

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου

1.1 ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ¹

1.1.1 Εισαγωγή

Όσοι ασχολούνται με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.), σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης αντιμετωπίζουν βασικά ερωτήματα όπως: τι είδους γνωστικό αντικείμενο θα διδάξουμε και πως; ποιος ο ρόλος των ιδεών των μαθητευομένων (μαθητών, φοιτητών, επιμορφούμενων εκπαιδευτικών, ...) και ποιοι άλλοι παράγοντες επηρεάζουν την εκπαίδευση στις Φ.Ε.; Η Διδακτική των Φ.Ε. πέρασε τα τελευταία 40 περίπου χρόνια από τη φάση της καινοτομίας (δεκαετίες '60 και '70) στη φάση της ανάλυσης των παραγόντων που επηρεάζουν τη διδασκαλία, κυρίως μέσα από την καταγραφή και μοντελοποίηση των ιδεών των μαθητών (ι.μ.) (Driver et al. 1985 / 93) και λιγότερο μέσα από την ανάλυση του προς διδασκαλία περιεχομένου. Οι πολλές απόπειρες της δεκαετίας του '90 για σύνθεση των προτάσεων με στόχο τη διδακτική παρέμβαση, αν και στις περισσότερες περιπτώσεις βρίσκονταν μέσα στο εποικοδομητικό πλαίσιο, ήταν μάλλον αποκλίνουσες (Duit 1994).

Μια προσπάθεια σύνθεσης προερχόμενη από τη διδακτική αποτέλεσε η εισαγωγή της έννοιας «παιδαγωγική γνώση περιεχομένου» (π.γ.π.), η οποία είναι συνδυασμός ειδικού γνωστικού περιεχομένου (π.χ. Φ.Ε.) και παιδαγωγικών αρχών και πρακτικών. Δίνει τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να αντιληφθούν πως συγκεκριμένες ενότητες του περιεχομένου οργανώνονται, αναπαριστώνται και προσαρμόζονται στα αποκλίνοντα ενδιαφέροντα και ικανότητες των μαθητευομένων και κατά

¹ Η εισαγωγή αυτή στηρίζεται σε ανακοίνωση του συγγραφέα στο 8^ο Πανελλήνιο Συνέδριο της ΕΕΦ, Πύργος, 1999 (βιβλιογραφία).

συνέπεια πως μπορούν να διδαχτούν με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα.

Σύμφωνα με τον Shulman (1987) το περιεχόμενο διδάσκεται έτσι ώστε να μπορεί να μαθευτεί και όχι προς τούτοις. Η π.γ.π περιλαμβάνει τρόπους αναπαράστασης και μετασχηματισμού του περιεχομένου ώστε να γίνει κατανοητό, γνώση των ι.μ., στρατηγικές που είναι πιθανό να είναι πιο παραγωγικές σε κατανόηση κ.λ.π. Η π.γ.π. αναπτύσσεται σε έμπειρους εκπαιδευτικούς μέσα από μια κυκλική διαδικασία κατανόησης, κριτικής θεώρησης των ιδεών ή του κειμένου που θα διδαχτεί, μετασχηματισμό του περιεχομένου όπως κατανοείται από τον εκπαιδευτικό, διδασκαλίας και αξιολόγησης των μαθητευόμενων, αναστοχασμού πάνω στην εμπειρία τους με στόχο μια νέα κατανόηση. Οι Psillos και Barbas (1995) εφάρμοσαν ορισμένες από τις παραπάνω ιδέες στην εκπαίδευση εκπαιδευτικών Α΄ βάθμιας εκπαίδευσης δίνοντας έμφαση στην κριτική κατανόηση και το μετασχηματισμό του περιεχομένου, μέσα από την ανάγνωση των αντίστοιχων εγχειριδίων του Δημοτικού Σχολείου. Το αποτέλεσμα ήταν θετικό αφού το πλαίσιο αυτό δημιουργούσε κίνητρα για αναστοχασμό και τροποποίηση του περιεχομένου, αλλά και θετικότερη στάση ως προς τη Φυσική. Παράλληλα η διαδικασία αυτή βοηθούσε στην ανάδειξη των εννοιολογικών δυσκολιών που ξεπερνιούνταν μέσα από κατάλληλες διδακτικές παρεμβάσεις και συζήτηση.

Μια ενδιαφέρουσα πρόταση για τη π.γ.π. προέρχεται από τους Magnuson et al. (1994), οι οποίοι διακρίνουν πέντε (5) συνιστώσες της π.γ.π.: α) γνώση και πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών για τους σκοπούς και τους στόχους της διδασκαλίας των Φ.Ε. κατά ηλικία, καθώς και για τα εγχειρίδια, β) γνώση των στόχων και των σκοπών των Φ.Ε. που θα διδαχτούν ή διδάχτηκαν σε προηγούμενες φάσεις, καθώς και των αναλυτικών προγραμμάτων που ισχύουν, ή ίσχυαν παλιότερα ή ακόμη και των αλλαγών που φαίνεται να έρχονται, γ) γνώση των ικανοτήτων και δεξιοτήτων που προαπαιτούνται από τους μαθητές καθώς και των εννοιών που τους δυσκολεύουν στη μάθηση ενός γνωστικού πεδίου δ) γνώση των στοιχείων που πρέπει να αξιολογηθούν π.χ. εννοιολογική γνώση, φύση επιστήμης, καθώς και των τρόπων αξιολόγησης, γραπτά τεστ,

εργαστηριακή εμπειρία (Χαλκιά 2000) κ.λ.π. ε) γνώση των ειδικών και γενικών στρατηγικών για τη διδασκαλία συγκεκριμένων θεμάτων Φ.Ε., π.χ. αναπαραστάσεις, αναλογίες, γνωστική σύγκρουση κ.λ.π.

Στην προσπάθεια ανάπτυξης διδακτικών ακολουθιών (Meheut and Psillos 2004; Kariotoglou 2002; Psillos and Kariotoglou 1999) οι οποίες υλοποιούν την π.γ.π., για ερευνητικούς και διδακτικούς λόγους δόθηκε έμφαση σε τέσσερις (4) αρχές – άξονες για την ανάπτυξη π.γ.π. Φ.Ε., σε μια προσπάθεια σύνθεσης των σημαντικότερων βιβλιογραφικών προτάσεων.

1.1.2 Μια πρόταση για την παιδαγωγική γνώση περιεχομένου φυσικών επιστημών

Οι τέσσερις αρχές, μη γραμμικά συνδεδεμένες, αποτελούν ένα δυναμικό δίκτυο αλληλεπιδράσεων και είναι οι εξής: Η πρώτη αρχή αφορά το διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου, από το επίπεδο του επιστημονικού μοντέλου σε γνώση κατάλληλη για να διδαχτεί στο στοχούμενο πληθυσμό. Η απλοποίηση του επιστημονικού προτύπου είναι η συνήθης πρακτική, κυρίως όσον αφορά την επιλογή δύσκολων στοιχείων του περιεχομένου, ή /και το μαθηματικό φορμαλισμό. Ο τελευταίος τροποποιείται για να διδαχτεί στις χαμηλότερες εκπαιδευτικές βαθμίδες και σε διάφορους πληθυσμούς. Ως παράδειγμα, η μετατροπή των παραγώγων (dx/dt) σε πηλικά διαφορών ($\Delta x/\Delta t$) και στη συνέχεια σε πηλικά μεγεθών (x/t). Στόχος είναι πάντα να μη θιγεί η αυστηρή μαθηματική θεμελίωση και άρα να διατηρηθεί η εγκυρότητα του επιστημονικού περιεχομένου. Αυτό σε αντίθεση με την Τεχνολογία, όπου χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση μοντέλα που λύνουν τεχνικά προβλήματα, έστω και αν τα χρησιμοποιούμενα μοντέλα έχουν αποκλίσεις από τα επιστημονικά, ή δεν είναι τα αποδεκτά από την επιστήμη, αυτή τη χρονική περίοδο. Ως παράδειγμα, το μοντέλο του θερμικού ρευστού που χρησιμοποιούν οι θερμομηχανικοί, προηγείται χρονικά της κινητικής θεωρίας και δεν μπορεί να ερμηνεύσει όλα τα σχετικά φαινόμενα (Καριώτογλου 2002).

Η δεύτερη αρχή αφορά τη διδακτική αξιοποίηση των ιδεών των

μαθητευομένων (μαθητές, φοιτητές, επιμορφούμενοι εκπαιδευτικοί,...). Σήμερα γνωρίζουμε ότι οι μαθητευόμενοι έχουν διαισθητικές απόψεις για τις περισσότερες έννοιες και φαινόμενα, άλλοτε συμβατές και άλλοτε αντίθετες με το επιστημονικό πρότυπο (Psillos & Kariotoglou 1999). Ταυτόχρονα φαίνεται πως οι απόψεις αυτές επηρεάζουν τη μάθηση (Gilbert et al. 1982). Οι παραπάνω παρατηρήσεις οδηγούν στην αναγκαιότητα διδακτικής αξιοποίησης, γεγονός που προϋποθέτει την ταξινόμηση και τη μοντελοποίησή τους. Είναι δηλαδή πια δηλωτική γνώση της Διδακτικής των Φ.Ε.

Η τρίτη αρχή αφορά την επιλογή του πεδίου εφαρμογών (πειραμάτων - φαινομένων), ενώ σχετίζεται ισοδύναμα με τις δύο προηγούμενες. Η συνήθης πρακτική θεωρεί εκ των προτέρων ότι, κάθε φαινόμενο ή πείραμα που ερμηνεύεται ή περιγράφεται με έννοιες αυτής της περιοχής, αποτελεί εν δυνάμει στοιχείο του περιεχομένου που θα διδαχτεί. Θεωρούμε ότι τα φαινόμενα και τα πειράματα που θα διδαχτούν δεν επιλέγονται τυχαία, αλλά εξυπηρετούν την υλοποίηση των διδακτικών στόχων, αλλά και των γνωστικών απαιτήσεων του εννοιολογικού ή διαδικαστικού περιεχομένου.

Η τέταρτη αρχή αφορά το συνδυασμό κατάλληλων διδακτικών μοντέλων για την υλοποίηση της διδασκαλίας. Τα πιο κλασσικά διδακτικά μοντέλα μεταφοράς και ανακάλυψης της γνώσης εμπλουτίζονται με τις στρατηγικές της ενίσχυσης ή σχηματισμού εννοιών και της γνωστικής σύγκρουσης, με τα οποία η εποικοδομητική προσέγγιση εμπλούτισε τη μεθοδολογία (Psillos & Kariotoglou 1999). Ο παραδοσιακός διδακτικός σχεδιασμός προέβλεπε γραμμικό καθορισμό των επιμέρους συνιστωσών του διδακτικού μοντέλου π.χ. στόχοι, διδακτικά υλικά, διδακτική μέθοδος, ερωτήσεις κ.λ.π., μαζί με μια διαδικασία ανάδρασης και βελτίωσης μέσα από την εφαρμογή. Οι παραπάνω αρχές που προτείνουμε δεν συγκροτούν ένα γραμμικά ιεραρχημένο σχεδιασμό, αλλά το μοντέλο της π.γ.π. είναι ένα δυναμικό σύστημα αλληλεπιδράσεων των τεσσάρων συνιστωσών του (Eggen & Kauchak 1991). Ως παράδειγμα, ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου επηρεάζει τόσο τη καταγραφή των ι.μ., όσο και την επιλογή των πειραμάτων, ενώ η

ανάδειξη των γνωστικών απαιτήσεων σχετίζεται ταυτόχρονα και με τις τέσσερις αρχές. Αυτό γιατί οι γνωστικές απαιτήσεις μας οδηγούν στην ανάδειξη των ι.μ., με κατάλληλα έργα – πειράματα ή φαινόμενα, άρα καθορίζουν το πεδίο εφαρμογών. Ταυτόχρονα οι δυσκολίες αυτές απαιτούν ειδική κατά περίπτωση διδακτική προσέγγιση, και άρα καθορίζουν και τη διδακτική μέθοδο. Ο μη γραμμικός σχεδιασμός είναι σε συμφωνία με την εποικοδομητική προσέγγιση και θα αναδειχτεί με τα παραδείγματα που ακολουθούν.

1.1.3 Εφαρμογή της πρότασης

Εφαρμόσαμε την πρόταση αυτή, για τη π.γ.π. πειραματικά, στη διδασκαλία των ρευστών και της πίεσης σε μαθητές Γυμνασίου και φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος Δ.Ε. Σημαντικό στοιχείο του διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου αποτελεί η εισαγωγή της πίεσης ως πρωταρχικού μεγέθους, αντί της παραδοσιακής εισαγωγής σε σχέση με τη δύναμη. Η εισαγωγή στηρίζεται στην ποιοτική και πειραματική εισαγωγή της έννοιας, μέσα από απλά φαινόμενα, στα οποία αναδεικνύεται ο ρόλος της πίεσης στην πρόβλεψη, περιγραφή και ερμηνεία φαινομένων. Η πειραματική εισαγωγή στηρίζεται στη μέτρηση της πίεσης, γεγονός που κατά τους μαθητευόμενους δείχνει ότι υπάρχει, ως φυσικό μέγεθος. Με την πρόοδο της διδασκαλίας εισάγονται θεωρητικά ή αναδεικνύονται πειραματικά και άλλα χαρακτηριστικά της πίεσης όπως η έλλειψη κατεύθυνσης, η εξάρτηση από το βάθος και το είδος του υγρού. Η σύνδεσή του με τη δύναμη γίνεται στο τέλος της διδακτικής ακολουθίας, με τη γνωστή γραμμική σχέση: $F = P \times S$ (Καριώτογλου 1991).

