

μέρος Ι:  
γενικές πληροφορίες

# 1: ΟΙ ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΩΣ ΣΧΟΛΙΚΟ ΜΑΘΗΜΑ

*«Κάθε άτομο έχει δικαίωμα στην εκπαίδευση... Η εκπαιδευτική διαδικασία πρέπει να αποσκοπεί στην πλήρη ανάπτυξη της ανθρώπινης προσωπικότητας.»*

*(άρθρο 26 της Οικουμενικής Διακήρυξης των Δικαιωμάτων του Ανθρώπου) <sup>1</sup>*

*«Η παιδεία αποτελεί βασική αποστολή του κράτους, έχει ως σκοπό την ηθική, πνευματική, επαγγελματική και φυσική αγωγή των Ελλήνων, την ανάπτυξη της εθνικής και θρησκευτικής συνείδησης και τη διάπλησή τους ως ελεύθερων και υπεύθυνων πολιτών.»*

*(άρθρο 16 του Συντάγματος της Ελλάδας) <sup>2</sup>*

Στον χώρο της εξωσχολικής ζωής ο μαθητής έρχεται σε επαφή με τα φυσικά φαινόμενα στο σπίτι, στον δρόμο, κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού και της άθλησης, παρατηρώντας τα ακούσια. Η επαφή του όμως αυτή με τα φαινόμενα δεν είναι συστηματική, αφού η αλληλεπίδρασή τους είναι τυχαία και δεν αποτελεί πρωταρχική επιδίωξη του παιδιού η κριτική τους ανάλυση με στόχο την κατανόηση. Ο τρόπος αντιμετώπισης δεν είναι σχεδιασμένος με αιτιότητα ούτε με οριοθετημένες γνωστικές επιδιώξεις. Στη σχολική ζωή αντίθετα η ύλη που παρουσιάζεται στον μαθητή είναι σχεδιασμένη και οργανωμένη με βάση την επιθυμία του δασκάλου να προσφέρει στον μαθητή υλικό για μάθηση. Τα ερεθίσματα που δέχεται ο μαθητής από το φυσικό του περιβάλλον και τον κοινωνικό του περίγυρο κατά μη συστηματικό τρόπο συμπληρώνονται από οργανωμένες διαδικασίες διδασκαλίας – μάθησης.

Σύμφωνα με τα εισαγωγικά αποσπάσματα από την Οικουμενική Διακήρυξη των Δικαιωμάτων του Ανθρώπου και το Σύνταγμα της χώρας μας βασική αποστολή κάθε σχολικής δραστηριότητας είναι η πνευματική και

κοινωνική ανέλιξη του μαθητή. Κάτω από το πρίσμα αυτό οι γνώσεις που προσφέρονται πρέπει να αποσκοπούν στην παροχή εφοδίων, όχι μόνο επιστημονικά αλλά και κοινωνικά χρήσιμων, εφοδίων πολυτίμων για την καθημερινή ζωή. Ο πατέρας της επαγγελματικής μεθόδου Francis Bacon (1561 – 1626) χαρακτηρίζει τη γνώση ως εξουσία: «Η γνώση από μόνη της είναι εξουσία...» (Mackay 1991, σ. 21), εξουσία που σύμφωνα με την Οικουμενική Διακήρυξη των Δικαιωμάτων του Ανθρώπου και το Σύνταγμα της χώρας μας δικαιούται ισότιμα κάθε μαθητής. Με την προϋπόθεση ότι η μάθηση οδηγεί στη γνώση, με όποιο τρόπο κι αν αυτή προσεγγίζεται, θα έχει οπωσδήποτε τις επιδράσεις της στην επιλογή από τον μαθητή της στάσης του απέναντι στο κοινωνικό σύνολο και θα επηρεάσει τις επιλογές της ζωής του.

Στο εισαγωγικό αυτό κεφάλαιο επιχειρείται η οριοθέτηση του ρόλου του μαθήματος των θετικών επιστημών στο πλαίσιο αυτό και επιδιώκεται η αποσαφήνιση των βασικών παιδαγωγικών και διδακτικών αρχών στις οποίες στηρίζεται η προτεινόμενη διδακτική προσέγγιση.

