

ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΚΟΛΙΟΠΟΥΛΟΣ

Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών

Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης



ΜΕΤΑΙΧΜΙΟ



ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΓΝΩΣΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΣΤΗ ΣΧΟΛΙΚΗ ΕΚΔΟΧΗ ΤΗΣ: Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ

1.1

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ: ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΟΣΑΦΗΝΙΣΕΙΣ

ΠΟΙΟ ΕΙΝΑΙ ΚΑΙ ΠΩΣ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ προς διδασκαλία που αφορά τις φυσικές επιστήμες; Η μελέτη της συγκρότησης της σχολικής επιστημονικής γνώσης μπορεί να γίνει, στο πλαίσιο της Διδακτικής των φυσικών επιστημών, από διαφορετικές σκοπιές, όπως η ψυχολογική, η κοινωνικο-παιδαγωγική και η επιστημολογική σκοπιά. Οι Shayer και Adey (1981), για παράδειγμα, αναλύουν και αξιολογούν μεγάλα τμήματα του αγγλικού αναλυτικού προγράμματος χρησιμοποιώντας όρους γνωστικής ψυχολογίας και ιδιαίτερα το βασικό πρότυπο των τεσσάρων σταδίων εξέλιξης της παιδικής σκέψης του Piaget. Αποτέλεσμα αυτής της μελέτης ήταν να καταδείξουν την ψυχολογική ασυμβατότητα του εννοιολογικού περιεχομένου του αναλυτικού προγράμματος φυσικών επιστημών με τη γνωστική συγκρότηση των μαθητών σε διάφορες ηλικίες. Από την κοινωνικο-παιδαγωγική σκοπιά, οι Τσατσαρώνη και Κουλαϊδής (2001) χρησιμοποιούν τυπολογίες της συγκρότησης και οργάνωσης της σχολικής γνώσης, με βάση τις έννοιες της «ταξινόμησης» και «περιχάραξης» του Bernstein (1989), για να αναλύσουν και αξιολογήσουν σχολικά εγχειρίδια των φυσικών επιστημών. Ένα ενδιαφέρον αποτέλεσμα αυτών των εργασιών είναι η ανάδειξη διαφορών ανάμεσα στο περιεχόμενο και την παιδαγωγική χρήση ελληνικών σχολικών εγχειριδίων φυσικών επιστημών της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Η σχετική έρευνα έδειξε ότι όσο η εκπαιδευτική βαθμίδα γίνεται υψηλότερη το επιστημονικό περιεχόμενο γίνεται μεν πιο εξειδικευμένο αλλά, συγχρόνως, αυξάνεται η αυτονομία των μαθητών στην πρόσβαση και τη χρήση αυτού του εκπαιδευτικού υλικού, κάτι που συνιστά αντίφαση από παιδαγωγική άποψη (Dimopoulos et al., 2005). Από επιστημολογική σκοπιά, τέλος, είναι δυνατόν να μελετηθούν οι ομοιότητες και οι διαφορές ανάμεσα στο επιστημολογικό status της επιστημονικής γνώσης αναφοράς και της σχολικής εκδοχής της, δηλαδή, οι διαφορές και ομοιότητες στην εννοιολογική δομή και το εννοιολογικό περιεχόμενο, στις μεθοδολογικές διαδικασίες και το πολιτισμικό περιβάλλον ανάπτυξης και λειτουργίας τους. Από αυτή την οπτική, η έννοια «διδακτικός μετασχηματισμός» που εισήγαγε ο Chevallard (1985) φαίνεται να αποτελεί κατάλληλο εργαλείο μελέτης των διαδικασιών και των αποτελεσμάτων της συγκρότησης της σχολικής επιστημονικής γνώσης.

Η έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού εγγράφεται στη γαλλόφωνη παράδοση της έρευνας στη Διδακτική των φυσικών επιστημών και, μάλιστα, εμφανίζεται καταρχήν στο πλαίσιο της Διδακτικής των μαθηματικών όπου οι Chevallard και Joshua (1982) μελετούν τις αλλαγές που υπέστη η έννοια «απόσταση» η οποία, ενώ εισήχθη στην επιστήμη στο πλαίσιο της ανάλυσης, κατέληξε να λειτουργεί ως βασική γεωμετρική έννοια ενός αναλυτικού προγράμματος για μαθητές 13-14 ετών.¹ Ανάλογα παραδείγματα αλλαγής του επιστημολογικού περιεχομένου μιας έννοιας συναντάμε και στις φυσικές επιστήμες. Ο Martinand (στο Astolfi και Develay, 1989) σημειώνει, για παράδειγμα, ότι τα περισσότερα γαλλικά σχολικά εγχειρίδια περιγράφουν το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο παραθέτοντας αρχικά τους σχετικούς πειραματικούς νόμους και δείχνοντας, στη συνέχεια, ότι αυτοί οι νόμοι εξηγούνται με τη βοήθεια της θεωρίας των φωτονίων. Όμως, η παράθεση αυτή είναι εντελώς διαφορετική από την ιστορική πορεία της μελέτης του φαινομένου όπου ο Einstein εισήγαγε την κβαντική θεώρηση ως ευρηματικό εξηγητικό μοντέλο το 1905 και τα πειράματα εκτελέστηκαν αρκετά αργότερα από τον Millikan. Μια άλλη περίπτωση διαστροφής των συνθηκών παραγωγής της επιστημονικής γνώσης είναι η παρουσίαση από ελληνικά σχολικά εγχειρίδια της αρχής διατήρησης της ενέργειας ως γενίκευσης της αρχής διατήρησης της μηχανικής ενέργειας, ενώ στην πραγματικότητα η έννοια της «ενέργειας» εισέρχεται στη Μηχανική αργότερα, αφού έχει ήδη οικοδομηθεί σε ένα πολυ-φαινομενολογικό πλαίσιο (Κολιόπουλος, 1997).

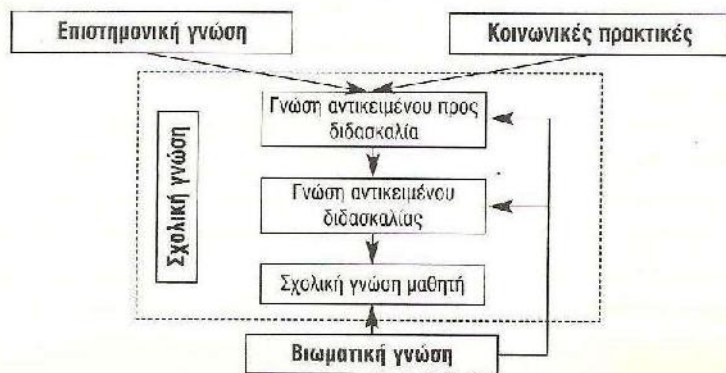
Σύμφωνα με τον Chevallard (1985), ο οποίος συστηματοποίησε την έννοια, ο διδακτικός μετασχηματισμός είναι το σύνολο των τροποποιήσεων που υφίσταται το περιεχόμενο της επιστημονικής γνώσης όταν αυτή πρόκειται να αποτελέσει αντικείμενο προς διδασκαλία και αντικείμενο διδασκαλίας. Διακρίνει, δηλαδή, δύο στάδια διδακτικού μετασχηματισμού: τον α' διδακτικό μετασχηματισμό και τον β' διδακτικό μετασχηματισμό. Ο α' διδακτικός μετασχηματισμός αφορά τις τροποποιήσεις που υφίσταται το περιεχόμενο μιας έννοιας για να διαμορφωθεί σε *αντικείμενο προς διδασκαλία*, δηλαδή, για να αποτελέσει την αντίληψη η οποία καταγράφεται ή υπονοείται στα επίσημα κείμενα (νόμοι, διατάγματα) και αποτυπώνεται στα σχολικά εγχειρίδια και στις οδηγίες για τους εκπαιδευτικούς. Ο β' διδακτικός μετασχηματισμός αναφέρεται στο μετασχηματισμό του αντικειμένου προς διδασκαλία σε *αντικείμενο διδασκαλίας*. Στη διαμόρφωση του αντικειμένου διδασκαλίας λαμβάνονται υπόψη οι πραγματικές συνθήκες λειτουργίας του εκπαιδευτικού συστήματος όπως, για παράδειγμα, η απαίτηση να οριστεί μια ακολουθία μέσα στο χρόνο για το αντικείμενο διδασκαλίας (σειρά μαθημάτων) και οι προτεραιότητες που θέτει ο εκπαιδευτικός όταν χειρίζεται το αντικείμενο προς διδασκαλία μέσα στην τάξη.

Η έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού χρησιμοποιήθηκε έκτοτε ως πλαίσιο μελέτης της σχολικής εκδοχής της επιστημονικής γνώσης και από ερευνητές της Διδακτικής των φυσικών επιστημών (Arsac et al., 1989). Ο Martinand εμπλούτισε το περιεχόμενο της έννοιας εισάγοντας την έννοια «κοινωνικές πρακτικές αναφοράς» ισχυριζόμενος

ότι η γνώση που πρόκειται να γίνει αντικείμενο διδασκαλίας δεν μπορεί να αποτελεί μετασχηματισμό μόνο της γνώσης που προκύπτει από την επιστημονική έρευνα, αλλά και της γνώσης και των άλλων πρακτικών και κοινωνικών δραστηριοτήτων, όπως οι τεχνολογικές και παραγωγικές δραστηριότητες, ακόμα και οι οικιακές ή άλλες πολιτιστικές δραστηριότητες (Martinand, 1983). Η έννοια αυτή, μεταξύ άλλων, αναδεικνύει τις ιδιαιτερότητες και τις διαφορές που παρουσιάζουν οι εμπειρικές γνώσεις σε σχέση με την επιστημονική γνώση, αφού τα προβλήματα που αφορούν τις οικιακές και καθημερινές δραστηριότητες δεν είναι τα ίδια με αυτά που απασχολούν τον επιστήμονα. Η ανάδειξη αυτή έχει σημαντική αξία για τη διδασκαλία και μάθηση στις χαμηλότερες, κυρίως, εκπαιδευτικές βαθμίδες όπου οι μαθητές χρησιμοποιούν κατά κόρον εμπειρικές γνώσεις. Η έννοια αυτή, μάλιστα, αποκτά μεγαλύτερη σημασία αν το αντικείμενο προς διδασκαλία δεν είναι οι ίδιες οι φυσικές επιστήμες αλλά μια διαθεματική προσέγγιση, όπως η διδασκαλία φυσικών επιστημών και τεχνολογίας (βλ. τον Επίλογο του βιβλίου).

Ο Develay (1992) διευρύνει την έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού ακόμα και προς τις αφομοιούμενες από τους μαθητές γνώσεις. Έτσι διακρίνει τρία διαφορετικά επίπεδα διδακτικού μετασχηματισμού: Αυτό του μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης σε γνώση προς διδασκαλία, το οποίο αναφέρεται, κυρίως, στο σχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων και εκπαιδευτικού υλικού. Αυτό του μετασχηματισμού της γνώσης προς διδασκαλία σε γνώση διδασκαλίας, το οποίο αναφέρεται, κυρίως, στις αντιλήψεις και τις δραστηριότητες του εκπαιδευτικού και, τέλος, αυτό του μετασχηματισμού της γνώσης διδασκαλίας σε γνώση του μαθητή, που αφορά τις δραστηριότητες και τις γνωστικές λειτουργίες του μαθητή. Αν στη διαδικασία αυτή συμπεριλάβουμε και τη βιωματική γνώση με την οποία είναι εφοδιασμένοι οι μαθητές, τότε είμαστε σε θέση να αρχίσουμε να αντιλαμβανόμαστε τη σύνθετη φύση του εγχειρήματος της διάδοσης και εκμάθησης της επιστημονικής γνώσης στο πλαίσιο των τυπικών μορφών εκπαίδευσης. Το Σχήμα 1 ανακεφαλαιώνει αυτήν ακριβώς την αντίληψη για τον διδακτικό μετασχηματισμό.

