως ήταν οι κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιδράσεις του τρένου. Για ακόμη μια φορά, τελική μας δραστηριότητα ήταν η παρουσίαση του ολοκληρωμένου επιστημονικού κουτιού στο 2^ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ.

Πίνακας 2: Β΄ μέρος της διδακτικής παρέμβασης

Υποενότητα	Δραστηριότητες	Εκπαιδευτικό Υλικό
Θεωρητικό μέρος	Ανάλυση φωτογραφιών και διάφορων τύπων χαρτών της περιοχής Χρήση του λογισμικού Google Earth Χρήση μαγνητών Μελέτη υψομετρικού χάρτη	Τρισδιάστατος, μαγνητικός, σιδηροδρομικός χάρτης του Ν. Φλώρινας
Κατασκευή τρισδιάστατου, μαγνητικού, σιδηροδρομικού χάρτη του Ν. Φλώρινας	Σχεδιασμός, κοπή και συναρμολόγηση των μερών του τρισδιάστατου χάρτη Κατασκευή μοντέλων σιδ. σταθμών με μαγνητικές ιδιότητες Χρωματισμός κατασκευής Χρήση διαφορετικών υλικών	
Κατασκευή μοντέλο τροχών	Επεξεργασία βίντεο σχετικών με τη λειτουργία των τροχών του τρένου	Μοντέλο τροχών τρένου
Κατασκευή Φιλμ (συμπεριλαμβάνεται η επίσκεψη πεδίου)	Λήψη διαδοχικών φωτογραφιών του 3Δ μοντέλου τρένου Συγκέντρωση φωτογραφικού και ηχητικού υλικού	Stop Motion βίντεο
	Επεξεργασία και ανάλυση του υλικού Συγγραφή της αφήγησης Χρήση του Windows Live Movie Maker	Ψηφιακή αφήγηση της επίσκεψης πεδίου

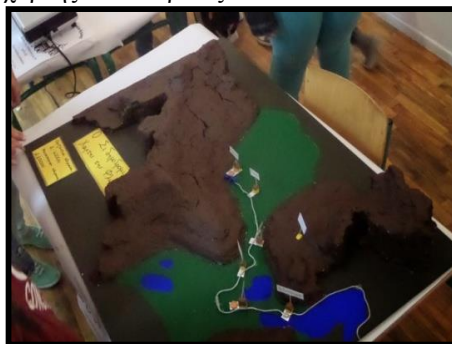
Τα περιεχόμενα του επιστημονικού κουτιού

Όπως φαίνεται στους παραπάνω πίνακες, το «επιστημονικό» κουτί του τρένου περιλαμβάνει τις εξής κατασκευές: (i) ένα τρισδιάστατο μοντέλο τρένου από ανακυκλώσιμα υλικά, στο οποίο προσαρμόστηκε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα (φωτογραφία 1) ii) έναν τρισδιάστατο, μαγνητικό, σιδηροδρομικό χάρτη του Ν. Φλώρινας (φωτογραφία 2), iii) ένα μοντέλο των τροχών του τρένου (φωτογραφία 3), iv) ένα ‘Stop Motion Animation’ βίντεο, v) την ψηφιακή αφήγηση του πρώτου ταξιδιού των μαθητών με τρένο.

Φωτογραφία 1: 3Δ μοντέλο τρένου



Φωτογραφία 2: 3Δ σιδηροδρομικός χάρτης Ν. Φλώρινας



Το Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Το πιο καινοτόμο μέρος του σχεδίου εργασίας στο οποίο εντάσσεται η εργασία μας αφορά τη συμμετοχή των μαθητών στα Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ που διεξήχθησαν στη Φλώρινα. Αυτό τεκμαίρεται από την περιορισμένη ύπαρξη φεστιβάλ τέτοιου είδους στην Ελλάδα και κυρίως από την έλλειψη καθιερωμένου ετήσιου φεστιβάλ με παρόμοιο περιεχόμενο. Η αύξηση του αριθμού επισκεπτών στο 2^ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ (φωτογραφία 4) είναι η απόδειξη της αποδοχής αυτής της εκπαιδευτικής καινοτομίας από την τοπική κοινωνία. Στα πλαίσια των δύο φεστιβάλ, οι μαθητές επικοινωνήσαν με το κοινό και παρουσίασαν τις κατασκευές τους, ανοίγοντας διάλογο με τους επισκέπτες και απαντώντας σε πιθανές ερωτήσεις τους.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την διεξαγωγή της έρευνάς μας, όσον αφορά τη δεύτερη εφαρμογή του Φεστιβάλ (2013-2014), χρησιμοποιήθηκαν συνολικά τρία ερωτηματολόγια, τα οποία δόθηκαν στους μαθητές στην αρχή των συναντήσεων του Β' μέρους (αρχικό ερωτηματολόγιο) και μετά το πέρας τους (τελικό ερωτηματολόγιο). Συμπληρωματικά χρησιμοποιήθηκε η «καρτέλα μαθητή», μια λίστα δεξιοτήτων που συμπληρωνόταν από τον ένα ερευνητή έπειτα από κάθε συνάντηση. Σκοπός ήταν η μελέτη της ανάπτυξης του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις ΦΕ και το Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ και η εκτίμηση της ανάπτυξης των

επιστημονικών τους δεξιοτήτων. Χρησιμοποιήθηκε κλίμακα ιεράρχησης και συγκεκριμένα μια πενταβάθμια κλίμακα Likert, καθώς αυτή δίνει μια ποικιλία απαντήσεων σε κάθε ερώτηση ή δήλωση (Cohen, Manion & Morrison, 2007).

Φωτογραφία 3: Μοντέλο τροχών του τρένου



Φωτογραφία 4: Παρουσίαση στο 2^ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην εργασία αυτή θα παρουσιαστεί μέρος των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την έρευνα. Αφενός, θα παρουσιαστούν οι μέσοι όροι (ΜΟ) των απαντήσεων των μαθητών σε τέσσερις ερωτήσεις αναφορικά με τη στάση των μαθητών ως προς τη συμμετοχή τους στο Φεστιβάλ ΦΕ (ερωτήσεις 1,2,10,12). Αφετέρου, θα παρουσιαστεί η εκτίμηση της ανάπτυξης των κατασκευαστικών δεξιοτήτων των μαθητών, όπως αυτή παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια του προγράμματος.

Πίνακας 3: Οι μέσοι όροι (ΜΟ) των απαντήσεων αναφορικά με τη συμμετοχή τους στο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ

	Ερώτηση 1	Ερώτηση 2	Ερώτηση 10	Ερώτηση 12
Αρχικό Ερωτηματολόγιο	4.75	4.75	4.75	4.5
Τελικό Ερωτηματολόγιο	4.75	4.2	4	4

Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι ΜΟ των απαντήσεων των μαθητών σε τέσσερις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που αφορούσε τη στάση τους απέναντι στο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ. Η ερώτηση 1 (Η κατασκευή ενός «Κουτιού του Τρένου» είναι μια ενδιαφέρουσα θεωρώ διαδικασία) και η ερώτηση 12 (Το Φεστιβάλ θεωρώ ότι είναι μια καλή ευκαιρία να ασχοληθώ με τις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία, δουλεύοντας ως ένας «μικρός

επιστήμονας») αφορούν το ενδιαφέρον των μαθητών για την κατασκευή του «επιστημονικού κουτιού» ως «μικροί επιστήμονες». Στην ερώτηση 2 (Συμμετέχοντας στη δημιουργία του «Κουτιού του Τρένου», μαθαίνω σημαντικά και ενδιαφέροντα πράγματα για τις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία), οι μαθητές απάντησαν σχετικά με το κατά πόσον η συμμετοχή τους αυτή τους εφοδιάζει με χρήσιμες για τη ζωή τους δεξιότητες, ενώ στην ερώτηση 10 (Το Φεστιβάλ θεωρώ ότι είναι μια καλή ευκαιρία να ασχοληθώ με τις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία, δουλεύοντας ως ένας «μικρός επιστήμονας»), οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν σχετικά με το πόσο ενδιαφέρουσα θεωρούν την όλη διαδικασία. Σε γενικές γραμμές, παρατηρούνται υψηλές βαθμολογίες σε όλες τις ερωτήσεις, με μια μικρή πτώση του Μ.Ο. στο τελικό ερωτηματολόγιο. Υπογραμμίζουμε ότι, οι μαθητές είχαν πρότερη εμπειρία στο 1^ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ. Επομένως, τα θετικά αποτελέσματα που προέκυψαν από το αρχικό ερωτηματολόγιο στην αρχή της 2^{ης} σχολικής χρονιάς φανερώνουν τη θετική έκβαση της πρώτης εφαρμογής του Φεστιβάλ.

Πίνακας 4: Εκτίμηση των κατασκευαστικών δεξιοτήτων των μαθητών (Μ)

	Μ 1	Μ 2	Μ 3	Μ 4	Μ 5	Μ 6	Μ 7	Μ 8
Συνάντηση 5	2	1	3	3	3	3	1	2
Συνάντηση 8	3	2	3	2	4	4	3	4
Συνάντηση 14	5	4	5	4	5	5	5	5
Συνάντηση 16	5	5	5	5	5	5	5	5

Ο πίνακας 4 αφορά τις δεξιότητες των μαθητών αναφορικά με το σχεδιασμό και την κατασκευή, όπως αυτές καταγράφηκαν από τον ερευνητή σε τέσσερις από τις συναντήσεις (Συναντήσεις 5,8,14,16). Οι δεξιότητες αυτές αφορούν την επιλογή, το χειρισμό και την αναθεώρηση των υλικών που επιλέγονται για την κατασκευή, την ακριβή εργασία με τη χρήση αυτών των υλικών, την επιμελή συγκέντρωση, αποθήκευση και φροντίδα τους. Όπως είναι φανερό, ενώ η αρχική βαθμολογία ήταν χαμηλή για το σύνολο της τάξης, οι μαθητές ανέπτυξαν σε μεγάλο βαθμό αυτού του είδους τις δεξιότητες, εξαιτίας της φύσης των δραστηριοτήτων που έλαβαν χώρα κατά τη διδακτική παρέμβαση. Έτσι, ενώ αρχικά υπήρχε διστακτικότητα από πλευράς των μαθητών να αναλάβουν ευθύνες σχεδιασμού και κατασκευής, αυτή εξαλείφθηκε με την προσχώρηση υπεύθυνων αρμοδιοτήτων σε αυτούς και την εξοικείωση με τα υλικά και μέσα που χρησιμοποιήθηκαν. Ακόμη, η επιτυχής χρήση διαφορετικών υλικών και μέσων τούς έδωσε αυτοπεποίθηση και στις δύο τελευταίες μετρήσεις οι μαθητές ήταν απόλυτα ακριβείς και γνώριζαν τις οδηγίες για το σωστό χειρισμό, τη φύλαξη και προστασία των υλικών τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Carin, A., Bass, J., E., Contant, T., L. (2005). *Teaching Science as Inquiry*. New Jersey: Pearson Prentice Hall Inc.
- Cohen, L., Manion, L., Morisson, K., (2007). *Μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας*, Αθήνα: Μεταίχμιο
- Σκορδούλης, Κ., Σωτηράκου, Μ., (2005). *Περιβάλλον, επιστήμη και εκπαίδευση*. Αθήνα: Leader Books
- Χαλκιά, Κ. (2010). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες. Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. Αθήνα: Πατάκης.

Σχεδιασμός, Κατασκευή και Αξιολόγηση Εκπαιδευτικού Υλικού για την Ερμηνεία του Φαινομένου των Εποχών από Μαθητές της Ε' Τάξης του Δημοτικού

Στέργιος Γκίτσας

Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
sgkitsas@hotmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα αναρτημένη εργασία περιγράφεται ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού που αναπτύχθηκε κατά το σχολικό έτος 2013-2014. Το υλικό είναι προϊόν μιας ομάδας πέντε μαθητών που φοιτούσαν στην Ε' τάξη, σ' ένα δημοτικό σχολείο στην περιοχή της Φλώρινας. Κεντρικό ζητούμενο της όλης διαδικασίας ήταν η αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών σε σχέση με το φαινόμενο των εποχών και η παρουσίαση εκπαιδευτικού υλικού σε Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας (ΦΕ/ΤΧ). Αρχικά, πρόκειται να συζητηθεί το θεωρητικό πλαίσιο, το οποίο αφορά την αναγνώριση του προβλήματος, τα νοητικά μοντέλα των μαθητών και το παιδαγωγικό πλαίσιο. Στη συνέχεια, πρόκειται να περιγραφεί η Διδακτική – Μαθησιακή Σειρά, το πείραμα και το εκπαιδευτικό υλικό που κατασκευάστηκε. Τέλος, στην εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ιχνογραφημάτων και των ερωτηματολογίων που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της διαδικασίας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Φαινόμενο τεσσάρων εποχών, Εκπαιδευτικό Υλικό, Κονστρουκτιονισμός, Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο εποχή ονομάζουμε κάθε μία από τις τέσσερις περιόδους στις οποίες υποδιαιρείται το έτος από τις ισημερίες και τα ηλιοστάσια. Οι εποχές προκαλούνται από την κλίση του άξονα περιστροφής της Γης σε συνδυασμό με την 365 ημερών τροχιά γύρω από τον ήλιο (Χαλκιά, 2006).

Το ημισφαίριο που κάθε φορά κλίνει προς τον Ήλιο δέχεται κάθετα -άρα και πιο συγκεντρωμένα- και εκτίθεται πολύ περισσότερο στην ηλιακή ακτινοβολία σε σύγκριση με το ημισφαίριο που αποκλίνει από αυτόν, το οποίο και δέχεται πλάγια, και άρα πιο αραιά τις ακτίνες του (Hewitt, 2004). Το αποτέλεσμα είναι η εμφάνιση του καλοκαιριού και του

χειμώνα, που μαζί με τα ενδιάμεσα στάδια της άνοιξης και του φθινοπώρου αποτελούν το φαινόμενο των εποχών (Χαλκιά, 2006).

Αναγνώριση του Προβλήματος

Είναι τεκμηριωμένο ότι οι μαθητές όλων των ηλικιών, συμπεριλαμβανομένων των φοιτητών και των ενηλίκων, έχουν δυσκολίες στην κατανόηση τις αιτίας των εποχών (Lee, 2008).

Τα παιδιά καθώς μεγαλώνουν, «μετακινούνται» από ταυτολογίες, ανθρωποκεντρικές ερμηνείες και ερμηνείες που εμπλέκουν υλικά σώματα και φαινόμενα της καθημερινής τους εμπειρίας (διαισθητικά μοντέλα) σε ερμηνείες που εμπλέκουν κινήσεις και σχετικές θέσεις του συστήματος Ήλιος– Γη (συνθετικά μοντέλα) και σπάνια καταφέρνουν να φτάσουν σε ερμηνείες οι οποίες συμβαδίζουν με τις επιστημονικές (επιστημονικά μοντέλα) (Σταράκης & Χαλκιά, 2010).

Οι ερευνητές συμπεραίνουν ότι η παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση αυτών των φαινομένων, δηλαδή η διδασκαλία που δίνει έμφαση στη δηλωτική γνώση, δεν έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα (Posner et al., 1982; Vosniadou, & Brewer, 1992). Έτσι, στην εν λόγω διδακτική παρέμβαση, κρίθηκε σωστό να προσεγγιστεί διαφορετικά το αστρονομικό αυτό φαινόμενο με **στόχο** την αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών και την ανάπτυξη θετικών συναισθημάτων και στάσεων για τις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ). Η παρέμβαση αυτή θα βασίζεται στις αρχές της μη τυπικής μάθησης, του περιβάλλοντος διερεύνησης και του κονστρουκτιονισμού.

Ερευνητικά Ερωτήματα

Για να ελεγχθεί η επιτυχία του προγράμματος ως προς τους στόχους που είχαν τεθεί διατυπώθηκαν δύο ερευνητικά ερωτήματα, όπως παρουσιάζονται παρακάτω:

- 1) Πως εξελίχθηκαν οι απόψεις των μαθητών σχετικά με το φαινόμενο των τεσσάρων εποχών;
- 2) Τι συναισθήματα δημιουργήθηκαν στους μαθητές για το Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

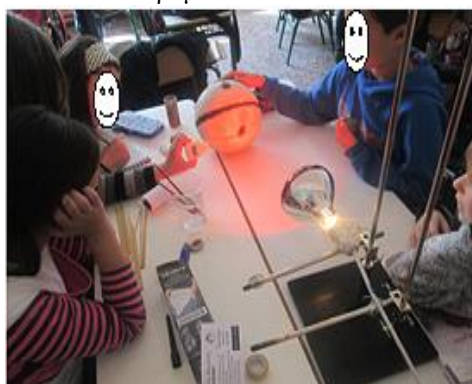
Η Διδακτική Παρέμβαση πραγματοποιήθηκε στο Δημοτικό Σχολείο Αμμοχωρίου Φλώρινας, στα πλαίσια του Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ. Περιλάμβανε 17 συναντήσεις, από δύο διδακτικές ώρες η κάθε μία.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα στάδια και οι κύριες δραστηριότητες της παρέμβασης.