<sup>1</sup> Αποστολίδου (1984, σ. 200)

<sup>2</sup> Αποστολίδου (1984, σ. 105)

## 1.1 Η θέση των θετικών επιστημών στο σχολικό πρόγραμμα

*«Το σχολείο πρέπει να αναπτύσσει στους νέους ανθρώπους τις δεξιότητες και ποιότητες που είναι χρήσιμες για την εξέλιξη της κοινωνίας. Αυτό δε σημαίνει ότι πρέπει να καταστρέφεται η ατομικότητα και το άτομο να υποβιβάζεται σε απλό εργαλείο της κοινωνίας, όπως μια μέλισσα ή ένα μυρμήγκι. Μια κοινωνία από τυποποιημένα άτομα είναι φτωχή και χωρίς ελπίδα για εξέλιξη.»*

*A. Einstein <sup>1</sup>*

Οι διδακτικές ώρες που αντιστοιχούν στο μάθημα των θετικών επιστημών στο ελληνικό σχολικό πρόγραμμα παρουσιάζουν τις τελευταίες δεκαετίες σταθερή αύξηση (Κόκκοτας 1989, σ. 209), γεγονός που αντανακλά την ολοένα και ευρύτερη αποδοχή της αναγκαιότητας του μαθήματος. Ποιος είναι όμως ο ρόλος του μαθήματος στο γενικό πλαίσιο της παιδείας που το σχολείο καλείται να παρέχει στους μαθητές; Η προετοιμασία των μαθητών που θα επιδιώξουν την εισαγωγή τους στα τριτοβάθμια εκπαιδευτικά ιδρύματα θετικής κατεύθυνσης είναι δεδομένη ανάγκη. Η τεχνολογική ανάπτυξη της χώρας, η στελέχωση της βιομηχανίας και της έρευνας και κατά συνέπεια η οικονομική πρόοδος εξαρτώνται από την επάρκεια εξειδικευμένων επιστημόνων. Το ποσοστό όμως των μαθητών που ακολουθούν αυτόν τον δρόμο είναι πολύ μικρό για να δικαιολογήσει τη στρόφη του μαθήματος των θετικών επιστημών αποκλειστικά σ' αυτήν την κατεύθυνση. Το μάθημα συνεπώς δεν πρέπει να περιορίζεται στους μαθητές αυτούς, απομακρυνόμενο από τον τουλάχιστον εξίσου σημαντικό παράγοντα της παροχής γενικής μόρφωσης στο σύνολο των μαθητών.

«Μόρφωση είναι η ικανότητα χειρισμού του πολιτισμού, η ικανότητα προσέγγισης αξιών, όπως η υπευθυνότητα, η αλληλεγγύη και η ανθρωπιά. Η μόρφωση αποκτάται από κάθε άνθρωπο ξεχωριστά και εξυπηρετεί κάθε άνθρωπο ξεχωριστά. Πέρα όμως από την ατομική της διάσταση έχει και κοινωνική διάσταση, αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για τη συμβίωση των ανθρώπων» (Dahncke 1994). Το απόσπασμα αυτό του Dahncke, όπως και το εισαγωγικό του Einstein, οδηγούν στη διαπίστωση δύο συνιστωσών της μόρφωσης, της κοινωνικής και της ατομικής<sup>1</sup>. Η εξασφάλιση για παράδειγμα της επάρκειας θετικών επιστημόνων για την οικονομική πρόοδο αναφέρεται στις κοινωνικές ανάγκες. Εξίσου σημαντική όμως είναι και η παιδαγωγική υποχρέωση της ικανοποίησης των ατομικών αναγκών. Η επιδίωξη αυτή της οριοθέτησης του ατόμου στον κοινωνικό του περίγυρο επιτυγχάνεται με την παροχή εφοδίων κατανόησης του περιβάλλοντος και συνεπώς και της θέσης του σ' αυτό. Ο Bleichroth (1969), αναφερόμενος στον ρόλο των θετικών επιστημών σ' αυτήν την προσπάθεια, σημειώνει την ανάγκη το μάθημα να παρέχει στοιχεία χρήσιμα για την κατανόηση και ερμηνεία του κόσμου, τον «χειρισμό» του περιβάλλοντος και την οριοθέτηση στάσης απέναντι στον φυσικό περίγυρο, ενώ ο Pradel (1970, σ. 15) συμπερίλαμβάνει στη βασική αποστολή του μαθήματος την παροχή γνώσεων και την καλλιέργεια δεξιοτήτων που είναι χρήσιμες για τη ζωή στην τεχνοκρατούμενη εποχή μας, τη συμβολή στην εξάσκηση ικανοτήτων, όπως η παρατήρηση, η σκέψη και η κρίση, καθώς και την προσφορά της απαραίτητης βοήθειας για τη διαμόρφωση υπεύθυνης στάσης ζωής.