ΣΧΗΜΑ 1: Τα διαφορετικά επίπεδα διδακτικού μετασχηματισμού [Το σχήμα αποτελεί τροποποίηση αντιστοίχου σχήματος που βρίσκεται στο Develay, 1992 (σ. 29)]



Σύμφωνα με όλους τους παραπάνω ερευνητές, η έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού μάς επιτρέπει να αντιληφθούμε ότι η σχολική επιστημονική γνώση αποτελεί κατασκευή με αυτόνομα χαρακτηριστικά και ιδιαιτερότητες σε σχέση με την επιστημονική γνώση, δηλαδή, δεν αποτελεί απλοποίηση της επιστημονικής γνώσης. Πού οφείλεται αυτή η αυτονομία; Καταρχήν, στις κοινωνικές ανάγκες οι οποίες επηρεάζουν τη σχολική επιστημονική γνώση μέσω των διδακτικών σκοπών και στόχων της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Είναι διαφορετικό να διδάσκεται ένα εκπαιδευτικό αντικείμενο ως σύστημα γνώσεων με την αυστηρή εσωτερική λογική την οποία διαθέτει ο αντίστοιχος επιστημονικός τομέας και διαφορετικό ως εργαλείο το οποίο εξυπηρετεί άλλους σκοπούς, όπως η απόκτηση επιστημονικής καλλιέργειας ή η απόκτηση εξειδικευμένων τεχνικών γνώσεων (Tiberghien, 1989). Για παράδειγμα, η σχολική επιστημονική γνώση που σχετίζεται με την έννοια «ενέργεια» είναι δυνατόν να διαφέρει όταν ο εκπαιδευτικός στόχος είναι η εκμάθησή της στο πλαίσιο της φυσικής ή όταν ο εκπαιδευτικός στόχος είναι η κατανόηση και εφαρμογή δραστηριοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας εξαιτίας συγκεκριμένων κοινωνικών αναγκών και απαιτήσεων. Οι (συνήθως υπονοούμενες) επιστημολογικές απόψεις για το περιεχόμενο και τη λειτουργία των φυσικών επιστημών, των διάφορων παραγόντων που εμπλέκονται στη διδασκαλία τους, συμπεριλαμβανομένων των εκπαιδευτικών και μαθητών, είναι μια άλλη παράμετρος που συμβάλλει στη σχετική αυτόνομη της σχολικής επιστημονικής γνώσης. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αντίληψη για το ρόλο των πειραματικών δραστηριοτήτων στο σχολείο, στο πλαίσιο της λεγόμενης εργαστηριακής διδασκαλίας. Η μελέτη της εργαστηριακής διδασκαλίας της φυσικής στη Γαλλία κατέδειξε ότι η πειραματική προσέγγιση χαρακτηρίζεται, κυρίως, από μια εμπειριστική-επαγωγική προσέγγιση της επιστημονικής γνώσης, όπου η γνώση φαίνεται ότι παράγεται από το πείραμα, την εμπειρία και την παρατήρηση (Johsua, 1985). Τέλος, οι περιορισμοί που επιβάλλονται από τη φύση του ίδιου του εκπαιδευτικού συστήματος στη διδασκαλία (για παράδειγμα, η διαχείριση του διδακτικού χρόνου και η εξ αυτής παραγόμενες ακολουθίες διδακτικών ενοτήτων) αποτελούν έναν ακόμα σοβαρό λόγο που καθιστά την ερμηνεία του φαινομένου αναγκαία (Arsac et al., 1989).

Τα βασικά στοιχεία του διδακτικού μετασχηματισμού, ανεξάρτητα από το αν πρόκειται για μια ασυνείδητη διαδικασία—όπως συμβαίνει τις περισσότερες φορές—ή αν το αντικείμενο προς διδασκαλία προκύπτει από συστηματική ανάλυση, είναι η αποπλαισίωση (*décontextualisation*) και η συγκρότηση σε πρόγραμμα (*programmabilité*) της επιστημονικής γνώσης. Το αντικείμενο διδασκαλίας υφίσταται αποπλαισίωση αφού η γνώση έχει εξαχθεί από το επιστημολογικό περιβάλλον μέσα στο οποίο γεννήθηκε και οι πραγματικές διαδικασίες που οδήγησαν στη συγκρότηση της γνώσης στο επίπεδο της επιστήμης διαγράφονται. Πιο συγκεκριμένα, η αποπλαισίωση της επιστημονικής γνώσης οδηγεί στην απόκρυψη των πραγματικών συνθηκών γέννησης, είτε αυτές σχετίζονται με

τους ίδιους τους επιστήμονες που ενεπλάκησαν στην οικοδόμηση της συγκεκριμένης γνώσης – οδηγεί δηλαδή στην *αποπροσωποποίηση* (*dépersonnalisation*) της γνώσης – είτε με την επιστημονική κοινότητα εντός της οποίας παρήχθη και αναπύχθηκε. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της τελευταίας διαδικασίας είναι η σκόπιμη απόκρυψη της ύπαρξης και της σημασίας των επιστημονικών επαναστάσεων, δηλαδή των αλλαγών στις πεποιθήσεις, τις μεθόδους και τις τεχνικές που χρησιμοποιεί μια επιστημονική κοινότητα κατά τον Kuhn (1981), από τις επίσημες πηγές επιστημονικής πληροφόρησης, όπως τα εγχειρίδια φυσικών επιστημών. Συγχρόνως, *καταργείται η ενότητα της γνώσης* (*désyncrétisation*) και υποδιαιρείται σε *οριοθετημένα γνωστικά πεδία*, ώστε να καταστεί δυνατή η καταγραφή των χαρακτηριστικών της γνώσης που μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο διδασκαλίας (Chevallard, 1985). Και τούτο διότι υπάρχουν γνωστικά χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης που είναι αδύνατον ή τουλάχιστον εξαιρετικά δύσκολο να αποτελέσουν αυτά καθαυτά αντικείμενα προς διδασκαλία όπως, για παράδειγμα, η ικανότητα αναγνώρισης μιας κατάστασης ως επιστημονικού προβλήματος ή η ικανότητα διατύπωσης γενικεύσεων από σειρές πειραματικών δεδομένων. Πρόκειται για ικανότητες που σχετίζονται με τις μεθοδολογικές και τις πολιτισμικές συνιστώσες της επιστημονικής γνώσης και τις οποίες τα αναλυτικά προγράμματα και η διδασκαλία των φυσικών επιστημών τις χειρίζονται, συνήθως, με υπονοούμενο τρόπο.²

Η συγκρότηση σε αναλυτικό πρόγραμμα της επιστημονικής γνώσης επιτρέπει την *αναπλασιάζωσή* της (*recontextualisation*), η οποία επιβάλλεται από τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς που θέτει το εκπαιδευτικό πλαίσιο, όπως π.χ. τη «λογική» τάξη που ακολουθείται στα κείμενα που αφορούν το αναλυτικό πρόγραμμα, η οποία ελάχιστη σχέση έχει με τα προβλήματα που απασχόλησαν τους επιστήμονες. Η συγκρότηση σε πρόγραμμα της επιστημονικής γνώσης οδηγεί, για παράδειγμα, στη λήψη αποφάσεων σχετικά με το ποιες έννοιες πρέπει να διδάσκονται πριν ή μετά από κάποιες άλλες με βάση τη σχετική δυσκολία τους. Επίσης, στο σχολικό πλαίσιο, το περιεχόμενο των φυσικών εννοιών μπορεί να μεταβληθεί και οι σχέσεις τους να *ανασυντεθούν* βάσει του δικτύου εννοιών που αποτελούν το εννοιολογικό πλαίσιο αναφοράς (*désynthétisation des modèles scientifiques*) επειδή πρέπει να κατακερματισθούν σε μια ακολουθία ενοτήτων. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ανασύνθεσης ενός εννοιολογικού πλαισίου στη φυσική περιγράφεται στο Ένθετο Κείμενο 4. Έτσι, δημιουργείται ένα καινούργιο τεχνητό επιστημολογικό πλαίσιο που αφορά το εννοιολογικό περιεχόμενο, μια «*σχολική επιστημολογία*» με εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά από αυτήν που σχετίζεται με τη γνώση αναφοράς (Astolfi και Develay, 1989· Johsua και Dupin, 1993).

Ο διδακτικός μετασχηματισμός είναι δυνατόν να αποτελέσει οργανωτική αρχή ενός ερευνητικού παραδείγματος για τη μελέτη της κοινωνικο-ιστορικής γέννησης και λειτουργίας της επιστημονικής γνώσης ως αντικειμένου προς διδασκαλία ή αντικειμένου διδασκαλίας (Chevallard, 1985). Ειδικότερα σε σχέση με τη συγκρότηση του αντικειμένου

προς διδασκαλία, ο διδακτικός μετασχηματισμός αναφέρεται, συνήθως, στο αποτέλεσμα μιας υπονοούμενης διαδικασίας κατά τη διάρκεια της οποίας αποφασίζονται αλλαγές στο περιεχόμενο των αναλυτικών προγραμμάτων ή άλλου εκπαιδευτικού υλικού—η οποία είναι περισσότερο προϊόν εμπειρίας παρά επιστημονική κατασκευή (Κολιόπουλος και Ραβάνης, 2001). Ο διδακτικός μετασχηματισμός, όμως, είναι δυνατόν να λειτουργήσει και ως εργαλείο ανάλυσης, αξιολόγησης και κυρίως σχεδιασμού ενός αναλυτικού προγράμματος φυσικών επιστημών. Και αυτό διότι πίσω από τα κείμενα, τα σημεία και τους κώδικες του προγράμματος κρύβεται η διαδικασία του μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης, η οποία είναι δυνατόν να νοηματοδοτήσει και να ερμηνεύσει τα κείμενα, τα σημεία και τους κώδικες. Στο πλαίσιο αυτό, η έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού αποτέλεσε σημαντικό εργαλείο έρευνας και ανάπτυξης για διάφορους ερευνητές της Διδακτικής των φυσικών επιστημών. Ο Martinand (1986), για παράδειγμα, τη χρησιμοποίησε για να αναπτύξει με συνειδητό και συστηματικό τρόπο περιεχόμενα του αναλυτικού προγράμματος των φυσικών επιστημών στο γυμνάσιο. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο διδακτικός μετασχηματισμός της έννοιας του «χημικού στοιχείου» όπου εισάγεται ένα εννοιολογικό πλαίσιο τελείως διαφορετικό από το ιστορικό πλαίσιο ανάπτυξής της. Η έννοια του χημικού στοιχείου δηλαδή εισάγεται ως μακροσκοπικό στοιχείο το οποίο διατηρείται κατά τη διάρκεια χημικών αντιδράσεων, έξω από κάθε ατομικό πλαίσιο, σε φανερή αναλογία με την έννοια της ουσίας η οποία χρησιμοποιείται στην περιγραφή της αλλαγής της φυσικής κατάστασης των σωμάτων. Έτσι, στο σχολικό επίπεδο, δημιουργήθηκε και λειτούργησε μια πραγματική ποιοτική θεωρία για το χημικό στοιχείο με αυτόνομα επιστημολογικά χαρακτηριστικά. Παρόμοιες προσανατολισμένες προσπάθειες διδακτικού μετασχηματισμού φυσικών εννοιών έχουν γίνει στον τομέα των απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων όπου αναφέρονται διαφορετικοί τρόποι εισαγωγής των θεμελιωδών ηλεκτρικών εννοιών με τις οποίες περιγράφεται η λειτουργία ενός ηλεκτρικού κυκλώματος (π.χ. ηλεκτροστατική προσέγγιση, ενεργειακή προσέγγιση κ.λπ.) (Johsua και Dupin, 1993) ή ακόμα και σημαντικές αλλαγές στο περιεχόμενό τους όπως, για παράδειγμα, αυτή σύμφωνα με την οποία η έννοια της «ηλεκτρικής τάσεως» εισάγεται αποκλειστικά ως ιδιότητα της ηλεκτρικής πηγής και πιο συγκεκριμένα ως το μέτρο της διάθεσης της ηλεκτρικής πηγής (Κουμαράς, 1989). Στην επόμενη ενότητα, θα αναφέρουμε συγκεκριμένα παραδείγματα συγκρότησης της σχολικής επιστημονικής γνώσης, προερχόμενα από το χώρο της φυσικής για να καταδείξουμε, ακριβώς, τον λειτουργικό χαρακτήρα της έννοιας του διδακτικού μετασχηματισμού στη μελέτη της φύσης και των χαρακτηριστικών της σχολικής γνώσης των φυσικών επιστημών.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ**(α) Ο διδακτικός μετασχηματισμός της εννοιολογικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης**