Οι ιδέες των μαθητευόμενων για την έννοια της πίεσης έχουν καταγραφεί και ταξινομηθεί σε παλαιότερη εργασία μας (Kariotoglou & Psillos 1993) σε τρία νοητικά μοντέλα: α) συνωστισμένου πλήθους β) πιεσοδύναμης γ) υγρότητας. Οι μαθητευόμενοι που ακολουθούν το πρώτο μοντέλο θεωρούν ότι τα υγρά σε στενά δοχεία συμπιέζονται. Όσοι ακολουθούν το μοντέλο της πιεσοδύναμης ταυτίζουν την πίεση με τη δύναμη (υδροστατικό παράδοξο). Όσοι ακολουθούν το μοντέλο της υγρότητας έχουν απόψεις πολύ κοντά στις επιστημονικές. Διαπραγμα-

τεύομαστε τις ιδέες των μαθητών του συνωστισμένου πλήθους στην αρχή της διδασκαλίας γιατί θεωρούμε απαραίτητη την έννοια της ασυμπίεστότητας των υγρών για την υπόλοιπη διδασκαλία. Η διάκριση πίεσης – δύναμης (μοντέλο πιεσοδύναμης) διαπραγματεύεται στο μεγαλύτερο μέρος της διδακτικής ακολουθίας (Karriotoglou 2002) γιατί θεωρούμε ότι πρόκειται για δύσκολο γνωστικό εμπόδιο που απαιτεί ιδιαίτερη διδακτική προσέγγιση. Οι ιδέες των μαθητευομένων που είναι συμβατές με τις επιστημονικές απόψεις ενισχύονται, πειραματικά ή θεωρητικά, κυρίως στη φάση διαπραγμάτευσης των παραγόντων που επηρεάζουν την πίεση.

Παρόμοια νοητικά μοντέλα ανακαλύψαμε στους μαθητές όταν διαπραγματεύονται τη σχέση της πυκνότητας με την ποσότητα της ύλης στην οποία αναφέρονται. Τα τρία μοντέλα είναι: α) «*επιστημονική άποψη*» για την πυκνότητα. Φαίνεται να υιοθετείται από σημαντική μερίδα μαθητών που αντιλαμβάνονται την πυκνότητα ως εντατικό μέγεθος ή ως ιδιότητα του υγρού β) «*ποσοτική άποψη*» για την πυκνότητα. Φαίνεται να υιοθετείται από μια μερίδα μαθητών, που θεωρούν ότι η πυκνότητα εξαρτάται από την ποσότητα του συστήματος γ) «*συμπιεστική άποψη*» για την πυκνότητα. Φαίνεται να υιοθετείται από μια μικρή μερίδα μαθητών που θεωρεί ότι η πυκνότητα ενός υγρού σε στενά δοχεία αυξάνεται, ή ότι το υγρό συμπιέζεται (Φασουλόπουλος 2000; Fassouloropoulos et al. 2003).

Σημαντικές εμπειρικές δραστηριότητες αυτής της εφαρμογής αποτελούν ο πειραματικός έλεγχος των μεταβλητών που επηρεάζουν ή όχι την υδροστατική πίεση. Ο στόχος είναι διπλός, αφενός η ενίσχυση των διαισθητικών αντιλήψεων των μαθητευομένων και αφετέρου η εξάσκησή τους σε θέματα πειραματικής μεθοδολογίας. Άλλη ομάδα πειραμάτων (μέτρηση / σύγκριση πίεσης / δύναμης σε φαρδύ – στενό δοχείο και φαρδιάς / στενής βεντούζας) στοχεύει στη δημιουργία γνωστικής σύγκρουσης για τη διάκριση πίεσης – δύναμης. Στηρίζονται στη γνωστική απαίτηση για τη διάκριση των δύο μεγεθών ως εντατικών / εκτατικών, δηλαδή αν επηρεάζονται από την ποσότητα του συστήματος στο οποίο αναφέρονται, που φαίνεται να αποτελούν εννοιολογικό εμπόδιο για πολλούς μαθητευόμενους.

Στην περίπτωση της διδασκαλίας της θερμότητας – θερμοκρασίας, κρίσιμα πειράματα – φαινόμενα αποτελούν η μέτρηση – σύγκριση της θερμοκρασίας σε πισίνα και σε ένα κουβά με νερό από την πισίνα. Αυτό για να διαπιστώσουν οι μαθητευόμενοι ότι η θερμοκρασία είναι εντατικό μέγεθος, δηλαδή δεν εξαρτάται από την ποσότητα της ύλης στην οποία αναφέρεται. Ανάλογα τα πειράματα διαστρωμάτωσης υγρών στοχεύουν στην ανάδειξη της πυκνότητας ως κριτήριο για τη διαστρωμάτωση, αντί των μεγεθών όγκου και βάρους που συνήθως χρησιμοποιούν οι μαθητές.

Ο συνδυασμός των κατάλληλων διδακτικών μεθόδων θα γίνει από ένα σύνολο που περιλαμβάνει την πολλαπλή γνωστική ενίσχυση των διαισθητικών ιδεών των μαθητευόμενων που βρίσκονται κοντά στις επισημονικές. Τη γνωστική σύγκρουση για όσες ιδέες αποκλίνουν σημαντικά από τις επισημονικές. Η καθοδηγούμενη ομαδοσυνεργατική διδασκαλία προτείνεται για γνωστικές περιοχές που ενώ δεν περιλαμβάνουν σημαντικές εννοιολογικές δυσκολίες, προσφέρεται για την άσκηση των μαθητευόμενων στις πειραματικές διαδικασίες των Φ.Ε., όπως η παρατήρηση και καταγραφή, ταξινόμηση, ερμηνεία κ.λ.π. (Καριώτογλου κ.α. 1997). Τέλος η επίδειξη ή και η ανακαλυπτική επίδειξη προτείνονται σε περιπτώσεις εισαγωγής στις διαδικασίες της πειραματικής μεθοδολογίας ή σε περίπτωση έλλειψης υλικοτεχνικής υποδομής. Παράλληλα με το συνδυασμό των διδακτικών μεθόδων θεωρείται ότι ο διδάσκων έχει γνώση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των μαθητευόμενων, του σχολείου και της διοίκησης – διαχείρισης της τάξης, ώστε να αναπτύξει το κατάλληλο διδακτικό συμβόλαιο με τους μαθητευόμενους.

Μερικά στοιχεία που δείχνουν τις δυναμικές αλληλεπιδράσεις των τεσσάρων συνιστωσών της π.γ.π. αντί του γραμμικού σχεδιασμού αποτελούν η εισαγωγή της πίεσης ως πρωταρχικό μέγεθος, αφού η παραδοσιακή φορμαλιστική εισαγωγή ενισχύει τις εναλλακτικές ιδέες των υποκειμένων της διδασκαλίας, τις οποίες είχαμε ταξινομήσει ως εναλλακτικό μοντέλο πιεσοδύναμης. Η επιλογή των πειραμάτων φαρδύ / στενό δοχείο, φαρδιά / στενή βεντούζα στοχεύει στη δημιουργία γνωστικής σύγκρουσης, αντιμετωπίζει τις ιδέες των μαθητευόμενων που ταξινομή-

θηκαν ως μοντέλο πιεσοδύναμης, ενώ ταυτόχρονα αναδεικνύει ως γνωστικό εμπόδιο τη θεώρηση της πίεσης ως εντατικού μεγέθους. Τέλος η διδακτική στρατηγική της ενίσχυσης επιβάλλεται γιατί οι ιδέες αυτές είναι συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, ενώ η σύγκρουση κρίθηκε απαραίτητη για την υπέρβαση του γνωστικού εμποδίου της πίεσης ως εντατικού μεγέθους (Καριώτογλου 2002).

1.1.4 Συμπεράσματα από την εφαρμογή

Στα πλαίσια μιας επερχόμενης εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης (Duit 1998) θα πρέπει να αξιοποιήσουμε τις εμπειρίες και τα δεδομένα που παράχθηκαν στις τέσσερις περίπου δεκαετίες που η διδακτική των Φ.Ε. υπάρχει ως διακριτός επιστημονικός κλάδος, στοχεύοντας προς την επιστημονική συγκρότηση του χώρου. Σε μια τέτοια κατεύθυνση η ανάπτυξη εννοιών όπως η π.γ.π. μπορούν να συμβάλλουν θετικά μέσα από τις εφαρμογές τους. Στην εισαγωγή αυτή περιγράψαμε ένα μοντέλο ανάπτυξης π.γ.π. Φ.Ε. για την εκπαίδευση μαθητών ή μελλοντικών εκπαιδευτικών. Η εφαρμογή του στην αρχική εκπαίδευση δασκάλων ήταν επιτυχής, τόσο ως προς τη μάθηση εννοιολογικής και διαδικαστικής γνώσης (Kariotoglou 2002; Psillos and Kariotoglou 1999), όσο και ως προς την εξάσκηση των φοιτητών στην εκτέλεση πειραμάτων και στο όλο περιβάλλον μάθησης που επικράτησε. Από τις παραπάνω εφαρμογές φάνηκε ότι η διαπλοκή περιεχομένου και πειραματικής μεθοδολογίας, καθώς και η ερμηνεία κάποιων στοιχείων της διδασκαλίας στη βάση της ακολουθούμενης διδακτικής μεθοδολογίας, έδωσαν μια σφαιρική αντίληψη για τη μάθηση των Φ.Ε. έναντι των αποσπασματικών γνώσεων που πιθανόν παίρνουν σε άλλες περιπτώσεις. Παρ' όλ' αυτά παραμένει ανοικτό το πρόβλημα της διασύνδεσης περιεχομένου (εννοιολογικού ή διαδικαστικού) και διδακτικής μεθοδολογίας που δεν αντιμετωπίζεται εδώ (Σπύρτου 2002).

1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

1.2.1 Εισαγωγή

Στη συνέχεια προτείνεται η ταυτόχρονη μελέτη στοιχείων του μετασχηματισμένου περιεχομένου των Φ.Ε., των ιδεών των μαθητών για τις σχετικές έννοιες και φαινόμενα και μεθόδων διδασκαλίας τους. Η τρίτη αρχή της π.γ.π., που αφορά το πεδίο πειραμάτων και φαινομένων, δεν εμφανίζεται ως ανεξάρτητη ενότητα, ενυπάρχει όμως τόσο στο επίπεδο πειραμάτων και φαινομένων που μελετώνται ως τμήμα του περιεχομένου, όσο και ως εφαρμογές που χρησιμοποιούνται στις προτεινόμενες μεθόδους διδασκαλίας. Η αιτιολόγηση είναι ότι σ' αυτό το επίπεδο θεώρησης μας ενδιαφέρουν τα φαινόμενα – πειράματα που επελέγησαν, παρά η διαδικασία ανάδειξης τους που είναι προϊόν έρευνας. Μονάδα περιγραφής και παρουσίασης είναι η ενότητα των Φ.Ε. που περιλαμβάνει φαινόμενα που ερμηνεύονται από μικρό αριθμό συγγενών φυσικών εννοιών. Ως παράδειγμα, φαινόμενα ρευστών (πίεση – άνωση), θερμικά φαινόμενα (θερμότητα – θερμοκρασία).

Προτείνεται λοιπόν μια μοντελοποίηση του περιεχομένου των Φ.Ε. σε δύο επίπεδα: 1^ο υλικός κόσμος (φαινόμενα ή / και αντικείμενα) και 2^ο μοντέλο (έννοιες, αρχές, νόμοι, πειραματική μεθοδολογία). Η σύνδεση των δύο επιπέδων μπορεί να οδηγήσει σε διάφορα επίπεδα μάθησης, περισσότερο ή λιγότερο συμβατά με το επιστημονικό πρότυπο. Μέσα απ' αυτή τη θεώρηση οδηγούνται οι φοιτητές να προβλέπουν περιγράφουν και ερμηνεύουν φυσικά φαινόμενα.

Η προσέγγιση αυτή του περιεχομένου είναι προϊόν διδακτικού μετασχηματισμού του επιστημονικού προτύπου σε γνώση κατάλληλη να διδαχτεί στο στοχούμενο πληθυσμό. Στο επίπεδο αυτό επισημαίνονται γνωστά από τη βιβλιογραφία στοιχεία του γνωστικού περιεχομένου, που λειτουργούν ως εμπόδια (Κουλαϊδής 1994) και δυσκολεύουν την κατανόηση εννοιών από μη ειδικούς οδηγώντας σε μέτα-ανάγνωση (ή ένα «δεύτερο» διάβασμα) της επιστημονικής γνώσης. Επίσης η διαπραγμάτευση του περιεχομένου επηρεάζεται από τις καταγεγραμμένες εναλλακτι-

κές ιδέες των μαθητευομένων. Σε πολλές περιπτώσεις π.χ. αναφέρονται και οι παράγοντες που δεν επηρεάζουν το μέγεθος ή τη φυσική κατάσταση για να βοηθηθούν οι αναγνώστες που έχουν την συγκεκριμένη εναλλακτική άποψη. Π.χ. το ότι η άνωση δεν εξαρτάται από το βάρος του σώματος ή το βάθος στο οποίο είναι βυθισμένο το σώμα δεν αναφέρεται στα κλασσικά και έγκυρα εγχειρίδια φυσικής (Hewitt 2004), γιατί θεωρείται αυτονόητο της αρχής του Αρχιμήδη. Στο μετασχηματισμένο διδακτικά περιεχόμενο θεωρούμε ότι πρέπει να το αναφέρουμε για να βοηθηθεί ο εκπαιδευόμενος και να οδηγηθεί στην επιστημονική άποψη. Η πτυχή αυτή του περιεχομένου είναι άλλη μια ένδειξη της δυναμικής σχέσης των στοιχείων της π.γ.π. δηλαδή περιεχομένου – ιδεών μαθητευομένων.