Από τις παραπάνω αναφορές γίνεται σαφές ότι στην προσπάθεια παροχής εφοδίων για την κατανόηση του κόσμου στον οποίο ζούμε το μάθημα των θετικών επιστημών πρέπει να έχει πρακτική διάσταση, που να είναι έντονα συνυφασμένη με την ερμηνεία των φαινομένων τα οποία καθημερινά παρατηρούμε γύρω μας. Η κατανόηση της δομής και νομοτέλειας του κόσμου στον οποίο εξελίσσονται όλες οι δραστηριότητές μας αποτελεί σύμφωνα με τα παραπάνω επιχειρήματα αυτονόητη ανθρωπινή ανάγκη: «Η έννοια των θετικών επιστημών είναι πολύ ευρύτερη από τις φυσικές διαδικασίες ή τις τεχνολογικές κατασκευές που εξηγούνται από αυτές. Είναι η ίδια η ανθρωπινή δραστηριότητα που εξελίσσεται στο φυσικό περιβάλλον και μας αφορά όλους. Τα προϊόντα των θετικών επιστημών –νόμοι, αρχές, γενικεύσεις, θεωρίες και μοντέλα– δεν μπορεί να αγνοηθούν. Καθορίζουν τη σχέση μας με τον κόσμο και τη θέση μας σ' αυτόν. Λίγη σημασία έχει η γνώση ή η άγνοια του νόμου της βαρύτητας, σημασία έχει ότι η εικόνα που έχουμε για τον κόσμο γύρω μας διαμορφώνεται από αυτόν» (Newton 1988, σ. 9).

Ο Wagenschein (1988, σ. 133 κ.ε.) σημειώνει κινδύνους για την κοινωνία, οι οποίοι προέρχονται από την απομόνωση της μεγάλης πλειοψηφίας από την κατανόηση των θετικών επιστημών. Μόνο αν πάψει να μας ενδιαφέρει αποκλειστικά η εκπαίδευση των μελλοντικών θετικών επιστημόνων και αφοσιωθούμε με επιτυχία στις ανάγκες της συντριπτικής πλειοψηφίας των μαθητών που δε θα σπουδάσουν ποτέ θετικές επιστήμες, μόνο αν προσπαθήσει το σχολείο να προσφέρει με επιτυχία πρακτικά εφαρμόσιμη γνώση και να διαμορφώσει πολίτες που κατανοούν τις θετικές επιστήμες, θα καταφέρει να αποφύγει τον χωρισμό της κοινωνίας στην τάξη των αυθεντιών της επιστήμης και στην πλειοψηφία των ανίκανων να την προσεγγίσουν.

Πέρα από την πρακτική διάσταση, την ανάπτυξη στο σύνολο των μαθητών της ικανότητας προσέγγισης της ερμηνείας του κόσμου, το μάθημα των θετικών επιστημών καλείται να μεταδώσει το μεθοδολογικό πλαίσιο, το σύστημα διερεύνησης που είναι άρρηκτα συνυφασμένο με τις θετικές επιστήμες. Η καλλιέργεια της παρατήρησης, της διατύπωσης της υπόθεσης και της διερεύνησης της υπόθεσης αυτής με συστηματικό τρόπο προσεγγίζονται από το μάθημα των θετικών επιστημών αλλήλ αποτελούν εφόδια με πολύ ευρύτερο πεδίο εφαρμογής. Η συστηματικότητα που χαρακτηρίζει την έρευνα στις θετικές επιστήμες είναι εφόδιο ευρύτερα αξιοποιήσιμο από τους μαθητές.

Μια ενδιαφέρουσα σύνοψη των στοιχείων της επιθυμητής προσφοράς των θετικών επιστημών στο γενικό μορφωτικό πλαίσιο του σχολείου συναντάται στα αποτελέσματα της έρευνας (Delphi Studie) του Ινστιτούτου για την παι-

<sup>1</sup> όπως αναφέρει ο Nachtigall (1990a, σ. 1)

<sup>2</sup> πρβλ. και Goodlad (1979, σ. 5 κ.ε.)

δαγωγική των θετικών επιστημών IPN. Σύμφωνα με τη μέλητη του IPN (Häubler 1987) η διδασκαλία των θετικών επιστημών προσφέρει μεταξύ άλλων:

- πρακτική βοήθεια στον οικιακό χώρο
- στοιχεία για τη διαμόρφωση αντίληψης για τον εργασιακό χώρο
- γνώσεις χρήσιμες για την αποφυγή ατυχημάτων στην καθημερινή ζωή
- κατανόηση των εξελίξεων στον χώρο των θετικών επιστημών και της τεχνολογίας
- διαπίστωση των κινδύνων που οι εξελίξεις αυτές συνεπάγονται
- διαμόρφωση άποψης για κοινωνικά ζητήματα σχετικά με τις θετικές επιστήμες.