Πίνακας 1: Τα στάδια της παρέμβασης

ΣΤΑΔΙΑ	ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Στάδιο 1 ^ο	<ul style="list-style-type: none"> • δημιουργία ομάδας «αστρονόμων» – εισαγωγή στο θέμα • καλλιτεχνική προσέγγιση του θέματος • δημιουργία ιχνογραφημάτων
Στάδιο 2 ^ο	<ul style="list-style-type: none"> • ανακοίνωση στόχου • αναζήτηση ιδεών ίντερνετ – ιδεοθύελλα • δοκιμές - διερεύνηση του φαινομένου • πείραμα (εικόνα 1)
Στάδιο 3 ^ο	<ul style="list-style-type: none"> • κατασκευή (εικόνα 2) • τελειοποίηση του πειράματος
Στάδιο 4 ^ο	<ul style="list-style-type: none"> • πρόβα του Φεστιβάλ στο σχολείο • δημιουργία τελικών ιχνογραφημάτων
Στάδιο 5 ^ο	<ul style="list-style-type: none"> • παρουσίαση της κατασκευής και του πειράματος • επίσκεψη των άλλων «επιστημονικών ομάδων»

Εικόνα 1: Πείραμα



Εικόνα 2: Κατασκευή Μοντέλου



Εκπαιδευτικό Υλικό

Η κατασκευή (εικόνα 3) που δημιουργήθηκε από τους μαθητές είναι ένα μοντέλο επεξήγησης του φαινομένου των τεσσάρων εποχών και αποτελείται από μία λάμπα (Ηλιος), ντυμένη με κίτρινο χαρτί, στο κέντρο και τέσσερα μοντέλα της Γης γύρω της. Τα υλικά του πειράματος (εικόνα 4) που πραγματοποιήθηκε από τους επισκέπτες στο 2^ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ περιλαμβάνουν μια λάμπα υπέρυθρης ακτινοβολίας, ένα ηλεκτρονικό θερμόμετρο και μία χρωματισμένη μπάλα (μοντέλο της Γης).

Εικόνα 3: Μοντέλο 4 Εποχών



Εικόνα 4: Τελικό Πείραμα

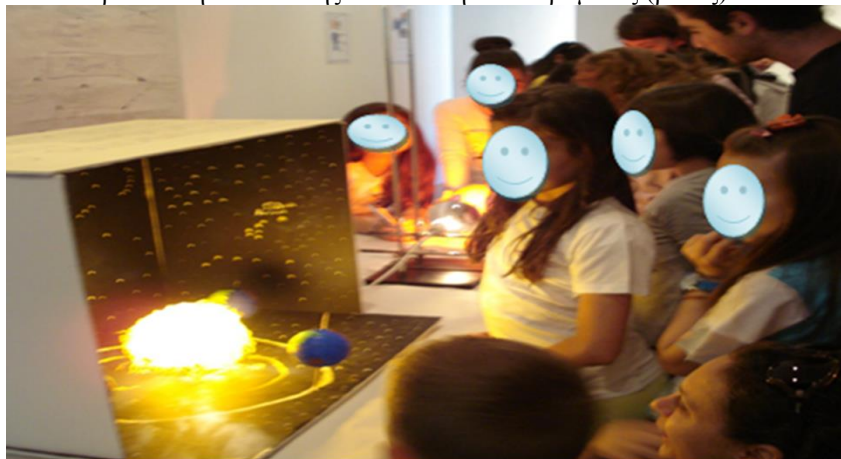


Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Το 2^ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ πραγματοποιήθηκε τον Ιούνιο του 2014, την παγκοσμία μέρα για το περιβάλλον, σε ανοιχτό χώρο στο κέντρο της Φλώρινας.

Στην επιστημονική μας «γωνιά», οι μαθητές καλωσόριζαν τους επισκέπτες και τους εξηγούσαν το Φαινόμενο των Τεσσάρων Εποχών με τη βοήθεια της κατασκευής (εικόνα 5). Στη συνέχεια τους ρωτούσαν αν θα ήθελαν να πραγματοποιήσουν ένα πείραμα. Το πείραμα πραγματοποιούνταν από τους ίδιους τους επισκέπτες με τη καθοδήγηση των μαθητών.

Εικόνα 5: Παρουσίαση κατασκευής – εκτέλεση του πειράματος (βάθος)



ΜΕΘΟΔΟΣ

Συμμετέχοντες

Στο πρόγραμμα πήραν μέρος πέντε μαθητές, τρία κορίτσια και δύο αγόρια, οι οποίοι δεν είχαν συμμετάσχει ξανά σε Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ. Οι μαθητές φοιτούσαν στην Έ τάξη του δημοτικού σχολείου. Ένας από τους μαθητές αντιμετωπίζει σοβαρό πρόβλημα ακοής, ενώ στους υπόλοιπους δεν έχει διαγνωστεί καμία μαθησιακή δυσκολία. Οι μαθητές επιλέχθηκαν έτσι ώστε να υπάρχει ομοιογένεια ως προς το φύλο και τις αποδόσεις στις ΦΕ

Μέσα Συλλογής Δεδομένων

Τα δεδομένα της έρευνας, σε σχέση και με τα δύο ερευνητικά ερωτήματα, συλλέχθηκαν μέσω ιχνογραφημάτων και ερωτηματολογίων.

Το ιχνογράφημα είναι μία από τις κύριες μορφές έκφρασης των μαθητών που μας καταπλήσει με τον πλούτο των πληροφοριών με γνωστικό περιεχόμενο που μπορούμε να πάρουμε από αυτό αλλά και από την πρωτοτυπία που πολλές φορές χαρακτηρίζεται. (Βαμβακίδου κ.α., 2008; Μπέλλας, 2009). Τα ιχνογραφήματα (αρχικά και τελικά) δόθηκαν στην αρχή και στο τέλος του προγράμματος και χρησιμοποιήθηκαν για να ελεγχθεί το πρώτο ερευνητικό ερώτημα.

Το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε από τους μαθητές τη μέρα του Φεστιβάλ για να μελετηθεί το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα. Το εν λόγω ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από τρεις ερωτήσεις κλίμακας τριών σημείων (τύπου Λίκερτ), οι οποίες σχετίζονταν με τα συναισθήματα και τη στάση των μαθητών απέναντι στο φετινό Φεστιβάλ και την πιθανότητα συμμετοχής τους στο 3^ο Φεστιβάλ που θα πραγματοποιηθεί την επόμενη χρονιά. Η κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε δεν ήταν λεκτική αλλά περιείχε πρόσωπα με διαφορετικά συναισθήματα για να είναι πιο άμεση για τα παιδιά (εικόνα 6).

Διαδικασία Συλλογής Δεδομένων




Τα ιχνογραφήματα δημιουργήθηκαν από τους μαθητές κατά την 4^η και 15^η συνάντηση. Πιο συγκεκριμένα και στις δύο περιπτώσεις μοιράστηκε στους μαθητές μία λευκή κόλλα χαρτί με την οδηγία να περιγράφουν το πώς δημιουργούνται οι εποχές. Οι τέσσερις (4) από τους πέντε (5) μαθητές παρέδωσαν αρχικά και τελικά ιχνογραφήματα καθώς ένας απουσίαζε.

Το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε από τους μαθητές την ημέρα του Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών. Στο Φεστιβάλ συμμετείχαν οι τρεις (3) από τους πέντε (5) μαθητές και για αυτό έχουμε στη διάθεσή μας τα δεδομένα από τρία (3) ερωτηματολόγια.




Εικόνα 6: Το ερωτηματολόγιο που συμπληρώθηκε από τους μαθητές

Ερωτηματολόγιο




1. Τι συναισθήματα σου δημιούργησε η εμπειρία σου στο φεστιβάλ φυσικών επιστημών και τεχνολογίας;

		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Πως θα αισθανόσουν αν ξανασυμμετείχες του χρόνου στο φεστιβάλ φυσικών επιστημών και τεχνολογίας;

		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Πως αισθάνθηκες όταν παρουσίαζες στους επισκέπτες του φεστιβάλ την κατασκευή σου;

		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

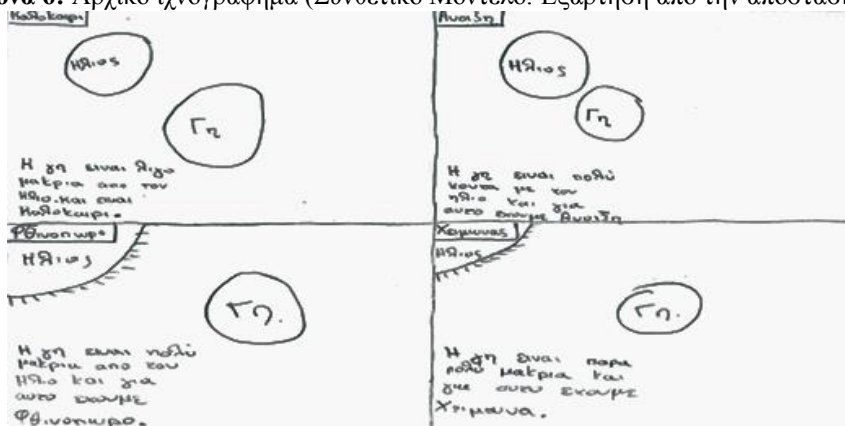
Οι αντιλήψεις των ανθρώπων πάνω στο φαινόμενο των τεσσάρων εποχών μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρία νοητικά μοντέλα, τα διαισθητικά, τα συνθετικά και τα επιστημονικά (Σταράκης & Χαλκιά, 2010). Στον παρακάτω, πίνακα παρουσιάζονται τα νοητικά μοντέλα στα οποία κατατάχθηκαν οι μαθητές της έρευνας.

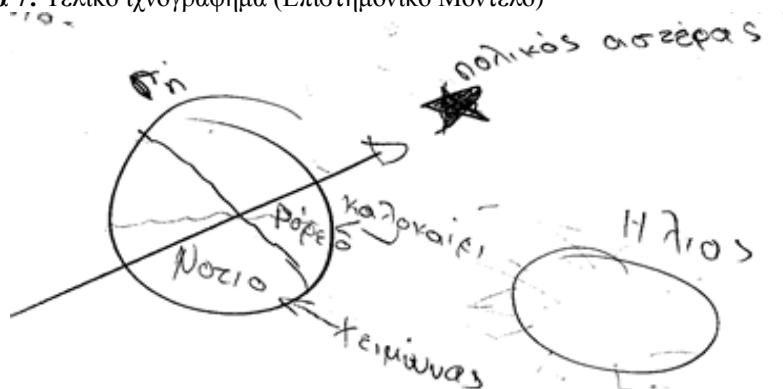
Πίνακας 2: Νοητικά Μοντέλα

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΝΟΗΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ		
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΑΡΧΙΚΑ	ΤΕΛΙΚΑ
Διαισθητικά	0	0
Συνθετικά	4	0
Επιστημονικά	0	4
Σύνολο	4	4

Και οι τέσσερεις (4) μαθητές αντιλαμβάνονταν το φαινόμενο των εποχών με *συνθετικά νοητικά μοντέλα* πριν τη Διδακτική Παρέμβαση. Στα τελικά τους ιχνογραφήματα παρατηρήθηκε μια μετατόπισή τους στο *επιστημονικό νοητικό μοντέλο* με το οποίο εξηγούσαν πια όλοι τους το εν λόγω φαινόμενο, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2.

Εικόνα 6: Αρχικό ιχνογράφημα (Συνθετικό Μοντέλο: Εξάρτηση από την απόσταση)



Εικόνα 7: Τελικό ιχνογράφημα (Επιστημονικό Μοντέλο)

Όσον αφορά την εμπειρία τους στο Φεστιβάλ όλοι οι μαθητές ανταποκρίθηκαν θετικά.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το πρώτο ερευνητικό ερώτημα επικεντρώνεται στη βελτίωση των ιδεών των μαθητών για το φαινόμενο των τεσσάρων εποχών κατά τη διαδικασία της ανάπτυξης και κατασκευής του εκπαιδευτικού υλικού. Σύμφωνα με την βιβλιογραφική έρευνα ήταν πολύ πιθανό οι μαθητές αυτής της ηλικίας να κατασκευάσουν *συνθετικά μοντέλα* για να εξηγήσουν το φαινόμενο.

Τα πιο συνηθισμένα *συνθετικά μοντέλα* είναι αυτά της εξάρτησης από την απόσταση (Ηλιος κοντά → καλοκαίρι, μακριά → χειμώνας), το οποίο αναγνωρίστηκε στα αρχικά ιχνογραφήματα. Μετά την προσέγγιση της διδασκαλίας, όλοι οι μαθητές υιοθέτησαν το επιστημονικό νοητικό μοντέλο, γεγονός που υποστηρίζει την επιτυχία της ανάπτυξης και κατασκευής του υλικού σε ένα περιβάλλον ανοιχτής διερεύνησης και κοστρουκτιονισμού.

Τέλος, αναμένεται να διατηρήσουν αυτή τη γνώση για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, καθώς την «δόμησαν» μόνοι τους, το οποίο βέβαια χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση με την δημιουργία νέων ιχνογραφημάτων από τους ίδιους μαθητές μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα.

Το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα αφορούσε τα συναισθήματα που δημιουργήθηκαν στους μαθητές κατά το Φεστιβάλ. Λαμβάνοντας υπόψη τις θετικές απαντήσεις των μαθητών στο σχετικό ερωτηματολόγιο, συμπεραίνουμε ότι οι βασικοί στόχοι του Φεστιβάλ, που αφορούσαν την ανάπτυξη θετικών συναισθημάτων και στάσεων για τις ΦΕ επετεύχθησαν.

Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι παρατηρήθηκαν επιπλέον θετικές συμπεριφορές στη συμμετοχή των μαθητών στο Φεστιβάλ, όπως παρουσίαση των υλικών με ζήλο στους επισκέπτες, έδιναν με αυτοπεποίθηση απαντήσεις στις ερωτήσεις των επισκεπτών κ.λπ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βαμβακίδου, Ι., Δασκαλάκη, Ν., Γκόλια, Π., Κασίδου, Σ., Κεραμυδά, Μ., Παναγιωτίδου, Σ. & Βαλσαμίδου, Λ. (2008). *Αναπαραστάσεις της Γυναίκας Ηρωίδας και Όρια στην Παιδική Ζωγραφική*.
- Μπέλλας, Θ. (2009). *Το Ιχνογράφημα του Παιδιού ως Μέσο και Αντικείμενο Έρευνας στα Χέρια του Εκπαιδευτικού*.
- Σταράκης, Ι. & Χαλκιά, Κ. (2010). *Γιατί κάνει Κρύο το Χειμώνα και Ζέστη το Καλοκαίρι; XIV IOSTE Symposium*, 13-18.
- Χαλκιά, Κ. (2006). *Το Ηλιακό Σύστημα μέσα στο Σύμπαν* σελ.367-8, Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Hewitt, P. (2004). *Οι Έννοιες της Φυσικής* σελ.323, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Lee, V. (2008). *Getting the Picture: A Mixed-methods Inquiry into how Visual Representations are interpreted by students, incorporated within textbooks, and integrated into middle-school science classrooms*. Northwestern University.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P. & Gertzog, W. (1982). *Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change*, Science Education, 66 (2), 211 – 227.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. (1992). *Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood*. Cognitive psychology, 24 (4), 535 – 585.

Number and Operations in Italian Pre-Primary School: Guidelines and Materials

Silvia Mion

University of Padua, silvia.mion.1@studenti.unipd.it

Theories concerning the construction of the concept of number, state that the period from 2 to 8 years of age has a decisive importance. For this reason the development of numerical knowledge should be supported by the kindergarten. Competencies achieved in early mathematics are crucial because they help children to develop specific attitudes to the discipline and moreover because they lead children to become citizen in a numerate society and influence later school success (Sarama, Lange, Clements and Wolfe, 2012). The crucial role of number and operations in kindergarten demands children interaction with high quality, challenging and accessible mathematical activities that lead them to discriminate situations implying numerical aspects and to recognize numerical expressions (Clements & Sarama, 2004). Recent researches confirms that make Math active and interesting for children requires the implementation of educational materials (Skoumpourdi, 2012). The paper presents a brief introduction to Italian pre-primary school with a specification of guidelines for number and operations and some examples of how teacher deal with these mathematical concepts in Italian pre-primary schools.

ITALIAN EDUCATIONAL SCHOOL SYSTEM

The education system in Italy is organized according to the subsidiary principle and the autonomy of schools. State has exclusive competence on general issues on education, on minimum standards to be guaranteed throughout the country and on the fundamental principles that Regions should comply within their competences. Regions share their competences with the State on education issues while they have exclusive competence on vocational education and training. Schools are autonomous as for didactics, organization and research and development of activities.

PRE-PRIMARY SCHOOL (Early Childhood Education)

It is called *scuola dell'infanzia* and offers a provision for children aged 3-6 years. It is part of the education system and falls under the responsibilities of the Ministry of Education since 1968. Although institutions providing pre-primary education are also run at local level not only by the State, but also by the Communes and by private subjects (e.g.: Church). This level of education is not compulsory, but nearly all children of 3 years of age are enrolled at school. The schools are organized on 5-day-week, from Monday to Friday, and open from 8 o'clock in the morning till 4 o'clock in the afternoon.