Σημαντικό στοιχείο του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών, εκτός εννοιών και νόμων, αποτελούν τα μεθοδολογικά τους χαρακτηριστικά, δηλαδή οι διαδικασίες μέσα από τις οποίες παράγονται ορισμένα στοιχεία της επιστημονικής γνώσης. Γι' αυτό, ως τμήμα του συνοπτικού περιεχομένου, προτείνονται και ορισμένα στοιχεία πειραματικής μεθοδολογίας όπως η διαδικασία ανάδειξης των εμπειρικών νόμων ή η βαθμονόμηση των επιστημονικών οργάνων (θερμόμετρο, πυκνόμετρο, δυναμόμετρο,). Αυτά θεωρούμε ότι ολοκληρώνουν τη γνώση των Φυσικών Επιστημών των εκπαιδευτικών, και τους ενισχύουν την τάση να συμπεριλάβουν στη διδασκαλία τους και τέτοια στοιχεία. Τα τελευταία θεωρούνται ιδιαίτερα σημαντικά για τους μικρούς μαθητές γιατί αποφορτίζουν τη διδασκαλία από γνώσεις για απομνημόνευση και παράλληλα τους εξοικειώνουν με σημαντικές διαδικασίες των επιστημονικών μεθόδων, όπως η παρατήρηση, η μέτρηση η εξαγωγή σχέσεων κ.λ.π. (Τσελφές 2002; Τσελφές και Μουστάκα 2004; AAAS; Klein 2006).

Οι ιδέες των μαθητών του στοχούμενου πληθυσμού αποτελούν κρίσιμη παράμετρο στο σχεδιασμό της διδασκαλίας, γι' αυτό και περιλαμβάνονται σε ξεχωριστή ενότητα. Περιγράφονται ταξινομημένες έτσι ώστε να μπορούν να αξιοποιηθούν διδακτικά. Θεωρούμε ότι αποτελούν δηλωτική γνώση που πρέπει να κατέχουν οι εκπαιδευτικοί, χωρίς να παραγνωρίζουμε την ερευνητική αξία που έχει η διαδικασία ανάδειξης

(Driver κ.α. 1998). Ένας επιπλέον λόγος έμφασης στην πειραματική μεθοδολογία των Φ.Ε., που προαναφέρθηκε, είναι η χρήση των πειραμάτων στη διαδικασία ελέγχου των ιδεών των μαθητευομένων. Θεωρούμε δηλαδή ότι οι εκπαιδευτικοί πρέπει να κατέχουν σημαντικά στοιχεία των πειραματικών μεθόδων και γι' αυτό δίνονται και ιδιαίτερες ασκήσεις εξάσκησης σε δεξιότητες πειραματικού σχεδιασμού.

Παράλληλα περιγράφονται στοιχεία από το σχεδιασμό της διδασκαλίας αντιπροσωπευτικών ενοτήτων Φ.Ε. κατάλληλων για να διδαχτούν στο Νηπιαγωγείο και στο Δημοτικό Σχολείο και κάποια τμήματα πιθανόν και στο Γυμνάσιο. Αυτά είναι η ανάπτυξη σχεδίου μαθήματος με την επιλογή της κατάλληλης διδακτικής μεθόδου, η ανάπτυξη φύλλου εργασίας ή / και αξιολόγησης, η επιλογή των διδακτικών υλικών.

Επιμένουμε ιδιαίτερα στα κύρια και κρίσιμα σημεία και όχι σε λεπτομέρειες και περιττές εφαρμογές που θα ήταν κατάλληλα για φοιτητές Φ.Ε. ή Πολυτεχνείου, παρά για μελλοντικούς δάσκαλους Α' βάρθμιας και Προσχολικής Εκπαίδευσης. Θεωρούμε ότι οι τελευταίοι έχουν έργο τη διαπραγμάτευση με τους μαθητές τους των θεμελιωδών εννοιών και φαινομένων των Φ.Ε. Στόχος είναι οι μαθητευόμενοι που μελετούν αυτό το βιβλίο να είναι ικανοί να περιγράφουν, ερμηνεύουν και προβλέπουν βασικά φαινόμενα και εφαρμογές των Φ.Ε. Ως παράδειγμα, δεν θα ορίσουμε το σημείο βρασμού ή πήξεως που υπάρχει και στα εγχειρίδια του Δημοτικού, θα σχολιάσουμε όμως το γεγονός ότι παραμένουν σταθερά ενώ θερμαίνεται ή ψύχεται ένα σώμα, για να ενισχύσουμε τη διάκριση θερμοκρασίας – θερμότητας.

Ως κρίσιμα θέματα εννοούμε έννοιες και σε μερικές περιπτώσεις φαινόμενα και ερμηνείες που πιθανό να δημιουργήσουν εννοιολογικές δυσκολίες στους μαθητές ή και τους φοιτητές. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η έλλειψη διαφοροποίησης που υπάρχει μεταξύ εντατικών και εκτατικών φυσικών μεγεθών π.χ. πίεσης και δύναμης που αναφέραμε.

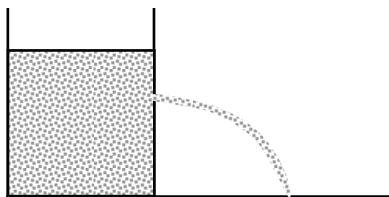
Στο βιβλίο αυτό θα μελετήσουμε στοιχεία από τη συγκρότηση π.γ.π. Φ.Ε. εφαρμοσμένης σε τρεις μελέτες περίπτωσης (case studies): τα ρευστά και την πίεση, τα θερμικά φαινόμενα και τη θερμότητα / θερμοκρασία και τα καθαρά σώματα / μείγματα με την πυκνότητα. Η επιλογή

των τριών περιπτώσεων έγινε γιατί περιλαμβάνουν φαινόμενα με τα οποία είναι ιδιαίτερα εξοικειωμένοι οι μικροί μαθητές, ενώ μερικά είναι και στοιχεία του παιχνιδιού τους. Ως παράδειγμα, πλεύση και βύθιση των σωμάτων, θέρμανση και ψύξη, μείγματα και διαχωρισμός τους. Παράλληλα, μια από τις κυρίαρχες έννοιες περιγραφής και ερμηνείας σχετικών φαινομένων είναι εντατικό μέγεθος (πίεση, θερμοκρασία, πυκνότητα), που όπως προαναφέραμε παρουσιάζουν μεγάλες δυσκολίες κατανόησης.

Σε κάθε περίπτωση θα δώσουμε το μετασχηματισμένο διδακτικά περιεχόμενο με στοιχεία αιτιολόγησης και ως χάρτη εννοιών, σύντομα τις ιδέες των μαθητών για τα σχετικά φαινόμενα, τα απαραίτητα πειράματα / φαινόμενα, καθώς και στοιχεία των διδακτικών μεθόδων που προτείνονται για τη διδασκαλία τους στο Δημοτικό Σχολείο ή το Νηπιαγωγείο. Το τελευταίο περιλαμβάνει ένα σχέδιο μαθήματος 1-2 διδακτικών ωρών για μια από τις κύριες ενότητες του κεφαλαίου και ένα μικρότερο φύλλο εργασίας για ένα σημαντικό πείραμα ή μια αντίστοιχη δραστηριότητα της ενότητας.

1.2.2 Ερμηνείες & Περιγραφές Φυσικών Φαινομένων

Ένας από τους βασικούς στόχους των Φ.Ε. και της διδασκαλίας τους είναι η περιγραφή και ερμηνεία φυσικών και χημικών φαινομένων. Οι περιγραφές γίνονται συνήθως με τη χρήση εννοιών, ενώ οι ερμηνείες στηρίζονται στη χρήση εννοιών, κανόνων ή αρχών και μοντέλων. Παράλληλα βέβαια χρησιμοποιούνται και κοινοί όροι. Ως παράδειγμα, η περιγραφή: «το νερό πετιέται από μια πλαϊνή τρύπα του δοχείου με φόρα» περιέχει μόνο κοινούς όρους (της καθομιλουμένης), ενώ η περιγραφή: «το νερό πετιέται με ορμή από την τρύπα, σχηματίζοντας μια φλέβα, λόγω της υδροστατικής πίεσης», περιέχει επιστημονικούς όρους,



Σχήμα 1.1: Το νερό βγαίνει από την τρύπα λόγω διαφοράς πίεσης

όπως υδροστατική πίεση, ορμή και φλέβα. Στις ερμηνείες η χρήση των επιστημονικών όρων είναι αναγκαία. Ως παράδειγμα, στην προηγούμενη περίπτωση μια ερμηνεία είναι: *«το νερό πετιέται από την τρύπα λόγω της επικρατούσας υδροστατικής πίεσης στο επίπεδο της τρύπας»*. Είναι επαρκής η ερμηνεία; το ερώτημα είναι δύσκολο και εξαρτάται από τις συνθήκες υπό τις οποίες δίδεται, π.χ. στο Δημοτικό Σχολείο μπορούμε να τη δεχτούμε ως επιστημονική. Μια άλλη ερμηνεία για το ίδιο φαινόμενο είναι η εξής: *«Αν θεωρήσουμε δύο σημεία μέσα και έξω από την τρύπα, θα υπάρχει διαφορά πίεσης μεταξύ της πίεσης που επικρατεί στο εσωτερικό του υγρού και είναι $P_{υδρ} + P_{ατμ}$ και της πίεσης στο εξωτερικό που είναι η $P_{ατμ}$ και ξέρουμε ότι διαφορά πίεσης προκαλεί κίνηση ρευστού από το σημείο ψηλής πίεσης σ' αυτό της χαμηλής πίεσης»*. Στην πραγματικότητα μετά την «απλοποίηση» της ατμοσφαιρικής πίεσης οι δυο ερμηνείες φαίνεται να πλησιάζουν.

Εκτός από τις περιγραφές και ερμηνείες που γίνονται με έννοιες και κανόνες της γνωστικής περιοχής που αναφερόμαστε, υπάρχουν και διαφαινομενολογικές περιγραφές και ερμηνείες. Τέτοιες π.χ. είναι αυτές που στηρίζονται στη χρήση της έννοιας της ενέργειας ή του μικροσκοπικού μοντέλου. Οι προσεγγίσεις αυτές, αν και σημαντικές γιατί καλύπτουν ευρείες ενότητες των Φ.Ε., είναι αρκετά δύσκολες για μικρούς μαθητές (Δημοτικό Σχολείο και Νηπιαγωγείο) και πρέπει να χρησιμοποιούνται με ιδιαίτερη προσοχή, για να αποφεύγονται πιθανές παρανοήσεις. Στην προσέγγιση αυτού του μαθήματος χρησιμοποιούμε την ενέργεια μόνο όπου είναι απαραίτητο και μάλιστα με τις επιμέρους εκφράσεις της π.χ. θερμότητα.

Σε σχέση με το σωματιδιακό μοντέλο θεωρούμε ότι υπάρχουν πολλές δυσκολίες για χρήση του στο Δημοτικό Σχολείο πολύ δε περισσότερο στο Νηπιαγωγείο. Ακόμη ότι απαιτείται ειδική εισαγωγή με διαρκή σύνδεση μοντέλου και πραγματικότητας για να αποφύγουμε να θεωρήσουν οι μαθητές τις αναπαραστάσεις / στοιχεία του μοντέλου ως πραγματικότητα. Τέτοιες αναπαραστάσεις οδηγούν σε ιδέες π.χ. ότι τα μόρια είναι μικρές ελαστικές σφαίρες ή τα ηλεκτρόνια σωματίδια που περιστρέφονται κυκλικά γύρω από τον πυρήνα. Υπάρχουν όμως

περιπτώσεις που είναι αναπόφευκτη η χρήση του σωματιδιακού μοντέλου, π.χ. η ερμηνεία ορισμένων θερμικών φαινομένων, όπως η διαστολή / συστολή των σωμάτων. Επιπλέον, στα θέματα που αφορούν τα χημικά στοιχεία, τις χημικές ενώσεις και τις αντιδράσεις, που είναι στοιχεία του σωματιδιακού μοντέλου, χρειάζονται όχι μόνο για την ερμηνεία, αλλά ακόμη και για την περιγραφή των σχετικών φαινομένων.

1.2.3 Χάρτης Εννοιών

Η αποτύπωση μιας γνωστικής περιοχής μπορεί να γίνει με τη μορφή ενός χάρτη εννοιών (Χ.Ε.), σχέσεων και φαινομένων της περιοχής αυτής (Novak 1987). Αντί της γνωστικής περιοχής, είναι δυνατόν, ο χάρτης να αποτυπώνει τη γνωστική δομή των μαθητών, οπότε ονομάζεται χάρτης ιδεών (Χ.Ι.) (Nussbaum 1985; Καριώτογλου κ.α. 1995). Ο Χ.Ι. αποτυπώνει τις ιδέες των μαθητών, που αφορούν τις βασικές έννοιες, νόμους, θεωρίες και φαινόμενα μιας γνωστικής περιοχής. Οι ιδέες συνδέονται με δεσμούς – γραμμές, ή / και με δεσμούς φράσεις μεταξύ των, με αποτέλεσμα ένα συνοπτικό και συνεκτικό εννοιολογικό δίκτυο. Ένα σημαντικό ερώτημα είναι ποιο μαθητή ή ομάδα μαθητών αντιπροσωπεύει ο Χ.Ι. Στην περίπτωση μας θα λέγαμε ότι αφορά ένα υποθετικό μαθητή, με την έννοια ότι περιλαμβάνει τις ιδέες των μαθητών που συναντάμε συχνότερα. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι δύο ή και τρεις, ακόμη και αντιφατικές. Δεν περιλαμβάνει όμως λιγότερο συχνές, σχεδόν μεμονωμένες, απόψεις.