Οι θετικές επιστήμες προσεγγίζουν μεγάλο εύρος επιστημονικών, τεχνολογικών αλλά και κοινωνικών θεμάτων με μοναδική μεθοδολογία. Η διδασκαλία τους εξασφαλίζει πρακτικά, επαγγελματικά και κοινωνικά εφόδια απαραίτητα για καθένα μας ξεχωριστά αλλά και την κοινωνία συνολικά. Η αντιμετώπισή τους στο σχολικό πρόγραμμα πρέπει να οργανώνεται με τρόπο τέτοιο, ώστε να αξιοποιούνται συστηματικά αλλά και με ισομέρεια όλη αυτές οι παράμετροι. Ερωτήματα για την ποιότητα ζωής σήμερα και στο μέλλον σχετίζονται άμεσα με τους παραπάνω προβληματισμούς και καθιστούν επιτακτική ανάγκη για το κοινωνικό σύνολο την προσφορά της ουσιαστικής, πρακτικής, καθημερινά εφαρμόσιμης γνώσης στο σύνολο των μαθητών.

## 1.2 Το αντικείμενο του μαθήματος

*«Οι θετικές επιστήμες δεν περιορίζονται στο να περιγράφουν και να εξηγούν τη φύση, αποτελούν μέρος της αλληλεπίδρασης της φύσης με εμάς, περιγράφουν τη φύση, όπως αυτή αποκαλύπτεται στη δική μας ερωτηματική μέθοδο.»*

*W. Heisenberg<sup>1</sup>*

Οι θετικές επιστήμες και οι εφαρμογές τους έχουν έκταση που δεν είναι δυνατό να καλυφθεί στο πλαίσιο του σχολικού μαθήματος. Η διαμόρφωση του αναλυτικού προγράμματος, ο καθορισμός των σκοπών και στόχων προϋποθέτουν την ιεράρχηση των προτεραιοτήτων, την κριτική θεώρηση του περιεχομένου του μαθήματος από διαφορετικές οπτικές γωνίες και την επιλογή των στοιχείων που απαραίτητα πρέπει να συμπεριληφθούν και άλλων, λιγότερο σημαντικών, που μπορεί να παραλειφθούν (Bleichroth 1991α, σ. 13 κ.ε.). Η επιλογή αυτή πρέπει να συναντά την ευρύτερη δυνατή συναίνεση μεταξύ των εμπλεκόμενων εκπαιδευτικών φορέων και να είναι σε συνάρτηση με τη γενικότερη αποστολή του σχολείου για παροχή μόρφωσης και αγωγής που εξυπηρετεί τον στόχο της ανάπτυξης της προσωπικότητας και υποστηρίζει την κοινωνική ένταξη του μαθητή.

Οι επιστήμες διαφοροποιούνται μεταξύ τους τόσο στο περιεχόμενο όσο και στη μεθοδολογία προσέγγισης. Το μάθημα των θετικών επιστημών συνεπώς διαφοροποιείται από τα υπόλοιπα τόσο στο περιεχόμενο όσο και στη μεθοδολογία. Η παλαιότερη αντίληψη για τις θετικές επιστήμες, ως σύνολο δεδομένων κανόνων και μαθηματικών διατυπώσεων που τους περιγράφουν, έδωσε σταδιακά τη θέση της στην επίγνωση του εξελικτικού χαρακτήρα της επιστήμης ο οποίος διαμορφώνεται δυναμικά, δίνοντάς μας μια ολοένα ακριβέστερη εικόνα για τον κόσμο στον οποίο ζούμε: «Αντιλαμβάνομαι τις θετικές επιστήμες σαν μια διαδικασία που εδώ και 2500 χρόνια αλληλάζει συνεχώς τη σχέση του ανθρώπου με τη φύση, την αντίληψή του γι' αυτήν και συνεπώς τον ίδιο τον άνθρωπο» (Wagenschein 1976, σ. 11). Είναι προφανές ότι δεν μπορεί να οριοθετηθεί η γνώση του αντικειμένου ανεξάρτητα από την επίγνωση της μεθόδου από την οποία αυτή προέκυψε. Το σύνολο των γνώσεών μας στις θετικές επιστήμες έχει προκύψει από την έρευνα. Η διδασκαλία συνεπώς των βασικών στοιχείων της ερευνητικής μεθόδου είναι ανα-