ITALIAN NATIONAL GUIDELINES FOR SCHOOL

Teaching objectives are described in the national curriculum, edited from Minister of Education¹, as for other school levels. The last reform, in 2012, changed the structure and defined a new curriculum, named National Guidelines for the Curriculum in kindergarten and the first cycle of education², that links pre-primary's objectives with primary and secondary schools. The 'vertical curriculum' is not the sum of every single curriculum, but defines a unique educational path in order to give a global vision of the student. At the end of every level, children should reach some "goals for the development of competences"³ specific for every disciplines. How we read in the official document "Respecting and enhancing the autonomy of educational institutions, the indications are the framework for the design of the curriculum, entrusted to the schools. They are an open text, that the professional community is called to assume and to contextualize, elaborating specific choices about content, methods, organization and evaluation consistent with the educational goals set by the national document."⁴

GUIDELINES FOR PRE-PRIMARY SCHOOL

In pre-primary schools instead of disciplines, we find sections related to the different fields of experience⁵ that a child daily meets. Mathematics is included in the section of 'The

¹ <http://www.istruzione.it/>

² http://www.indicazioninazionali.it/documenti_Indicazioni_nazionali/

³ Goals for the development of competences are described in the National Guidelines for the Curriculum in pre-primary school and the first cycle of education as "At the end of kindergarten, primary school and secondary school degree, targets are set for the development of competences related to the fields of expertise and disciplines. They are unavoidable reference for teachers, they indicate cultural and didactical tracks to go and help to finalize the didactical activity to the integral development of the student. In the school of the first cycle targets are criteria for the assessment of expected competences, in their own time schedule, and they are prescriptive, thus committing the institution to ensure that every school pupil can achieve them, to guarantee the unity of the national system and the quality of the service. Schools have the freedom and the responsibility to organize and choose the most appropriate route to enable students to achieve the best results.", p. 14

⁴ National Guidelines for the Curriculum in pre-primary school and the first cycle of education, p. 13

⁵ Fields of experience are described in National Guidelines for the Curriculum in pre-primary school and the first cycle of education as "Teachers welcome, enhance and extend the curiosity, the exploration, the proposals of the children and create learning opportunities to promote the organization of what children are discovering. Direct experience, play, proceeding by trial and error, allow the child, properly guided, to deepen and systematize his learning. Each field of experience provides a set of objects, situations, images and languages, referring to the symbolic systems of our culture, able to evoke, stimulate, accompany a progressively more confident process of learning. In kindergarten the goals for the development of competence suggest to the teacher guidelines, cares and responsibilities for creating lines of work to organize activities and experiences in order to promote competence, which in this age has to be understood in a comprehensive and unified way.", p. 19

knowledge of the world'. A brief paragraph about "Number and space" describes how the familiarity with the concept of number in children can be born from daily life and school situations. Starting from known numbers, children should reflect about quantities of objects and build their first fundamental competences on counting things and events. Reasoning and conceptualisation should be accompanied with practical actions that allow children to interact with situations pointing, adding and removing objects. Gradually, initiating the first processes of abstraction, they learn with simple symbols to represent the results of their experiences in order to be familiar with the strategies of counting and operating with numbers. The two Goals for the development of competences inherent with numbers and operations say that "the child:

- groups and sorts objects and materials according to different criteria, identifies some properties, compares and evaluates quantity; uses symbols to record them; performs measurements using instruments adapted to his age.¹
- masters the strategies both of counting and operating with numbers and those required to perform first measurements of lengths, weights, and other quantities."²

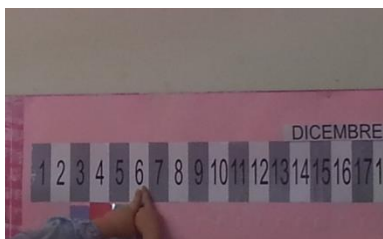
EDUCATIONAL MATERIALS DESIGNED BY TEACHERS FOR TEACHING NUMBERS AND OPERATIONS IN PRE-PRIMARY SCHOOL

Regarding numbers and operations, Italian teachers either use structured material, designed by experts in the field of Math Education or Psychology of learning of Mathematics, or they try to start from daily activities known by their young pupils. About this second kind of materials we can find lots of experiences in Italian pre-primary schools. The description presented above wants to illustrate forth kinds of educational materials that are very spread among pre-primary teachers: calendars, games, stories and rhymes and bans.

¹ National Guidelines for the Curriculum in pre-primary school and the first cycle of education, p. 23

² Ibid, p. 24

Calendars



succession of days, weeks, months... simultaneity of events time durations and cyclical. For these and other reasons it can be thought as a useful tool in the education at kindergarten.

Teachers design different kinds of calendar: it depends on what they want children focus on. They can be a line (fig. 1) with numbers from 1 to 30 or 31 where children have to put or draw the weather, the name or the symbol or the colour of the week-day... Other times pupils have to write or trace also the number and the structure isn't linear: boxes of numbers are organized in weekly-lines.



which children have to observe and register the growing of plants from seeds.

Generally the moment of the calendar belongs to the daily routine and it represents the beginning of each school-day. Children are usually enthusiastic and very careful and teachers often try to stimulate their reflection with questions about events and numbers.

The calendar is an instrument for measuring time with a complex structure that comprehends

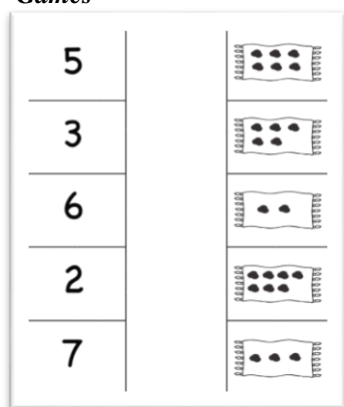


Teacher sometimes could decide to introduce a special kind of calendar that helps children in a specific activity. For example when the school class is involved in a naturalistic project in

They can ask children for count how many days leave to end of the month or to compare the number of children at school with the one of whom are at home: “Who are the most numerous?” They can introduce the concept of 'a little' / little number and 'a lot' / big number and even simple operations linked to activities like the distributions of pieces of fruits or biscuits for the break.

Timing structured in a calendar is an important instrument in pre-primary school: it offers a great opportunity of learning but it can't be solved just as a matter of numbers and vocabulary, learned through the memorization of rhymes or routine. It has to be thought as an instrument built to enable cognitive temporal operations starting from children's experiences and, from a numerical point of view, it can be a good starting point for more focused activities.

Games



Games are the main activity in daily children's life: they are the basis of educational setting in kindergarten. They make children's experiences enjoyable and interesting. Playing, children make reasoning, conjectures, comments... Games create situations that require to overtake obstacles, pose and solve concrete problems, compare objects and calculate grades, put things and individuals in relation trying to find the best solutions.

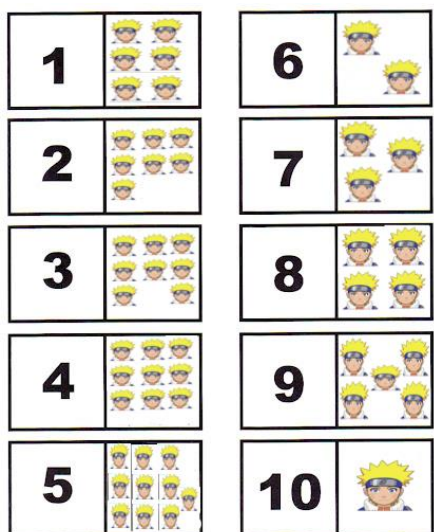
From a



didactical point of view teachers often use games as auxiliary mean to introduce young children into reflection about mathematical concepts and procedures.

Classical and much known games can be personalized by teachers in order to stimulate children to recognize numbers and develop their computational skills.

In a mathematical version of “Memory” every card - number has to be matched with the card that has the respective number of dots or symbols. This kind of coupling help children to combine the cardinal aspect of number with its symbol.



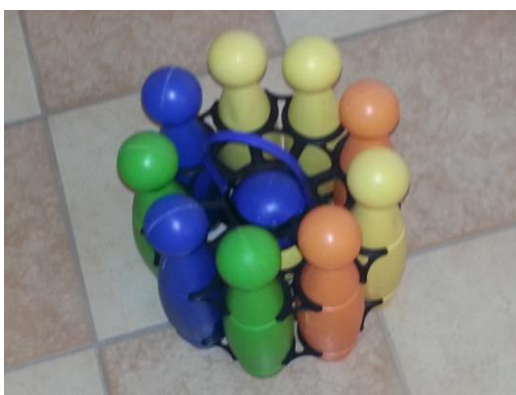
Another example is “Domino”: children have to form a long line matching the same number of dots in the normal version or, for example, numbers and symbols in a modern one.

The game “Shangai” help children to understand the concept of “value of a number”. Every stick has a specific value determined by its colour. Yellow sticks give two points, the greens four, the reds six, the blues eight and the black one ten. Children quickly learn how to gather the highest score: they have to collect preferably blue, red and green sticks, because they are worth more than the yellows. Calculating the final score, children solve simple repeated additions that can be considered a first approach to multiplication.

A game that teachers sometimes present to




introduce children to solve simple subtraction is “Ninepins”. Children are asked to determine how many ninepins fell after the ball struck the initial number.

Games in general have a great potential because either they allow children to know numbers and to combine them in simple operations or they can be designed by teachers and students in order to deal with a specific numerical reflection. It is very important to clarify that the use of numerical games has to be functional and contextualized. First of all teachers have to be sure that children know rules and procedures. Pupils don’t have to confuse the sense of the game with mathematical concepts involved. Secondly games alone can give a false idea of the meaning of doing Math. Children can enjoy and strengthen their arithmetical skills through playing but this isn’t sufficient to support the development of their mathematical knowledge.



Stories

The use of picture books and storytelling supports the process of teaching/learning Mathematics in the early grades: narrative in mathematics education contextualizes a concept and enhances its attraction for pupils.

<p>The Very Hungry Caterpillar - By Eric Carle -</p> <p>In the light of the moon a little egg lay on a leaf.</p>  <p>One Sunday morning the warm sun came up and pop!-out of the egg came a tiny and very hungry caterpillar.</p> <p>He started to look for some food.</p> <p>On Monday he ate through one apple, but he was still hungry.</p> <p>On Tuesday he ate through two pears, but he was still hungry.</p> <p>On Wednesday he ate through three plums, but he was still hungry.</p> <p>On Thursday he ate through four strawberries but he was still hungry.</p> <p>On Friday he ate through five oranges, but he was still hungry.</p>	<p>On Saturday he ate through one piece of choco- late cake, one ice-cream cone, one pickle, one slice of Swiss cheese, one slice of salami, one lollipop, one piece of cherry pie, one sausage, one cupcake, and one slice of watermelon. That night he had a stomachache!</p> <p>The next day was Sunday again. The caterpillar ate through one nice green leaf, and after that he felt much better.</p> <p>Now he wasn't hungry anymore- and he wasn't a little caterpillar any more. He was a big, fat caterpillar.</p> 	<p>He built a small house, called a cocoon, around himself. He stayed inside for more than two weeks. Then he nibbled a hole in the cocoon, pushed his way out and...</p> <p>he was a beautiful butterfly!</p> 
--	--	---

Teacher's tale guides children into mathematical concepts through the reflection on very simple and very familiar situations and the use of concrete materials belonging to daily life (Freudenthal, 1991) or to figures that they can easily imagine. By storytelling children approaches the concept and the different aspects of number and the sequential structure. It's very important to clarify that teachers have to involve children not only in the process of listening and comprehension, but also in the following activities of dramatisation or creation of didactical and mathematical materials. They can read known stories, create or modify a story in order to help children to recognize numbers and quantities.

"The Very Hungry Caterpillar" is a largely spread brief tale that tells the adventure of a very hungry caterpillar. It eats everyday an ever-increasing amount of food: one apple, two pears... and so on. Starting from this simple story, teachers, for example, can introduce their pupils into a mathematical reflection about the concept of +1 or the comparison of different quantities of things.

From a second emerging perspective some stories can also be considered a first approach to mathematical word-problems because they provide the background for a mathematical activity (Zazkis, 2009). Teachers often create and tell this kind of tales to ask children to help them, or the main character, for finding the solution. In arithmetical stories, characters can be persons, fantastic individuals or even objects and the combination of the numbers is the key to solve the problem. Through storytelling children share reasoning, count together, but also come in contact with mathematical language. In this sense narrative language helps children to explain their mathematical knowledge (Roberts, 2013).

Rhymes and bans

Rhymes and bans belong to school-day routine. Teachers use them in different moments: at the beginning of mornings, to introduce a new activity, to wait for something. They are characterized by verbal rhythm, sometimes combined with manual or motor coordination,

that sustains the numerical sequence. They have a crucial role in mathematical learning processes as the memorisation of the progression of numerical order, the correct wording of the numbers in counting procedure, the mechanism of recursion in counting succession. But children are not told to know numerical sequence as well as they act rhymes and bans fast and easily. Teachers have to propose them in order to help children to consolidate their memory processes, but they have also to be aware that rhymes and bans are not sufficient to construct the concept of numbers in children. It has to be sustained with more active and concrete activities.

Five Little Monkeys

*Five little monkeys jumping on the bed;
One fell off and bumped his head.
Momma called the doctor and the doctor said,
“No more monkeys jumping on the bed!”*

*Four little monkeys jumping on the bed
One fell off and bumped his head.
Momma called the doctor and the doctor said,
“No more monkeys jumping on the bed!”*

*Three little monkeys jumping on the bed
One fell off and bumped his head.
Momma called the doctor and the doctor said,
“No more monkeys jumping on the bed!”*

*Two little monkeys jumping on the bed
One fell off and bumped his head.
Momma called the doctor and the doctor said,
“No more monkeys jumping on the bed!”*

*One little monkey jumping on the bed
One fell off and bumped his head.
Momma called the doctor and the doctor said,
“No more monkeys jumping on the bed!”*

*No little monkeys jumping on the bed;
None fell off and bumped his head.
Momma called the doctor and the doctor said,
“Put those monkeys back in bed!”*



REFERENCES

- Clements, D.H., Sarama, J., DiBiase, A.M. (Eds.). (2004). *Engaging young children in mathematics: Standards for early childhood mathematics education*. Routledge.
- Freudenthal, H. (1991). Revisiting mathematics education: China lectures.
- Roberts, N., & Stylianides, A. J. (2013). Telling and illustrating stories of parity: A classroom-based design experiment on young children's use of narrative in mathematics. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 45(3), 453-467.
- Sarama, J., Lange, A.A., Clements, D.H., Wolfe, C.B. (2012). The impacts of an early mathematics curriculum on oral language and literacy. *Early Childhood Research Quarterly*, 27(3), 489-502.
- Skoumpourdi, C., (2012). Designing the integrations of materials and means in young children' mathematics education. Patakis: Athens. [Gr]
- Zazkis, R., and P. Liljedahl. (2009). *Teaching mathematics through storytelling*. Rotterdam: Sense Publishers.

Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού από μαθητές της Ε΄ τάξης του Δημοτικού σε μαθησιακό περιβάλλον ανοιχτής διερεύνησης σχετικά με την αιφορία τοπικών κοινοτήτων: το παράδειγμα του Αμμοχωρίου

Ευαγγελία-Ζωή Μπαρά

Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
evaeva13@hotmail.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα αναρτημένη εργασία περιγράφει την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού και την παρουσίασή του σε Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας (ΦΕ/ΤΧ). Στο όλο εγχείρημα μαθητές της Ε΄ τάξης Δημοτικού σχολείου στην ευρύτερη περιοχή της Φλώρινας, ασχολήθηκαν με την έννοια της βιωσιμότητας. Στην εισαγωγή, περιγράφεται η σημασία του θέματος που επιλέχθηκε, η αιφόρος - βιώσιμη ανάπτυξη καθώς και το περιβάλλον μάθησης ανοιχτής διερεύνησης στο οποίο αναπτύχθηκαν τα υλικά. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται πρόκειται να περιγραφεί η Διδακτική – Μαθησιακή Σειρά και το εκπαιδευτικό υλικό που κατασκευάστηκε. Τέλος, στην εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ιχνογραφημάτων και των ερωτηματολογίων που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της διαδικασίας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Αιφόρες κοινότητες, μη τυπική εκπαίδευση, διερευνητικό μοντέλο μάθησης, Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αναγνώριση του Προβλήματος

Οι δραστηριότητες του ανθρώπου κατά τους περασμένους αιώνες, που αποσκοπούσαν στην ανάπτυξη του ανθρώπινου πληθυσμού κοινωνικά και οικονομικά, επέφεραν σοβαρές συνέπειες στο περιβάλλον, οι οποίες τώρα επισημαίνονται σε ολόένα και μεγαλύτερο βαθμό όχι μόνο από τους επιστήμονες, αλλά γίνονται αντιληπτές και από το ευρύτερο κοινό. Σε αυτές τις συνέπειες περιλαμβάνονται (Σκορδούλης & Σωτηράκου, 2009):

- ✓ οι κλιματικές μεταβολές
- ✓ η ρύπανση της ατμόσφαιρας
- ✓ η ρύπανση των υδάτων και η υποβάθμιση του εδάφους
- ✓ η καταστροφή των δασών

- ✓ η απειλή κατά της βιοποικιλότητας
- ✓ οι βιομηχανικές καταστροφές και η πυρηνική απειλή.

Πτυχές-πυλώνες της Βιώσιμης Ανάπτυξης

Παράλληλα με την εκτεταμένη συζήτηση και χρήση της έννοιας της αειφόρου ανάπτυξης με βάση την έκθεση Brundtland (1987), υπήρξε και μια γενικότερη αναγνώριση των τριών βασικών πυλώνων οι οποίοι την συγκροτούν. Πιο συγκεκριμένα, οι πυλώνες αυτοί είναι η οικονομία, το περιβάλλον και η κοινωνία (Harris, 2000).