Ο Χ.Ι. μπορεί να έχει διαγνωστικό ή διδακτικό χαρακτήρα. Στην πρώτη περίπτωση, σε σχέση με την απλή καταγραφή των ιδεών των μαθητών, έχει το πλεονέκτημα, ότι παρουσιάζει εποπτικά τη γνωστική δομή τους στην υπό μελέτη περιοχή. Δηλαδή παρουσιάζει τόσο τα στοιχεία της δομής, που εδώ είναι οι ι.μ. για τις έννοιες και τις σχέσεις των μεγεθών μεταξύ τους, όσο και τον τρόπο σύνδεσης μεταξύ των στοιχείων της δομής, όπως θα φανεί στη συνέχεια. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σήμερα που φαίνεται να εγκαταλείπονται οι παραδοσιακές μέθοδοι διδασκαλίας, οι οποίες συνήθως κατατείνουν στην εκμάθηση ενός μάλλον δύσχρηστου σώματος γνώσεων, ενώ το

ενδιαφέρον σήμερα τείνει σε μια πιο δημιουργική γνώση, για την κατανόηση της Φύσης και την επίλυση απλών προβλημάτων (Ψύλλος κ.α. 1993). Αυτό, μεταξύ των άλλων, σημαίνει ότι επιπλέον των στοιχείων της γνώσης ενδιαφερόμαστε και για τον τρόπο σύνδεσής της, δηλαδή για τη γνωστική δομή των μαθητών.

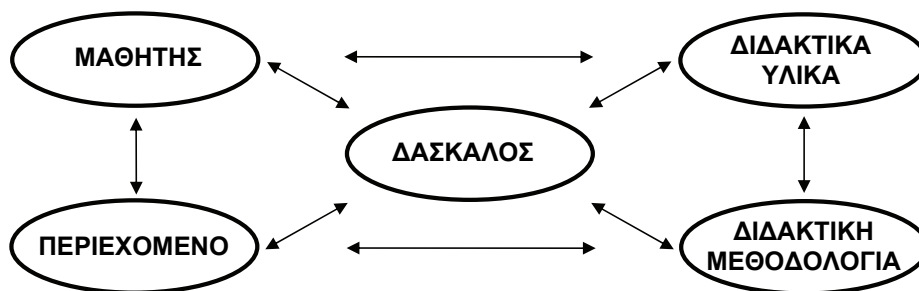
Όταν ο Χ.Ε. έχει διδακτικό προσανατολισμό, μπορεί να εμφανίζει ιεραρχική δομή, η οποία δεν συναντάται στην περίπτωση της απλής αποτύπωσης μιας γνωστικής περιοχής. Στην περίπτωση αυτή ο Χ.Ε. μπορεί επιπλέον να χρησιμοποιηθεί για την ταυτοποίηση των εννοιών που προαπαιτείται να κατανοηθούν πριν την εισαγωγή νέων, ενώ μπορεί να μας καθοδηγήσει στις ευκολότερες έννοιες από τις οποίες μπορούμε να αρχίσουμε τη διδασκαλία. Οι Χάρτες Εννοιών έχουν χρησιμοποιηθεί ως διδακτικά-μαθησιακά εργαλεία που οδηγούν σε μάθηση μέσα από κατανόηση. Αν και υπάρχει σημαντικός αριθμός ερευνών, οι οποίες εμφανίζουν ιδιαίτερα θετικά μαθησιακά αποτελέσματα, τα συμπεράσματά τους δεν είναι γενικεύσιμα (Roth 1994).

Η έρευνα για τους Χ.Ε. έχει κύρια αφετηρία τη ψυχολογική προσέγγιση του Ausubel που βρίσκεται πολύ κοντά στην επικοδομητική υπόθεση για τη διδασκαλία και τη μάθηση (Novak 1987). Με την έννοια αυτή η ανάπτυξη Χ.Ι. των μαθητών, σε ορισμένη γνωστική περιοχή, μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη στο σχεδιασμό διδακτικών παρεμβάσεων, για την τροποποίηση της γνωστικής δομής σε άλλη που να είναι πιο κοντά στην επιστημονική, στα πλαίσια της επικοδομητικής προσέγγισης της διδασκαλίας (Ψύλλος κ.α. 1993). Οι Χ.Ε. και Χ.Ι. μπορεί να χρησιμοποιούν διαφορετικά γεωμετρικά σχήματα για τα δομικά στοιχεία της αναπαράστασης. Στη συνέχεια θα χρησιμοποιούμε: ορθογώνια για σώματα ή και ιδιότητες, ελλείψεις για έννοιες ή και μεγέθη και τραπέζια για σχέσεις μεγεθών.

Θεωρούμε ότι η αποτύπωση του μετασχηματισμένου περιεχομένου μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς Α΄ βάθμιας, που δεν είναι ειδικοί στις Φ.Ε., να έχουν μια συνοπτική και ολοκληρωμένη εικόνα, μιας ευρύτερης ενότητας, σε κάποιες δε περιπτώσεις και με ιεράρχηση των θεμάτων που πρόκειται να διδάξουν. Χαρακτηριστικό παράδειγμα Χ.Ε. δίνεται στη σελ. 48 για τη γνωστική περιοχή των ρευστών και της πίεσης.

1.2.4 Στοιχεία σχεδιασμού της διδασκαλίας

Υπάρχουν πολλοί τρόποι περιγραφής των πιθανών αλληλεπιδράσεων στη διάρκεια της διδασκαλίας. Ένας από αυτούς περιλαμβάνει τέσσερις βασικούς παράγοντες που αλληλεπιδρούν στη διδακτική πράξη: περιεχόμενο, μαθητής, μέσα και μέθοδοι διδασκαλίας, θεωρώντας το δάσκαλο να τους συντονίζει και να καθορίζει τις αλληλεπιδράσεις τους, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.2: Οι αλληλεπιδράσεις των παραγόντων της διδασκαλίας

Με βάση την ιστορικά διαμορφωμένη παράδοση και αποφεύγοντας λεπτομερείς διακρίσεις μπορούμε να θεωρήσουμε την ανάπτυξη τριών διδακτικών μοντέλων, για τη διδασκαλία των Φ.Ε. Της μεταφοράς της γνώσης, της ανακάλυψης–διερεύνησης και της επικοδομησης της γνώσης που κυριαρχούν τα τελευταία 30 – 40 χρόνια. Σύμφωνα με το πρώτο οι μαθητές είναι παθητικά υποκείμενα της μάθησης και άρα οι δάσκαλοι μπορούν να τους μεταφέρουν / μεταγγίσουν τη γνώση. Στην περίπτωση του μοντέλου της ανακάλυψης – διερεύνησης θεωρείται ότι οι μαθητές μπορούν να ανακαλύψουν τη γνώση με ή χωρίς τη βοήθεια του εκπαιδευτικού. Τέλος με τη πιο σύγχρονη επικοδομητική προσέγγιση βρισκόμαστε σε ενδιάμεση κατάσταση, θεωρούμε ότι οι μαθητές επικοδομούν τη γνώση, αλλά σε μια διαδικασία κοινωνικής αλληλεπίδρασης, στην οποία ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι σημαντικός (Καριώτογλου κ.α. 1997; Ψύλλος κ.α. 1993; Κόκκοτας 1997). Για να βοηθηθεί ο αναγνώστης αυτού του βιβλίου περιγράφουμε σύντομα τα

τρία αυτά μοντέλα σε επόμενη ενότητα, χωρίς τη φιλοδοξία της αυστηρής θεμελίωσής τους.

Η ανάπτυξη του σχεδίου μαθήματος προϋποθέτει την ανάλυση του περιεχομένου / διδακτικό μετασχηματισμό (αναφερθήκαμε πριν) ώστε να προκύψουν τα στοιχεία που είναι κατάλληλα και μπορούν να διδαχτούν. Επίσης προβλέπει την επισήμανση των σημαντικότερων εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, γνωστών από τη βιβλιογραφία, στις οποίες ο δάσκαλος πρέπει να επιμένει ή να κάνει ειδικό σχεδιασμό για να τις αντιμετωπίσει. Με βάση την προηγούμενη ανάλυση γίνεται επιλογή των κατάλληλων διδακτικών υλικών π.χ. πειραμάτων, με χρήση Η/Υ (προσομοιώσεων ή συγχρονικών) ή παραδοσιακών, εικόνων, ταινιών κ.λ.π. Τέλος, αξιοποιώντας τα παραπάνω στοιχεία, να δομήσει μια πορεία διδασκαλίας, θέτοντας κατάλληλες ερωτήσεις σε σχέση με τα διδακτικά υλικά, για την υλοποίηση των γνωστικών του στόχων (Σπύρτου 2002).

Η επιλογή της διδακτικής μεθόδου σχετίζεται άμεσα με το είδος του περιεχομένου που θα διδαχτεί, τις πιθανές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για έννοιες του περιεχομένου και την ύπαρξη κατάλληλων διδακτικών υλικών. Περιεχόμενο που περιέχει έννοιες και γενικά νοητικές κατασκευές, ευνοεί πιθανές παρανοήσεις και εναλλακτικές ιδέες εκ μέρους των μαθητών και μας οδηγεί σε εποικοδομητικού τύπου προσεγγίσεις με πιθανή χρήση υλικών, παραδείγματα, μεταφορές, αναλογίες κ.λ.π. Η ύπαρξη περιγραφών ή ταξινομήσεων σωμάτων, σχέσεων μεγεθών ή φαινομένων, εφαρμογών κάποιων αρχών μπορεί να οδηγήσει σε ανακαλυπτικού / διερευνητικού τύπου διδασκαλία. Σ' αυτή, η χρήση διδακτικών υλικών είναι απαραίτητη, ενώ η διδακτική διαδικασία εξελίσσεται μέσα από τις απαντήσεις των μαθητών σε κατάλληλα σχεδιασμένες και διατυπωμένες ερωτήσεις, σε μετωπική ή ομαδοσυνεργατική διάταξη (η τάξη οργανωμένη σε μέτωπο ή σε μικρές ομάδες εργασίας). Η παραπάνω διάκριση δεν πρέπει να μας οδηγήσει σε απόλυτες τοποθετήσεις σε σχέση με την επιλογή της μεθόδου. Ανάμεσα στις ακραίες θέσεις: «δεν χρειάζονται ιδιαίτερες μέθοδοι διδασκαλίας, όλα τα περιεχόμενα διδάσκονται με τη γνωστή μέθοδο» και «κάθε περιεχόμενο χρειάζεται τη δική του διδακτική προσέγγιση» υπάρχει ένας λειτουργικός κανόνας που

λέει ότι ο εκπαιδευτικός πρέπει να γνωρίζει ένα περιορισμένο αριθμό διδακτικών μεθόδων – μοντέλων και να επιλέγει το καταλληλότερο. Φυσικά ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο μπορεί να διδαχτεί εξ ίσου καλά με δυο διαφορετικές μεθόδους, όπως επίσης μπορεί να διδαχτεί και με μια μικτή μέθοδο δύο ή / και τριών μοντέλων, ανάλογα με τα τμήματα του περιεχομένου.

Σημαντικό στοιχείο του διδακτικού σχεδιασμού αποτελούν τα φύλλα εργασίας, που μπορεί να αναφέρονται σε όλη τη διάρκεια της ωριαίας διδασκαλίας ή σε ένα μέρος της και χρησιμοποιούνται για ομαδική ή / και ατομική εργασία μαθητών. Μπορεί να προϋποθέτουν χειρισμό υλικών ή μόνο νοητικές διαδικασίες, έχουν στόχο τη διάγνωση των ιδεών ή την αξιολόγησή τους και περιέχουν ανοιχτές, κλειστές ή / και μικτού τύπου ερωτήσεις.

Η χρήση των φύλλων εργασίας είναι ένας πολύ εύκολος τρόπος να βάλουμε τους μαθητές να συζητήσουν μεταξύ τους, να αλληλεπιδράσουν, να υποστηρίξουν τις απόψεις τους και να αντικρούσουν τις απόψεις των άλλων. Μέσα από μια τέτοια διαδικασία είναι δυνατόν οι μαθητές να διατυπώσουν προσεγγίσεις συμβατές ή μη προς τις επιστημονικές, να κατασκευάσουν ερμηνείες, να δοκιμάσουν τις ιδέες τους. Ακόμη και το καλύτερο πείραμα δεν θα πρόσφερε διδακτικά αν δεν συνοδευόταν από κατάλληλη διδακτική αξιοποίηση, αν δηλαδή οι μαθητές δεν οδηγηθούν στην επεξεργασία των δεδομένων και την εξαγωγή συμπερασμάτων μέσα από συζήτηση.

Μερικοί εύκολοι τρόποι να φτιαχτεί ένα φύλλο εργασίας, πλην της διαπραγμάτευσης του πειράματος, στο οποίο το φύλλο εργασίας αποτελεί βασικό στοιχείο, είναι οι παρακάτω: για την διδακτική επεξεργασία εικόνων π.χ. περιγράψτε... ερμηνεύστε συγκρίνετε Να τους δίνουμε λέξεις – έννοιες για να φτιάχνουν προτάσεις και να τις συζητούν. Να γράφουμε κείμενα – ιστορίες και να ζητάμε από τους μαθητές να ανακαλύψουν πιθανά λάθη. Το ίδιο και με τη χρήση των χαρτών ιδεών, στον οποίο υπάρχουν προσχεδιασμένες λανθασμένες έννοιες ή αρχές ή και συνδέσεις.

1.3 ΟΙ ΙΔΕΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΚΑΙ ΤΗ ΜΑΘΗΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

1.3.1 Εισαγωγή

Από τα μέσα περίπου της δεκαετίας του 1970, σειρά από παρατηρήσεις και εμπειρικές έρευνες έδειξαν ότι, παρά τις μεταρρυθμίσεις που προκάλεσαν τα Αναλυτικά Προγράμματα της δεκαετίας του 1960 στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.), πολλοί μαθητές και μαθήτριες συναντούσαν σημαντικές δυσκολίες στην εφαρμογή του επιστημονικού προτύπου για να προβλέψουν, να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν φυσικά φαινόμενα. Ακόμη και μαθητές με υψηλούς βαθμούς στις εξετάσεις παρουσίαζαν ανάλογα προβλήματα. Αυτά τα δεδομένα οδήγησαν τους ερευνητές στην ποιοτική ανάλυση των «παρανοήσεων» των μαθητών, των λαθών δηλαδή που έκαναν όταν χρησιμοποιούσαν τις έννοιες των Φ.Ε. με μη επιστημονικό τρόπο. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να εγκαταλειφθεί η άποψη που επικρατούσε, ότι οι μαθητές έρχονται στο σχολείο χωρίς προϋπάρχοντα νοητικά σχήματα και ιδέες για τα φυσικά φαινόμενα και τις έννοιες που πρόκειται να διδαχθούν (*tabula rasa*) ή τουλάχιστον ότι αυτές αλλάζουν εύκολα με μια καλή διδασκαλία. Σήμερα παραδεχόμαστε όχι μόνο την προϋπάρχουσα γνώση, αλλά και ότι αυτή εμποδίζει ή διευκολύνει τη μάθηση της επιστημονικής γνώσης και ότι η γνώση που διδάσκεται δύσκολα αντικαθιστά την προϋπάρχουσα.