γκαία (Καλκάνης 1995, σ. 3). Χαρακτηριστικό της σύγχρονης έρευνας είναι η ομαδική εργασία, ο καταμερισμός των ερευνητικών προσπαθειών σε πολλούς επιστήμονες, που εργάζονται συντονισμένα με κοινό στόχο, καθώς επίσης και η έντονη ανάπτυξη των δυνατοτήτων διασποράς των συμπερασμάτων, με αποτέλεσμα την κριτική αξιολόγηση και αξιοποίηση για περαιτέρω προσπάθειες. Η σύγχρονη ερευνητική μεθοδολογία των θετικών επιστημών είναι ένα από τα αποτελεσματικότερα συστήματα παραγωγής, αξιοποίησης και διασποράς πληροφορίας. Είναι προφανές από τα παραπάνω ότι τα βασικά αυτά στοιχεία πρέπει να χαρακτηρίζουν και το μάθημα των θετικών επιστημών.

Το δίλημμα της επιλογής της αντιμετώπισης των θετικών επιστημών ως συνόλου δεδομένων γνώσεων ή ως εξελισσόμενου μεθοδολογικού πλαισίου παραγωγής γνώσης συναντάται έντονο στη χάραξη της στρατηγικής για τη διδακτική αντιμετώπιση των θετικών επιστημών στον σχολικό χώρο. Η πρώτη αντίληψη εξυπηρετείται αποτελεσματικά με τη μετωπική, θεωρητική διδασκαλία, την έμφαση στον ορθολογισμό και τη μαθηματική – φορμαλιστική διάσταση του μαθήματος, ενώ η δεύτερη προϋποθέτει τη σημαντική περικοπή στη διδακτέα ύλη, την υιοθέτηση πειραματικής διδασκαλίας με έμφαση στη μεθοδολογία και τη διαδικασία εξαγωγής αποτελεσμάτων, όχι στα αποτελέσματα αυτά καθ' αυτά. Η μετάδοση της μεθοδολογίας των θετικών επιστημών και η προσέγγιση της ιστορικότητας της γνώσης, με δεδομένο το πλήθος των διδακτικών ωρών που αντιστοιχούν στις θετικές επιστήμες, δεν είναι δυνατές χωρίς κάποιους συμβιβασμούς στην έκταση της διδακτέας ύλης που θα αντιμετωπιστεί.

Οι θετικές επιστήμες μελετούν τη νομοτέλεια του περιβάλλοντος κόσμου, οδηγούν συνεπώς στην ανάπτυξη γνώσης, της οποίας η άμεση ή έμμεση εφαρμογή οδηγεί σε καινοτομίες που επηρεάζουν τη ζωή καθενός μας. Ο χαρακτήρας αυτός της διαπλοκής της επιστήμης με τη ζωή καθενός μας της

<sup>1</sup> όπως αναφέρει ο Mackay (1991, σ. 115)

προσδίδει πέρα από την επιστημονική και έντονα κοινωνική διάσταση. Ο διαχωρισμός της κοινωνίας σε λίγους «ειδικούς» και πολλούς «αδαείς» να προσεγγίσουν τις θετικές επιστήμες (Nolte 1987, σ. 284 κ.ε.), όπως τείνει να διαμορφωθεί σήμερα, είναι υπ' αυτή τη θεώρηση ιδιαίτερα επικίνδυνος. Πώς κατοχυρώνεται ο κοινωνικός ρόλος της επιστήμης, σε συνάρτηση και με την ηθική νομιμοποίηση για τη χρήση ή και κατάχρηση της εφαρμογής της επιστήμης, όταν η συντριπτική πλειοψηφία των πολιτών δε διαθέτει το υπόβαθρο για να συμμετάσχει στον διάλογο που θα οδηγήσει στη λήψη των σχετικών αποφάσεων; Η μια άποψη σχετικά με το ερώτημα αυτό είναι ότι αποφάσεις τέτοιας σημασίας αναγκαστικά πρέπει να λαμβάνονται από τους ειδικούς. Οι μη ειδικοί, οι «αδαείς», δεν πρέπει να έχουν λόγο, ακριβώς επειδή δε διαθέτουν τις απαιτούμενες γνώσεις αληθιά και λόγω της συναισθηματικής φόρ-