Οι τρεις αυτοί πυλώνες της αειφορίας βρίσκονται σε αλληλεξάρτηση. (McKeown, 2002). Επομένως, για την υλοποίηση της βιώσιμης ανάπτυξης θα πρέπει να συνδυαστεί η κοινωνική πρόοδος, που υπολογίζει τις ανάγκες όλων των πολιτών, με την αποτελεσματική περιβαλλοντική διαχείριση και με την διατήρηση υψηλών ρυθμών οικονομικής ανάπτυξης (Αραβώσης, 2007).

Περιβάλλον Ανακάλυψης-Διερεύνησης

Η διερεύνηση είναι «η συνειδητή διαδικασία διάγνωσης προβλημάτων, κριτικής θεώρησης πειραμάτων και διάκρισης εναλλακτικών λύσεων, σχεδιασμού ερευνών, διερεύνησης εικασιών, αναζήτησης πληροφοριών, κατασκευής μοντέλων, συζήτησης με ομοίους και διατύπωσης συνεκτικών επιχειρημάτων» (Linn, Davis & Bell, 2004, p4 στους Στυλιανίδου κά 2011).

Σύμφωνα με την Χαλκιά (2010) «απόηχος» του μοντέλου διερεύνησης αποτελεί η μάθηση μέσω μικρών ερευνών. Μέσα από αυτήν την μέθοδο επιδιώκεται οι μαθητές να κινητοποιηθούν, ώστε να βρίσκουν ένα ερώτημα ή ένα πρόβλημα που τους ενδιαφέρει και να αναζητούν πληροφορίες γι αυτό, πραγματοποιώντας μικρές έρευνες και διερευνώντας. Αξιοποιώντας, λοιπόν το μοντέλο της ελεύθερης διερεύνησης επιδιώκεται η απόκτηση δεξιοτήτων επιστημονικής διερεύνησης.

Ερευνητικά Ερωτήματα

Για να ελεγχθεί η επιτυχία του συγκεκριμένου προγράμματος, ως προς τους στόχους που είχαν τεθεί διατυπώθηκαν δύο ερευνητικά ερωτήματα, όπως παρουσιάζονται παρακάτω.

1. Πώς εξελίσσονται οι απόψεις των μαθητών σχετικά με την αειφόρο κοινότητα;
2. Ποια συναισθήματα δημιουργήθηκαν στους μαθητές από την συμμετοχή τους στο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ;

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

Η διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε στο Δημοτικό Σχολείο Αμμοχωρίου Φλώρινας, στα πλαίσια του Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ. Περιλάμβανε 18 συναντήσεις, από δύο διδακτικές ώρες η κάθε μία. Οι συναντήσεις αυτές με τους μαθητές, χωρίζονται σε 4 στάδια με βάση τους στόχους, που τίθενται σε κάθε στάδιο.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα στάδια και οι κύριες δραστηριότητες της παρέμβασης.

Πίνακας 1: Τα στάδια της παρέμβασης

ΣΤΑΔΙΑ	ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Στάδιο 1 ^ο	Δημιουργία ομάδας «οικολόγων» – εισαγωγή στο θέμα Δημιουργία αρχικών ιχνογραφημάτων για την έκφραση των αντιλήψεων των παιδιών Σχεδιασμός έρευνας και μελέτης
Στάδιο 2 ^ο	Σχεδιασμός μακέτας Δημιουργία κατασκευής Δημιουργία και έλεγχος κανόνων παιχνιδιού
Στάδιο 3 ^ο	Πρόβα του Φεστιβάλ στο σχολείο Δημιουργία τελικών ιχνογραφημάτων
Στάδιο 4 ^ο	Παρουσίαση της κατασκευής στο Φεστιβάλ Επίσκεψη των άλλων «επιστημονικών ομάδων»

Εικόνα 2: Κατασκευή επιτραπέζιου



Εκπαιδευτικό Υλικό

Η κατασκευή (εικόνα 3) που δημιουργήθηκε από τους μαθητές είναι ένα μοντέλο απεικόνισης του Αμμοχωρίου και ταυτόχρονα αποτελεί τρισδιάστατο και διαδραστικό επιτραπέζιο παιχνίδι μέσα από το οποίο το Αμμοχώρι μετατρέπεται σε ένα πιο βιώσιμο χωριό. Το εκπαιδευτικό παιχνίδι αποτελείται από μία βάση από μακετόχαρτο πάνω στην οποία τοποθετήθηκαν κτήρια κατασκευασμένα από μακετόχαρτο, παιδική χαρά, γήπεδο ποδοσφαίρου, το ποτάμι του χωριού από κομμάτια καθρέφτη και δρόμους από χαρτόνι. Επίσης, η κατασκευή περιλαμβάνει κάδους ανακύκλωσης ανεμογεννήτριες και Φωτοβολταϊκά που χρησιμοποιούνται κατά την διάρκεια του παιχνιδιού. Τέλος, το επιτραπέζιο διαθέτει δυο πόνια, δύο ζάρια και τους κανόνες του παιχνιδιού.

Εικόνα 2: τελικό αποτέλεσμα εκπαιδευτικού υλικού



Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Το 2^ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ πραγματοποιήθηκε στο τέλος της σχολικής χρονιά του 2014, την παγκοσμία μέρα για το περιβάλλον, σε ανοιχτό χώρο στο ποτάμι της Φλώρινας.

Στην επιστημονική μας «γωνιά», οι μαθητές καλωσόριζαν τους επισκέπτες και τους παρουσίαζαν την κατασκευή τους (εικόνα 4). Στη συνέχεια εξηγούσαν τους κανόνες το παιχνιδιού και έτσι το παιχνίδι ξεκινούσε (εικόνα 5).

Εικόνα 3: Παρουσίαση κατασκευής και κανόνων παιχνιδιού



ΜΕΘΟΔΟΣ

Συμμετέχοντες

Στο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ, συμμετείχαν έξι μαθητές (4 αγόρια και 2 κορίτσια). Η πλειοψηφία των μαθητών είχε χαμηλή επίδοση στις ΦΕ.

Συλλογή και ανάλυση των δεδομένων

Τα δεδομένα της έρευνας, σε σχέση και με τα δύο ερευνητικά ερωτήματα, συλλέχθηκαν μέσω με την χρήση των ιχνογραφημάτων και των ερωτηματολογίων.

Σχετικά με τα ιχνογραφήματα, σχεδιάστηκαν τόσο στην αρχή των διδακτικών παρεμβάσεων όσο και στο τέλος των διδακτικών παρεμβάσεων για να ελεγχθεί το πρώτο




ερευνητικό ερώτημα. Την πρώτη φορά δόθηκε σε κάθε μαθητή ένα φύλλο A4 και τους ζητήθηκε να απεικονίσουν το πώς φαντάζονται στο μέλλον το χωριό τους (ιδεατό χωριό). Την δεύτερη φορά τους ζητήθηκε να σχεδιάσουν πώς φαντάζονται τώρα το ιδεατό - βιώσιμο χωριό τους. Τα ιχνογραφήματα αναλύθηκαν με την μέθοδο ανάλυσης περιεχομένου (content analysis)

Το ερωτηματολόγιο (σχήμα 1) δόθηκε την ημέρα του Φεστιβάλ μετά την λήξη των εργασιών. Το ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από τρεις ερωτήσεις κλίμακας τριών σημείων (τύπου Λίκερτ). Σκοπός του ερωτηματολογίου ήταν να διερευνηθεί το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα μέσα από την άμεση καταγραφή των συναισθημάτων που προκάλεσε στους μαθητές η εμπειρία του Φεστιβάλ με την χρήση οπτικών συναισθηματικών εκφράσεων.

Σχήμα 1: Το ερωτηματολόγιο μέτρησης των συναισθημάτων των μαθητών για το Φεστιβάλ

Ερωτηματολόγιο

1. Τι συναισθήματα σου δημιούργησε η εμπειρία σου στο φεστιβάλ φυσικών επιστημών και τεχνολογίας;

		
ε	ε	ε

2. Πως θα αισθανόσουν αν ξανασυμμετείχες του χρόνου στο φεστιβάλ φυσικών επιστημών και τεχνολογίας;

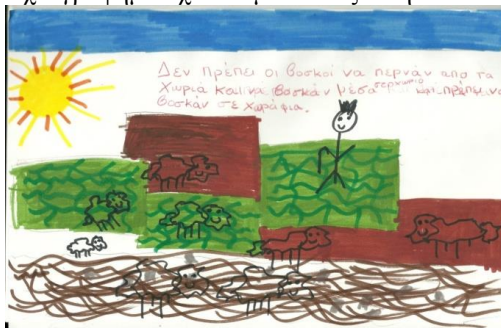
		
ε	ε	ε

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ιχνογραφήματα

Στις εικόνες 4 και 5 φαίνονται 2 ιχνογραφήματα, ένα πριν την διδακτική παρέμβαση και ένα μετά που απεικονίζουν τις ιδέες των μαθητών σχετικά με το πώς θα ήθελαν να είναι το χωριό τους.

Εικόνα 4: αρχικό ιχνογράφημα σχετικά με το πώς θα ήθελε να είναι το χωριό του



Εικόνα 5: τελικό ιχνογράφημα σχετικά με το πώς θα ήθελε να είναι το χωριό του



Πίνακας 1: Συχνότητα εμφάνισης κατηγοριών στα αρχικά και τελικά Ιχνογραφήματα των μαθητών.

Κατηγορίες	Αριθμός μαθητών	
	Αρχικό ιχνογράφημα	Τελικό ιχνογράφημα
Καθαρό ποτάμι	2	-
Ζώα που βοσκούν έξω από το χωριό	1	-
Παιδική χαρά	1	-
Η κοινότητα του χωριού γίνεται κύκλος με λουλούδια	1	-
Ασφαλτόδρομος	1	5

Πράσινο – δένδρα	-	6
Κάδοι ανακύκλωσης γυαλιού	-	6
Κάδοι ανακύκλωσης χαρτιού	-	5
Σπίτια	-	5
Ανεμογεννήτριες	-	4
Κάδοι ανακύκλωσης πλαστικού	-	4
Κάδοι κομποστοποίησης	-	4
Φωτοβολταϊκά	-	4
Κάδοι ανακύκλωσης ηλεκτρικών συσκευών	-	3
Κάδοι ανακύκλωσης αλουμινίου	-	3
Κάδοι ανακύκλωσης μπαταριών	-	3
Αυτοκίνητα	-	3
Πεζοδρόμια	-	3
Ποδήλατα	-	2
Ποδηλατόδρομος	-	1
Τοπική καλλιέργεια τροφίμων	-	1
Κάδοι ανακύκλωσης λαμπτήρων	-	1

Από την ανάλυση των ιχνογραφημάτων (πίνακας 1), στα αρχικά ιχνογραφήματα των μαθητών η κατηγορία «καθαρό ποτάμι» εμφανίστηκε στα ιχνογραφήματα δύο (2) μαθητών, ενώ οι υπόλοιπες κατηγορίες εμφανίστηκαν από μία φορά. Όπως φαίνεται στον πίνακα στα τελικά ιχνογραφήματα, οι κατηγορίες «κάδοι ανακύκλωσης γυαλιού» και «πράσινο - δένδρα» εμφανίστηκαν περισσότερο με συχνότητα εμφάνισης έξι (6). Ακολουθούν οι κατηγορίες «δρόμοι» «σπίτια» και «κάδοι ανακύκλωσης χαρτιού» με πέντε (5) «Ανεμογεννήτριες», «Φωτοβολταϊκά», «κάδοι κομποστοποίησης» και «κάδοι ανακύκλωσης χαρτιού» με 4. Οι κατηγορίες «πεζοδρόμια», «αυτοκίνητα», «κάδοι ανακύκλωσης αλουμινίου», «κάδοι ανακύκλωσης μπαταριών» και «κάδοι ανακύκλωσης ηλεκτρικών συσκευών» με 3. Η κατηγορία «ποδήλατα» με 2. Τέλος, οι υπόλοιπες κατηγορίες εμφανίστηκαν στα ιχνογραφήματα των μαθητών από μία φορά.

Ερωτηματολόγιο

Όλοι οι μαθητές ανταποκρίθηκαν θετικά σχετικά με την εμπειρία τους στο Φεστιβάλ.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τα ιχνογραφήματα φαίνεται ότι υπάρχει εξέλιξη στις απόψεις των μαθητών σχετικά με την αειφόρο κοινότητα, μετά την διδακτική παρέμβαση. Πιο συγκεκριμένα, στα τελικά ιχνογραφήματα υπάρχει ποσοτική και ποιοτική βελτίωση των κατηγοριών, οι οποίες σχετίζονται με βιώσιμες όψεις των κοινοτήτων, δηλαδή παρουσιάζονται περισσότερες και ποιοτικά καλύτερες κατηγορίες.

Επίσης, σημαντικό είναι ότι οι κατηγορίες αυτές εμφανίζονται στα τελικά ιχνογραφήματα όλων των μαθητών το οποίο συνάδει με την επιτυχία αυτής της διδακτικής παρέμβασης

Επιπλέον, διαπιστώνουμε ότι όλοι οι μαθητές όχι μόνο εξέφρασαν θετικά συναισθήματα για τη διαδικασία του Φεστιβάλ αλλά και ενδιαφέρθηκαν να συμμετέχουν και την επόμενη σχολική χρονιά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αραβώσης Κ. (2007), *Τουρισμός, Περιβάλλον και Βιώσιμη Ανάπτυξη – Η περίπτωση της Ελλάδας*, Παρουσίαση στην Διημερίδα με θέμα: «Τοπική Αυτοδιοίκηση και Τουριστική Ανάπτυξη» που διοργάνωσε το Δίκτυο Ελλήνων Απόδημων Αιρετών Αυτοδιοίκησης της Ευρώπης, Σότσι, Ν. Ρωσία.
- Σκορδούλης, Κ. & Σωτηράκου, Μ. (2009). *Περιβάλλον, επιστήμη και εκπαίδευση*. Εκδόσεις Leader Books.
- Στυλιανίδου, Φ., Κουλούρης, Π. & Σωτηρίου Σ. (2011). *Τρόποι προαγωγής της διερευνητικής μάθησης των Φασικών Επιστημών με την αξιοποίηση των ΤΠΕ*. Πρακτικά 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Ένταξη και χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία» Πάτρα 28-30 Απριλίου, σελ. 1215-1218.
- Τρούλη, Σ., Κοντοπόδης, Μ. & Graeser, S. (2012). *Το Παιδικό και Εφηβικό Ιχνογράφημα στην Εκπαιδευτική και Ψυχολογική Έρευνα*. Ιστορία, Μεθοδολογικά Ζητήματα και Παραδειγματική Ανάλυση.
- Χαλκιά, Κ. (2010). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.
- Harris, J.M. (2000). *Basic Principles of Sustainable Development*. Global Development and Environment Institute, Working Paper 00-04.
- McKeown R. (2002). *Education for Sustainable Development Energy, Environment and Resources*. Center University of Tennessee. Funded by the Waste Management Research and Education Institution.

Electricians' Game: Κατασκευή Εκπαιδευτικού Υλικού μέσα από ένα Πρότζεκτ Φυσικής στην Ξένη Γλώσσα για το Δημοτικό Σχολείο

Αντωνία Σούδη

Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
Φλώρινας
antonia03_sou@hotmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία-αφίσα περιγράφεται το εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε κατά το σχολικό έτος 2013-2014 στη Στ τάξη του Δημοτικού σχολείου Αμμοχωρίου, στην περιοχή της Φλώρινας. Συγκεκριμένα, οι μαθητές κατασκεύασαν τη «Δίγλωσση Γωνιά του Ηλεκτρισμού» (Ελληνική – Αγγλική γλώσσα), ένα επιτραπέζιο παιχνίδι με ηλεκτρικά κυκλώματα με κεντρικό ζητούμενο την επακόλουθη παρουσίασή του στο 2^ο Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια ανοικτού Διερευνητικού περιβάλλοντος σε συνδυασμό με τη γλωσσική προσέγγιση «Content and Language Integrated Learning» (CLIL). Με τον τρόπο αυτό η εκμάθηση του περιεχομένου ενός γνωστικού αντικείμενου (ηλεκτρικά κυκλώματα και ηλεκτρικές συσκευές) πραγματοποιήθηκε μέσα από την εκμάθηση μιας ξένης γλώσσας (αγγλική γλώσσα). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της διδακτικής παρέμβασης, καθώς οι μαθητές εξέλιξαν τις γνώσεις τους σχετικά με τον ηλεκτρισμό και την αγγλική γλώσσα βιώνοντας ευχάριστα συναισθήματα.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Δίγλωσση Γωνιά Ηλεκτρισμού, Ανοικτή Διερευνητική Προσέγγιση, CLIL, Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ραγδαία αύξηση της επιστημονικής γνώσης απαιτεί από τους πολίτες της σύγχρονης κοινωνίας την ανάπτυξη απαραίτητων δεξιοτήτων ώστε να παρακολουθούν τις εξελίξεις και να προσαρμόζονται σύμφωνα με αυτές. Η αναζήτηση πληροφοριών, η εξοικείωση με τις νέες τεχνολογίες, η εκμάθηση ξένων γλωσσών ανοίγουν το δρόμο για την ουσιαστική και κριτική προσέγγιση της νέας γνώσης. Στα πλαίσια αυτά πραγματοποιήθηκε η συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση που επιχειρεί, μέσα από την εξάσκηση των μαθητών

στην αγγλική γλώσσα και τις επιστημονικές δεξιότητες, να προσφέρει σημαντικά εφόδια για την ανάπτυξή τους ως αυριανούς πολίτες.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Στα πλαίσια της συνεχούς ανανέωσης των επιστημονικών δεδομένων, το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών (ΝΠΣ) Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) για το «Νέο Σχολείο» θέτει ως βασικό στόχο την προετοιμασία των μαθητών «ώστε να ενταχθούν στην κοινωνία ως υπεύθυνοι, δημοκρατικοί, ενεργοί και κριτικά σκεπτόμενοι πολίτες» (ΝΠΣ, 2011). Δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην εξοικείωση των μαθητών με τη φύση της επιστήμης και την υιοθέτηση του *επιστημονικού τρόπου σκέψης* (Χαλκιά 2010).