Ως γνωστόν, οι θεωρίες των φυσικών επιστημών, ιδιαίτερα της φυσικής, είναι διατυπωμένες μαθηματικά. Για διάφορους όμως λόγους εμφανίζεται η ανάγκη να υποβαθμιστεί ή ακόμα και να απαλειφθεί ο μαθηματικός χαρακτήρας της επιστημονικής γνώσης. Η ανάγκη αυτή εμφανίζεται, συνήθως, στην Προσχολική και Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση εξαιτίας της ελλιπούς λογικο-μαθηματικής συγκρότησης των μαθητών ή της μη εξειδικευμένης κατάρτισης των εκπαιδευτικών. Είναι όμως δυνατόν να εμφανιστεί και στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση εξαιτίας της διατύπωσης διδακτικών στόχων οι οποίοι επικεντρώνονται στη μεθοδολογική και πολιτισμική διάσταση της επιστημονικής γνώσης (π.χ. εστιάζουν στη χρήση στοιχείων της ιστορίας των φυσικών επιστημών, στην ανάδειξη της κοινωνικής σημασίας διάφορων επιστημονικών τομέων κ.λπ.), κάτι που έχει ως συνέπεια η έμφαση να δίνεται στη σημασία των εννοιών ενός εννοιολογικού πλαισίου και όχι στη συντακτική δομή του. Έτσι, εμφανίζονται αναλυτικά προγράμματα και εκπαιδευτικό υλικό που επικεντρώνουν το ενδιαφέρον τους στην ποιοτική διάσταση της εννοιολογικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης. Είναι αυτά τα προγράμματα και αυτό το υλικό επιστημολογικά έγκυρα ή πρόκειται απλώς για παιδαγωγικές κατασκευές οι οποίες λειτουργούν ανεξάρτητα από την επιστημονική γνώση αναφοράς; Υπάρχει, εντέλει, μια επιστημολογικά έγκυρη, «ποιοτική φυσική» κατάλληλη προς διδασκαλία; Και αν ναι, ποια είναι η φύση και τα χαρακτηριστικά της; Ασφαλώς, το ερώτημα αυτό (το οποίο για ένα μεγάλο μέρος επιστημόνων και εκπαιδευτικών των φυσικών επιστημών δεν έχει νόημα) δεν είναι δυνατόν να διατυπωθεί παρά στο πλαίσιο ενός προβληματισμού που στον πυρήνα του βρίσκεται η έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής σε σχολική γνώση.

Σύμφωνα με τον Antoine (1982), στον όρο «ποιοτική φυσική» μπορεί να αποδοθούν τρεις τουλάχιστον σημασίες: Η πρώτη έχει σχέση με τη χρήση μεταφορών και αναλογιών διατυπωμένων στη φυσική καθημερινή γλώσσα με στόχο την εκλαΐκευση των εννοιολογικών πλαισίων. Αυτού του είδους η ποιοτική φυσική μπορεί να οδηγήσει σε εκλαΐκευτική γνώση η οποία διαφέρει ριζικά από τη γνώση αναφοράς (Κολιόπουλος, 2005). Η δεύτερη σημασία του όρου περιλαμβάνει το ποιοτικό νόημα βασικών αρχών της επιστημονικής γνώσης, όπως της συμμετρίας ή των αρχών διατήρησης (της ύλης, της ενέργειας κ.λπ.). Πρόκειται, όμως, για ένα «ψευδοποιοτικό» ή «μετα-ποσοτικό» νόημα, το οποίο γίνεται αντιληπτό από κάποιον ο οποίος γνωρίζει ήδη το μαθηματικό υπόβαθρο αυτών των αρχών. Τέλος, μια τρίτη σημασία του όρου βασίζεται στη χρήση λογικο-μαθηματικών σχέσεων οι οποίες μπορεί να εκφράζονται και με τη φυσική γλώσσα χωρίς τη χρήση μαθηματικών. Αυτό δεν σημαίνει, βέβαια, ότι αποκλείεται η ποσοτική διάσταση των εννοιών η οποία επιτυγχάνεται μέσω της διαδικασίας της μέτρησης. Η ποιοτική

φυσική αυτού του τύπου είναι δυνατόν να εμπλέξει μαθητές και εκπαιδευτικούς όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων (αλλά κυρίως των βαθμίδων της Προσχολικής και Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης) σε αυθεντικές επιστημονικές δραστηριότητες εξαιτίας της δυνατότητας να χρησιμοποιούν λογικο-μαθηματικές σχέσεις για φυσικά φαινόμενα και έννοιες, ακόμα και παιδιά της προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας, και να οδηγήσει στην οικοδόμηση ποιοτικών εννοιολογικών πλαισίων.³ Τα επόμενα παραδείγματα διδακτικού μετασχηματισμού αναφέρονται ακριβώς σε αυτήν την τρίτη σημασία του όρου.

Στο επίπεδο της Προσχολικής Εκπαίδευσης, η ερευνητική εργασία του Ραβάνη και των συνεργατών του τα τελευταία χρόνια έχει δείξει ότι είναι δυνατός ο σχεδιασμός διδακτικών παρεμβάσεων με κατάλληλες δραστηριότητες οι οποίες οδηγούν παιδιά της προσχολικής ηλικίας στην οικοδόμηση ποιοτικών εννοιολογικών πλαισίων φυσικών επιστημών, των λεγόμενων *πρόδρομων μοντέλων* (Ravanis, 2000). Στα Ένθετα Κείμενα 1 και 3 ο αναγνώστης θα βρει λεπτομέρειες σχετικά με τη διδασκαλία ποιοτικών εννοιολογικών πλαισίων των φυσικών επιστημών στο επίπεδο της Προσχολικής Εκπαίδευσης.

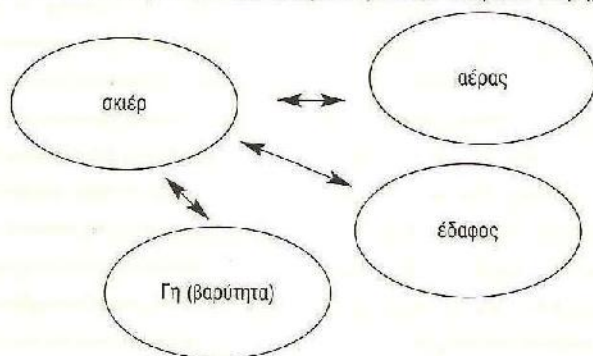
Τον διδακτικό μετασχηματισμό εννοιολογικών πλαισίων των φυσικών επιστημών και ιδιαίτερα αυτών της φυσικής σε ποιοτικά εννοιολογικά πλαίσια συναντούμε, όμως, και στις άλλες εκπαιδευτικές βαθμίδες. Το επόμενο παράδειγμα αφορά τη διδασκαλία των ελατηρίων και της ελαστικότητας στο πλαίσιο καινοτομικών προγραμμάτων διδασκαλίας των φυσικών επιστημών που εισήχθησαν στο επίπεδο της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στα τέλη της δεκαετίας του '70 στη Γαλλία (Antoine, 1982). Εκεί φαίνεται ότι ο γνωστός νόμος της ελαστικότητας των σωμάτων είναι δυνατόν να διατυπωθεί με ποιοτικούς όρους σε διάφορα επίπεδα γενίκευσης, ανάλογα με τον προβληματισμό που τίθεται κάθε φορά. Έτσι, σε μια πρώτη φάση είναι δυνατόν να οικοδομηθεί η κατηγορική έννοια⁴ του ελατηρίου, και πιο συγκεκριμένα η έννοια του «μαλακού/σκληρού ελατηρίου», μέσω της παρατήρησης διαφορετικών τύπων ελατηρίων. Στο επίπεδο αυτό, η σκληρότητα νοείται ως απόλυτη ιδιότητα του ελατηρίου να παραμορφώνεται δύσκολα ή εύκολα (διάκριση των ελατηρίων σε δύο τάξεις ισοδυναμίας). Σε μια δεύτερη φάση, η σκληρότητα μπορεί να γίνει αντιληπτή ως η μεγαλύτερη ή μικρότερη δυσκολία η οποία εμφανίζεται κατά την επιμήκυνση του ελατηρίου. Η κατανόηση αυτή μπορεί να προέλθει από την ανάγκη να συγκριθούν διάφορα ελατήρια και να προκύψει μια ταξινόμηση των ελατηρίων από το πιο σκληρό στο λιγότερο σκληρό. Όμως, στην περίπτωση αυτή το κριτήριο ταξινόμησης είναι υποκειμενικό αφού στηρίζεται κυρίως στη μυϊκή αίσθηση και, συνεπώς, μπορεί να οδηγήσει σε υποκειμενικές ταξινομήσεις. Η εξεύρεση ενός αντικειμενικού κριτηρίου ταξινόμησης είναι δυνατόν να οδηγήσει στην οικοδόμηση ενός ανώτερου επιπέδου διατύπωσης της έννοιας της σκληρότητας. Το νέο αυτό, περισσότερο αφηρημένο, εννοιολογικό επίπεδο χαρακτηρίζεται από τη συσχέτιση της έννοιας της σκληρότητας με την επιμήκυνση του ελατηρίου και την απεμπλοκή της από τα φαινομενολογικά χαρακτηριστικά του αντικειμένου. Βέβαια, το γεγονός ότι στο επίπεδο αυτό

απαιτείται η χρήση αριθμητικών τιμών που προέρχονται από τη μέτρηση των επιμηκύνσεων δεν σημαίνει ότι έχει κατακτηθεί η ποσοτική διάσταση της έννοιας. Η έννοια της «σκληρότητας» δεν έχει αποκτήσει ακόμη τη σημασία μιας λειτουργικής σταθεράς που χαρακτηρίζει το ελατήριο. Η ποσοτικοποίηση του φαινομένου (χωρίς απαραίτητα η περιγραφή να λάβει μαθηματική μορφή) μπορεί να επιτευχθεί σ' ένα τρίτο επίπεδο, ως αποτέλεσμα ενός προβληματισμού γύρω από το τι θα γίνει με τη σκληρότητα αν αλλάξουμε το βάρος του σώματος που προκαλεί την επιμήκυνση. Η εγκαθίδρυση μιας αναλογίας βάρους-επιμήκυνσης οδηγεί, ασφαλώς, στην κατανόηση της σκληρότητας ως μιας ιδιότητας του ελατηρίου που δεν εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο συγκρίνουμε τα ελατήρια για να διαπιστώσουμε πόσο σκληρό είναι το καθένα, αλλά μάλλον από τη φύση του ελατηρίου (η πρόταση «Ένα ελατήριο Α είναι πιο σκληρό από ένα ελατήριο Β» σημαίνει ότι το Α θα επιμηκυνθεί λιγότερο από το Β όσο κι αν είναι το βάρος που θα υποστούν). Στο επίπεδο αυτό έχει εγκαθιδρυθεί ως φαίνεται μια αναλογική σχέση, η οποία θα μπορούσε στη συνέχεια να εξελιχθεί σε μια μαθηματική σχέση όπου η σκληρότητα θα γινόταν κατανοητή ως συντελεστής αναλογίας της σχέσης βάρους-επιμήκυνσης.

Παραδείγματα διδακτικού μετασχηματισμού της εννοιολογικής συνιστώσας της επισημονικής γνώσης προς την κατεύθυνση των ποιοτικών εννοιολογικών πλαισίων έχουμε, όμως, και στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Η εισαγωγή ενός ποιοτικού μοντέλου αλληλεπιδράσεων ως βοηθητικού μέσου για την επίλυση προβλημάτων Μηχανικής στο λύκειο, είναι ένα τέτοιο παράδειγμα (Dumas-Carré, 1987). Πρόκειται για μια ενδιάμεση αναπαράσταση ανάμεσα στη φυσική χωροχρονική αναπαράσταση ενός μηχανικού φαινομένου (π.χ. της κίνησης ενός σώματος σε κεκλιμένο επίπεδο) και στο διάγραμμα δυνάμεων (μια διανυσματική περιγραφή του μέτρου και της κατεύθυνσης των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα). Στο Σχήμα 2 φαίνεται μια σχηματική αναπαράσταση αυτού του μοντέλου για το φαινόμενο της κίνησης ενός σκιέρ σε επικλινή χιονισμένη πίστα. Στην αναπαράσταση αυτή εμφανίζονται όλες οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα φυσικά συστήματα και τα πεδία που εμπλέκονται σ' αυτήν τη φυσική κατάσταση. Το ενδιάμεσο αυτό ποιοτικό μοντέλο δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές: (α) Να αρχίσουν να αντιλαμβάνονται τις δυνάμεις όχι ως οντότητες που ανήκουν στα αντικείμενα, αλλά ως δράσεις του ενός φυσικού συστήματος στο άλλο, (β) να προσδιορίσουν τον αριθμό των δράσεων και εξ αυτού τον αριθμό των πραγματικών δυνάμεων που ασκούνται στο υπό μελέτη φυσικό σύστημα, (γ) να αποκτήσουν μια πρώτη προσέγγιση της έννοιας της αλληλεπίδρασης (δράση-αντίδραση) και να συνειδητοποιήσουν ότι αναφέρονται σε διαφορετικά συστήματα και (δ) να προετοιμαστούν για μια ποσοτική-μαθηματική προσέγγιση του προβλήματος. Όλα τα παραπάνω εννοιολογικά στοιχεία, συνήθως, υπονοούνται στην παραδοσιακή διδασκαλία επίλυσης προβλημάτων Μηχανικής και έχει ήδη γίνει αποδεκτό ότι είναι σοβαρές οι δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές για να αποδε-

χτούν ότι κάθε αντικείμενο «επιδρά μάλλον παρά κρατά, συγκρατεί, σπρώχνει, διώχνει, τραβά, υποστηρίζει κ.λπ.» (Lemeignan και Weil-Barais, 1997, σ. 144).