τισης που αντίστοιχες «δύσκολες» αποφάσεις προκαλούν (Bleichroth 1991a, σ. 27). Ο αντίλογος στην παραπάνω άποψη ξεκινά με δεδομένο το δικαίωμα του κάθε πολίτη να έχει άποψη σχετικά με τα διλήμματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της επιστήμης και της τεχνολογίας. Το δικαίωμα αυτό κατοχυρώνει αντίστοιχο δικαίωμα στο υπόβαθρο γνώσης, που θα επιτρέψει την ορθή και τεκμηριωμένη στάση. Η επιστημονική κοινότητα, αφενός μέσω της εκπαίδευσης και αφετέρου απλοποιώντας τα ερωτήματα στο επίπεδο του δεδομένου υποβάθρου, οφείλει να συντελέσει στην εξασφάλιση του δικαιώματος αυτού. Συνεπώς η διαμόρφωση υπεύθυνων πολιτών, έτοιμων και ώριμων να συναποφασίζουν, προκαλεί στο εκπαιδευτικό σύστημα την υποχρέωση της προσαρμογής και ανταπόκρισης με τρόπο τέτοιο που να διασφαλίζεται και να κατοχυρώνεται ο κοινωνικός χαρακτήρας της επιστήμης.

### 1.3 Διδασκαλία των θετικών επιστημών και σχολικές βαθμίδες

*«Χωρίς αμφιβολία θα πετύχουμε με τη διδασκαλία των θετικών επιστημών πολύ περισσότερα απ' όσα έχουν ήδη επιτευχθεί, αν χρησιμοποιηθεί μία πιο φυσική μέθοδος. Αν δε διαφθαρεί η νεολαία από την πρόωγη αφηρηματοποίηση.»*

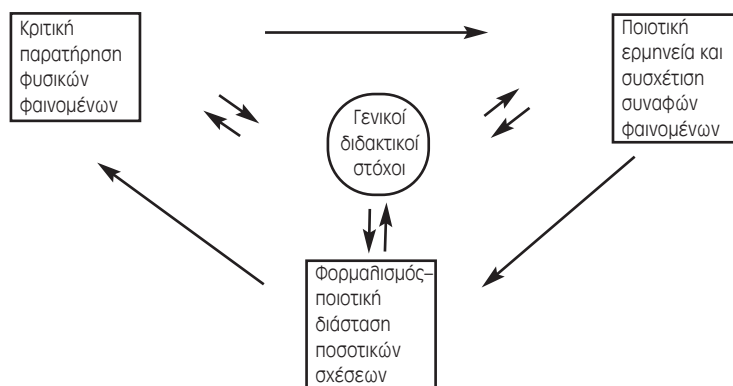
*E. Mach<sup>1</sup>*

Ένα από τα βασικότερα προβλήματα για τη διδασκαλία των θετικών επιστημών προκύπτει από την ανεξάρτητη αντιμετώπιση των σχετικών μαθημάτων στις τρεις σχολικές βαθμίδες, από την έλλειψη δηλαδή ενός ενιαίου πλαισίου διδακτικής αντιμετώπισής τους, ανεξάρτητου από τη διοικητική τομή της σχολικής πορείας σε βαθμίδες. Ανάλογα με την ηλικία των μαθητών διαμορφώνεται και το μαθησιακό δυναμικό τους, οπότε αντίστοιχα πρέπει να διαμορφώνεται και η εμπάθυνση της διδασκαλίας. Είναι όμως ανάγκη σε κάθε στάδιο να αξιοποιείται το γνωστικό δυναμικό που έχει ήδη κατακτηθεί και να συνδέεται με το νέο υλικό που θα παρουσιαστεί στους μαθητές.

Η ποιοτική διάσταση της ερμηνείας των φαινομένων προηγείται της ποσοτικής και φορμαλιστικής. Έτσι η διδασκαλία της φυσικής στην α' βαθμίδα πρέπει να εξυπηρετεί κυρίως τον στόχο της συστηματικής παρατήρησης, τη συνειδητοποίηση της εξέλιξης των φαινομένων από τον μαθητή (παρατηρησιακή διάσταση). Στη β' βαθμίδα η διδασκαλία πρέπει κατ' αρχήν να στοχεύει στην ποιοτική προσέγγιση της ερμηνείας των φαινομένων (ερμηνευτική διάσταση) με σταδιακή εισαγωγή

στις ποσοτικές σχέσεις και τον φορμαλισμό, ενώ στη γ' βαθμίδα η διδασκαλία πρέπει να εδραιώνεται με την ολοκλήρωση της ποσοτικής αντιμετώπισης και τον μαθηματικό φορμαλισμό (φορμαλιστική διάσταση), που συνδέεται και αναφέρεται όμως σε φαινόμενα των οποίων η ποιοτική ερμηνεία έχει εδραιωθεί αποτελεσματικά στις προηγούμενες βαθμίδες. Έτσι οι μαθητές δεν απομνημονεύουν μηχανικά τον φορμαλισμό, κατανοούν ουσιαστικά τη διάστασή του ως μαθηματικής συμπύκνωσης της ποιοτικής πληροφορίας που περιγράφει.