Στο σχηματισμό της υπαρχουσας γνώσης συμβάλλουν το φυσικό, τεχνολογικό και ανθρώπινο περιβάλλον. Οι καθημερινές εμπειρίες των μαθητών, τα προγράμματα της τηλεόρασης, η σωστή ή λανθασμένη χρήση της γλώσσας συμβάλλουν στη διαμόρφωση νέων νοητικών σχημάτων από τους μαθητές ή στην απόδοση σε μια έννοια νοήματος διαφορετικού από το επιστημονικό. Ως παράδειγμα, λέμε καθημερινά “κλείσε την πόρτα να μην μπει το κρύο” ή “... να μη φύγει η ζέστη”. Οι εκφράσεις αυτές μπορούν να οδηγήσουν τους μαθητές στην ιδέα ότι υπάρχουν δυο διαφορετικές οντότητες, η ζέστη και το κρύο, άρα και δυο διαφορετικοί μηχανισμοί θέρμανσης και ψύξης. Αντίθετα από τη μεριά της επιστήμης (Φυσική) θεωρούμε ότι υπάρχει μια μόνο οντότητα, η

ενέργεια, που μετακινείται από το ζεστό σώμα στο κρύο, όταν αυτά έλθουν σε επαφή και η οποία ενέργεια τότε λέγεται θερμότητα. Ένα άλλο παράδειγμα είναι η έκφραση: “κλείσε το φως” η οποία με όρους ηλεκτρικού κυκλώματος εκφράζεται εντελώς αντίθετα, με την έκφραση: “άνοιξε το κύκλωμα”.

Ακόμη όμως και τα σχολικά εγχειρίδια, στην προσπάθειά τους να αποδώσουν εποπτικότερα αφηρημένες έννοιες, συμβάλλουν στο σχηματισμό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, ως προς τις επιστημονικές. Ως παράδειγμα, σε πολλά εγχειρίδια συναντάται η έκφραση “το ρεύμα της μπαταρίας”, γεγονός που δημιουργεί την εντύπωση στους μαθητές ότι το ρεύμα υπάρχει αποθηκευμένο στη μπαταρία, αντί της ορθής άποψης ότι το ρεύμα δημιουργείται σε κλειστό κύκλωμα, όταν υπάρχει διαφορά δυναμικού, δηλαδή μπαταρία στο κύκλωμα.

Για τη μελέτη των ιδεών των μαθητών και μαθητριών (από δω και κάτω *ι.μ.*) καταγράφηκαν, μοντελοποιήθηκαν και διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις τους σε πολλές περιοχές των φυσικών επιστημών όπως: δύναμη και κίνηση, απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, ενέργεια, φως, αστρονομία, δομή και καταστάσεις της ύλης, πίεση κ.λ.π. (Driver κ.α. 1998). Οι έρευνες αφορούσαν τη μελέτη του τρόπου που οι μαθητές αναπαριστούν τις βασικές έννοιες των Φ.Ε. και χρησιμοποιούν τις έννοιες αυτές στην πρόβλεψη περιγραφή και ερμηνεία φυσικών φαινομένων. Διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές έχουν διαμορφωμένες ιδέες για τις έννοιες των φυσικών επιστημών και την ερμηνεία των φαινομένων πριν από την τυπική έναρξη της διδασκαλίας. Οι *ι.μ.* άλλοτε είναι συμβατές με τις επιστημονικές και άλλοτε όχι. Στην τελευταία περίπτωση μάλιστα φαίνεται να διατηρούνται ακόμη και μετά τη διδασκαλία, με μικρές ή μεγάλες τροποποιήσεις ή να συνυπάρχουν με τις επιστημονικές (Driver et al. 1993).

1.3.2 Τα χαρακτηριστικά των ιδεών των μαθητών

Οι *ι.μ.* προέρχονται από τα νοητικά σχήματα τα οποία οι μαθητές έχουν διαμορφώσει για το φυσικό κόσμο και με αυτή την έννοια είναι **ατομικές**. Μπορούμε όμως να διακρίνουμε κάποιες ομοιότητες δηλαδή κοινά χαρακτηριστικά, σε μια φυσική κατάσταση ή για μια έννοια και άρα

να τις **ομαδοποιήσουμε**. Ως παράδειγμα, έρευνες στις Η.Π.Α., Μ. Βρετανία, Γαλλία και Ελλάδα έδειξαν ότι, όταν οι μαθητές χρησιμοποιούν την έννοια της πίεσης των υγρών, στην πρόβλεψη και ερμηνεία σχετικών φαινομένων, συγχέουν την πίεση με την πιεστική δύναμη που προκαλεί η πίεση σε μια επιφάνεια. Η άποψη αυτή είναι κοινή στους παραπάνω μαθητικούς πληθυσμούς και σε ηλικίες 12 – 16 ετών, αν και η συχνότητα εμφάνισης ποικίλει από χώρα σε χώρα.

Μια ομαδοποίηση παρόμοιων απόψεων μαθητών έχει ονομασθεί (νοητικό) μοντέλο «πιεσοδύναμης» (Καριώτογλου 1991; Kariotoglou & Psillos 1993). Οι μαθητές που το χρησιμοποιούν αποδίδουν στην πίεση χαρακτηριστικά δύναμης. Ως παράδειγμα, οι μαθητές θεωρούν ότι η πίεση εξαρτάται από την ποσότητα του υγρού στο οποίο αναφέρεται, γεγονός που ισχύει για την αντίστοιχη πιεστική δύναμη. Χρησιμοποιούν την πίεση ως διανυσματικό μέγεθος, ενώ είναι αριθμητικό. Αναφέρονται στην πίεση με τις εκφράσεις “δέχεται” ή “ασκείται” που είναι σωστές για τη δύναμη, αλλά όχι για την πίεση, για την οποία ορθότερες είναι οι εκφράσεις “επικρατεί πίεση” ή “το υγρό έχει πίεση”.

Οι ι.μ. είναι **περιορισμένης** ισχύος και τείνουν να συνδέονται με **συγκεκριμένα** φαινόμενα και περιβάλλον. Αντίθετα, στην επιστήμη, οι επιστημονικές έννοιες χρησιμοποιούνται για γενικευμένες περιγραφές ή και ερμηνείες φαινομένων. Το γεγονός αυτό αποτελεί, ίσως, την πιο σημαντική διαφορά μεταξύ του επιστημονικού και του εμπειρικού – διαισθητικού τρόπου σκέψης, συνέπεια της οποίας είναι οι ι.μ. Ως παράδειγμα, όταν οι μαθητές προβλέπουν / περιγράφουν / ερμηνεύουν φαινόμενα που σχετίζονται με τη φωτοβολία λαμπών στο απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, χρησιμοποιούν ένα απλό διαισθητικό - αιτιακό σχήμα :

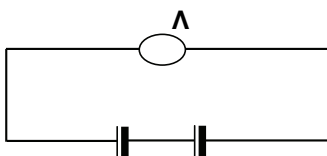
Δότης (μπαταρία) \Rightarrow Δέκτης (λάμπα)

Το παραπάνω αιτιακό σχήμα αποκτάει ποσοτική διάσταση με τη θέση:

περισσότερες μπαταρίες \Rightarrow περισσότερη λάμψη

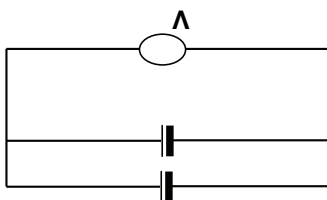
Η τελευταία θέση είναι ικανοποιητική όταν πρόκειται για μπαταρίες σε

σειρά, σχήμα 1.3, αφού με δύο μπαταρίες, πράγματι, έχουμε περισσότερη λάμψη.



Σχήμα 1.3: Η σύνδεση δυο μπαταριών σε σειρά αυξάνει τη φωτοβολία της λάμπας

Αν όμως οι μπαταρίες συνδεθούν παράλληλα, σχήμα 1.4, η φωτοβολία είναι ίδια και το σχήμα είναι ανεπαρκές για την πρόβλεψη και ερμηνεία τέτοιων φαινομένων.



Σχήμα 1.4: Η σύνδεση δυο μπαταριών παράλληλα δεν αυξάνει τη φωτοβολία της λάμπας

Αντίθετα το επιστημονικό μοντέλο, που περιγράφεται με τις σχέσεις:

$$V = I \times R \quad \text{και} \quad P = I^2 \times R$$

περιγράφει εξίσου ικανοποιητικά, τόσο την εν σειρά, όσο και την παράλληλη σύνδεση των μπαταριών (Κουμαράς 1989).

Σε πολλές έρευνες παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές εστιάζουν την προσοχή τους μάλλον σε καταστάσεις **κίνησης και αλλαγής**, παρά σε καταστάσεις **ισορροπίας**. Έτσι, για παράδειγμα, οι μαθητές αναγνωρίζουν την επίδραση δυνάμεων όταν τα σώματα κινούνται, αλλά όχι όταν ηρεμούν. Η άποψη αυτή βρίσκεται κοντά στην αντίστοιχη Αριστοτελική, που θεωρούσε τη θέση ισορροπίας ως φυσική θέση των σωμάτων, άρα δεν είχε ανάγκη δυνάμεων για την εξήγησή της. Οι μαθητές αισθάνονται

την ανάγκη να εξηγήσουν τις παρατηρούμενες αλλαγές σ' ένα φυσικό σύστημα μ' ένα μηχανισμό. Έτσι υποθέτουν μια αιτία, η οποία παράγει μια σειρά αποτελεσμάτων σε γραμμική, τοπική ή χρονική ακολουθία και αυτού του είδους οι συλλογισμοί ονομάζονται γραμμικοί αιτιακοί. Ένα παράδειγμα έχουμε στην περίπτωση που πιέζουμε το έμβολο μιας σύριγγας που περιέχει αέρα. Οι μαθητές δεν αναγνωρίζουν την ύπαρξη δύναμης ή πίεσης στα τοιχώματα της σύριγγας στην κατάσταση ισορροπίας, αλλά εξηγούν τη συμπίεση της σύριγγας μ' ένα συλλογισμό του είδους: “ασκήσαμε μια δύναμη/ πίεση που συμπίεσε το αέριο της σύριγγας”. Υπάρχει ένα αίτιο που προκαλεί ένα αποτέλεσμα, ενώ στην πραγματικότητα προκλήθηκε διαφορά πίεσης ή πιεστικής δύναμης που συμπίεσε το αέριο της σύριγγας.

Οι ι.μ. δεν έχουν κατ' ανάγκη κοινές ιδιότητες με τις επιστημονικές ή τμήματά τους. Οι μαθητές χρησιμοποιούν γενικές και **αδιαφοροποιήτες** ιδέες στη θέση πολλών εξειδικευμένων εννοιών των Φυσικών Επιστημών. Συνέπεια αυτού είναι οι μαθητές να δίνουν διαφορετικές ερμηνείες σε ίδια φαινόμενα, χωρίς αυτό να τους δημιουργεί αντιφάσεις. Οι γενικευμένες αυτές ιδέες αποτελούν μια από τις αιτίες που οι ερμηνείες των μαθητών δεν είναι ακριβείς. Τέτοια παράδειγμα αδιαφοροποιήτων εννοιών έχουμε στην περίπτωση της θερμοκρασίας και της θερμότητας. Πολλές φορές οι μαθητές λένε ότι ένα σώμα παίρνει ή χάνει θερμοκρασία, ενώ αυτό που πράγματι συμβαίνει είναι ότι η θερμοκρασία του ανεβαίνει ή κατεβαίνει, επειδή πήρε ή έδωσε θερμότητα αντίστοιχα (Καρανίκας 1996).

1.3.3 Ο ρόλος των ιδεών των μαθητών στη διδασκαλία και τη μάθηση

Οι ι.μ. για τον κόσμο, οι ερμηνείες των φυσικών φαινομένων και γενικά κάθε νέα πληροφορία αποθηκεύεται στη μνήμη των μαθητών με πολλούς τρόπους, εμπλουτίζοντας ή τροποποιώντας την υπάρχουσα γνωστική δομή ή δημιουργώντας νέα. Σύμφωνα με τη γνωστική προσέγγιση στη μάθηση, ο μαθητής δεν είναι παθητικός δέκτης των πληροφοριών, αλλά ενεργό υποκείμενο της μάθησης, το οποίο ετοιμοδομεί τη γνώση και τις δεξιότητές του μέσω του περιβάλλοντός του και αναδιοργανώνει τη γνωστική του δομή. Κάθε νέα πληροφορία ή ιδέα,

είτε έρχεται από το περιβάλλον είτε από τη διδασκαλία, αφομοιώνεται από το μαθητή με τρόπο που εξαρτάται από τη φύση και την οργάνωση της γνωστικής του δομής. Άρα διαφορετική γνωστική δομή θα αξιοποιήσει με ξεχωριστό τρόπο κάθε νέα πληροφορία ή ιδέα, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα ο κάθε μαθητής να αποτελεί ξεχωριστή περίπτωση από πλευράς γνωστικής δομής. Κάθε νέα γνώση θα αφομοιωθεί μόνο αν ενταχθεί στην υπάρχουσα γνωστική δομή του μαθητή, αλλιώς θα παραμείνει αδρανής.