ΣΧΗΜΑ 2: Το ποιοτικό μοντέλο των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα σε μηχανικά συστήματα



Από το προηγούμενο παράδειγμα φαίνεται ότι οι έννοιες των φυσικών επιστημών είναι δυνατόν να διατυπωθούν σε διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης χωρίς να υπολείπονται σε επιστημολογική εγκυρότητα (Astolfi και Develay, 1989). Το ερώτημα, συνεπώς, αν υπάρχει επιστημολογικά έγκυρη ποιοτική φυσική για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών φαίνεται να έχει θετική απάντηση, αν προσεγγιστεί με όρους διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής σε σχολική γνώση, υπό την προϋπόθεση, δηλαδή, της ακριβούς περιγραφής των διαφορών ανάμεσα στα δύο είδη γνώσης και, ενδεχομένως, των (μεθοδολογικών και πολιτισμικών) συνθηκών εντός των οποίων παράγονται αυτές οι διαφορές.

(β) Ο διδακτικός μετασχηματισμός της μεθοδολογικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης

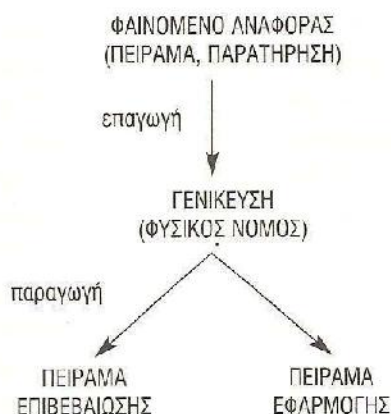
Η μεθοδολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης αφορά τον τρόπο και τη μέθοδο με τα οποία παράγεται αυτή η γνώση. Η ιστορία και η φιλοσοφία των φυσικών επιστημών είναι δυνατόν να μας διαφωτίσουν για τη φύση αυτής της διαδικασίας.⁵ Οι σχετικές επιστημολογικές διαμάχες μάς προειδοποιούν ότι η διάσταση αυτή της επιστημονικής γνώσης για τη Διδακτική των φυσικών επιστημών δεν πρέπει να θεωρηθεί δεδομένη, αλλά καθορίζεται από τις επιστημολογικές επιλογές των ερευνητών που μελετούν περιπτώσεις διδακτικών μετασχηματισμών (Arsac, 1989). Οι αντιθετικιστικές (αντι-εμπειριστικές) και, ιδιαίτερα, οι εποικοδομιστικές προσεγγίσεις (αυτές δηλαδή που αποδέχονται ότι τα επιστημονικά πρότυπα δεν ανυπάρχουν εκ των προτέρων στη φύση, αλλά αποτελούν προϊόν ανθρώπινης και κοινωνικής δραστηριότητας) χαρακτηρίζονται από την υπόθεση ότι η θεωρητική σύλληψη προϋπάρχει της παρατήρησης των φυσικών φαινομένων (Chalmers, 1994). Η μεθοδολογική αυτή αρχή όχι μόνο συγκροτεί-

ται ως φιλοσοφικό επιχείρημα αλλά τεκμηριώνεται και από ιστορικά δεδομένα. Ο Matthews, για παράδειγμα, αναφερόμενος στην οικοδόμηση της έννοιας της «ισόχρονης κίνησης» του απλού εκκρεμούς⁶ από τον Γαλιλαίο δείχνει ότι η μαθηματική εξήγηση (που για την περίπτωση ήταν μια γεωμετρική εξήγηση) προηγείται οποιασδήποτε πειραματικής απόδειξης της ισόχρονης κίνησης του εκκρεμούς (Matthews, 2000). Και ενώ η εμπειριστική-επαγωγική προσέγγιση (σύμφωνα με την οποία κάθε έγκυρη γνώση προέρχεται από την εμπειρία και θεμελιώνεται σ' αυτήν) δεν φαίνεται πλέον να γίνεται αποδεκτή από μεγάλο μέρος των φιλοσόφων των φυσικών επιστημών, ωστόσο, «ζει και βασιλεύει» στον κόσμο της εκπαίδευσης. Στη συνέχεια, πρόκειται να περιγράψουμε δύο παραδείγματα με τις μορφές που μπορεί να λάβει η εμπειριστική-επαγωγική προσέγγιση (ως μετασχηματισμός είτε του απλοϊκού επαγωγισμού ή, στην καλύτερη περίπτωση, του λογικού εμπειρισμού – Chalmers, 1994) στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών.

Η εμπειριστική-επαγωγική προσέγγιση της πειραματικής διδασκαλίας. Ο Joshua (1985), μελετώντας τα αναλυτικά προγράμματα και τις διδακτικές πρακτικές μιας μακράς περιόδου του γαλλικού εκπαιδευτικού συστήματος στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, διέκρινε διάφορες μορφές που μπορεί να λάβει η πειραματική προσέγγιση της διδασκαλίας με προεξάρχουσα αυτή κατά την οποία εισάγεται μια *πειραματική δραστηριότητα-πρότυπο* (ή πειραματική δραστηριότητα αναφοράς), η οποία θα οδηγήσει στην οικοδόμηση ενός εννοιολογικού πλαισίου των φυσικών επιστημών. Η επαγωγική αυτή πορεία μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τους διδακτικούς στόχους και την εκπαιδευτική βαθμίδα. Για παράδειγμα, στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση επιλέγεται συνήθως να ληφθούν μετρήσεις φυσικών μεγεθών και να κατασκευαστεί ένας «πίνακας τιμών» από τον οποίον θα προκύψει η σχετική γενίκευση. Αυτή η προσέγγιση είναι μια καθαρά διδακτική κατασκευή και χρησιμεύει αφενός στο να θεωρηθεί ένα φυσικό φαινόμενο ως ένα πρόβλημα φυσικών επιστημών ώστε να το οικειοποιηθούν ως τέτοιο οι μαθητές (κάτι που συνήθως δεν δηλώνεται ρητά από τον εκπαιδευτικό) και αφετέρου να περιγραφεί το φαινόμενο αυτό ως κατάλληλο μέσα από μια σειρά συναφών φαινομένων. Πολλές φορές, η διδακτική αυτή κατασκευή συνοδεύεται από πειραματικά όργανα και συσκευές που έχουν κατασκευαστεί ειδικά για τη διδασκαλία. Τέτοια παραδείγματα είναι ο αεροδιάδρομος που χρησιμοποιείται για τη μελέτη της κίνησης διάφορων αντικειμένων σε συνθήκες απουσίας τριβών ή η συσκευή για την απόδειξη της διατήρησης της μηχανικής ενέργειας! Παράλληλα, επιχειρείται η μετάδοση από τον εκπαιδευτικό στους μαθητές ή η «ανακάλυψη» από τους μαθητές του εννοιολογικού πλαισίου που ερμηνεύει την πειραματική δραστηριότητα. Η ανάδειξη της εγκυρότητας του πλαισίου γίνεται με έναν λειτουργικό τρόπο, δηλαδή, είτε μέσω «αλγοριθμικών» ασκήσεων⁷ είτε μέσω της προσφυγής στα λεγόμενα *πειράματα επιβεβαίωσης* ή στα *πειράματα εφαρμογής* που έχουν ως στόχο την ενδυνάμωση του πλαισίου (για παράδειγμα, εφαρμόζοντάς το στο πλαίσιο πα-

ρόμοιων ή καινούργιων προς την αρχική δραστηριότητα καταστάσεων). Η εγκυρότητα, δηλαδή, του εννοιολογικού πλαισίου παράγεται μέσω της επανάληψης της χρήσης του. Μια σχηματική αναπαράσταση της επαγωγικής αυτής διαδικασίας φαίνεται στο Σχήμα 3.

ΣΧΗΜΑ 3: Σχηματική παράσταση της εμπειριστικής-επαγωγικής προσέγγισης στη διδασκαλία της φυσικής [Το σχήμα αποτελεί απλοποιημένη έκδοχή αντιστοίχου σχήματος που βρίσκεται στα Joshua και Dupin, 1993 (σ. 212)]



- Η αυτόνομη διδασκαλία των επιστημονικών διαδικασιών ή δεξιοτήτων. Μια άλλη μορφή διδακτικού μετασχηματισμού της μεθοδολογικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης, την οποία συναντάμε περισσότερο στην Προσχολική και Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, είναι η εισαγωγή των λεγόμενων επιστημονικών διαδικασιών ή δεξιοτήτων ως αυτόνομου ή σχετικά αυτόνομου αντικειμένου διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Ένας γνωστός κατάλογος επιστημονικών διαδικασιών είναι αυτός που αναφέρεται στον Οδηγό του Εκπαιδευτικού για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στο δημοτικό και το γυμνάσιο της UNESCO (1994) και περιλαμβάνει τις διαδικασίες της παρατήρησης, της ταξινόμησης, της διατύπωσης μαθηματικών σχέσεων, της μέτρησης, της οικοδόμησης χωρο-χρονικών σχέσεων, της επικοινωνίας, της πρόβλεψης, της εξαγωγής συμπερασμάτων, της διατύπωσης λειτουργικών ορισμών, της διατύπωσης υποθέσεων, της ερμηνείας δεδομένων, της αναγνώρισης και του ελέγχου μεταβλητών και της εκτέλεσης πειραμάτων. Οι Harlen και Elstgeest (2005), επίσης, προτείνουν σε εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης έναν κατάλογο λειτουργικών δεξιοτήτων που οι μαθητές τους θα μπορούσαν να αποκτήσουν κατά τη διάρκεια της ενασχόλησής τους με θέματα φυσικών επιστημών. Ένα σημαντικό στοιχείο αυτού του καταλόγου είναι ότι κάθε δεξιότητα περιγράφεται από ορισμέ-

νους δείκτες μέσω των οποίων αναγνωρίζεται η δεξιότητα ενώ, συγχρόνως, καταδεικνύεται ο πλουραλισμός των προσεγγίσεων για την ίδια δεξιότητα. Για παράδειγμα, η δεξιότητα της παρατήρησης περιγράφεται από τους εξής τέσσερις δείκτες: (α) Ο μαθητής χρησιμοποιεί τις αισθήσεις του για να συλλέξει πληροφορίες, (β) εντοπίζει τις διαφορές ανάμεσα σε φυσικά συστήματα ή φαινόμενα, (γ) εντοπίζει τις ομοιότητες ανάμεσα σε φυσικά συστήματα ή φαινόμενα, και (δ) από όλα τα παρατηρούμενα γεγονότα, αναγνωρίζει αυτά που αναφέρονται στο πρόβλημα ή το θέμα που επεξεργάζεται.