Η διδακτική πορεία περιγράφεται συνοπτικά στο παρακάτω σχήμα. Στο κέντρο τοποθετούνται οι διδακτικοί στόχοι, οι οποίοι επιδρούν σε κάθε στάδιο της διδακτικής διαδικασίας, και περιμετρικά η εξέλιξη της εμπάθυνσης σε κάθε διδακτικό στάδιο. Η κυκλική μορφή στην εξέλιξη της διδακτικής πορείας τονίζει emphatically το γεγονός ότι, ακόμη και μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας των φορμαλιστικών αλληλοσυσχετίσεων, πρέπει να είναι αυτονόητη η αναφορά της κατακτηθείσας γνώσης στην ολοκληρωμένη πια αντιμετώπιση της ερμηνείας των καθημερινών φαινομένων και των προεκτάσεών τους.



<sup>1</sup>popularwissenschaftliche Vorlesungen, 5η έκδοση, Leipzig 1923, σ. 340, όπως αναφέρει ο Wagenschein (1976, σ. 178)

### 1.3.1 Διδασκαλία των θετικών επιστημών στην πρώτη σχολική βαθμίδα

- «Αναρωτιέμαι αν τα σκουλήκια κινούνται και προς τις δύο κατευθύνσεις.»
- «Τι θα συμβεί αν γυρίσουμε ένα φυτό ανάποδα;»
- «Πού είναι τ' αστέρια την ημέρα;»
- «Πού είναι ο ήλιος τη νύχτα;»
- «Πώς δημιουργήθηκε ο κόσμος;»
- «Από πού ήρθα εγώ;»

«Αυτές είναι μερικές από τις εκατοντάδες, από τις χιλιάδες ερωτήσεις των παιδιών. Δεν είναι όμοιες με τις ερωτήσεις που κάθε παιδί θέτει νωρίτερα ή αργότερα; Όλοι αναρωτηθήκαμε για τον κόσμο στον οποίο ζούμε... Το μάθημα των θετικών επιστημών στο δημοτικό σχολείο είναι η απάντησή μας στην ανάγκη κάθε παιδιού να μάθει» (Jacobson 1980, σ. 3 – 4).

Στην πρώτη εκπαιδευτική βαθμίδα σημειώνεται η πρώτη επαφή του μαθητή με το «οργανωμένο» μάθημα των θετικών επιστημών. Αυτό δε σημαίνει ότι ο μαθητής αντιμετωπίζει για πρώτη φορά τα φυσικά φαινόμενα. Ορθό είναι να ισχυριστεί κανείς ότι για πρώτη φορά οι πρώιμες αντιλήψεις (πρβλ. 1.5.4) του μαθητή δοκιμάζονται σε αντιδιαστολή με τις «φυσικές αλήθειες» του δασκάλου και του διδακτικού βιβλίου, καθώς και με τις πρώιμες αντιλήψεις των συμμαθητών. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το γνωστικό δυναμικό των μαθητών που βρίσκονται στο στάδιο των συγκεκριμένων λογικών πράξεων (Παρασκευόπουλος 1985α, σ. 42) καθορίζει τη βαρύτητα της διδασκαλίας στο παρατηρησιακό επίπεδο. Ο μαθητής δεν αντιμετωπίζει πια τα καθημερινά φυσικά φαινόμενα τυχαία αλλήλα καλείται με μεθοδικό τρόπο να παρατηρήσει και να καταγράψει την εξέλιξή τους. Μαθαίνει να οργανώνει τις παρατηρήσεις του και να εκτελεί απλά πειράματα, που πολλές φορές δε διαφέρουν από τις καθημερινές δραστηριότητες ως προς το περιεχόμενο αλλήλα κυρίως ως προς τη μεθοδολογία. Όταν καλείται να πειραματιστεί βράζοντας για παράδειγμα νερό, δεν κάνει τίποτα διαφορετικό ως προς το περιεχόμενο της εργασίας απ' ό-ταν βράζει νερό για την εξυπηρέτηση των δικών του αναγκών. Αυτό που διαφέρει είναι ο στόχος της πράξης. Βράζει νερό παρατηρώντας κριτικά, για να μετρήσει τη θερμοκρασία βρασμού, να παρατηρήσει τις φυσαλίδες που δημιουργούνται...