Η διαπίστωση ότι οι ι.μ. για τα φυσικά φαινόμενα και τις έννοιες, πριν και μετά τη διδασκαλία έχουν εναλλακτικό περιεχόμενο και δομή σε σχέση με την επιστημονική γνώση δικαιολόγησε, ως ένα βαθμό, τα προβλήματα στη διδασκαλία και τη μάθηση των φυσικών επιστημών, για την έκταση και το βάθος των οποίων είχαμε, μέχρι πρότινος, περιορισμένες γνώσεις (Σπύρτου κ.α. 1995). Οι έρευνες δείχνουν τη μερική μόνο επίδραση των διδακτικών προσεγγίσεων που εφαρμόζονται στην τροποποίηση των ι.μ. προς τις αντίστοιχες επιστημονικές. Συνήθως, οι μαθητές δεν μπορούν να εφαρμόσουν τη γνώση που μαθαίνουν σε σχετικά προβλήματα και ερωτήματα, αν και αυτός είναι ένας από τους σκοπούς της διδασκαλίας σ' αυτή την ηλικία. Πολλές φορές μάλιστα, οι μαθητές γράφουν σωστά στις εξετάσεις τη διδαχθείσα γνώση, απλά επειδή τη θυμούνται γιατί είναι πρόσφατη, αν όμως τους ρωτήσει κανείς άτυπα, χωρίς το φόβο του βαθμού ή πολύ χρόνο μετά τη διδασκαλία, ή παραγωγικές ερωτήσεις (Vosniadou 1994) επανέρχονται στις αρχικές διαισθητικές τους απόψεις.

Μια πτυχή της διερεύνησης αφορά την πειραματική διδασκαλία. Οι αρχικές ι.μ. επηρεάζουν και τις παρατηρήσεις τους σε πραγματικά ή προσομοιωμένα πειράματα και τις ερμηνείες που δίνουν στα δεδομένα. Η δημιουργία των πειραμάτων με βάση μόνο τη θεωρία των Φυσικών Επιστημών είναι περιορισμένης αποτελεσματικότητας, για την κατανόηση του περιεχομένου των. Αυτό γιατί είναι δυνατόν οι μαθητές να παράγουν εναλλακτικές ερμηνείες αποδεκτές γι' αυτούς. Ως παράδειγμα, στο πείραμα απλού ηλεκτρικού κυκλώματος με μια λάμπα και δυο αμπερόμετρα πριν και μετά από αυτή μπορεί κανείς να δει, σύμφωνα με το

επιστημονικό πρότυπο, τη σταθερότητα της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος, κατά μήκος κλειστού κυκλώματος. Οι μαθητές όμως που έχουν την άποψη ότι το ηλεκτρικό ρεύμα καταναλώνεται, π.χ. στις λάμπες, ερμηνεύουν το αποτέλεσμα λίγο διαφορετικά. Λένε δηλαδή ότι ναι καταναλώνεται, αλλά η μπαταρία αναπληρώνει αυτή την απώλεια. Έτσι το πείραμα αυτό έχει διαφορετικό αποτέλεσμα στους μαθητές (που έχουν την άποψη ότι το ρεύμα καταναλώνεται), απ' ότι στους επιστήμονες. Προέχει λοιπόν η τροποποίηση της άποψης της κατανάλωσης του ρεύματος, για να είναι αποτελεσματική η κλασσική διδασκαλία (Κουμαράς 1989).

Μια πρόταση για την αξιοποίηση των ι.μ. στη διδασκαλία είναι αυτή της πρόκλησης γνωστικής σύγκρουσης. Σύμφωνα με αυτή, αφού αποκαλύψουμε τις ιδέες των μαθητών για ένα θέμα, σχεδιάζουμε ένα πείραμα ή ομάδα πειραμάτων που να μην εξηγείται με τις απόψεις αυτών των μαθητών. Αυτό προκαλεί αποσταθεροποίηση της σχετικής γνώσης των μαθητών και δημιουργεί την ανάγκη της παρέμβασης του δάσκαλου. Τότε είναι η κατάλληλη στιγμή για να εισάγουμε τη νέα γνώση που πρέπει να είναι ευλογοφανής και οικεία στους μαθητές. Η νέα γνώση πρέπει να ερμηνεύει τόσο τα φαινόμενα και τα πειράματα που ερμηνεύει η αρχική γνώση, όσο και αυτά που δεν ερμήνευσε η αρχική.

Ως παράδειγμα, ορισμένοι μαθητές του Δημοτικού Σχολείου πιστεύουν ότι ο όγκος των υγρών εξαρτάται από το ύψος του. Η άποψη είναι μερικά σωστή, αφού $ΟΓΚΟΣ = ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ \times ΥΨΟΣ$. Κάνουμε τα εξής απλά πειράματα: παίρνουμε πρώτα δυο ποτήρια ίδιας επιφάνειας και διαφορετικού ύψους νερού και μετράμε την ποσότητα νερού που περιέχουν. Η γνώση των μαθητών, που έχουν την άποψη που αναφέραμε, εξηγεί ικανοποιητικά το πείραμα. Στη συνέχεια όμως παίρνουμε δυο ποτήρια διαφορετικής επιφάνειας βάσης, που περιέχουν νερό μέχρι το ίδιο ύψος. Σύμφωνα με την άποψη των μαθητών οι ποσότητες νερού είναι ίδιες, αφού έχουν το ίδιο ύψος. Μετράμε τον όγκο του νερού στα δυο ποτήρια και το βρίσκουμε διαφορετικό, αποδεικνύοντας ότι η γνώση τους είναι ανεπαρκής γι' αυτό το φαινόμενο. Εδώ εισάγεται η νέα γνώση, ότι ο όγκος εξαρτάται και από την επιφάνεια και με βάση αυτή

ερμηνεύουμε το πείραμα που προκάλεσε τη σύγκρουση, αλλά και το αρχικό (Hashweh 1988).

Κλείνοντας την ενότητα για τις ι.μ. και το ρόλο τους στη διδασκαλία και τη μάθηση, μπορούμε να πούμε πως η πρόταση του Ausubel: “... ο πιο σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη μάθηση είναι τα όσα ήδη γνωρίζει ο μαθητής, γι’ αυτό διαπιστώστε τα και διδάξτε τον με βάση αυτά”, είναι σήμερα ευρύτατα αποδεκτή στα πλαίσια της εποικοδομητικής προσέγγισης της διδασκαλίας και της μάθησης (Ψύλλος κ.α. 1994).

1.3.4 Διαδικασία ανάδειξης των ιδεών των μαθητών

Οι ι.μ. για μια συγκεκριμένη γνωστική περιοχή είναι δυνατόν να καταγραφούν με πολλαπλές εναλλακτικές μεθόδους. Η επισκόπηση των ιδεών των μαθητών γίνεται με ατομικές / ομαδικές συνεντεύξεις, γραπτά ερωτηματολόγια καθώς και με παρατήρηση τάξης. Υπάρχουν βέβαια πια καταγραμμένες στη βιβλιογραφία, από την οποία μπορούν να αντληθούν για διδακτική χρήση ή ως έναυσμα περαιτέρω έρευνας.

Η παρατήρηση τάξης ευνοεί τους δάσκαλους – ερευνητές γιατί μετέχουν στη διδακτική διαδικασία της τάξης των ή μπορούν να παρακολουθήσουν τη διδασκαλία συναδέλφων τους ως εξωτερικοί παρατηρητές, όπως και κάθε άλλος ερευνητής που δεν είναι δάσκαλος. Η παρατήρηση τάξης περιγράφει μια διαδικασία αλληλεπίδρασης και αλλαγής των ι.μ. που οφείλεται στη διδασκαλία. Σημαντικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι δυνατότητα διαχρονικής ανάδειξης των αλλαγών και της εξέλιξης των ι.μ. που μπορούν να γίνουν σε λίγες μέρες για μια μικρή ενότητα, ως και σε μερικά χρόνια, όταν μελετάμε εξέλιξη των ι.μ. σε επίπεδο Α.Π.

Παρακολουθώντας τη διδακτική διαδικασία μπορούμε να επισημάνουμε τις γνωστικές δυσκολίες των μαθητών, να έχουμε δηλαδή μια πρώτη προσέγγιση των ιδεών και των συλλογισμών τους, σε σχέση με τα υπό μελέτη φαινόμενα και έννοιες. Μπορούμε λοιπόν παρατηρώντας την τάξη να δημιουργήσουμε ομάδες ερωτημάτων που διερευνούν μια έννοια ή ένα φαινόμενο, δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό ένα αρχικό ερωτηματολόγιο, που στη συνέχεια θα συμπληρωθεί ως γραπτό ή θα χρησιμοποιηθεί για τη λήψη συνεντεύξεων.

Η συνέντευξη διαφέρει από την παρατήρηση τάξης γιατί εξετάζει ένα ή έστω λίγους μαθητές, ενώ δίνει τη δυνατότητα στον ερευνητή να ψάξει σε βάθος τις ιδέες των μαθητών και από πολλές πλευρές, ρυθμίζοντας ο ίδιος τη διαδικασία. Μπορούμε να διακρίνουμε σε γενικές γραμμές τρεις τύπους συνεντεύξεων, από πλευράς δόμησης ερωτηματολογίου. Δομημένες, ημιδομημένες και ελεύθερες συζητήσεις, που μπορεί να είναι ταυτόχρονα ατομικές ή ομαδικές (για εμβάθυνση δες Cohen & Manion 1994).

Στην έρευνα των ι.μ. προτιμούμε τις ατομικές και ημιδομημένες συνεντεύξεις, στηριζόμενοι στις ομάδες ερωτημάτων που αναπτύχθηκαν στη διάρκεια της παρατήρησης τάξης ή μετά από μελέτη της βιβλιογραφίας. Αυτό γιατί έχουμε τη δυνατότητα να ελέγξουμε το βαθύτερο νόημα που αποδίδουν οι μαθητές στις έννοιες με ερωτήσεις του τύπου: “γιατί;”, “τι εννοείς;”, “δώσε ένα παράδειγμα”. Αυτό είναι και το μεγάλο πλεονέκτημα των συνεντεύξεων σε σχέση με τα ερωτηματολόγια με μόνο μειονέκτημα το μικρό αριθμό μαθητών που μπορούν πρακτικά να εξετασθούν.

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι για να παρουσιάσουμε τα έργα στους μαθητές στη διάρκεια μιας συνέντευξης. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αντικείμενα / πειράματα τα οποία επιδεικνύονται στους μαθητές ή και χρησιμοποιούνται από αυτούς, ενώ τους ρωτάμε. Συνηθισμένη περίπτωση είναι η χρήση καρτών που περιέχουν σχήματα ή και τα λόγια της ερώτησης, την οποία διαβάζουν οι μαθητές. Σε ορισμένες περιπτώσεις απλών έργων ο συνεντευξιαστής απλώς διαβάζει τα έργα στους μαθητές, αν και για μικρές ηλικίες μαθητών είναι προτιμότερη η ύπαρξη υλικών για επίδειξη. Υπάρχουν και πιο σύνθετα υλικά συνεντεύξεων, όπως π.χ. ο χάρτης ιδεών, ένα δίκτυο ιδεών / εννοιών και συνδέσεων στο οποίο μπορεί να κληθεί ο μαθητής να συμπληρώσει κενά ή να εξηγήσει διαδικασίες. Τέτοιες τεχνικές χρησιμοποιούνται συνήθως σε βιολογικά θέματα και στοχεύουν να δείξει τι κατανοεί σε βάθος ο μαθητής.

Η ανάδειξη των ι.μ. μπορεί να οδηγήσει στη μοντελοποίησή τους στην ανάδειξη δηλαδή ευρύτερων νοητικών κατασκευών, με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που καθοδηγούν τους μαθητές στην πρόβλεψη,

περιγραφή ή και ερμηνεία φυσικών φαινομένων. Ένα τέτοιο παράδειγμα μοντελοποίησης αφορά μοντέλα που χρησιμοποιούν όταν διαπραγματεύονται φαινόμενα υγρών με την έννοια της πίεσης που περιγράφονται παρακάτω (σελ. 52-54).

1.4 ΔΙΔΑΚΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

1.4.1 Μοντέλο μεταφοράς

Το διδακτικό μοντέλο της μεταφοράς της γνώσης, ως συνέπεια των συμπεριφοριστικών ψυχολογικών θεωρήσεων, κυριάρχησε διεθνώς στα προ του '60 χρόνια και χρησιμοποιείται ακόμη στη διδασκαλία των Φ.Ε., λόγω της απλής δομής του. Κύριο χαρακτηριστικό του είναι ότι θεωρεί το μαθητή παθητικό υποκείμενο της διδασκαλίας και τη μάθηση ως σωρευτική διαδικασία πληροφόρίας που μεταβιβάζει ο δάσκαλος στο μαθητή. Στα πλαίσια του μοντέλου μεταφοράς ο εκπαιδευτικός λειτουργεί ως κάτοχος και φορέας της γνώσης, αλλά και αυτός που την εγκυροποιεί. Τη γνώση αυτή εισάγει στους μαθητές του με διάλεξη ή/και ερωταποκρίσεις, τους μεταβιβάζει δηλαδή το μήνυμα κι αυτοί το δέχονται όπως ακριβώς είναι. Αν το αποτέλεσμα είναι αρνητικό, δηλαδή ο μαθητής δυσκολεύεται να καταλάβει το μήνυμα, αυτό σημαίνει ότι υπήρχαν εμπόδια στη μετάδοσή του. Τότε ο εκπαιδευτικός χρειάζεται για παράδειγμα να μιλήσει πιο απλά, πιο καθαρά, με παραδείγματα, ή πιο δυνατά για να μεταβιβαστεί και να γίνει έτσι κατανοητή η νέα γνώση. Ο μαθητής θεωρείται ότι δεν έχει καμία άποψη για το θέμα που διδάσκεται ή αν έχει, τότε μπορεί με την επίδραση της διδασκαλίας να την αλλάξει και να αποκτήσει την επιστημονικά αποδεκτή άποψη (Driver κ.α. 1998; Σπύρτου 2001).