Η αλγοριθμική διδασκαλία επιστημονικών δεξιοτήτων που προκύπτει από καταλόγους όπως αυτοί που αναφέραμε προηγουμένως, ανεξάρτητα από το αν εμφανίζεται ως οργανωτική αρχή ενός αναλυτικού προγράμματος ή ως βασική δέσμη διδακτικών στόχων η οποία διαχέεται στις διάφορες διδακτικές δραστηριότητες (π.χ. AAAS, 1967· Κωνσταντίνου κ.ά., 2002), αποτελεί ακόμη πιο ριζοσπαστική αναδιάρθρωση της μεθοδολογικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης σε σχέση με την εμπειριστική-επαγωγική προσέγγιση, σε σημείο που ορισμένοι ερευνητές να τη θεωρούν επιστημολογικά μη έγκυρη. Οι ερευνητές αυτοί ισχυρίζονται ότι οι διαδικασίες αυτές είναι προϊόντα της λογικής σκέψης γενικά και ότι λαμβάνουν ένα νόημα σχετικό με τις φυσικές επιστήμες μόνο αν συσχετιστούν με το ειδικό περιεχόμενο και με τις ειδικές συνθήκες παραγωγής της επιστημονικής γνώσης (Millar και Driver, 1987). Για παράδειγμα, όταν διδάσκεται η δεξιότητα της παρατήρησης σ' ένα μάθημα φυσικής, αυτό που διδάσκεται δεν είναι αυτή καθαυτή η δεξιότητα, αλλά μάλλον η δυνατότητα να αντιλαμβάνονται οι μαθητές μια φυσική κατάσταση ως πρόβλημα φυσικής, δηλαδή, με τον τρόπο που οι επιστήμονες θα θεωρούσαν χρήσιμο να παρατηρηθεί. Έτσι, η εκμάθηση της δεξιότητας της επιστημονικής παρατήρησης απαιτεί να συσχετιστεί αυτή με την εννοιολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης. Επίσης, η δεξιότητα της διατύπωσης υποθέσεων, όταν συνδεθεί με τις φυσικές επιστήμες, δεν είναι δυνατόν να κατανοηθεί παρά στο πλαίσιο μιας επιστημολογικής αντίληψης. Στα σχολικά προγράμματα διδασκαλίας και στη συνήθη σχολική πρακτική, η αντίληψη αυτή δεν είναι άλλη από την εμπειριστική-επαγωγική αντίληψη όπου η μοναδική γενεσιουργός αιτία της διατύπωσης υποθέσεων είναι οι παρατηρήσεις.

Οι δύο προηγούμενες μορφές μετασχηματισμού της μεθοδολογικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης σε σχολική γνώση αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα των σοβαρών μετατροπών που υφίσταται η επιστημονική γνώση όταν καθίσταται αντικείμενο διδασκαλίας. Αυτό, όμως, δεν σημαίνει ότι οι σχολικές αυτές εκδοχές είναι κατ' ανάγκη ακατάλληλες ή δυσλειτουργικές. Θα πρέπει και πάλι να επισημάνουμε ότι οι μετατροπές αυτές δεν πρέπει να ιδωθούν ως αλλοιώσεις της επιστημονικής γνώσης (όπως άλλωστε και η περίπτωση της ποιοτικής φυσικής) αλλά ως ένα είδος γνώσης με δική του λειτουργικότητα, που λειτουργεί δηλαδή σ' ένα διαφορετικό περιβάλλον από

αυτό της γέννησης και ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης. Η εφαρμογή, για παράδειγμα, της εμπειριστικής-επαγωγικής προσέγγισης στην Προσχολική Εκπαίδευση μπορεί να θεωρηθεί μια κατάλληλη προσέγγιση γι' αυτό το επίπεδο σε σχέση με τους γενικούς εκπαιδευτικούς σκοπούς που τίθενται, με τις δυνατότητες κατάρτισης των εκπαιδευτικών σε ζητήματα φυσικών επιστημών και με τις γνωστικές ανάγκες των παιδιών της προσχολικής ηλικίας (Κολιόπουλος, 2004). Αλλά ούτε, βεβαίως, απαγορεύεται να δηλώνεται ρητά η πρόθεση να κατασκευαστούν σχολικά περιεχόμενα σχετικά με τη μεθοδολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης, τα οποία να είναι περισσότερο έγκυρα επιστημολογικά με την τροποποίησή τους προς την κατεύθυνση αυθεντικών χαρακτηριστικών της επιστημονικής γνώσης αν και όπου αυτό απαιτείται (Hodson, 1988).

(γ) Ο διδακτικός μετασχηματισμός της πολιτισμικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης

Αν η εννοιολογική και η μεθοδολογική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης συνδέονται αντίστοιχα με τη γνωσιολογική (αναφορά στο *τι*) και τη μεθοδολογική (αναφορά στο *πώς*) διάστασή της, η πολιτισμική συνιστώσα συνδέεται με μια τρίτη διάσταση της υπόστασης της επιστημονικής γνώσης η οποία αναφέρεται στις αξίες, στην εγκυρότητα και εν γένει στα κοινωνικά χαρακτηριστικά αυτής της γνώσης (αναφορά στο *γιατί*). Πιο συγκεκριμένα, η πολιτισμική διάσταση της επιστημονικής γνώσης είναι δυνατόν να εμφανίζεται είτε ως *εσωτερικό δομικό χαρακτηριστικό* της, που προέρχεται από τον τρόπο με τον οποίο αυτή συγκροτείται λογικά, είτε ως *εξωτερικό στοιχείο*, που σχετίζεται με τις κοινωνικές συνθήκες παραγωγής της γνώσης και κατά συνέπεια με τις σχέσεις της με άλλες μορφές γνώσης.

Σύμφωνα με τον Μπαλτά (2002), «η διαδικασία γέννησης του επιστημονικού αντικείμενου μιας επιστήμης ταυτόχρονα με την επιστήμη αυτή τη διαχωρίζει μεν από τις ιδεολογικές σκοπεύσεις του πραγματικού της αντικειμένου αλλά ποτέ κατά τρόπο απόλυτο: Ο διαχωρισμός αυτός παραμένει πάντοτε δέσμιος των ιδεολογικών και ευρύτερα των κοινωνικών σχέσεων που προσδιορίζουν την ιδιαίτερη κοινωνική κίνηση που τον συνιστά, όπως και των ιδεολογιών οι οποίες συνεχούν και σηματοδοτούν την ιδιαίτερη κοινωνική πρακτική που τον πραγματοποιεί και στις οποίες αυτή η πρακτική υπόκειται. Το δεδομένο της ιδεολογίας δεν καταστρέφεται ποτέ ολοκληρωτικά» (σ. 54). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της διαδικασίας είναι η συγκρότηση του νοήματος των εννοιών των φυσικών επιστημών. Το νόημα των εννοιών των φυσικών επιστημών απορρέει από τις σχέσεις μιας έννοιας με τις υπόλοιπες έννοιες ενός εννοιολογικού συστήματος. Είναι δηλαδή νόημα *συστημικό*. Έτσι, η έννοια «δύναμη» λαμβάνει το νόημά της μέσα από τη σχέση της με τις έννοιες «μάζα» και «επιτάχυνση». Το ίδιο και άλλες έννοιες όπως «ενέργεια», «φωτοσύνθεση», «χημικό στοιχείο», «άτομο» κ.λπ. Συγχρόνως, όμως, κάθε έννοια των φυσικών επιστημών έχει και ένα *εμπειρικό / ιδεολογικό νόημα*, αφού η έν-

νοια αυτή αποδίδεται πάντοτε σε κάποιο πραγματικό φυσικό φαινόμενο. Έτσι, η νοηματική αυτονομία των εννοιών ενός συστήματος δεν είναι απόλυτη. Οι έννοιες «δύναμη» και «μάζα», για παράδειγμα, έχουν «εκ γενετής» αποδοθεί στο πραγματικό αντικείμενο και άρα φέρουν εξ ορισμού την εμπειρική διάσταση του νοήματός τους. Άλλες, πάλι, όπως η έννοια της «ενέργειας», εξασφαλίζουν άμεσα τη σύνδεσή τους με το επιστημονικό αντικείμενο και έμμεσα με το πραγματικό αντικείμενο συνδεδεμένες συστημικά με αυτές που φέρουν «εκ γενετής» ή έχουν ήδη αποκτήσει την εμπειρική διάσταση (Μπαλτάς, 1984). Αυτή ακριβώς η *εμπειρική διάσταση* των τυπικών εννοιών είναι που καθιστά δυνατή τη διάδοση διάφορων εννοιολογικών συστημάτων των φυσικών επιστημών τόσο στο ευρύ κοινό όσο και σε σχολικούς πληθυσμούς. Συγχρόνως, όμως, η διάσταση αυτή λειτουργεί και σαν εμπόδιο στην προσπάθεια να κατανοηθούν τα φυσικά φαινόμενα τόσο από τους επιστήμονες όσο και από τους μαθητές, όπως για παράδειγμα το γλωσσικό ή το ανιμιστικό εμπόδιο στα οποία αναφέρεται ο Bachelard (1980).

Στην πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης αναφέρεται και ο Kuhn (1977) όταν ισχυρίζεται ότι αποφασιστικοί παράγοντες στην ταυτόχρονη ανακάλυψη και διαμόρφωση της έννοιας «διατήρηση της ενέργειας» από διαφορετικές ομάδες επιστημόνων, στο πρώτο μισό του 19ου αιώνα, ήταν (α) η επίδραση του φιλοσοφικού ρεύματος Naturphilosophie, σύμφωνα με το οποίο θα έπρεπε να υπάρχει μια μοναδική, ενσυναινετική αρχή για όλα τα φυσικά φαινόμενα, (β) η ενασχόληση ορισμένων επιστημόνων με τη λειτουργία των μηχανών και (γ) η διαθεσιμότητα πληθώρας διαδικασιών μετατροπής. Ενώ όμως ο Kuhn αναδεικνύει το ζήτημα της σύγκλισης προς τη συνειδητοποίηση της αρχής διατήρησης της ενέργειας, ο Garcia (1987) αναδεικνύει τη διαφορετικότητα στη συνεισφορά των τριών αυτών παραγόντων στη διαμόρφωση της έννοιας όπως αυτή διατυπώθηκε από τις διαφορετικές ομάδες επιστημόνων. Πιο συγκεκριμένα, ο ερευνητής αυτός αναφέρεται στην κοινωνιολογική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης, την οποία δεν συνδέει τόσο με τους κοινωνικο-οικονομικούς και πολιτικούς παράγοντες που επηρεάζουν την πορεία της επιστημονικής έρευνας, αλλά μάλλον με μια σφαιρικότερη αντίληψη που έχει κάποιος για τον κόσμο και η οποία έχει άμεση επίδραση στη διαμόρφωση του περιεχομένου της. Ισχυρίζεται, λοιπόν, ότι ο Carnot (εκπρόσωπος της ομάδας επιστημόνων που επηρεάστηκε από την ενασχόληση με τις μηχανές) συγκρότησε μια έννοια διατήρησης της ενέργειας με τη μορφή της αρχής της αδυναμίας παραγωγής αέναης κίνησης. Η ομάδα των επιστημόνων που επηρεάστηκαν από τη φυσική φιλοσοφία δεν έφτασαν ποτέ σε μετρήσεις και άρα δεν συγκρότησαν ποτέ μια ποσοτική διατύπωση της αρχής της διατήρησης ενώ, τέλος, ο Joule (εκπρόσωπος της ομάδας επιστημόνων που επηρεάστηκε από τη διαθεσιμότητα διαδικασιών μετατροπής αλλά, συγχρόνως, ανήκε και στη βρετανική εμπειριστική παράδοση) διατύπωσε μια ποσοτική αρχή μετατροπής της θερμότητας σε μηχανικό έργο.⁹