Κατάλληλες μαθησιακές ευκαιρίες στην κατεύθυνση αυτή προσφέρει η Διερευνητική Προσέγγιση-ΔΠ (Inquiry-based Science Education), στην οποία οι μαθητές εκφράζουν ένα ερώτημα ή πρόβλημα που τους ενδιαφέρει, αναζητούν πληροφορίες και υλοποιούν τη δική τους έρευνα, ώστε να καταλήξουν σε πορίσματα, να διαπιστώσουν την ορθότητα ή μη των ιδεών τους και να γνωρίσουν τον κόσμο γύρω τους. Η ΔΠ ακολουθεί κάποια βασικά στάδια: επιλογή ερωτήματος/προβλήματος προς διερεύνηση, σχεδιασμός δράσεων, εφαρμογή δράσεων, διατύπωση συμπερασμάτων, παρουσίαση αποτελεσμάτων, αναστοχασμός (Καραγιάννη & Ψύλλος, 2013). Ανάλογα με το βαθμό ελευθερίας του μαθητή η ΔΠ χαρακτηρίζεται ‘δομημένη’, ‘καθοδηγούμενη’ ή ‘ανοιχτή’.

Οι μαθητές, στην προσπάθειά τους να συνδέσουν τις ιδέες τους με τα νέα δεδομένα που ανακαλύπτουν, αναπτύσσουν δεξιότητες (Harlen, 1992) για να λειτουργούν ως επιστήμονες. Μέσα σε αυτές τις «επιστημονικές δεξιότητες» δεν πρέπει, βέβαια, να ξεχνούμε τις γλωσσικές δεξιότητες (προβληματισμός, συζήτηση, ανάγνωση, γραφή, επεξεργασία κειμένων) ή «δεξιότητες επιχειρηματολογίας», όπως ονομάζονται στο ΝΠΣ, καθώς η ικανότητα χρήσης ανώτερων γλωσσικών επιπέδων αποτελεί την απαραίτητη προϋπόθεση για την αποτελεσματική χρήση όλων των επιστημονικών δεξιοτήτων (Sutman, Schmuckler & Woodfield., 2008).

Μία διαθεματική προσέγγιση, που στοχεύει στην ανάπτυξη των επιστημονικών δεξιοτήτων δίνοντας έμφαση στην παράλληλη ανάπτυξη των γλωσσικών, είναι η Ολοκληρωμένη Εκμάθηση Περιεχομένου και Γλώσσας (CLIL). Στην προσέγγιση αυτή, μια δεύτερη/ξένη γλώσσα χρησιμοποιείται για την διδασκαλία και μάθηση του περιεχομένου ενός γνωστικού αντικείμενου και της γλώσσας με στόχο την προώθηση γνώσεων και δεξιοτήτων τόσο σχετικά με το περιεχόμενο όσο και με τη γλώσσα (European Framework for CLIL Teachers Education, 2011).

Στο ΝΠΣ δίνεται, επίσης, έμφαση στις τεχνολογικές δεξιότητες στα πλαίσια της σχολικής τεχνολογίας. Οι μαθητές, δηλαδή, καλούνται να λειτουργήσουν ως ‘τεχνολόγοι’, να χρησιμοποιήσουν υλικά αντικείμενα, να φτιάξουν κατασκευές και να γνωρίσουν καινοτομίες της τεχνολογίας.

Ακόμη, στο ΝΠΣ τονίζεται η σύνδεση του σχολείου με το φυσικό περιβάλλον και την κοινωνία μέσα από τη συσχέτιση επιστήμης, τεχνολογίας, κοινωνίας, περιβάλλοντος. Επιδιώκεται η υπέρβαση φραγμών ανάμεσα στην τυπική, μη τυπική και άτυπη εκπαίδευση (ΝΠΣ, Οδηγός Εκπαιδευτικού, 2011) με δραστηριότητες όπως

επισκέψεις σε μουσεία, κέντρα επιστήμης, συμμετοχές σε οργανωμένες εκδηλώσεις, φεστιβάλ και γιορτές, ώστε οι μαθητές να αναπτύξουν ολοκληρωμένα τις επιστημονικές τους δεξιότητες.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω χαρακτηριστικά, σχεδιάστηκε μια διδακτική παρέμβαση με συνδυαστική εφαρμογή ΔΠ και CLIL με κύριο στόχο την κατασκευή εκπαιδευτικού υλικού και την επακόλουθη παρουσίασή του σε Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας (ΦΕ/ΤΧ). Τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν ήταν τα εξής:

1. πώς εξελίσσεται η γνώση των μαθητών στις ΦΕ;
2. πώς εξελίσσεται το λεξιλόγιο των μαθητών στην αγγλική γλώσσα;
3. ποια είναι τα συναισθήματα που αποκόμισαν οι μαθητές;

ΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Το θέμα που επιλέχθηκε ήταν το φαινόμενο του ηλεκτρισμού με επιμέρους θεματικές ενότητες: ηλεκτρισμός στην καθημερινή ζωή – ηλεκτρικές συσκευές, σύνδεση απλού ηλεκτρικού κυκλώματος – ο ρόλος του διακόπτη, σύνδεση σε σειρά, παράλληλη σύνδεση, αγωγοί και μονωτές, κανόνες ασφαλείας από τον ηλεκτρισμό. Επιλέχθηκε, επίσης, η Αγγλική γλώσσα ως γνωστικό αντικείμενο (learning language) και ως γλώσσα διδασκαλίας (language of instruction).

Φωτογραφία 1: Το επιτραπέζιο παιχνίδι της ομάδας Α



Φωτογραφία 2: Το επιτραπέζιο παιχνίδι της ομάδας Β



Η διδακτική παρέμβαση βασίστηκε στη συνδυαστική εφαρμογή δύο διδακτικών προσεγγίσεων, την Ανοιχτή ΔΠ και τη γλωσσική προσέγγιση CLIL. Με τον τρόπο αυτό η εκμάθηση του περιεχομένου ενός γνωστικού αντικείμενου (ηλεκτρισμός) πραγματοποιήθηκε μέσα από την εκμάθηση μιας ξένης γλώσσας (αγγλική γλώσσα). Προκειμένου να κατανοήσουν τις έννοιες Φυσικής, οι μαθητές καλούνταν να κατανοήσουν την Αγγλική γλώσσα αλλά και να τη χρησιμοποιήσουν στον προφορικό (συζητήσεις, παρουσιάσεις) και στο γραπτό λόγο σε διάφορα είδη κειμένων (κανόνες παιχνιδιού, τήρηση σημειώσεων). Συγκεκριμένα, οι μαθητές καλούνταν να

χρησιμοποιήσουν τη γλώσσα με κατανοητό περιεχόμενο και κατάλληλο λεξιλόγιο χωρίς απαραίτητα σωστή γραμματικο-συντακτική δομή. Έτσι, σε ένα διαθεματικό περιβάλλον μάθησης οι στόχοι που τέθηκαν αφορούσαν: την εκμάθηση γνώσεων σχετικά με τον ηλεκτρισμό, την εκμάθηση λεξιλογίου στην αγγλική γλώσσα, την ανάπτυξη επιστημονικών και γλωσσικών δεξιοτήτων.

Σε γενικές γραμμές, οι συναντήσεις διαρθρώνονταν με βάση έναν κοινό σκελετό με τρία στάδια:

1. Εισαγωγή στη θεματική ενότητα προς επεξεργασία (εξοικείωση με το λεξιλόγιο, έκφραση προϋπάρχουσας γνώσης)
2. Εκτέλεση δραστηριότητας ή παιχνιδιού (σχεδιασμός, εκτέλεση, παρουσίαση αποτελεσμάτων, αναστοχασμός)
3. Εφαρμογή των νέων στοιχείων στην κατασκευή, παρουσίαση και αναστοχασμός.

Η παρέμβαση πραγματοποιήθηκε με στόχο τη δημιουργία μιας “Δίγλωσσης Γωνιάς Ηλεκτρισμού”. Οι μαθητές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες και ως «Επιστήμονες – Ηλεκτρολόγοι» επιχείρησαν ανά ομάδα την κατασκευή ενός επιτραπέζιου παιχνιδιού για τον ηλεκτρισμό – Electricians’ game (Φωτογραφίες 1, 2).













Για την ολοκλήρωση του παιχνιδιού, τα παιδιά κατασκεύασαν με απλά υλικά ζάρια, πιόνια, κάρτες (Ερωτήσεις/Questions, Εντολές/Commands, Αποστολές/Missions) και ταμπλό στο πίσω μέρος των οποίων ενσωμάτωσαν τρία ηλεκτρικά κυκλώματα (απλό κύκλωμα, κύκλωμα με σύνδεση σε σειρά, κύκλωμα με παράλληλη σύνδεση) χρησιμοποιώντας μπαταρίες, καλώδια, λαμπάκια, διακόπτες. Τα λαμπάκια και οι διακόπτες φαίνονται στην επιφάνεια του ταμπλό ώστε να χρησιμοποιηθούν στην εξέλιξη του παιχνιδιού (Φωτογραφία 2).

Κάθε παιχνίδι περιλαμβάνει κάποια επιπλέον αντικείμενα για διάφορες δοκιμασίες για τις κάρτες αποστολών: χαρτόνια με πίνακες ταξινόμησης πληροφοριών (Φωτογραφία 3), εξαρτήματα ηλεκτρικών κυκλωμάτων (μπαταρίες, λαμπάκια, κ.α.), καθημερινά αντικείμενα ως αγωγούς ή μονωτές.

ΦΕΣΤΙΒΑΛ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Τελικός στόχος της διδακτικής παρέμβασης ήταν η παρουσίαση της Δίγλωσσης Γωνιάς Ηλεκτρισμού στο 2^ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ στην πόλη της Φλώρινας. Κάθε ομάδα ανέλαβε την παρουσίαση του δικού της επιτραπέζιου παιχνιδιού στους επισκέπτες του Φεστιβάλ (Φωτογραφία 4), η οποία πραγματοποιούνταν στην Ελληνική ή Αγγλική γλώσσα ανάλογα με τις γνώσεις των επισκεπτών. Οι μαθητές εξηγούσαν τον τρόπο κατασκευής του παιχνιδιού και τα υλικά που χρησιμοποίησαν, έδειχναν τον τρόπο σύνδεσης ενός ολοκληρωμένου ηλεκτρικού κυκλώματος, εξηγούσαν τις οδηγίες και τους κανόνες του παιχνιδιού ώστε να παίξουν οι επισκέπτες και απαντούσαν στις διάφορες ερωτήσεις τους.

Φωτογραφία 3: Χαρτόνι με πίνακα ταξινόμησης

COMPONENTS OF ELECTRIC CIRCUITS			
NAME	PICTURE	SYMBOL	OPERATION
Battery			provides electricity to the circuit
Wire			transfers electricity
Bulb			produces light
Switch			turns on and off a circuit
Buzzer			produces sound
Motor			produces movement

Φωτογραφία 4: Οι “μικροί ηλεκτρολόγοι” στο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ



ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΛΟΓΙΑ

Η διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε με 7 μαθητές της Στ τάξης του Δημοτικού σχολείου Αμμοχωρίου, στην περιοχή της Φλώρινας, σε 31 διδακτικές ώρες κατά το σχολικό έτος 2013-2014.

Χρησιμοποιήθηκαν 3 ερευνητικά εργαλεία:

- Ερωτηματολόγιο Α-Ηλεκτρισμός

Αποτελούνται από τρεις ασκήσεις: 1.Σύνδεση απλού κυκλώματος (διάκριση σωστών και λανθασμένων συνδέσεων ανάμεσα σε 9 σκίτσα κυκλωμάτων), 2.αναπαράσταση-μοντελοποίηση ηλεκτρικών κυκλωμάτων (αναπαράσταση τριών κυκλωμάτων με εικόνες και σύμβολα), 3.αγωγούς και μονωτές (διάκριση αγωγών και μονωτών ανάμεσα σε τέσσερα αντικείμενα και αιτιολόγηση).

Μέγιστη βαθμολογία θεωρήθηκε το 20, καθώς η άσκηση1 έδινε έως και 9 μονάδες, μία από το κάθε σκίτσο κυκλώματος, η άσκηση2 έδινε 6 μονάδες, δύο από κάθε κύκλωμα και η άσκηση3 έδινε 5 σωστές απαντήσεις, μία από το κάθε αντικείμενο και μία από την αιτιολόγηση της διάκρισης αγωγών-μονωτών.

- Ερωτηματολόγιο Β-Λεξιλόγιο Αγγλικής γλώσσας

Αποτελούνταν από μία άσκηση συμπλήρωσης δέκα κενών με αγγλικούς όρους.

Τα ερωτηματολόγια Α και Β δόθηκαν πριν την έναρξη της παρέμβασης (προέλεγχος) και μετά την ολοκλήρωσή της (μετέλεγχος).

- Ερωτηματολόγιο ικανοποίησης Γ

Περιελάμβανε την αξιολόγηση εννέα προτάσεων με Πολύ/Μέτρια/Καθόλου (Πίνακας 3).

Δόθηκε μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Μέσα από τη διαδικασία προελέγχου-μετελέγχου για τις έννοιες του ηλεκτρισμού και το αγγλικό λεξιλόγιο ήταν εμφανής η πρόοδος των μαθητών στο χρόνο που χρειάστηκαν να συμπληρώσουν το τεστ (Προέλεγχος: 20', Μετελέγχος: 10') αλλά και στον αριθμό των σωστών απαντήσεων, όπως φαίνεται στους Πίνακες 1, 2.

Πίνακας 1: Σωστές απαντήσεις για γνωστικό αντικείμενο

Μαθητής	Σωστές απαντήσεις προελέγχου Σύνολο 20	Σωστές απαντήσεις μετελέγχου Σύνολο 20
Μαθητής 1	17	20
Μαθητής 2	10	14
Μαθητής 3	17	18
Μαθητής 4	19	18
Μαθητής 5	18	18
Μαθητής 6	12	20
Μαθητής 7	16	20

Πίνακας 2: Σωστές απαντήσεις για γλώσσα στόχο

Μαθητής	Σωστές απαντήσεις προελέγχου Σύνολο 10	Σωστές απαντήσεις μετελέγχου Σύνολο 10
Μαθητής 1	10	10
Μαθητής 2	1	4
Μαθητής 3	2	10
Μαθητής 4	10	10
Μαθητής 5	5	8
Μαθητής 6	8	10
Μαθητής 7	4	8

Σημαντικές πληροφορίες συλλέχθηκαν και από την παρατήρηση της συμπεριφοράς των μαθητών κατά τη διάρκεια της παρουσίασης του παιχνιδιού στο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ. Οι μαθητές έδειξαν μεγάλη προθυμία και προσπάθησαν με όλες τους τις δυνάμεις να παρουσιάσουν την κατασκευή στο κοινό τους με επαρκείς πληροφορίες και κατάλληλη χρήση λεξιλογίου.

Στα πλαίσια του ερωτηματολογίου ικανοποίησης Γ (Πίνακας 3) οι μαθητές εξέφρασαν γενικά ευχάριστα συναισθήματα και θετικές εντυπώσεις από την εμπειρία τους καθώς επίσης και την προθυμία να συμμετάσχουν ξανά σε παρόμοιο πρότζεκτ.