Ένα σχέδιο μαθήματος που στηρίζεται στο μοντέλο μεταφοράς, για μια ωριαία διδασκαλία, έχει συνήθως γραμμική δομή (σύνταξη). Ο εκπαιδευτικός θέτει μια σειρά στόχους τους οποίους υλοποιεί με μια συγκεκριμένη πορεία διαδοχικών σταδίων, χωρίς ουσιαστικές παρεκκλίσεις. Συνήθως περιλαμβάνει τέσσερις φάσεις:

A) Εξοικείωσης και προβληματισμού: Ο εκπαιδευτικός θέτει ερωτήσεις στους μαθητές ώστε να τους κινήσει το ενδιαφέρον και να βρει σημεία σύνδεσης με το νέο περιεχόμενο που θα διδάξει.

B) Εισαγωγής της νέας γνώσης: Ο εκπαιδευτικός εισάγει τη νέα γνώση χρησιμοποιώντας έννοιες, νόμους, φαινόμενα, παραδείγματα. Τα

πειράματα όταν γίνονται έχουν συνήθως την έννοια της επιβεβαίωσης της θεωρίας που εισηγήθηκε.

Γ) Εφαρμογή της νέας γνώσης: Ο εκπαιδευτικός ζητά από τους μαθητές να εφαρμόσουν τη νέα γνώση σε καταστάσεις της καθημερινότητας ή και σε τεχνολογικές εφαρμογές. Έτσι αναδεικνύεται η αξία ή η χρησιμότητά της.

Δ) Αξιολόγηση της νέας γνώσης: Ο εκπαιδευτικός θέτει στους μαθητές του ερωτήσεις για να ελέγξει το επίπεδο κατανόησης της νέας γνώσης. Κυρίως επιμένει σε δηλωτικού τύπου γνώση π.χ. ανάκληση ορισμών και κανόνων και λιγότερο σε θέματα εφαρμογής της νέας γνώσης ή κριτικής θεώρησης.

Στο μοντέλο μεταφοράς η διδασκαλία κινείται σε πληροφοριακό επίπεδο (μνήμης) ή σε επίπεδο οργανωτικό (επεξηγηματικής κατανόησης) ή σε ένα συνδυασμό των δύο επιπέδων μάθησης (Bigge 1990; Μασαγγούρας 1997). Αυτό σημαίνει ότι κινητοποιούνται κυρίως γνωστικές δεξιότητες συλλογής δεδομένων όπως η παρατήρηση, η αναγνώριση, η ανάκληση (πληροφοριακό επίπεδο) ή / και γνωστικές δεξιότητες οργάνωσης δεδομένων όπως η σύγκριση, η ταξινόμηση, η κατηγοριοποίηση (οργανωτικό επίπεδο). Οι ερωτήσεις που απευθύνονται προς τους μαθητές είναι διατυπωμένες με τέτοιο τρόπο ώστε ο λόγος των μαθητών να είναι σύντομος, ενώ ο εκπαιδευτικός είναι επικεντρωμένος στις σωστές απαντήσεις των μαθητών τις οποίες επιβραβεύει. Όσον αφορά τις λανθασμένες τους, απαντήσεις, η συχνότερη αντίδραση του εκπαιδευτικού είναι η άμεση διόρθωσή τους.

Σύμφωνα με τη Σπύρτου (2001) το διδακτικό μοντέλο μεταφοράς είναι δασκαλοκεντρικό, με την έννοια ότι ο ρόλος του εκπαιδευτικού στη διαδικασία αναζήτησης και οργάνωσης πληροφοριών είναι πολύ ενισχυμένος σε σχέση με το ρόλο των μαθητών. Επομένως, τα αποτελέσματα μιας διδασκαλίας μεταφορικού χαρακτήρα, αν και εξαρτώνται από το επίπεδο μάθησης στο οποίο κινείται (πληροφοριακό ή οργανωτικό), είναι πολύ περιορισμένα. Αν μια διδασκαλία κινείται στο πληροφοριακό επίπεδο, τότε η γνώση περιορίζεται στην εκμάθηση όρων, μαθηματικών τύπων, κανόνων που συνήθως εύκολα ξεχνιούνται. Όταν σε μια διδα-

σκαλία μεταφοράς ενεργοποιούνται επιπλέον δεξιότητες οργάνωσης δεδομένων (οργανωτικό επίπεδο), τότε οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να εμπλακούν σε στοιχειώδη επεξεργασία των πληροφοριών που, ενδεχομένως, μπορεί να συμβάλει στην εκμάθηση απλών εννοιών και σχέσεων.

1.4.2 Διδακτικό μοντέλο ανακάλυψης – διερεύνησης

Οι ανακαλυπτικές ή διερευνητικές διδακτικές μέθοδοι κυριάρχησαν στις δεκαετίες του '60 και '70, ως συνέπεια της γνωστικής στροφής της ψυχολογίας. Κύριοι εκφραστές ο Piaget (1971), που μιλάει για ενεργό μάθηση και ο Bruner (1961) που τονίζει το ρόλο της αλληλεπίδρασης των μαθητών με τα υλικά για μια αποτελεσματική μάθηση. Συνέπεια αυτών των προτάσεων, αλλά και ενισχυτικός παράγων τους πρέπει να θεωρηθούν τα Καινοτομικά Αναλυτικά Προγράμματα (*innovative curricula*) που αναπτύχθηκαν στις τεχνολογικά και οικονομικά αναπτυγμένες χώρες αυτή την περίοδο.

Στο ανακαλυπτικό διδακτικό μοντέλο η μάθηση αντιστοιχεί σε διερευνητική κατανόηση (Bigge 1990). Αυτό γιατί οι μαθητές αναπτύσσουν διερευνητικές δραστηριότητες σε τρία επίπεδα μάθησης, στο οργανωτικό, στο αναλυτικό και στο παραγωγικό (Ματσαγγούρας 1997). Αυτό σημαίνει ότι οι γνωστικές δεξιότητες του πληροφοριακού επιπέδου είναι υποβαθμισμένες ενώ κινητοποιούνται δεξιότητες όπως η σύγκριση, η ταξινόμηση, η κατηγοριοποίηση (οργανωτικό επίπεδο), η ανάλυση δεδομένων, η διάκριση σχέσεων, η διατύπωση γενικεύσεων (αναλυτικό επίπεδο), η πρόβλεψη, η επαλήθευση, η επεξήγηση, (παραγωγικό επίπεδο ή επίπεδο υπέρβασης δεδομένων) (Σπύρτου 2001).

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των ανακαλυπτικών μεθόδων αυτής της περιόδου ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά στο συναισθηματικό και ψυχοκινητικό τομέα. Ανέπτυξαν τις νοητικές και ψυχοκινητικές δεξιότητες των μαθητών και πολλοί απ' αυτούς επέλεξαν σπουδές στις θετικές επιστήμες, λόγω της αλλαγής στάσεων που οφείλονταν στις ανακαλυπτικές διαδικασίες. Παρ' όλ' αυτά δεν διαπιστώθηκε η αναμενόμενη επιτυχία, όσον αφορά τη μάθηση του συγκεκριμένου γνωστικού περιεχο-

μένου. Δυο φαίνεται να είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες αυτής της μερικής αποτυχίας. Ο πρώτος είναι ότι προτάθηκαν για εφαρμογή σε κάθε περιεχόμενο και ο δεύτερος ότι δεν έλαβαν υπόψη τους τις αυθόρμητες νοητικές αναπαραστάσεις με τις οποίες οι μαθητές έρχονται στο σχολείο και οι οποίες επηρεάζουν τη διδασκαλία. Επιπλέον φαίνεται ότι και οι εκπαιδευτικοί δεν ήταν επαρκώς προετοιμασμένοι για να τις εφαρμόσουν (Καριώτογλου κ.α. 1997).

Σε σχέση με το πεδίο εφαρμογής των ανακαλυπτικών μεθόδων σήμερα δεχόμαστε ότι κάθε περιεχόμενο δεν είναι κατάλληλο για ανακάλυψη. Οι μαθητές μπορούν να ανακαλύψουν γνώση με έντονα αντιληπτά χαρακτηριστικά και όχι κατασκευές του ανθρώπινου μυαλού. Έτσι κατάλληλο περιεχόμενο για ανακάλυψη είναι αυτό που αφορά: Ιδιότητες και ταξινομήσεις σωμάτων, Σχέσεις μεγεθών και φαινομένων, Εφαρμογές σχέσεων και αρχών, Εμπειρικούς νόμους και Στοιχεία μεθοδολογίας (διαδικασίες). Αντίθετα δεν είναι κατάλληλο για ανακάλυψη περιεχόμενο που αφορά: Έννοιες, Ερμηνευτικά μοντέλα ή τον Μικρόκοσμο (Καριώτογλου κ.α. 1997).

Δυο κυρίως μορφές ανακαλυπτικών – διερευνητικών μεθόδων προτείνονται: η ανακαλυπτική επίδειξη και η ανακαλυπτική ομαδική εργασία. Η ανακαλυπτική Επίδειξη (Α.Ε.) είναι μια μορφή μετωπικής διδασκαλίας, στην οποία ο δάσκαλος έχει καθοριστικό ρόλο, εξ αιτίας αυτού προϋποθέτει τάξη και πειθαρχία γιατί, αλλιώς δεν μπορούν να παρακολουθήσουν οι μαθητές. Αλλά και ο ρόλος των μαθητών είναι ενεργός, αν και η συμμετοχή τους είναι σχετικά μικρή, αφού λειτουργούν σε μέτωπο. Η νέα γνώση προωθείται από τις απαντήσεις των μαθητών σε κατάλληλα σχεδιασμένες ερωτήσεις του δάσκαλου, οι οποίες υλοποιούν τους στόχους του μαθήματος. Στη διάρκεια του μαθήματος επιδεικνύονται κυρίως πειράματα, αλλά και εικόνες ή τρισδιάστατα αντικείμενα διδασκαλίας, στα οποία είναι προσαρμοσμένες οι ερωτήσεις του δάσκαλου. Με την Α.Ε. επιδιώκουμε κυρίως γνωστικούς στόχους, όπως οι ειδικοί κατά μάθημα. Πιο σημαντική όμως είναι η επιδίωξη της ανάπτυξης των νοητικών δεξιοτήτων των μαθητών όπως: παρατήρηση, περιγραφή, ερμηνεία, δημιουργία και έλεγχος υποθέσεων, επικοινωνία,

ταξινόμηση. Δεν μπορούμε να πετύχουμε ψυχοκινητικούς αφού οι μαθητές δεν χειρίζονται τα υλικά, αλλά μπορούμε να επηρεάσουμε τις στάσεις τους κυρίως μέσα από την άσκηση των πειραματικών δεξιοτήτων που αναφέραμε (Καριώτογλου και Κουμαράς 1994).

Οι σημαντικότερες φάσεις της Α.Ε. είναι:

Α) Εξοικείωσης και προβληματισμού: Ο εκπαιδευτικός θέτει ερωτήσεις στους μαθητές ώστε να τους κινήσει το ενδιαφέρον και να δημιουργήσει απορίες και ερωτήματα τα οποία θα βοηθήσουν την εξέλιξη του μαθήματος.

Β) Δημιουργίας και Ελέγχου υποθέσεων: Ο εκπαιδευτικός θέτει ερωτήματα ζητώντας από τους μαθητές να κάνουν υποθέσεις για την εξέλιξη ενός φαινομένου ή για τους παράγοντες που το επηρεάζουν. Στη συνέχεια τους ζητά να προτείνουν τρόπους ελέγχου των υποθέσεων. Μέσα από τέτοιες διαδικασίες οι μαθητές ανακαλύπτουν τη νέα γνώση, ως αποτέλεσμα της επαλήθευσης ή διάψευσης των υποθέσεών τους.

Γ) Εφαρμογή της νέας γνώσης: Ο εκπαιδευτικός ζητά από τους μαθητές να εφαρμόσουν τη νέα γνώση σε άλλα υλικά ή άλλες φυσικές καταστάσεις ώστε να αναδειχθούν τα όρια ισχύος της και να γενικευθούν τα συμπεράσματα.

Δ) Αξιολόγηση της νέας γνώσης: Ο εκπαιδευτικός θέτει στους μαθητές του ερωτήσεις για να ελέγξει το επίπεδο κατανόησης της νέας γνώσης. Κυρίως επιμένει σε διαδικαστικού τύπου γνώση π.χ. στοιχεία της πειραματικής μεθοδολογίας και λιγότερο σε θέματα εφαρμογής της νέας ειδικής κατά μάθημα γνώσης.

Η άλλη μορφή ανακαλυπτικής – διερευνητικής μεθόδου είναι η ανακαλυπτική ομαδική εργασία (Α.Ο.Ε.). Είναι μια ομαδοσυνεργατική μέθοδος που στηρίζεται κυρίως σε δομημένο φύλλο εργασίας, με οδηγίες υλοποίησης και κατάλληλα σχεδιασμένες ερωτήσεις, που συμβάλλουν στην ανακάλυψη της γνώσης. Επιλέγουμε περιεχόμενο που να είναι οικείο και ενδιαφέρον για τους μαθητές, ώστε να αποτελεί κίνητρο για να εμπλακούν στη διαδικασία ανακάλυψης. Επιπλέον να ευνοεί κυρίως ψυχοκινητικούς στόχους, αφού οι ίδιοι οι μαθητές υλοποιούν τα πειράματα και γι' αυτό το λόγο είναι προτιμότερο να επιλέξουμε περιεχόμενο με

χαμηλό γνωστικό φορτίο. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι κυρίως συμβουλευτικός και εμπυχωτικός, παρακολουθεί τις ομάδες χωρίς να επεμβαίνει, εκτός και αν παρατηρήσει σημαντικές δυσκολίες ή καθυστερήσεις.