Η δεύτερη σημασία που είναι δυνατόν να αποδοθεί στον όρο «πολιτισμική συνιστώ-

σα της επιστημονικής γνώσης» είναι αυτή που λαμβάνει υπόψη τους κοινωνικούς και πολιτισμικούς παράγοντες που επηρεάζουν το περιεχόμενο και τις πρακτικές των φυσικών επιστημών και η οποία αναδεικνύει τις σχέσεις των φυσικών επιστημών με άλλες μορφές γνώσης. Η σημασία της πολιτισμικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης ως το περιβάλλον (context) εκείνο εντός του οποίου γεννιέται, αναπτύσσεται και λειτουργεί η επιστημονική γνώση θεμελιώνεται, κυρίως, στις αντιθετικιστικές προσεγγίσεις της ιστορίας των φυσικών επιστημών. Ο Γαβρόγλου (2004), για παράδειγμα, σημειώνει ότι «οι τρόποι κατανόησης των φυσικών φαινομένων επηρεάζουν και επηρεάζονται και από τις άλλες δραστηριότητες των ανθρώπων. Οι θρησκευτικές πεποιθήσεις, οι αντιλήψεις για το είδος της πολιτικής διακυβέρνησης, η πρόσληψη της εξωτερικής πραγματικότητας ως ιδεολογία, οι νοοτροπίες που διαμορφώνουν τη θεωρία και πρακτική του δικαίου, η θεματογραφία αλλά και οι τεχνικές των θεατρικών έργων και άλλων μορφών πεζού ή ποιητικού λόγου, των εικαστικών τεχνών, αλλά και της μουσικής επηρέασαν και επηρεάστηκαν από τις διερευνήσεις των φαινομένων της φύσης. Η θεώρηση της επιστήμης ως κοινωνικού και πολιτιστικού φαινομένου σημαίνει πως η μελέτη της ιστορίας της είναι και ένας τρόπος να αναδειχθεί η συνάφεια της επιστήμης με όλες τις άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες ...» (σ. 28). Η ιστορία των φυσικών επιστημών δεν είναι όμως ο μοναδικός χώρος που μελετά τις σχέσεις της επιστήμης με άλλες μορφές γνώσης και πρακτικές και το πώς αυτές επηρεάζουν το περιεχόμενο της επιστημονικής γνώσης. Υπάρχουν επιστημολογικές προσεγγίσεις που διερευνούν τις σχέσεις επιστήμης και πολιτισμού όπως αυτές αναπτύσσονται στο σύγχρονο κόσμο, μετατοπίζοντας τη συζήτηση στο εσωτερικό της επιστημονικής δραστηριότητας (Levy-Leblond, 1996). Η συζήτηση αυτή μπορεί, για παράδειγμα, να δια φωτίσει τη φύση των σχέσεων ανάμεσα στις φυσικές επιστήμες και τις εικαστικές τέχνες.⁹ Τα τελευταία χρόνια έχουν εμφανιστεί, επίσης, κοινωνιολογικές προσεγγίσεις οι οποίες δίνουν έμφαση στην κοινωνική κατασκευή της επιστημονικής γνώσης, όπως για παράδειγμα στη μελέτη «της αντίθεσης ανάμεσα στην επιστήμη ως κοινωνικής διαδικασίας ιδιοποίησης της φυσικής πραγματικότητας και στην ιδιοποίηση (‘‘την κοινωνική χρήση’’) των επιστημονικών επιτευγμάτων και καινοτομιών από τον εκάστοτε ηγεμονικό πολιτισμικό σχηματισμό» (Σκορδούλης, 2001). Στις περιπτώσεις αυτές, το κέντρο του προβληματισμού δεν είναι τόσο το ίδιο το περιεχόμενο της επιστημονικής γνώσης, αλλά η γνώση για το περιεχόμενο και τις πρακτικές των φυσικών επιστημών εντός του περιβάλλοντος στο οποίο λειτουργούν.

Με βάση την προηγούμενη ανάλυση, οι μορφές που μπορεί να λάβει η πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών είναι δύο. Η πρώτη αφορά την *απουσία* αυτής της διάστασης (context-independent approach), η οποία μπορεί να εκτιμηθεί, κυρίως, από τα ελλείποντα χαρακτηριστικά τα οποία θα ελάμβανε η σχολική εκδοχή της. Ο Matthews (2000), σε μια εκτενή μελέτη του, αναδεικνύει όλες εκείνες τις πλευρές που αποσιωπώνται στην παραδοσιακή διδασκαλία

ενός δημοφιλούς αντικειμένου διδασκαλίας: του εκκρεμούς. Έτσι, για παράδειγμα, αποσιωπώνται η ισχυρή συσχέτιση της συγκρότησης της γνώσης για το απλό εκκρεμές με τις προσπάθειες κατασκευής αξιόπιστων μηχανισμών μέτρησης του χρόνου, η ιστορική πορεία των προσπαθειών για την κατασκευή αξιόπιστων μηχανισμών μέτρησης του χρόνου¹⁰, οι συνθήκες κάτω από τις οποίες γεννήθηκε και λύθηκε το πρόβλημα της συσχέτισης της περιόδου του απλού εκκρεμούς με την ισόχρονη κίνηση και τη βαρύτητα¹¹, καθώς και το πολιτικό περιβάλλον που δεν επέτρεψε να γίνει αποδεκτή η πρόταση για την αποδοχή του εκκρεμούς δευτερολέπτων ως διεθνούς προτύπου μήκους (Matthews, 2001), τα κατασκευαστικά προβλήματα ενός ρολογιού-εκκρεμούς, η σχέση του εκκρεμούς με την ιδέα ότι η γη περιστρέφεται κ.ά. Τις περισσότερες φορές, πάντως, δεν πρόκειται για παντελή απουσία της πολιτισμικής διάστασης, αλλά για μια υποβαθμισμένη μορφή της όπου η κοινωνία και ο πολιτισμός εμφανίζονται ως παθητικοί δέκτες και χώροι εφαρμογής της επιστημονικής γνώσης. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα στρέβλωσης της πολιτισμικής διάστασης της επιστημονικής γνώσης στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών είναι η παρουσίαση της τεχνολογίας ως εφαρμογής της επιστημονικής γνώσης.

Η δεύτερη μορφή διδακτικού μετασχηματισμού είναι αυτή όπου η εννοιολογική και η μεθοδολογική διάσταση της σχολικής εκδοχής της επιστημονικής γνώσης μελετώνται στο πλαίσιο ενός θέματος (*context-dependent approach*). Ζητήματα και προβλήματα της καθημερινής ζωής είναι ένα σύνηθες θεματικό περιβάλλον εντός του οποίου είναι δυνατόν να εισαχθεί στη διδασκαλία η πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης. Η μελέτη των χαρακτηριστικών του διδακτικού μετασχηματισμού δεν μπορεί να γίνει εδώ παρά κατά περίπτωση. Μια τάση, η οποία συγκροτήθηκε κατά τη διάρκεια της εμφάνισης των μεγάλων καινοτομιών στα αναλυτικά προγράμματα φυσικών επιστημών στις δεκαετίες '60 και '70, είναι αυτή της πρόταξης του θεματικού απέναντι στο εννοιολογικό. Έτσι εμφανίζονται προγράμματα που έχουν μεν ως στόχο την εκμάθηση βασικών εννοιών και μεθοδολογικών διαδικασιών των φυσικών επιστημών, ενταγμένων όμως σε ένα θεματικό πλαίσιο. Η περίπτωση της διδασκαλίας της έννοιας «ενέργεια» στο πλαίσιο θεματικών εννοιών που σχετίζονται με την εξοικονόμηση ενέργειας ή τους περιβαλλοντικούς κινδύνους είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της τάσης. Περισσότερα στοιχεία για τη φύση και τα χαρακτηριστικά του διδακτικού μετασχηματισμού που υφίσταται η πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης στο πλαίσιο αυτής της τάσης θα βρείτε στο Κεφάλαιο 2 (στην ενότητα «Η καινοτομική αντίληψη»). Ένα άλλο θεματικό περιβάλλον μπορεί να είναι η ιστορία των φυσικών επιστημών (Matthews, 1994· Bevilacqua et al., 2001)¹². Η περίπτωση του προγράμματος διδασκαλίας «Εισαγωγή στις έννοιες και τις θεωρίες της φυσικής επιστήμης» (Holton και Brush, 2002) αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα συστηματικής οργάνωσης του αναλυτικού προγράμματος προς την κατεύθυνση μιας ουμανιστικής προσέγγισης του περιεχομένου της φυσι-

κής και της ανάδειξης των παραγόντων που συνέβαλαν στην οικοδόμηση αυτού του περιεχομένου (η πολιτισμική διάσταση ως εξωτερικό στοιχείο της επιστημονικής γνώσης). Προτείνονται, όμως, και «τοπικές» προσεγγίσεις οι οποίες έχουν ως στόχο το μετασχηματισμό των αντιλήψεων των μαθητών για τα φυσικά φαινόμενα, τις έννοιες και τις μεθόδους των φυσικών επιστημών (η πολιτισμική διάσταση ως εσωτερικό στοιχείο της επιστημονικής γνώσης). Στις περιπτώσεις αυτές η επιστήμη θεωρείται αντικείμενο επικοινωνίας και εισάγονται αυθεντικά ιστορικά κείμενα τα οποία «δεν αποτελούν παραρτήματα σε κάποιο μάθημα αλλά ευκαιρίες για ανάγνωση, στοχασμό, συγκρίσεις και συσχετίσεις» (Martinand, 1993).

Με βάση τα προηγούμενα, το ζήτημα της μελέτης του διδακτικού μετασχηματισμού φαίνεται να μετατίθεται προς την κατεύθυνση της περιγραφής των διαδικασιών και του περιεχομένου που χαρακτηρίζουν το μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης σε καθορισμένα πολιτισμικά / θεματικά περιβάλλοντα.

1.3 Ο ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Το αναλυτικό πρόγραμμα είναι το θεμελιώδες δομικό στοιχείο της σχολικής μορφής εκπαίδευσης. Μια χρήσιμη κατηγοριοποίηση των τρόπων προσέγγισης του αναλυτικού προγράμματος αναφέρει ο Menck (1995), ο οποίος διακρίνει τέσσερα επίπεδα παρέμβασης: το πολιτικό επίπεδο, όπου διατυπώνονται οι βασικές αρχές του εκπαιδευτικού συστήματος, το επίπεδο ενός τομέα όπως οι φυσικές επιστήμες, όπου διατυπώνονται οι βασικές αρχές του εκπαιδευτικού συστήματος για τον συγκεκριμένο τομέα, το επίπεδο της θεματικής ενότητας, όπου αντιμετωπίζονται θέματα όπως αυτά του σχεδιασμού του συγκεκριμένου περιεχομένου για μία ή περισσότερες διδακτικές ενότητες ή της ανάπτυξης σχολικών εγχειριδίων και, τέλος, το επίπεδο της σχολικής τάξης, όπου η έμφαση δίνεται στην οργάνωση και εφαρμογή συγκεκριμένων μαθησιακών και γενικότερα διδακτικών δραστηριοτήτων μέσα στο περιβάλλον της σχολικής τάξης. Πρόθεσή μας είναι, χρησιμοποιώντας την έννοια του α' διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής σε σχολική γνώση (βλ. το Σχήμα 1), να μελετήσουμε τη φύση και τα χαρακτηριστικά του αναλυτικού προγράμματος των φυσικών επιστημών, στις διάφορες εκπαιδευτικές βαθμίδες, στο επίπεδο της θεματικής ενότητας, δηλαδή, στο επίπεδο των αρχών σχεδιασμού και του περιεχομένου όπως αυτά εμφανίζονται στα κείμενα του αναλυτικού προγράμματος και στο περιεχόμενο των προγραμμάτων διδασκαλίας και των σχολικών εγχειριδίων. Επίσης, δεν θα μας απασχολήσουν τόσο τα προβλήματα των σκοπών, της εφαρμογής (μέθοδοι και μέσα διδασκαλίας) και της αξιολόγησης του αναλυτικού προγράμματος, όσο η φύση και διαμόρφωση του περιεχομένου της σχολικής επιστημονικής γνώσης, όπως αυτή εμφανίζεται ή σχεδιάζεται στο πλαίσιο του αναλυτικού προγράμματος.

τος των φυσικών επιστημών. Πιο συγκεκριμένα, θα χρησιμοποιήσουμε την έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού αφενός ως εργαλείο ανάλυσης του αναλυτικού προγράμματος φυσικών επιστημών (βλ. τα Κεφάλαια 2 και 3) και αφετέρου ως εργαλείο σχεδιασμού της δομής και του περιεχομένου του, καθώς και αντίστοιχου διδακτικού υλικού (βλ. τα Ένθετα Κείμενα 2-4) με βάση την εμπειρία που έχει αποκτηθεί και στοιχεία από τις έρευνες που έχουμε διεξαγάγει την τελευταία εικοσαετία στον ελληνικό χώρο.