Πίνακας 3: Απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο ικανοποίησης

Πρόταση	Αριθμός μαθητών που απάντησαν:	
	Πολύ	Μέτρια
Το να μάθω για τον ηλεκτρισμό στα Αγγλικά ήταν εύκολο	5	2
Το να μάθω για τον ηλεκτρισμό στα Αγγλικά ήταν ενδιαφέρον	6	1
Μου άρεσε που ασχοληθήκαμε με τον ηλεκτρισμό	7	
Μου άρεσε που μάθαμε και Αγγλικά με αυτόν τον τρόπο	6	1
Μου άρεσε που κάναμε πειράματα	7	
Μου άρεσε που ασχοληθήκαμε με επιτραπέζιο παιχνίδι	6	1
Μου άρεσε το επιτραπέζιο παιχνίδι μας είναι δίγλωσσο	7	
Μου άρεσε που συμμετείχαμε στο Φεστιβάλ	6	1
Θα ήθελα να συμμετέχω ξανά σε ένα τέτοιο πρότζεκτ	5	2

Σε γενικές γραμμές, η διδακτική παρέμβαση ολοκληρώθηκε με επιτυχή αποτελέσματα καθώς οι μαθητές ανέπτυξαν σημαντικά τις γνώσεις και δεξιότητές τους βιώνοντας ευχάριστα συναισθήματα. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στη καινοτόμα συνδυαστική εφαρμογή ΔΠ και CLIL αλλά ακόμη περισσότερο στην ενεργή εμπλοκή των μαθητών μέσα από την κατασκευή του εκπαιδευτικού υλικού από τους ίδιους και την συμμετοχή στην οργάνωση και διεξαγωγή του ΦΦΕ/ΤΧ. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές προσέγγισαν σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο εργάζονται οι επιστήμονες και ανέπτυξαν τον επιστημονικό τρόπο σκέψης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Frank X. Sutman, Joseph S. Schmuckler, Joyce D. Woodfield (2008). *The Science Quest: Using Inquiry/Discovery to Enhance Student Learning, Grades 7-12*. United States of America: Jossey-Bass.
- Marsh D., Mehisto P., Wolff D., Martín M. (Published 05/10/2011), *European Framework for CLIL Teacher Education*, European Center for Modern Languages.
<http://www.ecml.at/tabid/277/PublicationID/62/Default.aspx> (προσπελάστηκε 7/12/2014).
- Wynne Harlen (1992). *The teaching of science*. Great Britain: David Fulton Publisher.
- Καραγιάννη Χ., Ψύλλος Δ. (2013). Το Μοντέλο Διερευνητικής Προσέγγισης ΔΙΕΔΙΑ - Διερευνητικές Διαδρομές (Inquiry Routes - INROU). Στο Βαβουγιός Διονύσης & Παρασκευόπουλος Στέφανος (Επιμ.), *Διδασκαλία και μάθηση στη Φυσική ΙΙ, Πρακτικά του 8ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, 455-461.
- Χαλκιά Κ., (2010). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες, Θεωρητικά Ζητήματα, Προβληματισμοί, Προτάσεις* (Α΄ Τόμος), Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.
Ψηφιακό Σχολείο
<http://ebooks.edu.gr/new/ps.php> (Προσπελάστηκε 7/12/2014).
- Αποτέλεσε πηγή για:
Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικών Επιστημών Δημοτικού-«Νέο Σχολείο»
<http://goo.gl/hDbrEY> (Προσπελάστηκε 7/12/2014)
Οδηγός Εκπαιδευτικού
<http://goo.gl/15gIq1> (Προσπελάστηκε 7/12/2014).

Διερευνώντας τις αντιλήψεις των μαθητών της Α΄ Γυμνασίου για το μάθημα της Φυσικής

Συμεών Τσελέντης¹, Μαρία Χατζηγεωργίου¹, Ιωάννης Πολίτης²

¹Ζάννειο Πρότυπο Πειραματικό Γυμνάσιο Πειραιά, tselentis@sch.gr,
mairhxatzi@gmail.com

²Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο Ιωνιδείου Σχολής Πειραιά, irondasgr@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών της Α΄ Γυμνασίου για το μάθημα της Φυσικής που διδάχθηκε για πρώτη φορά κατά το σχολικό έτος 2013-14. Πραγματοποιήθηκε έρευνα με τη βοήθεια ερωτηματολογίου στους μαθητές της Α΄ τάξης του Ζαννείου Πρότυπου Πειραματικού Γυμνασίου Πειραιά ώστε να διερευνηθεί αν οι μαθητές είναι ικανοποιημένοι από την εισαγωγή του νέου αυτού μαθήματος στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (ΑΠΣ) κι εάν αυτοί ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του. Απώτερος στόχος της μελέτης αυτής είναι να αποτιμηθεί η αποτελεσματικότητα της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας και η εφαρμογή της επιστημονικής μεθόδου μέσα από τη διερευνητική μάθηση που ενθαρρύνει το ΑΠΣ ώστε να αποτελέσει οδηγό βελτίωσης της εκπαιδευτικής διαδικασίας την επόμενη σχολική περίοδο. Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι παρόλο που η Φυσική θεωρείται απαιτητικό μάθημα, αυτό χαίρει μεγάλης αποδοχής από τους μαθητές λόγω του εργαστηριακού του προφίλ και της ομαδοσυνεργατικής εργασίας. Τα μέσα και τα εργαλεία διεξαγωγής της εκπαιδευτικής διαδικασίας χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Φυσική Α΄ Γυμνασίου, αντιλήψεις μαθητών, ομαδοσυνεργατική διδασκαλία

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εισαγωγή του μαθήματος της Φυσικής στην Α΄ Γυμνασίου κατά το σχολικό έτος 2013-14 προέκυψε ως ιδεώδης ευκαιρία οργανικής σύνδεσης των αναλυτικών προγραμμάτων των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) του Δημοτικού με εκείνα του Γυμνασίου και μιας νέας αφητηρίας της εργαστηριακής διδασκαλίας του μαθήματος (Φασουλόπουλος 2013). Ωστόσο, τόσο το περιεκτικό χρονικά εύρος σχεδιασμού κι εκτέλεσης του εγχειρήματος όσο και κάποιες οργανωτικές δομικές ατέλειες που σημειώθηκαν, οδήγησαν σε μια σειρά προβλημάτων που σχετίζονται εκτός των άλλων και με την αρνητική αντιμετώπιση των μαθητών προς το νεοεισαχθέν μάθημα ενδεχομένως λόγω της δυσκολίας τους να διαχειριστούν γενικούς νόμους, φυσικές έννοιες και μαθηματικούς τύπους (Osborne et al.

2003) καθώς επίσης και με την έλλειψη κατάλληλου εξοπλισμού των σχολικών εργαστηρίων σε αρκετές μονάδες της επικράτειας που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν τις θεματικές ενότητες του σχολικού εγχειριδίου της Φυσικής. Μακροπρόθεσμα, δεν πρέπει να αγνοηθεί και το υπάρχον κοινωνικό κλίμα που προκαλεί την απαξία των μαθητών για την προσφερόμενη γνώση εξαιτίας της χαμηλής προσδοκίας τους για επαγγελματική αποκατάσταση συνδεδεμένη με τις σπουδές (Φασουλόπουλος 2013).

Σύμφωνα με τους συγγραφείς του βιβλίου (Καλκάνης et al. 2013), ο κύριος διδακτικός σκοπός του είναι η ομαλή μετάβαση των μαθητών από την περιγραφική προσέγγιση φυσικών εννοιών και φυσικών φαινομένων στο δημοτικό σχολείο στην ποσοτική προσέγγισή τους ως φυσικών μεγεθών και φυσικών διαδικασιών, αντίστοιχα, στο γυμνάσιο. Η προτεινόμενη διδακτική στρατηγική προτρέπει τους μαθητές να ακολουθήσουν την επιστημονική μέθοδο με έμφαση στην ποσοτική επεξεργασία των μετρήσεων σε αντίθεση με την αντίστοιχη περιγραφική διαχείριση των πειραμάτων στο Δημοτικό μέσω της ομαδοσυνεργατικής εργασίας. Γίνεται φανερό από τη μελέτη των προτεινόμενων εργαστηριακών φύλλων ότι επικαλούνται σαφώς τις διερευνητικές επιλογές και σε κάποιο βαθμό έχει θεωρηθεί ότι καταφεύγουν σε κλειστούς αλγοριθμικούς πυρήνες, οι οποίοι αποθαρρύνουν τους μαθητές αυτής της ηλικίας με τον αυστηρό ορθολογισμό τους (Βαλαδάκης 2013). Από την άλλη πλευρά, τα ανακαλυπτικά ή διερευνητικά πειράματα εξοικειώνουν τους εφήβους με τα νέα φαινόμενα ενώ ταυτόχρονα είναι άμεσα, σύντομα και γεμάτα εκπλήξεις που ενισχύουν την προσοχή και τη συμμετοχή τους.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω δεδομένα και καταγράφοντας μια υφέρπουσα πλην κατανοητή ανησυχία της εκπαιδευτικής κοινότητας για την υποδοχή και τις εν γένει σχηματισθείσες αντιλήψεις των μαθητών της Α΄ Γυμνασίου για το μάθημα της Φυσικής στο εβδομαδιαίο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (ΑΠΣ) κρίθηκε απαραίτητη η διεξαγωγή ερευνητικής μελέτης που θα αποκαλύπτει και θα διασαφηνίζει ολόπλευρα τις πτυχές του αναδυόμενου αυτού ζητήματος στο διαρκώς τελευταία επανακαθοριζόμενο εκπαιδευτικό πλάνο των Φ.Ε. στο Γυμνάσιο. Έγινε προσπάθεια να αποτιμηθεί η αποτελεσματικότητα της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας και η εφαρμογή της επιστημονικής μεθόδου μέσα από τη διερευνητική μάθηση που ενθαρρύνει το ΑΠΣ ώστε να αποτελέσει οδηγό βελτίωσης της εκπαιδευτικής διαδικασίας την επόμενη σχολική περίοδο.

Τα ευρήματα πολλών θεωριών υποδεικνύουν ότι το κίνητρο των αγοριών και των κοριτσιών για μάθηση σε σχέση με τη συμπεριφορά και τη στάση τους στο σχολείο συνεχίζει να ακολουθεί τα φυλετικά στερεότυπα. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι τα αγόρια έχουν ισχυρότερη θετική στάση προς τις ΦΕ συγκριτικά με τα κορίτσια, (τα οποία δείχνουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον και προσήλωση προς τις κλασικές σπουδές (λογοτεχνία, τέχνες) (Meece et al. 2006). Επιπλέον, τα αγόρια έχουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση στην εκτέλεση πειραμάτων, περισσότερο ενδιαφέρον σε ερευνητικές δραστηριότητες τόσο μέσα στην τάξη όσο και έξω από το σχολείο (Ornstein

2005, Iqbal et al. 2010). Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν μελέτες που αποκαλύπτουν ότι δεν διαφοροποιείται το ενδιαφέρον των μαθητών στις ΦΕ σε σχέση με το φύλο τους (Vrcelj & Krishnan, 2008). Παρόλα αυτά, πολλοί ερευνητές συμφωνούν με το γεγονός ότι οι μαθητές ανάλογα με το φύλο τους κρατούν διαφορετική στάση απέναντι στους διαφορετικούς κλάδους των ΦΕ. Τα κορίτσια έχουν την τάση να ακολουθούν τον κλάδο της Βιολογίας ενώ τα αγόρια της Φυσικής (Cameron 1989, Murphey & Whitelegg 2006, Iqbal et al. 2010).

Για το σκοπό αυτό, καταστρώθηκε και διενεργήθηκε ερευνητική μελέτη με τη βοήθεια ερωτηματολογίου στους μαθητές της Α΄ τάξης του Ζαννείου Πρότυπου Πειραματικού Γυμνασίου Πειραιά ώστε να διερευνηθεί αν οι μαθητές είναι ικανοποιημένοι από την εισαγωγή του νέου αυτού μαθήματος, την ποικιλία των δραστηριοτήτων/ ερεθισμάτων που παρέχει και εάν αυτοί τελικά ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του.

Μεθοδολογία της έρευνας και στάδια υλοποίησης

Η διερεύνηση και εν συνεχεία, η αποτίμηση της αποτελεσματικότητας της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας και της εφαρμογής της επιστημονικής μεθόδου με τη βοήθεια τόσο των εικονικών εργαστηρίων όσο και των πειραματικών διατάξεων που «στήνονται» από τους ίδιους τους μαθητές κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας του μαθήματος υπό την επίβλεψη του διδάσκοντα έγινε πριν τη λήξη του διδακτικού έτους, κατά το μήνα Μάιο του 2013.

Συμμετείχαν στην έρευνα 61 έναντι των 70 εγγεγραμμένων μαθητών που φοιτούσαν στην Α΄ τάξη του Ζαννείου Πρότυπου Πειραματικού Γυμνασίου Πειραιά. Πιο αναλυτικά, τα ερευνητικά ερωτήματα που ανέκυψαν και θεωρήθηκαν καίρια σ' αυτήν τη διαδικασία ήταν: Οι μαθητές α) είναι ευχαριστημένοι από την ποικιλία των δραστηριοτήτων και ερεθισμάτων; β) πιστεύουν ότι ο ρόλος του καθηγητή είναι υποστηρικτικός και καταλυτικός στην καλύτερη κατανόηση των νέων φυσικών εννοιών; γ) πόσο δυσκολεύονται στην υλοποίηση κάθε εργαστηριακής ενότητας; δ) πόσο το βιβλίο μέσα από την οργάνωση και τη σαφήνεια που παρέχει ανταποκρίνεται στις ανάγκες των μαθητών; Συντάχθηκε και διανεμήθηκε στους συμμετέχοντες μαθητές ένα ερωτηματολόγιο που αποσκοπούσε στην καταγραφή αντιλήψεων και συμπεριφορών (Χατζηγεωργίου & Πολίτης 2013), με 9 ερωτήσεις διαβαθμισμένων απαντήσεων τύπου Likert και 2 ερωτήσεις ανοιχτού τύπου (Εικόνα 1), όπου τα παιδιά έπρεπε να σημειώσουν ποιο μέρος της εκπαιδευτικής διαδικασίας τα ενθουσίασε περισσότερο και ποιο λιγότερο. Απαντώντας ανώνυμα όλοι οι ερωτώμενοι τις ίδιες ερωτήσεις, ενισχύθηκε η αξιοπιστία του ερωτηματολογίου ως εργαλείου (Cohen & Manion 1997). Όλοι οι συμμετέχοντες απάντησαν στον ίδιο αριθμό ερωτήσεων. Επειδή η κλίμακα Αθροιστικής βαθμολόγησης (Summated Rating Scale Likert 1932) είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος κλίμακας για τη μέτρηση των στάσεων, πεποιθήσεων και απόψεων μεγάλων ομάδων σήμερα, στο ερωτηματολόγιο εντάχθηκαν 9 ερωτήσεις αυτού του είδους. Η προσέγγιση αυτή βασίζεται στην παραδοχή ότι η συνολική βαθμολογία ενός ατόμου στην κλίμακα δείχνει τη στάση του απέναντι στο συγκεκριμένο ζήτημα. Οι απαντήσεις των εννέα ερωτήσεων δόθηκαν

με τη μορφή κλίμακας τεσσάρων επιλογών που υποδηλώνουν διαφορετικό βαθμό συμφωνίας ή διαφωνίας με την πρόταση (Spector 1992). Οι απαντήσεις παραστάθηκαν σε πίνακες ώστε να γίνουν αντικείμενο στατιστικής επεξεργασίας με τα MS Excel και SPSS v.19 ενώ το επίπεδο σημαντικότητας ήταν $p < 0.05$. Οι στατιστικές αναλύσεις βασίστηκαν σε μεθόδους περιγραφικής στατιστικής για τον προσδιορισμό συχνοτήτων, των επιμέρους ποσοστών και τη δημιουργία κατάλληλων διαγραμμάτων (Πολίτης & Χατζηγεωργίου 2014). Τέλος, έγινε έλεγχος συσχέτισης των μεταβλητών του ερωτηματολογίου με το τεστ ανεξαρτησίας (chi-square test) και μέσα από τη μέθοδο ANOVA εξετάστηκαν οι διαφοροποιημένες απαντήσεις σε σχέση με το φύλο των συμμετεχόντων. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε και το μη παραμετρικό στατιστικό τεστ Mann Whitney U προς επαλήθευση των παραπάνω στατιστικών αποτελεσμάτων.