Οι σημαντικότερες φάσεις στην Α.Ο.Ε. είναι τρεις:

Α) Ενημερωτική – Οργανωτική: Ο εκπαιδευτικός ενημερώνει τους μαθητές για τον τρόπο δουλειάς και τους ζητά να οργανωθούν σε ομάδες. Τους μοιράζει το φύλλο εργασίας και τα υλικά και τους ενθαρρύνει να εργαστούν ομαδικά. Στις πρώτες φορές εφαρμογής της μεθόδου υπάρχουν σημαντικές δυσκολίες, στη συνέχεια όμως οι μαθητές εξοικειώνονται και η φάση αυτή είναι πολύ σύντομη.

Β) Εργασία σε ομάδες: Οι μαθητές με βάση το φύλλο εργασίας υλοποιούν τα πειράματα και απαντούν στις ερωτήσεις. Είναι η μεγαλύτερη σε διάρκεια φάση.

Γ) Ανακεφαλαίωσης – Αξιολόγησης: Ο εκπαιδευτικός δέκα περίπου λεπτά πριν τη λήξη του ωριαίου μαθήματος ζητά από τις ομάδες να ανακοινώσουν στο μέτωπο της τάξης τα σημαντικότερα αποτελέσματα που βρήκαν. Είναι μια διαδικασία ελέγχου και εγκυροποίησης των αποτελεσμάτων, που έχει και το νόημα της αξιολόγησης των ομάδων. Την τελευταία ολοκληρώνει και ο έλεγχος του φύλλου απαντήσεων.

1.4.3 Μοντέλο εποικοδόμησης

Το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας στηρίζεται στην εποικοδομητική υπόθεση στη μάθηση, που θεωρεί ότι οι μαθητευόμενοι κατασκευάζουν προσωπικά νοήματα για το προς διδασκαλία γνωστικό αντικείμενο στηριζόμενοι, τόσο στις προϋπάρχουσες νοητικές αναπαραστάσεις (ιδέες) τους, όσο και στη διδασκαλία. Οι σχετικές απόψεις στη φιλοσοφία και τη ψυχολογία προϋπήρχαν, αξιοποιήθηκαν όμως από τη Διδακτική Φ.Ε., κυρίως στις δεκαετίες του '80 και '90, οπότε και η εποικοδομητική προσέγγιση αποτέλεσε το κύριο ρεύμα στην σχετική έρευνα ενώ αρκετά στοιχεία της μπήκαν και στα αναλυτικά προγράμματα, αλλά ως ένα βαθμό και στην εκπαιδευτική πράξη.

Προϋπόθεση για την εφαρμογή του μοντέλου είναι η ύπαρξη διαισθητικών εναλλακτικών ιδεών των μαθητευομένων, οι οποίες και αποτελούν αφετηρία της διδασκαλίας. Ο μαθητής θεωρείται ενήμερος των απόψεών του, καθώς και των συμμαθητών του, «κατασκευάζει» τη γνώση του, της οποίας αναγνωρίζει την «ανωτερότητα» της, ως προς την παλιά. Σημαντικό χαρακτηριστικό του μοντέλου είναι η ανάπτυξη μεταγνωστικών ικανοτήτων στο μαθητή, ο οποίος καλείται να αναγνωρίσει τη διαφορά παλιάς και νέας γνώσης του, αλλά και την πορεία μάθησής του.

Ο εκπαιδευτικός ανιχνεύει (έρευνα) ή βρίσκει (βιβλιογραφία π.χ. Driver κ.α. 1998) τις ι.μ. και τις μοντελοποιεί. Διευκολύνει τη μάθηση, εισάγει τη νέα γνώση, ως ευλογοφανή και παραγωγικότερη αρχικής και επιδεικνύει διδακτικό υλικό ή οδηγεί τους μαθητές να το κάνουν. Το περιεχόμενο διδασκαλίας επιλέγεται και μετασχηματίζεται διδακτικά σε γνώση κατάλληλη να διδαχτεί στο στοχούμενο πληθυσμό.

Συνήθης και αποδεκτή σε μεγάλο βαθμό εποικοδομητική στρατηγική είναι αυτή της γνωστικής σύγκρουσης. Σύμφωνα με αυτή, στο μαθητή προβάλλονται πειραματικά δεδομένα που αντίκεινται στις προϋπάρχουσες ιδέες του. Τα αντιφατικά αυτά δεδομένα, μετά από κατάλληλη συζήτηση του μαθητή με τον εκπαιδευτικό ή και τους συμμαθητές του είναι πιθανόν να τον οδηγήσουν στην αλλαγή των ιδεών του σε άλλες πιο κοντά στις επιστημονικές. Μια άλλη στρατηγική είναι αυτή της ενίσχυσης των ιδεών των μαθητών, όταν αυτές είναι σχετικά κοντά στις επιστημονικές. Ένας τέτοιος τρόπος είναι η πειραματική τους επιβεβαίωση, μια και, σύμφωνα με μια φοιτήτρια «... αφού μετράω την πίεση, άρα υπάρχει...» (Kariotoglou 2002). Η ενίσχυση μπορεί ακόμη να στηριχτεί σε συζήτηση σχετικών παραδειγμάτων. Οι αναλογίες και οι μεταφορές είναι σπουδαίες στρατηγικές, με τις οποίες μεταφέρουμε έννοιες και διαδικασίες από μια γνωστική περιοχή ευκολότερη ή εποπτικότερη, για να διδάξουμε μια άλλη δυσκολότερη και λιγότερο εποπτική. Παράδειγμα η αντιστοίχιση της λειτουργίας του νεροκυκλώματος με το ηλεκτρικό κύκλωμα. Η στρατηγική έχει τον κίνδυνο της άκριτης μεταφοράς

ιδιοτήτων π.χ. το νερό κινείται από ένα σημείο του κυκλώματος στο άλλο, κάτι που δεν γίνεται με τα ηλεκτρόνια στο ηλεκτρικό κύκλωμα.

Η σύνταξη (φάσεις και δομή τους) μιας εποικοδομητικής στρατηγικής περιλαμβάνει συνήθως τις εξής φάσεις:

- 1) Ανάδειξης των ιδεών μαθητών
- 2, 3) Δοκιμασίας των ιδεών και καταγραφής των αποτελεσμάτων της
- 4) Εισαγωγής του επιστημονικού προτύπου
- 5) Εφαρμογής του επιστημονικού προτύπου
- 6) Μεταγνωστική φάση

Η πρώτη φάση περιλαμβάνει την ανάδειξη των ιδεών των μαθητών. Δίνουμε στους μαθητές έργα κατάλληλα για να αναδείξουν τις ιδέες τους για τις έννοιες και φαινόμενα που διαπραγματευόμαστε. Τις ομαδοποιούμε και τις ανακοινώνουμε στην τάξη μας, ώστε να επιχειρηματολογήσουν οι μαθητές γι' αυτές. Η δεύτερη και τρίτη φάση περιλαμβάνει τη δοκιμασία των ιδεών των μαθητών και την καταγραφή των αποτελεσμάτων. Δίνουμε στους μαθητές, συνήθως σε ομάδες, υλικά για να πειραματιστούν και να ελέγξουν τις ιδέες τους. Τις ανακοινώνουν και τις συζητούν σε μέτωπο στην τάξη με το δάσκαλο συντονιστή.

Η τέταρτη φάση περιλαμβάνει την εισαγωγή από τον δάσκαλο της νέας γνώσης (επιστημονικής), η οποία ερμηνεύει τα αποτελέσματα των πειραμάτων ελέγχου. Έτσι ο δάσκαλος θα πρέπει να δείξει στους μαθητές την ανωτερότητα της νέας γνώσης. Στην πέμπτη φάση η νέα γνώση εφαρμόζεται σε μια καινούργια φυσική κατάσταση στην οποία δεν μπορούσε να εφαρμοσθεί η παλιά. Η τελευταία φάση είναι μεταγνωστική, αλλά και ανακεφαλαιωτική. Ο δάσκαλος ζητά από τους μαθητές να του περιγράψουν την παλιά και τη νέα τους γνώση και να αντιληφθούν τις διαφορές της. Επίσης τους ζητά να πουν πιο στοιχείο της διδασκαλίας τους οδήγησε στην αλλαγή. Έτσι δεν μαθαίνουν μόνο τη νέα γνώση, αλλά αντιλαμβάνονται και πως την έμαθαν. Το τελευταίο είναι ιδιαίτερα δύσκολο στις μικρές ηλικίες μαθητών (Ψύλλος κ.α. 1993; Βλάχος 2003). Παραδείγματα αυτής της στρατηγικής υπάρχουν στα σχέδια μαθήματος εποικοδομητικού τύπου στα επόμενα κεφάλαια του βιβλίου

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι μια διδασκαλία εποικοδομητικής προσέγγισης περιλαμβάνει δραστηριότητες που κινητοποιούν κυρίως γνωστικές δεξιότητες οργάνωσης, ανάλυσης και υπέρβασης δεδομένων. Επιπλέον, περιλαμβάνει μεταγνωστικές δραστηριότητες που βοηθούν το μαθητή να συνειδητοποιήσει τον τρόπο σκέψης που ανέπτυξε στη διάρκεια της διδασκαλίας. Φαίνεται επίσης πόσο απαιτητικός είναι ο ρόλος του δάσκαλου, ο οποίος δεν αρκεί να γνωρίζει μόνο την επιστημονική γνώση, αλλά και τις αρχικές απόψεις των μαθητών του και εξειδικευμένες τεχνικές διδασκαλίας π.χ. γνωστική σύγκρουση (Σπύρτου 2001).

Η εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία δεν είναι ένα απλό διδακτικό μοντέλο, αλλά ένα φάσμα διδακτικών απόψεων που μπορεί να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Δυο ακραίες εκδοχές αποτελούν οι περιπτώσεις της προσωπικής εποικοδόμησης, που οδηγεί το μαθητή σε ενδοπροσωπική σύγκρουση και υποστηρίζεται από την Πιαζετική παράδοση. Στο άλλο άκρο αυτής της άποψης βρίσκονται οι κοινωνιογνωστικές προσεγγίσεις, οι οποίες οδηγούν σε διαπροσωπική σύγκρουση, ευνοούνται από την κοινωνική αλληλεπίδραση και υποστηρίχθηκαν κυρίως από τον Vygotski (1994). Στην πράξη γνωρίζουμε ότι η σχολιοποιημένη διδασκαλία περιλαμβάνει την κοινωνική αλληλεπίδραση της τάξης, αλλά και ότι η μάθηση έχει ένα προσωπικό στοιχείο, ένα προσωπικό «φίλτρο» εμπειριών και πεποιθήσεων των υποκειμένων της μάθησης, που διαμορφώνουν τα προσωπικά νοήματα (Καριώτογλου 2002). Θα μπορούσαμε δηλαδή να πούμε ότι, στην πράξη κινούμαστε, συνήθως, ανάμεσα σ' αυτές τις δύο ακραίες τοποθετήσεις.

1.4.4 Σύγκριση και σχολιασμός των διδακτικών μοντέλων

Συγκρίνοντας τα τρία διδακτικά μοντέλα που περιγράψαμε παραπάνω και τα οποία εφαρμόζονται σε προτεινόμενα σχέδια μαθημάτων στα επόμενα κεφάλαια, μπορούμε να παρατηρήσουμε τα εξής: Ο δάσκαλος στο μοντέλο μεταφοράς είναι μεταφορέας γνώσης ενώ στα άλλα δύο διευκολυντής, με πιο απαιτητικό το ρόλο του στο εποικοδομητικό, λόγω της απαίτησης γνώσης των ιδεών των μαθητών. Οι τελευταίοι θεωρούνται παθητικοί δέκτες της γνώσης στο μεταφοράς, ενώ στα άλλα

δύο ενεργά υποκείμενα στη μάθηση και ιδιαίτερα στο εποικοδομητικό και ενήμεροι των ιδεών τους. Σε σχέση με το περιεχόμενο διδασκαλίας, στο μεταφοράς δεν υπάρχει επιλογή περιεχομένου, ενώ στο ανακαλυπτικό δεν υπήρχε αρχικά ('60 και '70), αλλά σήμερα γνωρίζουμε ότι όλα τα είδη γνώσης δεν ανακαλύπτονται από τους μαθητές. Στο εποικοδομητικό, το περιεχόμενο, όχι μόνο επιλέγεται, αλλά και μετασχηματίζεται διδακτικά. Το πείραμα στο μεταφοράς υλοποιείται ως τμήμα της επιστημονικής γνώσης, κυρίως ως επιβεβαίωση της θεωρίας. Στο ανακαλυπτικό έχει επιπλέον ως στόχο την άσκηση των μαθητών σε ψυχοκινητικές και νοητικές δεξιότητες. Στο εποικοδομητικό, χρησιμοποιείται επιπλέον και για τον έλεγχο των ιδεών των μαθητών. Σε σχέση με τις διαισθητικές ιδέες των μαθητών, στο μεταφοράς ο μαθητής θεωρείται *tabula rasa*, στο ανακαλυπτικό θεωρείται ότι έχει μεν ιδέες πριν τη διδασκαλία, αλλά αυτές αλλάζουν εύκολα με μια καλή διδασκαλία. Στο εποικοδομητικό αποτελούν αφετηρία του διδακτικού σχεδιασμού και της υλοποίησής του. Στο εποικοδομητικό επιπλέον των άλλων προωθούνται και μεταγνωστικές δεξιότητες.

Τα παραπάνω αποτελούν μια προσπάθεια ταξινόμησης της σχετικής γνώσης, όπως ιστορικά προέκυψε. Στην πράξη ο έμπειρος εκπαιδευτικός μπορεί να χρησιμοποιεί χαρακτηριστικά ενός μοντέλου σε ένα άλλο, ή να χρησιμοποιεί δυο διδακτικά μοντέλα για να υλοποιήσει μια ωριμαία διδασκαλία. Τέτοιες προσπάθειες είναι θεμιτές για μια αποτελεσματικότερη διδασκαλία, απαιτείται όμως ο καλός σχεδιασμός και η ύπαρξη εσωτερικής συνοχής και συνέπειας του σχεδιασμού της διδασκαλίας.