Το αναλυτικό πρόγραμμα των φυσικών επιστημών δεν είναι μια ομογενής έννοια. Υφίστανται διαφορετικές προσεγγίσεις που αντιστοιχούν σε διαφορετικές ιστορικές περιόδους και διαφορετικές φιλοσοφικές αντιλήψεις για το ρόλο, το περιεχόμενο και τη λειτουργία του αναλυτικού προγράμματος των φυσικών επιστημών. Ο Roberts (1982) προσεγγίζει τη διαφορετικότητα των αναλυτικών προγραμμάτων φυσικών επιστημών μέσω της έννοιας της *έμφασης* του αναλυτικού προγράμματος. Διακρίνει προγράμματα που δίνουν έμφαση στην κατανόηση της δομής της επιστήμης, στη γνώση για τα φαινόμενα της καθημερινής ζωής, στην ανάδειξη της σχέσης επιστήμης και τεχνολογίας, στην ανάπτυξη μεθοδολογικών δεξιοτήτων των φυσικών επιστημών και στην κατανόηση της ουμανιστικής φύσης της επιστήμης. Το ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα, τόσο στην Πρωτοβάθμια όσο και στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, ανήκει στα προγράμματα εκείνα που δίνουν έμφαση στην κατανόηση της δομής της επιστήμης και, ιδιαίτερα, στο θεματικό περιεχόμενο (Κολιόπουλος και Ραβάνης, 2001).¹³ Τα προγράμματα που δίνουν έμφαση στο θεματικό περιεχόμενο (*subject-matter curriculum*) είναι συγχρόνως και μονοθεματικά, δηλαδή, η επιστημονική γνώση του αντίστοιχου επιστημονικού πεδίου (φυσική, βιολογία, χημεία, γεωλογία) αποτελεί βασικό σημείο αναφοράς για την εκπόνησή τους.¹⁴ Το *θεματικό πρόγραμμα* αντιδιαστέλλεται με δύο άλλες μορφές προσέγγισης προγράμματος σπουδών: το ενοποιημένο πρόγραμμα σπουδών (*integrated curriculum*) και το πρόγραμμα μικρο-ενοτήτων (*short-units curriculum*). Η πρώτη προσέγγιση βασίζεται σε μια μετα-δομή των φυσικών επιστημών, η οποία αναγνωρίζει την ύπαρξη ενότητας ανάμεσα σε έννοιες, θέματα και μεθόδους των φυσικών επιστημών ή/και άλλων πεδίων σπουδών. Μερικές από τις μορφές ενοποιημένων προγραμμάτων είναι το ενοποιημένο πρόγραμμα στο πλαίσιο ενός κλάδου σπουδών, τα διακλαδικά και πολυκλαδικά προγράμματα σπουδών και τα προγράμματα σπουδών που συσχετίζουν τις φυσικές επιστήμες με τον πολιτισμό ή την κοινωνία και την τεχνολογία. Η δεύτερη προσέγγιση συσχετίζεται, κυρίως, με περιπτώσεις εξεταστικής διδασκαλίας και απευθύνεται συνήθως σε μικρές ομάδες μαθητών ή όπου απαιτούνται εξειδικεύσεις. Το θεματικό πρόγραμμα αντιδιαστέλλεται, τέλος, από τα προγράμματα σπουδών που δίνουν έμφαση στις μαθησιακές δραστηριότητες (*process-oriented curriculum*), τα οποία εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια των εκπαιδευτικών αλλαγών των δεκαετιών του '60 και του '70 για να προωθήσουν τις καθοδηγούμενες και ανοικτές ανακαλυπτικές μεθόδους διδασκαλίας χωρίς όμως επιτυχία.

Μια άλλη ενδιαφέρουσα προσέγγιση για το σχεδιασμό αναλυτικού προγράμματος των φυσικών επιστημών είναι το λεγόμενο *πρόγραμμα κορμού*. Σ' ένα πρόγραμμα κορμού φυσικών επιστημών δίνεται έμφαση σε βασικά θέματα και βασικές έννοιες των φυσικών επιστημών, οι οποίες πρέπει να γίνουν κτήμα όλων των μαθητών όχι μόνο διότι είναι *επιστημονικά θεμελιώδεις* αλλά και επειδή παρουσιάζουν *κοινωνικό ενδιαφέρον* (Tyler, 1991· Klopfer, 1991). Επίσης, δίνεται έμφαση σε βασικές ικανότητες και δεξιότητες τις οποίες ο μαθητής θα πρέπει να αποκτήσει μέσω της μελέτης των φυσικών επιστημών με στόχο την ομαλή προσαρμογή του σε μια κοινωνία που χρησιμοποιεί όλο και περισσότερο την τεχνολογία. Το πρόγραμμα κορμού μπορεί να προσεγγιστεί είτε με βάση έννοιες-κλειδιά (*key-concepts approach*) της κάθε επιστήμης (Hofstein, 1991), είτε με βάση κάποιες παραδειγματικές ενότητες (*exemplar approach*) όπου οι μαθητές μέσα από επιλεγμένα παραδείγματα θα εξοικειωθούν βήμα βήμα με τη φύση επιστημονικών ερωτημάτων, εννοιών, μεθόδων και υποθέσεων (Klafki, 1991). Η πρώτη προσέγγιση δίνει έμφαση στο εννοιολογικό περιεχόμενο του αντικειμένου διδασκαλίας και, κατά συνέπεια, στις γνωστικές δεξιότητες που πρέπει να αποκτήσουν οι μαθητές, ενώ η δεύτερη οδηγεί σε μια πιο σφαιρική καλλιέργεια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα προγράμματος κορμού αποτελεί το λυκειακό γαλλικό πρόγραμμα σπουδών το οποίο προβλέπει έντονες διαφοροποιήσεις στο περιεχόμενο του προγράμματος ανάλογα με τον πληθυσμό στον οποίο απευθύνεται. Για παράδειγμα, οι μαθητές οι οποίοι ακολουθούν τη θεωρητική κατεύθυνση αντιμετωπίζουν θέματα με κοινωνικό ενδιαφέρον όπως «Η φυσική και η χημεία της κουζίνας» και «Πηγές ενέργειας και ρύπανση του περιβάλλοντος» (BO, 2000). Αλλά, ακόμα και η δομή των προγραμμάτων επιλογής διαφοροποιείται συνεχώς με στόχο την οργανική σύνδεση της δομής της επιστημονικής γνώσης με τη χρήση της στην καθημερινή ζωή. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις αποτελούν το γαλλικό αναλυτικό πρόγραμμα, όπου ολόκληρα προγράμματα φυσικής και βιολογίας στη βαθμίδα του λυκείου σχεδιάζονται με βάση ένα καθοδηγούν θέμα, όπως για παράδειγμα την έννοια «ενέργεια» (Tavernier και Lizeaux, 1993· Anfonso et al., 1994), το αναθεωρημένο ολλανδικό πρόγραμμα PLON (Lijnse et al., 1990), καθώς και η πρόταση των Millar και Osborne (1998) για την αναθεώρηση του βρετανικού αναλυτικού προγράμματος των φυσικών επιστημών.

Η προηγούμενη συζήτηση αποσαφηνίζει πλήρως τις επιλογές μας σχετικά με τους τύπους του αναλυτικού προγράμματος των φυσικών επιστημών που πρόκειται να αποτελέσουν αντικείμενο της μελέτης μας. Το ενδιαφέρον μας, λοιπόν, στρέφεται προς τη μελέτη του διδακτικού μετασχηματισμού που υφίσταται ένα *θεματικό πρόγραμμα κορμού*. Οι επιλογές αυτές καθορίστηκαν αφενός από τις παραδόσεις του ελληνικού αναλυτικού προγράμματος και αφετέρου από τους τομείς στους οποίους έχει διεξαχθεί ενδελεχής έρευνα.

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

1. Ανάλογες θέσεις έχουν διατυπωθεί και έχουν γίνει ευρύτερα αποδεκτές και στον αγγλοσαξονικό χώρο. Ο Gilbert και οι συνεργάτες του εισάγουν τους όρους «επιστήμη του διδάσκοντα» και «επιστήμη του μαθητή» και ταυτόχρονα συστηματοποιούν τα αποτελέσματα της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα δύο αυτά είδη γνώσης κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών (Gilbert et al., 1982).
2. Η έννοια του «διδακτικού συμβολαίου» είναι καταλληλότερη για τη μελέτη αυτής της πτυχής του διδακτικού μετασχηματισμού. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αυτή την έννοια της Διδακτικής των φυσικών επιστημών, βλ. το Ραβάνη (2003).
3. Τα πλαίσια αυτά διαφέρουν από την απλή διατύπωση μαθηματικών σχέσεων στη φυσική καθημερινή γλώσσα. Περισσότερα για αυτή την «ψευδοποιοτική» διάσταση της σχολικής γνώσης βλ. στο Κεφάλαιο 2 του βιβλίου (ενότητα «Η παραδοσιακή αντίληψη»).
4. Κατηγορικές είναι οι έννοιες που οικοδομούνται μέσα από μια διαδικασία εμπειρικής αφαίρεσης και αναφέρονται σε καθορισμένες κατηγορίες αντικειμένων που ορίζονται μέσα από ένα σύνολο σύμφυτων ιδιοτήτων. Οι βοτανικές και ζωολογικές κατηγορίες, έννοιες όπως «τροχαλία», «ελατήριο», «κινητήρας» και «θερμόμετρο» αποτελούν χαρακτηριστικές περιπτώσεις κατηγορικών εννοιών. Διαφοροποιούνται από τις τυπικές έννοιες οι οποίες έχουν έναν υποθετικό χαρακτήρα (Lemaignan και Weil-Barais, 1997).
5. Για μια εισαγωγική μελέτη επιστημολογικών ζητημάτων που θίγονται σ' αυτό το βιβλίο βλ. τα Chalmers (1994), Kuhn (1981) (και ιδιαίτερα το εισαγωγικό σημείωμα του επιμελητή της έκδοσης Β. Κάλφα «Ριζικές ανακατατάξεις στη σύγχρονη αγγλοσαξονική επιστημολογία»), Κάλφα (1983), Γαβρόγλου (2004) και Κουζέλη (1993). Για τη χρήση επιστημολογικών προσεγγίσεων στη Διδακτική των φυσικών επιστημών δείτε τα Κουλαϊδή (2001, κεφάλαια 10-13) και Hodson (1988).
6. Ισόχρονη κίνηση ενός απλού εκκρεμούς είναι η ανεξάρτητη ως προς τη γωνία αιώρησης κίνηση του εκκρεμούς. Η ανεξαρτησία αυτή ισχύει για μικρές γωνίες αιώρησης. Λεπτομέρειες για το θέμα μπορείτε να βρείτε στο Ένθετο Κείμενο 2.
7. Για τα διάφορα είδη ασκήσεων στη φυσική της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης βλ. το Κολιόπουλου κ.ά. (1989).
8. Για το διδακτικό μετασχηματισμό αυτών των ιδεών βλ. το Ένθετο Κείμενο 4.
9. Για το πώς αυτός ο προβληματισμός μπορεί να ληφθεί υπόψη στη διδασκαλία θεματικών προσεγγίσεων βλ. τα Ένθετο Κείμενο 5.
10. Το πλαίσιο αυτό χρησιμοποιείται για τη διδασκαλία του εκκρεμούς στο ισχύον γαλλικό αναλυτικό πρόγραμμα της Α' Λυκείου (BO, 2001: Durandeau et al., 2004).
11. Για μια προσπάθεια αναβάθμισης της πολιτισμικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης σε αυτό το σχολικό αντικείμενο βλ. το Ένθετο Κείμενο 2.
12. Για το σχετικό θέμα στην ελληνική βιβλιογραφία δείτε τα Πρακτικά των τριών συνεδρίων που έχουν γίνει στον ελληνικό χώρο με θέμα τη «Συμβολή της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στη Διδασκαλία των φυσικών επιστημών».
13. Στην Προσχολική Εκπαίδευση τα πράγματα είναι πιο συγκεκριμένα. Υπάρχουν προγράμματα όπου οι φυσικές επιστήμες ετεροκαθορίζονται και άλλα στα οποία αυτοκαθορίζονται. Στην πρώτη περίπτωση ανήκουν τα ελληνικά προγράμματα και στη δεύτερη το κυπριακό

πρόγραμμα. Και στις δύο πάντως μορφές φαίνεται ότι η έμφαση δίνεται στην ανάπτυξη μεθοδολογικών δεξιοτήτων των φυσικών επιστημών (Κολιόπουλος κ.ά., 2003).