Αξιολόγηση του μαθήματος ΦΥΣΙΚΗ Α' Γυμνασίου για το σχολικό έτος 2013-14 Ερωτηματολόγιο μαθητών				
				ΑΓΟΡΙ..... ΚΟΡΙΤΣΙ.....
(Βαθμολογία απαντήσεων: 1: λίγο, 2: μέτρια, 3: πολύ, 4: πάρα πολύ)				
Πόσο ευχαριστημένοι είστε από:	1	2	3	4
1. Το μάθημα της ΦΥΣΙΚΗΣ συνολικά				
2. Την ποσότητα των εργαστηριακών δραστηριοτήτων και εργασιμάτων που σας παρείχε το μάθημα				
3. Τη σαφήνεια και οργάνωση των δραστηριοτήτων του σχολικού βιβλίου της Φυσικής				
4. Τον καθηγητή σας και τη βοήθεια που σας παρείχε κατά τη διάρκεια των πειραμάτων και των δραστηριοτήτων του μαθήματος				
5. Σε δυσκολία το μάθημα;				
6. Νιώθετε ότι ο καθηγητής σας σε βαθμολόγησε δίκαια στη διάρκεια της σχολικής χρονιάς;				
7. Τι βαθμό πιστεύετε ότι αξίζει η επίδοσή και η συμμετοχή σας στο μάθημα;				
8. Πιστεύετε πως στη διάρκεια της σχολικής χρονιάς, τις ώρες του συγκεκριμένου μαθήματος επικρατούσε κλίμα καλής διάθεσης/ηρεμίας;				
9. Που κατά τη γνώμη σας ήταν το πιο ευχάριστο στοιχείο στη διάρκεια του μαθήματος της Φυσικής;			
10. Που κατά τη γνώμη σας ήταν το πιο βαρετό/αναορέο στοιχείο στη διάρκεια του μαθήματος της Φυσικής;			
11. Πόσο δυσκολευτήκατε στην κάθε θεματική ενότητα:	1	2	3	4
A.Μετρήσεις μήκους – Η μέση τιμή				
B.Μετρήσεις χρόνου – Η ακρίβεια				
Γ. Μετρήσεις μάζας – Τα διαγράμματα				
Δ. Μετρήσεις θερμοκρασίας – Η βαθμονόμηση				
E. Από τη θερμότητα στη θερμοκρασία – Η θερμική ισορροπία				
Z. Οι αλλαγές κατάστασης του νερού – Ο "κύκλος" του νερού				
H. Η διαστολή και συστολή του νερού – Μια φυσική "ανωμαλία"				
Θ. Το φως θερμαίνει – "ψυχρά" και "θερμά" χρώματα				
I. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου ψηφ θερμαίνει				
K. Το ηλεκτρικό βραχυ κύκλωμα – Κίνδυνοι και «ασφάλεια»				
Λ. Από τον ηλεκτρισμό στο μαγνητισμό – Ο ηλεκτρικός (αδρ) κινήτρας				
12. Από το μαγνητισμό στον ηλεκτρισμό – Η ηλεκτρική (αδρ) γεννήτρια				

Εικόνα 1. Το Ερωτηματολόγιο που διανεμήθηκε στους μαθητές της Α' Γυμνασίου του Ζαννείου Π.Π.Γυμνασίου Πειραιά

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν, παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 1 κι αφορούν στις 8 πρώτες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου (εκτός της ερώτησης 7). Η στατιστική

επεξεργασία των δεδομένων έδειξε ότι υψηλό ποσοστό των ερωτηθέντων μαθητών, που άγγιζε το 70% περίπου του μαθητικού δυναμικού της Α΄ τάξης του Ζαννείου Πρότυπου Πειραματικού Γυμνασίου (Ερώτηση 1), έμεινε ευχαριστημένο από την εισαγωγή του μαθήματος της Φυσικής στο ωρολόγιο πρόγραμμα και θεωρεί την ύλη του μαθήματος πλούσια σε εργαστηριακές δραστηριότητες και ερεθίσματα για συζήτηση και περαιτέρω διερεύνηση (Ερώτηση 2). Πρέπει να επισημανθεί ότι μεγαλύτερο είναι το ποσοστό των κοριτσιών (~75%) έναντι των αγοριών (~60%) που έδειξε μεγαλύτερο ενδιαφέρον για το νεοεισαχθέν μάθημα της Φυσικής. Γίνεται συχνή αναφορά στη βιβλιογραφία ότι τα κορίτσια επιδεικνύουν μεγαλύτερο ζήλο από τα αγόρια στις ΦΕ ενώ δεν υπάρχει διαφορά στο φύλο όσον αφορά στη χαρά που νιώθει ο μαθητής κατά τη διεξαγωγή του μαθήματος της Φυσικής, την προσμονή της συγκεκριμένης διδακτικής ώρας και τη διεξαγωγή πειραμάτων (Akpinar et al. 2009). Εφαρμόζοντας τη μέθοδο ANOVA ($F=3.994$, $p=0.05$) και το μη παραμετρικό τεστ Mann Whiney ($F=3.994$, $p=0.034 < 0.05$) ανάμεσα στις μεταβλητές *ΦΥΛΟ* και *Ερώτηση 2* παρατηρείται στατιστική σημαντικότητα που σημαίνει ότι υπάρχει διαφορετική κριτική αντίληψη ανάμεσα στα αγόρια και τα κορίτσια όσον αφορά στην πληρότητα του περιεχομένου του μαθήματος σε δραστηριότητες, ερεθίσματα κλπ. (Πίνακας 2). Σημαντικό είναι το ποσοστό των μαθητών (~50%) που δεν πιστεύει στην άριστη οργάνωση των δραστηριοτήτων και τη σαφήνεια του τρόπου επίλυσής τους μέσα στο σχολικό βιβλίο (Ερώτηση 3).

Κύριος αντισταθμιστικός παράγοντας στις παρατηρούμενες δυσκολίες στάθηκε η καταλυτική παρουσία του διδάσκοντα (αποτίμηση σε ποσοστό 88%), ο οποίος σχεδίασε και οργάνωσε τη μαθησιακή διαδικασία κατάλληλα, έτσι, κατά τη διάρκεια της χρονιάς, ώστε να βοηθήσει, να καθοδηγήσει και να ενισχύσει τους μαθητές που εργάζονταν σε ομάδες, να κατανοήσουν δύσκολες και πρωτόγνωρες γι' αυτούς έννοιες της Φυσικής (Ερώτηση 4). Πολλοί ερευνητές συμφωνούν προς τη θετική επίδραση του ρόλου του καθηγητή ο οποίος χρησιμοποιεί τη συλλογιστική και επιστημονική μέθοδο στην οικοδόμηση των φυσικών εννοιών και των κινήτρων σε μαθητές της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Jurik et al. 2014). Η συσχέτιση των μεταβλητών *ΦΥΛΟ* και *Ερώτηση 4* έδειξε μια οριακή στατιστική σημαντικότητα που πιθανότατα να οφείλεται στο μικρό στατιστικό δείγμα της παρούσας έρευνας (Πίνακας 2) και να χρήζει περαιτέρω διερεύνησης. Ωστόσο, σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές, τα κορίτσια παρουσιάζουν χαμηλότερη γνωστική δραστηριότητα μάθησης από τα αγόρια. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να απορρέει από το γεγονός ότι τα κορίτσια αντιλαμβάνονται σε μικρότερο βαθμό τις προφορικές οδηγίες στην εκτέλεση πειραμάτων και ασκήσεων στη Φυσική απ' ό,τι τα αγόρια (Jurik et al. 2013). Πρέπει, επίσης, να επισημανθεί ότι κατά την ώρα της διδασκαλίας καθώς οι μαθητές εργάζονταν με βάση το φύλλο εργασίας και τις κατάλληλες πειραματικές διατάξεις, ο εκπαιδευτικός επέβλεπε τις ομάδες, αν αυτές συνεργάζονταν ομαλά, απαντούσαν στις ερωτήσεις και κατέληγαν σε σωστά συμπεράσματα.

Παρά την απαιτούμενη και ουσιαστική βοήθεια που παρείχε ο διδάσκοντας στους μαθητές και το εργαστηριακό προφίλ που είχε το μάθημα της Φυσικής δεν παύει αυτό να θεωρείται πολύ δύσκολο μάθημα για το 10% και μέτριας δυσκολίας για το 44% των παιδιών της Α΄ γυμνασίου (Ερώτηση 5).

Πίνακας 1: Οι εκατοστιαίες συχνότητες (%) των ερωτήσεων κλειστού τύπου του Ερωτηματολογίου αξιολόγησης του μαθήματος της Φυσικής Α΄ Γυμνασίου

		Λίγο	Μέτρια	Πολύ	Πάρα πολύ
		Ποσοστά (%)			
Ερώτηση 1	ΑΓΟΡΙΑ	3	36.4	36.4	24.2
	ΚΟΡΙΤΣΙΑ	0	25	60.7	14.3
Ερώτηση 2	ΑΓΟΡΙΑ	3	12.1	36.4	48.5
	ΚΟΡΙΤΣΙΑ	3.6	25	50	21.4
Ερώτηση 3	ΑΓΟΡΙΑ	12.1	33.3	42.4	12.1
	ΚΟΡΙΤΣΙΑ	7.1	50	39.3	3.6
Ερώτηση 4	ΑΓΟΡΙΑ	3	12.1	45.5	39.4
	ΚΟΡΙΤΣΙΑ	0	7.1	28.6	64.3
Ερώτηση 5	ΑΓΟΡΙΑ	42.4	45.5	9.1	3
	ΚΟΡΙΤΣΙΑ	50	42.9	7.1	0
Ερώτηση 6	ΑΓΟΡΙΑ	6.1	24.2	33.3	36.4
	ΚΟΡΙΤΣΙΑ	10.7	21.4	21.4	46.4
Ερώτηση 8	ΑΓΟΡΙΑ	21.2	27.3	36.4	15.2
	ΚΟΡΙΤΣΙΑ	32.1	57.1	7.1	3.6

Πίνακας 2: Σύγκριση του βαθμού συμφωνίας ανάμεσα στις απαντήσεις των ερωτηθέντων μαθητών σε σχέση με το φύλο τους

	ΦΥΛΟ	P	P
		One Way ANOVA	Mann-Whitney U
Ερώτηση 1	0.148	0.701	0.684
Ερώτηση 2	3.994	0.05	0.034
Ερώτηση 3	0.565	0.455	0.417
Ερώτηση 4	3.799	0.056	0.052
Ερώτηση 5	0.738	0.394	0.471
Ερώτηση 6	0.019	0.89	0.748
Ερώτηση 7	1.72	0.195	0.37
Ερώτηση 8	7.739	0.007	0.009

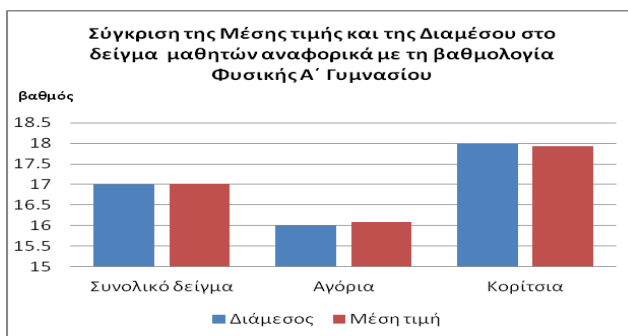
Οι αριθμοί δηλώνουν τον παράγοντα F για κάθε ζευγάρι μεταβλητών με τις στατιστικές μεθόδους ANOVA και Mann Whitney test. Οι έντονοι αριθμοί υποδηλώνουν στατιστική σημαντικότητα σε επίπεδο $p < 0.05$

Εν συνεχεία, το 70% των μαθητών θεώρησε δίκαιη τη βαθμολόγηση του καθηγητή τους στη διάρκεια των τριμήνων (Ερώτηση 6). Το 65% των παιδιών επιθυμεί η βαθμολογία του να κυμαίνεται μεταξύ του 18-20 για το 3^ο τρίμηνο ενώ το υπόλοιπο 35% θα είναι ευχαριστημένο αν ο βαθμός του είναι μεγαλύτερος του 15 (Εικόνα 2).



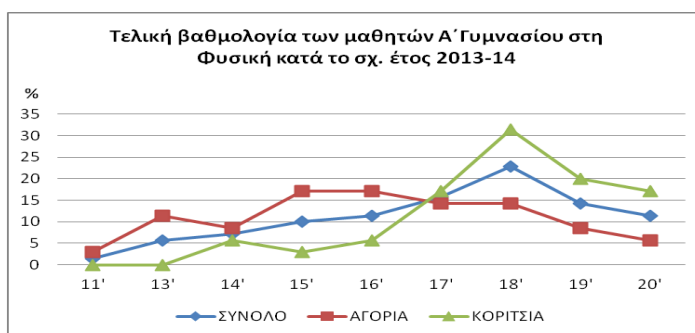
Εικόνα 2. Η κατανομή της πιθανής βαθμολογίας στο μάθημα της Φυσικής στο 3^ο τρίμηνο

Στην πραγματικότητα, ο τελικός βαθμός στο μάθημα της Φυσικής μεταξύ των μαθητών της Α' Γυμνασίου, ο οποίος ήταν ο μέσος όρος των βαθμολογιών τριών τριμήνων και των γραπτών εξετάσεων του Ιουνίου, είχε την εξής διακύμανση: Μόλις το 48% των μαθητών κατάφερε να φέρει βαθμολογία ≥ 18 έναντι του 65% των συμμετεχόντων στην έρευνα που την επιθυμούσε ενώ το 37% βαθμολογήθηκε μεταξύ των τιμών 15- 17. Μικρό παραμένει το ποσοστό των εφήβων (~ 14%) που είχε βαθμό χαμηλότερο του 15. Κατά μέσο όρο, η τελική βαθμολογία του συνόλου των μαθητών είχε την τιμή 17.01 ίση με τη διάμεσο του δείγματος (17) εφόσον πρόκειται για κανονική κατανομή (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Η φυλετική σύγκριση της Μέσης τιμής και της Διαμέσου όσον αφορά στη βαθμολογία της Φυσικής της Α' Γυμνασίου ανάμεσα στους συμμετέχοντες μαθητές

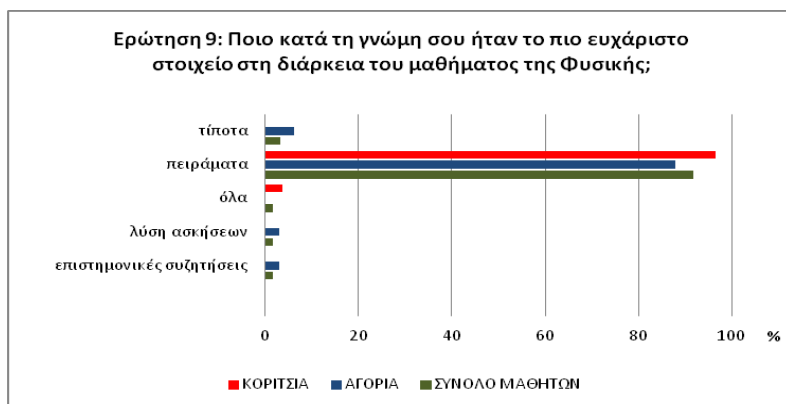
Από το διάγραμμα της Εικόνας 4 όπου απεικονίζεται η διακύμανση της τελικής βαθμολογίας στο μάθημα της Φυσικής μεταξύ των 35 αγοριών και 35 κοριτσιών που φοιτούσαν στην Α΄ Γυμνασίου, επιβεβαιώνονται οι αναφορές στη βιβλιογραφία ότι τα κορίτσια κατακτούν υψηλότερη βαθμολογία από τα αγόρια όσον αφορά στα Μαθηματικά και τις ΦΕ στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Butler 2014) καθώς επίσης, εμφανίζουν μεγαλύτερη ανησυχία για το αποτέλεσμα των σχολικών τους εργασιών και επιδόσεων (Pomerantz et al. 2002). Το παραπάνω αποτέλεσμα ενισχύεται από τη μεγάλη στατιστική σημαντικότητα που προέκυψε μεταξύ των μεταβλητών *ΦΥΛΟ* και *Βαθμολογία* ($F=16508$, $p=0.000<0.05$) μετά την εφαρμογή της μεθόδου ANOVA που σημαίνει ότι υπάρχει βαθμολογική διαφοροποίηση όσον αφορά το φύλο των συμμετεχόντων μαθητών στην παρούσα έρευνα.



Εικόνα 4. Διαφορές στην τελική βαθμολογία των μαθητών της Α΄ Γυμνασίου στη Φυσική αναφορικά με το φύλο του δείγματος

Στην ερώτηση 8, γίνεται φανερό ότι το κλίμα ηρεμίας και καλής συνεργασίας μεταξύ των ομάδων εργασίας στη διεξαγωγή του μαθήματος εκλαμβάνεται με διαφορετικό τρόπο από τα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια που συμμετείχαν στην έρευνα. Πιο συγκεκριμένα, 1 στα 2 αγόρια θεώρησε το κλίμα που αναπτύχθηκε κατά την εκπαιδευτική διαδικασία φιλικό και αρκετά εποικοδομητικό (Πίνακες 1,2) ενώ μόνο ένα 10% των κοριτσιών συμφώνησε με τον παραπάνω ισχυρισμό.

Στην ερώτηση 9, το πιο ευχάριστο σημείο της διδασκαλίας της Φυσικής ήταν για τη συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών (90%) η ενεργή συμμετοχή τους στην εκτέλεση των πειραμάτων (Εικόνα 5) ενώ ως βαρετά και ανιαρά σημεία της μαθησιακής διαδικασίας (Ερώτηση 10) θεωρήθηκαν η θεωρία (σε ποσοστό 23%), η επίλυση ασκήσεων (5%), η συμπλήρωση των φύλλων εργασίας (~6%) και οι μετρήσεις (~ 5%) (Εικόνα 6).



Εικόνα 5. Εκατοστιαία συχνότητα των προτιμήσεων των ερωτηθέντων μαθητών ως προς το πιο ευχάριστο στοιχείο του μαθήματος της Φυσικής



Εικόνα 6. Εκατοστιαία συχνότητα των προτιμήσεων των ερωτηθέντων μαθητών ως προς το πιο ανιαρό στοιχείο του μαθήματος της Φυσικής

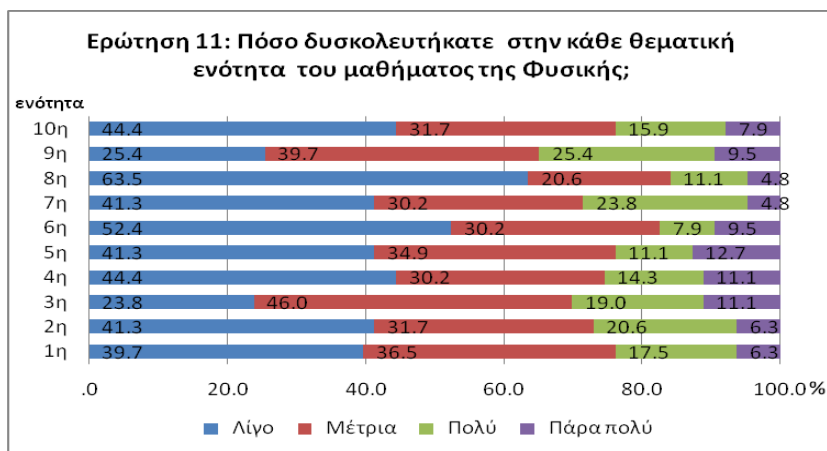
Από τη συσχέτιση των ερωτήσεων 9 και 10 με τη μεταβλητή ΦΥΛΟ δεν προέκυψε καμιά στατιστική σημαντικότητα (Πίνακας 3) που σημαίνει ότι οι προτιμήσεις των μαθητών ως προς τα στοιχεία εκείνα που είτε αναδεικνύουν το μάθημα της Φυσικής σε ευχάριστο και επιθυμητό είτε τους προκαλούν ανία δεν συσχετίζονται με το φύλο των εκπαιδευόμενων (Akpinar et al. 2009).