14. Σε καμιά περίπτωση το θεματικό πρόγραμμα δεν ταυτίζεται με το περιεχόμενο του, όπως συμβαίνει συνήθως με τα ελληνικά αναλυτικά προγράμματα. Αντιθέτως, ο σχεδιασμός ενός τέτοιου προγράμματος θα πρέπει να περιλαμβάνει αποφάσεις όχι μόνο για τις θεματικές επιλογές αλλά και για τις επιλογές που αφορούν τις εκπαιδευτικές μεθόδους προσέγγισής τους (π.χ. την εισαγωγή της πειραματικής μεθοδολογίας όπου το θεματικό περιεχόμενο την απαιτεί), τη χρήση της εκπαιδευτικής τεχνολογίας (π.χ. τα όργανα και τις συσκευές που απαιτούνται για την εκτέλεση πειραμάτων) και τους τρόπους αξιολόγησής τους (π.χ. τις κατάλληλες μεθόδους αξιολόγησης δεξιοτήτων που προκύπτουν από τη χρήση της πειραματικής μεθοδολογίας) με βάση πάντοτε τα πορίσματα της έρευνας στη Διδακτική των φυσικών επιστημών και την εμπειρία από την εφαρμογή ελληνικών και διεθνών προγραμμάτων διδασκαλίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1967). *Science: A Process Approach*. Ουάσινγκτον. AAAS.
- Anfonso, F. et al. (1994). *Physique 1^{re} S*. Παρίσι. Bordas.
- Antoine, M. (1982). «Le niveau qualitatif dans l'initiation aux sciences physiques». *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 643, 783-796.
- Arsac, G., Develay, M. και Tiberghien, A. (1989). *La transposition didactique en mathématiques, en physique, en biologie*. Λυόν. IREM-LIRDIS.
- Astolfi, J.P. και Develay, M. (1989). *La didactique des sciences*. Παρίσι. Presses Universitaires de France.
- Bachelard, G. (1960). *La formation de l'esprit scientifique*. Παρίσι. Librairie Philosophique J. Vrin.
- Bernstein, B. (1989). *Παιδαγωγικοί κώδικες και κοινωνικός έλεγχος*. Αθήνα. Αλεξάνδρεια.
- Bevilacqua, F., Giannetto, E. και Matthews, M. (επιμ.) (2001). *Science Education and Culture. The Contribution of History and Philosophy of Science*. Kluwer Academic Publishers.
- Bulletin Officiel de l'Education Nationale (2000). Hors série, no 7.
- Bulletin Officiel de l'Education Nationale (2001). Hors série, no 2.
- Γαβρόγλου, Κ. (2004). *Το παρελθόν των επιστημών ως ιστορία*. Ηράκλειο. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Chalmers, A.F. (1994). *Τι είναι αυτό που το λέμε επιστήμη*. Ηράκλειο. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Chevallard, Y. και Johsua, M.A. (1982). «Un exemple d'analyse de la transposition didactique. La notion de distance». *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 3, 1, 159-239.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Γκρενόμπλ. La Pensée Sauvage.
- Develay, M. (1992). *De l'apprentissage à l'enseignement. Pour une épistémologie scolaire*. Παρίσι. ESF Editeur.

πρότασης του Huygens στα 1673 για το εκκρεμές δευτερολέπτων ως διεθνές πρότυπο μέτρο μήκους και μερικές εκπαιδευτικές προτάσεις», στο Π. Κουμαρά, Φ. Σέρογλου και Κ. Σκορδούλη (επιμ.), *Πρακτικά Συμποσίου «Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών»*. Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, 149-167.

Menck, P. (1995). «"Bildung" - A core of German Didactics». Paper presented in the *European Conference on Educational Research 95*, University of Bath.

Millar, R. και Driver, R. (1987). «Beyond Processes». *Studies in Science education*, 14, 33-62.

Millar, R. και Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science Education for the Future*. (<http://www.kcl.ac.uk/education>).

Ραβάνης, Κ. (2003). *Εισαγωγή στη διδακτική των φυσικών επιστημών*. Αθήνα. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Ravanis, K. (2000). «La construction de la connaissance physique à l'âge préscolaire: Recherches sur les interventions et les interactions didactiques». *ASTER, Les sciences de 2 à 10 ans*, 31, 71-94.

Roberts, D. (1982). «Developing the concept of "curriculum emphasis" in science education». *Science education*, 66, 2, 243-260.

Σκορδούλης, Κ. (2001). «Η πολιτισμική στροφή στην επιστήμη», στο Π. Κουμαρά, Φ. Σέρογλου και Κ. Σκορδούλη (επιμ.), *Πρακτικά Συμποσίου «Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών»*. Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, 171-180.

Shayer, M. και Adey, P. (1981). *Towards a science of science teaching. Cognitive development and curriculum demand*. Λονδίνο. Heinemann Educational Books.

Τσατσαρώνη, Α. και Κουλαϊδής, Β. (2001). «Ταξινόμηση και περιχάραξη: Ένα εννοιολογικό πλαίσιο για την εξέταση της σχολικής γνώσης», στο Β. Κουλαϊδή (επιμ.), *Διδακτική των φυσικών επιστημών*. Πάτρα. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, τόμ. Β', 217-246.

Tavernier, R. και Lizeaux, C. (1993). *Sciences de la vie et de la terre, 1^{re}S*. Παρίσι. Bordas.

Tiberghien, A. (1989). «Transposition didactique. Cas de la physique», στο G. Arsac, M. Develay και A. Tiberghien (1989), *La transposition didactique en mathématiques, en physique, en biologie*. Λυόν. IREM-LIRDIS, 37-57.

Tyler, R. (1991). «Core Curriculum», στο A. Lewy (επιμ.), *The International Encyclopedia of Curriculum*. Pergamon Press.

UNESCO (1994). *Οδηγός του εκπαιδευτικού για τη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό και στο Γυμνάσιο* (επιμ. Γ. Αντωνίου, Δ. Κολιόπουλος, Μ. Μαυροπούλου και Γ. Μπαγάκης). Εκδόσεις Εκπαιδευτικά θέματα (2η έκδ. 1994).

- Κολιόπουλος, Δ.** (2005). *Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου φυσικών επιστημών*. Αθήνα. Εκδόσεις Μεταίχμιο.
- Κουζέλης, Γ.** (επιμ.) (1993). *Επιστημολογία. Κείμενα*. Αθήνα. Εκδόσεις Νήσος.
- Κουλαϊδής, Β.** (επιμ.) (2001). *Διδακτική των φυσικών επιστημών*. Πάτρα. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο (2 τόμοι).
- Κουμαράς, Π.** (1989). «Μελέτη της εποικοδομητικής προσέγγισης στην πειραματική διδασκαλία του ηλεκτρισμού». Διδακτορική διατριβή. Α.Π. Θεσσαλονίκης.
- Κωνσταντίνου, Κ., Φερωνύμου, Γ., Κυριακίδου, Ε. και Νικολάου, Χ.** (2002). *Φυσικές επιστήμες στο νηπιαγωγείο: Βοήθημα για τη νηπιαγωγό*. Λευκωσία. Εκδόσεις Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού Κύπρου.
- Klafki, W.** (1991). «Exemplar approach», στο A. Lewy (επιμ.), *The International Encyclopedia of Curriculum*. Pergammon Press.
- Klopfer, L.E.** (1991). «Scientific literacy», στο A. Lewy (επιμ.), *The International Encyclopedia of Curriculum*. Pergammon Press.
- Kuhn, T.S.** (1977). «Energy conservation as an example of simultaneous discovery», στο T.S. Kuhn (επιμ.), *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*. Σικάγο. University of Chicago Press, 66-104.
- Kuhn, T.S.** (1981). *Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων*. Θεσσαλονίκη. Σύγχρονα Θέματα.
- Lemeignan, G. και Weil-Barais, A.** (1997). *Η οικοδόμηση των εννοιών στη φυσική. Η διδασκαλία της Μηχανικής*. Τυπωθήτω (επιμ./μτφρ. Ν. Δαπόντες και Α. Δημητράκοπούλου).
- Levy-Leblond, J.M.** (1996). *La Pierre de touche. La science à l'épreuve*. Παρίσι. Editions Gallimard.
- Lijnse, P., Kortland, K., Eijkelhof, H., Van Genderen, D. και Hooymayers, H.** (1990). «A Thematic Physics Curriculum: A Balance between Contradictory Curriculum Forces». *Science Education*, 74, 1, 95-103.
- Μπαλτάς, Α.** (1984). Η «νοηματική» αυτονομία των θεωριών της φυσικής και το πρόβλημα της εκκλαίευσης», στο Αμντός. Κέντρο Μικρασιατικών Σπουδών, 111-124.
- Μπαλτάς, Α.** (2002). *Για την επιστημολογία του Λουί Αλτουσέρ*. Εκδόσεις Νήσος.
- Martinand, J.L.** (1983). «Questions pour la recherche: La référence et le possible dans les activités scientifiques scolaires». *Premier Atelier International de recherche en didactique de la physique*. Παρίσι. CNRS, 227-250.
- Martinand, J.L.** (1986). *Connaître et transformer la matière*. Βέρνη. Peter Lang.
- Martinand, J.L.** (1993). «Histoire et didactique de la physique et de la chimie: quelles relations?». *Didaskalia*, 2, 89-99.
- Matthews, M.** (1994). *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science*. Νέα Υόρκη. Routledge.
- Matthews, M.** (2000). *Time for Science Education. How Teaching of the History and Philosophy of Pendulum Motion can Contribute to Science Literacy*. Νέα Υόρκη. Kluwer Academic / Plenum Publishers.
- Matthews, M.** (2001). «Μεθοδολογία και πολιτική στις φυσικές επιστήμες: Η τύχη της

- Dimopoulos, K., Koulaidis, V. και Sklaveniti, S.** (2005). «Towards a Framework of Socio-Linguistic Analysis of Science Textbooks: The Greek Case». *Research in Science Teaching*, 35, 173-195.
- Dumas-Carré, A.** (1987). «La résolution de problèmes en physique au lycée». Διδακτορική διατριβή. Université Paris 7.
- Durandeau, J.P. et al.** (2004). *Physique - Chimie 2nd*. Παρίσι. Hachette.
- Garcia, R.** (1987). «Sociology and Sociogenesis of Knowledge», στο Inhelder B., de Caprona, D. και Cornu-Wells, A. (επιμ.), *Piaget today*. Lawrence Erlbaum, 127-140.
- Gilbert, J., Osborne, R.J. και Fensham, P.J.** (1982). «Children's Science and its Consequences for Teaching». *Science Education*, 66, 4, 623-633.
- Harlen, W. και Elstgeest, J.** (2005). *Διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση*. UNESCO-Τυπωθήτω (επιμ. Π. Κόκκοτας).
- Hodson, D.** (1988). «Toward a Philosophically More Valid Science Curriculum». *Science Education*, 72, 1, 19-40.
- Hofstein, A.** (1991). «Key Concepts: Science», στο A. Lewy (επιμ.), *The International Encyclopedia of Curriculum*. Οξφόρδη. Pergammon Press.
- Holton, G. και Brush, S.** (2002). *Εισαγωγή στις έννοιες και θεωρίες της φυσικής επιστήμης*. Αθήνα. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ.
- Johnsua, S.** (1985). «Contribution à la délimitation du contraint et du possible dans l'enseignement de la physique». Διδακτορική διατριβή, Université d'Aix-Marseille 2.
- Johnsua, S. και Dupin, J.J.** (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Παρίσι. Presses Universitaires de France.
- Κάλας, Β.** (1983). *Επιστημονική πρόοδος και ορθολογικότητα*. Θεσσαλονίκη. Σύγχρονα Θέματα.
- Κολιόπουλος, Δ., Θεοδωρόπουλος, Β., Κανδεράκης, Ν., Καριώτογλου, Π. και Σπυράκος, Δ.** (1989). «Προσεγγίζοντας την άσκηση φυσικής». *Νέα Παιδεία*, 49, 147-164.
- Κολιόπουλος, Δ.** (1997). «Επιστημολογικές και διδακτικές διαστάσεις των διαδικασιών συγκρότησης αναλυτικού προγράμματος: Η περίπτωση του διδακτικού μετασχηματισμού και της μάθησης της έννοιας της ενέργειας». Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Κολιόπουλος, Δ. και Ραβάνης, Κ.** (2001). «Η συγκρότηση αναλυτικών προγραμμάτων για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: Από τον εμπειρισμό στη θεωρία των αναλυτικών προγραμμάτων και τη Διδακτική των φυσικών επιστημών», στο Π. Κόκκοτας και Ι. Βλαχου (επιμ.), *Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στις αρχές του 21ου αιώνα. Προβλήματα και προοπτικές*, Ένωση για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Εκδόσεις Γρηγόρη, 67-76.
- Κολιόπουλος, Δ., Γκρίτση, Φ. και Ζόγκζα, Β.** (2003). «Μια συγκριτική ανάλυση αναλυτικών προγραμμάτων φυσικών επιστημών για την προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία: Η περίπτωση του θεματικού και εννοιολογικού περιεχομένου», στο Μ. Τσιτουρίδου (επιμ.), *Οι φυσικές επιστήμες και οι νέες τεχνολογίες στην εκπαίδευση παιδιών προσχολικής ηλικίας*. Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις Τζιόλα, 63-68.
- Κολιόπουλος, Δ.** (2004). «Φυσικές επιστήμες στην προσχολική εκπαίδευση: Ερευνητικές τάσεις στην Ελλάδα και στην Κύπρο». *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Έρευνα και Πράξη*, 7, 2-4.