Πίνακας 3: Σύγκριση της συχνότητας των απαντήσεων σε σχέση με το φύλο των ερωτηθέντων μαθητών

	ΦΥΛΟ	p
		test chi square
Ερώτηση 9	4.693	0.32
Ερώτηση 10	11.061	0.438

Οι αριθμοί δηλώνουν την τιμή του παράγοντα Pearson Chi square για κάθε ζευγάρι μεταβλητών

Εν κατακλείδι, στην ερώτηση 11 γίνεται αναφορά στο βαθμό δυσκολίας που είχαν οι ερωτηθέντες μαθητές στις 10 διδαχθείσες θεματικές ενότητες της Φυσικής (Εικόνα 7). Πιο συγκεκριμένα, μεγάλο ποσοστό μαθητών (~35%) παρουσίασε μεγάλη δυσκολία στην κατανόηση του φαινομένου του θερμοκηπίου (Ενότητα 9) και στην κατασκευή διαγραμμάτων (~30%) της Ενότητας 3. Ακολουθούν οι Ενότητες 7 (Η διαστολή και συστολή του νερού) και 2 (Μετρήσεις χρόνου- Η ακρίβεια) με ποσοστά δυσκολίας 28.6% και 26.9% αντίστοιχα.



Εικόνα 7. Εκατοστιαία συχνότητα του βαθμού δυσκολίας των ερωτηθέντων μαθητών στην κατανόηση της διδαχθείσας ύλης

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συνολική αξιολόγηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας δείχνει ότι η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών αποτιμά θετικά την εισαγωγή του νέου μαθήματος της Φυσικής της Α΄ Γυμνασίου. Η θετική στάση διατηρείται σε ό,τι αφορά το πρόσφορο και ζεστό κλίμα που δημιουργήθηκε μεταξύ τους κατά τη σύσταση των ομάδων εργασίας. Σε κλίμα γενικής επιδοκμασίας κινήθηκε και η διάθεση υπέρ της ποικιλίας των δραστηριοτήτων και ερεθισμάτων που τους παρείχε η θεματολογία των φύλλων εργασίας. Ωστόσο, μεγάλο

παραμένει το ποσοστό εκείνων των μαθητών (~50%) που θεωρεί ελλειμματική την οργάνωση και σαφήνεια των θεματικών ενοτήτων του βιβλίου που πιθανότατα να οφείλεται στη δομική αδυναμία ευδόκιμης εργαστηριακής παράδοσης ακόμη στη διδασκαλία της Φυσικής. (Φασουλόπουλος 2013).

Η διαφορετική, επίσης, φυλετική αντιμετώπιση και αποδοχή του κλίματος που επικρατεί στο μάθημα της Φυσικής ως κατάλληλου και δημιουργικού πιθανότατα να οφείλεται στο γεγονός ότι η ομαδοσυνεργατική εργασία αφήνει περιθώρια χαλάρωσης μέσα στην τάξη ή το σχολικό εργαστήριο με κάπως αυξημένη την αναστάτωση και κινητικότητα των μαθητών, κατάσταση που είναι συγγενής στα αγόρια και συνάδει με την ιδιουσυνκρασία τους ενώ παραξενεύει και ενοχλεί τα κορίτσια που θέλουν να επικρατεί απόλυτη ησυχία και ηρεμία κατά τη διάρκεια του μαθήματος.

Σε ό,τι αφορά τους επιμέρους ανά διδακτική ενότητα προβληματισμούς των μαθητών οι εντοπιζόμενες δυσκολίες πιθανότατα να οφείλονται στη δυσχέρεια ορθής διαχείρισης του χρόνου διεξαγωγής των πειραμάτων τα οποία είναι χρονοβόρα και απαιτούν διάρκεια που υπερβαίνει τον προβλεπόμενο διδακτικό χρόνο (Φασουλόπουλος 2013). Πράγματι, η ποσοτικοποίηση των πειραμάτων θερμομέτρησης (ενότητα 9) απαιτεί τουλάχιστον 15 λεπτά μετρήσεων, επιπλέον 15 λεπτά για την ανάγνωση των οδηγιών και την ανάπτυξη των μετρητικών διατάξεων, 5 λεπτά για τις συνήθεις διαδικαστικές αστοχίες και 10 λεπτά για τη χάραξη διαγραμμάτων με αποτέλεσμα να μη μένει ουσιαστικός χρόνος για την εννοιολογική διαπραγμάτευση και κατανόηση των παραμέτρων που πρεσβεύουν τα φύλλα εργασίας (Φασουλόπουλος 2013). Πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη και ο μεγάλος πλέον αριθμός μαθητών (27) σε κάθε τμήμα ο οποίος δυσχεραίνει σε ικανό βαθμό την πειραματική υφή του μαθήματος που εξαρτάται άρρηκτα από τον εργαστηριακό εξοπλισμό που διαθέτει το κάθε σχολείο.

Παρόλα αυτά η αναπτυξιακή και καλά προετοιμασμένη εβδομαδιαία εκπαιδευτική διδασκαλία επέδρασε θετικά στο επίπεδο των γνώσεων που αποκόμισαν οι μαθητές σε πρωτόγνωρες φυσικές έννοιες. Προς αυτήν την κατεύθυνση, σπουδαίο ρόλο διαδραμάτισε η βιωματική προσέγγιση των συμμετεχόντων στο οργανωμένο και καλά εξοπλισμένο σχολικό εργαστήριο και οι εναλλακτικές, καινοτόμες εκπαιδευτικές πρακτικές που επιστρατεύθηκαν για την υλοποίηση και επιτυχή ολοκλήρωση της μαθησιακής διαδικασίας όπως η ομαδοσυνεργατική εργασία, η προβολή εικονικών προσομοιώσεων και διαδικτυακών εφαρμογών (Χατζηγεωργίου & Πολίτης 2013). Γίνεται καθημερινή πρόκληση για τον εκπαιδευτικό να δημιουργήσει ενδιαφέροντα και απαιτητικά περιβάλλοντα μάθησης στη διδασκαλία των ΦΕ στα οποία να ενθαρρύνεται η ενεργή συμμετοχή και εμπλοκή των μαθητών (Βοσνιάδου 2001).

Γίνεται κατανοητό ότι η αναγκαιότητα χρησιμοποίησης ποικιλόμορφου εποπτικού υλικού στην καθημερινή εκπαιδευτική διαδικασία και η ένταξή του σε ένα περιβάλλον διδακτικά προσανατολισμένο με άξονες τις προϋπάρχουσες ιδέες, τις αντιλήψεις και τις γνωστικές δυσκολίες των μαθητών που διευκολύνει τον εκπαιδευτικό στην διδασκαλία γίνεται όλο και πιο επιτακτική (Ασλανίδης κ.ά. 2010).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ασλανίδης Α., Δαμιανάκης Α., Τσαδήμα Κ. (2010). Γεωλογία-Γεωγραφία Α΄ Γυμνασίου: Ένα εκπαιδευτικό λογισμικό διδασκαλίας της Γεωλογίας-Γεωγραφίας Α΄ Γυμνασίου. Στα *Πρακτικά του 2^{ου} Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Ημαθίας «Ψηφιακές & Διαδικτυακές εφαρμογές στην εκπαίδευση»* σελ. 1068-1082, 23-25 Απριλίου, Βέροια-Νάουσα
- Βαλαδάκης Α. (2013). Φυσική Α΄ Γυμνασίου: το πρώτο βήμα, *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση, τεύχος 1^ο σ.19-27*, Θεσσαλονίκη
- Βοσνιάδου Σ. (2001). Πώς μαθαίνουν οι μαθητές, εκδ. Διεθνές Γραφείο της Εκπαίδευσης της UNESCO, Διαθέσιμο [Online] <http://www.ibe.unesco.org/publications/EducationalPracticesSeriesPdf/prac07gr.pdf>
- Καλκάνης Γ., Γκικοπούλου Ο., Καπότης Ε., Γουσόπουλος Δ., Πατρινόπουλος Μ., Τσάκωνας Π., Δημητριάδης Π., Παπατσιμπα Λ., Μιτζήθρας Κ., Καπόγιαννης Α., Σωτηρόπουλος Δ., Πολίτης Σ., και τα μέλη των συγγραφικών ομάδων των βιβλίων "Φυσικά - Ερευνώ και Ανακαλύπτω" της Ε΄ και Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. (2013). *Η Φυσική με Πειράματα, Α Γυμνασίου*, εκδόσεις ΙΤΥΕ – ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ
- Πολίτης Ι. & Χατζηγεωργίου Μ. (2014). Ζωοτεχνία : Η λειτουργική αξία των αγροτικών ζώων και η συμβολή τους στην ανθρώπινη διαβίωση. Εφαρμογή στη διδακτική πράξη, *Νέος Παιδαγωγός τεύχος 4^ο*, υπό έκδοση, εκδόσεις e- Πρωτοβάθμια, Αθήνα
- Φασουλόπουλος Γ. (2013). «Η Φυσική με πειράματα, Α΄ Γυμνασίου». Μια διδακτική πρόκληση, μπορεί να εξελιχθεί σε διδακτική εμπειρία; *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση, τεύχος 1^ο σ.19-27*, Θεσσαλονίκη
- Χατζηγεωργίου Μ. & Πολίτης Ι. (2013). Είμαι το νερό, το πολυτιμότερο αγαθό του πλανήτη μας, *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση, τεύχος 3^ο σ.49-57*, Θεσσαλονίκη
- Χατζηγεωργίου Μ. & Πολίτης Ι. (2013). ΑΔΕΣΠΟΤΑ ΖΩΑ: Πρόβλημα της γειτονιάς μας ή ζώα «πολίτες του κόσμου»; *Για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Β΄ περίοδος, τεύχος 4 (49)*, Διαθέσιμο [Online] <http://www.peekpemagazine.gr/issue/286>
- Akpinar E., Yildiz E., Tatar N. & Ergin O. (2009). Students' attitudes toward science and technology: an investigation of gender, grade level and academic achievement, In the proceedings of World Conference on Educational Sciences, *Procedia Social and Behavioral Sciences 1*: 2804-2808
- Butler R. (2014). *The role of Gender in Educational Contexts and Outcomes*, Eds. L.S. Liben & R. S. Bigler), Advances in Child Development and Behavior (J. B. Benson, Series Ed.), Vol.47, Israel
- Cameron, R. (1989). Why boys and girls do (or don't) choose science. *The Australian Science Teachers Journal*. 35(3) 111–112
- Cohen L., Manion L. *Methodology of educational research*. Translated in Greek by: X. Mitsopoulou, M., Filopoulou, eds. Ekfrasi, Athens, 1997
- Iqbal H., Shahzad S. & Sohail S. (2010). Gender differences in Pakistani high school students' views about science, In the proceedings of World Conference on Educational Sciences, *Procedia Social and Behavioral Sciences 2*: 4689-4694

- Jurik V., Groschner A. & Seidel T. (2014). Predicting students' cognitive learning activity and intrinsic learning motivation: How powerful are teacher statements, students profiles and gender? *Learning and Individual Differences* 32: 132-139
- Meece J. Glienke Bower B. & Burg S. (2006). Gender and motivation, *Journal of School Psychology* 44: 351-373
- Murphey, P., & Whitelegg, E. (2006). Girls in the physics classroom: a review of the research into the participation of girls in Physics. Retrieved December 14, 2009, from http://www.iop.org/activity/education/Making_a_Difference/Policy/file_6574.pdf
- Ornstein, A. (2005). *The relationship between the frequency of hands-on experimentation and student attitudes toward science*. PhD dissertation. Central Connecticut State University, New Britain, Connecticut
- Osborne, J. Simon, S. & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25 (9): 1049–1079
- Pomerantz, E., Altermatt, E. R., & Saxon, J. L. (2002). Making the grade but feeling distressed: Gender differences in academic performance and internal distress, *Journal of Educational Psychology* 94: 396–404
- Spector P. *Summated rating scale construction. An introduction*. Series: Quantitative Applications in the Social Sciences, 82, eds. Sage Publications, Inc. USA, 1992
- Vrcelj, Z., & Krishnan, S. (2008). Gender differences in student attitudes toward engineering and academic careers. [Electronic version] *Proceedings of the 2008 AaeE Conference, Yeppoon, 2008*

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ

- Λένα, 39
Μίση, 1093
Ανδρικού, 1071
Αντωνόπουλος, 652
Αρτέμη, 597, 770, 890
Αυγερινός, 720, 742, 748, 860
Αχιλλέως, 878
Βαγιάννης, 473
Βαρβεράκης, 1001
Βαρσαμίδου, 1048
Βασίλαρου, 473
Βασιλειάδης Α., 187
Βασιλειάδης Η., 419
Βασιλούδη, 1076
Βλάχου, 720
Γεωργιάδου, 152
Γκίτσας, 1084
Γκουτζίνα, 362
Γραμμένος, 452
Δάρατζη, 1071
Δεσλή, 759
Δημητρακοπούλου, 805
Δημητρίου, 452
Δημόπουλος, 347, 517, 637
Διαμαντίδης, 823
Δίντσιος, 770, 890
Δούβλη, 906
Ευσταθίου, 663, 674
Ζάχου, 393
Θεμιστοκλέους, 742
Θεοφάνους, 200
Κακαρίδου, 473
Καλυκάκης, 1001
Καμπουροπούλου-Σαββαΐδου, 663, 674
Καραγεωργιάδης, 748
Καραγιάννης, 483
Καραμπάτσα, 161
Καράμπελας, 220
Καρβέλας, 502, 1048
Καρβουνίδης, 220
Καριώτογλου, 439
Κατσούρης, 220
Καφετζόπουλος, 152
Καφούση, 295
Κίτσιου, 236
Κλαδάκη, 688
Κλιάπης, 704
Κλωνάρη, 161, 785
Κολλάρας, 977
Κοντοδήμος, 917
Κοταμπάσης, 1076
Κουλαϊδής, 517
Κουμαράς, 606, 1012
Κρητικός, 805
Κυνηγός, 823
Κυριαζίδου, 257
Κωνσταντίνου, 843
Κωνσταντόπουλος, 927
Κώτσης, 917, 937, 948, 967
Λευκοπούλου, 152
Μαΐδου, 597, 890
Μακρής, 313
Μαλαματένιου, 379
Μαναρίδης, 927, 977
Μανδρίκας, 161
Μάνου, 327
Μαντέλλος, 987
Μαντικού, 220
Μαραβέλης, 517
Μαστή, 502
Μελίστα, 161
Μουλά, 1048

- Μουτζούρη, 275
Μούτσιος-Ρέντζος, 538, 561
Μπάιτελμαν, 843
Μπαρά, 1102
Μπάρκας, 452
Μυρωνάκη, 502
Νικολάου, 622, 1048
Νούλης, 295
Ορφανός, 502, 1048
Πάνος, 236
Παπαδόπουλος Ι., 313
Παπαδόπουλος Σ., 878
Παπαδοπούλου, 452
Πέικος, 327
Περυσινάκη, 1001
Πιερράτος, 1012
Πιτσιλή-Χατζή, 561
Πλακίτση, 137
Πολάτογλου, 597, 770, 878, 890
Πολίτης, 1118
Πολύζου, 704
Πριμεράκης, 1023
Ραβάνης, 50
Ρεμούνδου, 860
Σαγιάννης, 347
Σαπουντζή, 579
Σκουμιάς, 14, 200, 257, 275, 579
Σκουμπουρδή, 14, 174, 362, 373, 379, 383
Σούδη, 1110
Σουραντάνη, 1032
Σοφός, 419
Σπύρτου, 327, 393, 439
Σταράκης, 409
Στεργίου, 620
Συγκελάκης, 1001
Τακουρίδου, 937, 948, 967
Ταρνανίδης, 597, 878
Τάτσης, 236, 1032
Ταυής, 1048
Τζεκάκη, 60
Τζουρά, 161
Τόδας, 220
Τουλιόπουλος, 419
Τσακμάκη, 606
Τσαπαρλής, 152, 620, 621
Τσελέντης, 1118
Τσιόκανου, 220
Τσιφτσής, 473
Τσορτανίδου, 1063
Φαντάκη, 152, 621
Φεσάκης, 72
Φιλίππου Δ., 637
Φιλίππου Μ., 1048
Φριλίγκος, 878
Φώκιαλη, 663, 674
Χαϊτίδου, 439
Χαλκιά, 409
Χαλκίδης, 161
Χατζηγεωργίου, 1118
Χούτου, 652
Χρηστίδου, 452
Χρονάκη, 106

ΧΟΡΗΓΟΙ



**Ίδρυμα
Montalabert**



Universtiy Press



**Ιερά
Μητρόπολη
Ρόδου**