Η έννοια του πειράματος δεν περιορίζεται στο σχολικό εργαστήριο. Πείραμα είναι και η κριτική παρατήρηση των καθημερινών φυσικών φαινομένων, όταν η αντιμετώπισή τους διέπεται από τη μεθοδολογική συνέπεια των θετικών επιστημών. Όταν για παράδειγμα ο μαθητής παρατηρεί την τραμπάλα στην παιδική χαρά δοκιμάζοντας με φίλους του διαφορετικής μάζας να διαπιστώσει τη συνθήκη ισορροπίας, εκτελεί πείραμα. Με την εισαγωγή της επιστημονικής μεθοδολογίας μπορεί ν' αξιοποιηθεί αποτελεσματικά μεγάλο πλήθος καθημερινών παρατηρήσεων.

Η επιλογή του «παρατηρησιακού επιπέδου διδασκαλίας» για την α' βαθμίδα εντοπίζει τη βαρύτητα της διδασκαλίας στην καλλιέργεια της μεθοδικότητας και στη συστηματική παρατήρηση των φαινομένων. Με αυτόνομη πειραματική παρατήρηση ο μαθητής καλείται να συνειδητοποιήσει ότι π.χ. τα στερεά διαστέλλονται όταν θερμαίνονται, ότι ο πάγος επιπλέει στο νερό, ότι ο λαμπτήρας ακτινοβολεί όταν το κύκλωμα είναι κλειστό και διαρρέεται από ρεύμα κ.τ.λ.

Η έμφαση στην παρατήρηση δεν πρέπει να αποκλείει μία πρώτη ερμηνευτική προσέγγιση, σε αναφορά πάντα με το γνωστικό επίπεδο των μαθητών. Η ερμηνεία δεν επιδιώκεται σ' αυτό το στάδιο, αν όμως η ενασχόληση του μαθητή με το φαινόμενο προκαλέσει την απορία του, ο δάσκαλος πρέπει να είναι έτοιμος να ικανοποιήσει τη γνωστική ανησυχία. Με την κάλυψη των θεματικών πεδίων της φυσικής στην α' βαθμίδα σε παρατηρησιακό επίπεδο ο μαθητής πρέπει :

- να έχει συστηματοποιήσει την εργασία σύμφωνα με τα μεθοδολογικά πρότυπα των θετικών επιστημών, να κάνει παρατηρήσεις, να διατυπώνει υποθέσεις, να τις ελέγχει με απλά πειράματα, να καταγράφει τις παρατηρήσεις του και να εξαγάγει ποιοτικά συμπεράσματα,
- να έχει παρατηρήσει συστηματικά τα φυσικά φαινόμενα, ώστε να μπορεί να τα ανακαλέσει αργότερα,
- να έχει συνδέσει τα αντίστοιχα καθημερινά φαινόμενα με τις παρατηρήσεις του σχολικού εργαστηρίου, ώστε να ανακαλέι το γνωστικό υλικό σε τυχαίες επαναλήψεις. Όταν π.χ. παρατηρεί τα σύρματα της ΔΕΗ το καλοκαίρι, συνδέει την παρατήρηση αυτή με το πείραμα διαστολής στερεών στο εργαστήριο.

Οι ιδέες των μαθητών για τον κόσμο γύρω τους διαμορφώνονται πολλές φορές στα χρόνια της φοίτησής τους στο δημοτικό σχολείο, άσχετα από το αν διδάσκονται ή όχι θετικές επιστήμες. Χωρίς την υποβοήθηση της διαδικασίας αυτής από οργανωμένο μάθημα, που θα παράσχει το μεθοδολογικό εργαλείο της επιστημονικής προσέγγισης, είναι πολύ πιθανό η διαμόρφωση αυτή να είναι μη επιστημονική, με αποτέλεσμα την εδραίωση δομών που είναι αμφίβολες αν θα μπορούν να αρθούν αργότερα (Harlen 1985, σ. 5).

«Η γενίκευση και αφηρηματοποίηση και οι σχετικές διαδικασίες ανάληψης και σύνθεσης βασίζονται, όσον αφορά στη βασική τους σημασία για τον μαθητή, σε συγκεκριμένες παραστάσεις» (Callahan 1966, σ. 14). Με αυτή την έννοια η ορθή και πλήρης διαπίστωση και παρατήρηση των φυσικών φαινομένων στην α' βαθμίδα αποτελεί το απαραίτητο γνωστικό υπόβαθρο, στο οποίο, σε μετέπειτα στάδια, θα στηριχτεί η προσπάθεια γενίκευσης και ένταξής τους σε πλαισία ποιοτικών και ποσοτικών αλληλοσυσχετίσεων.

### 1.3.2 Διδασκαλία των θετικών επιστημών στη δεύτερη και τρίτη σχολική βαθμίδα

Η αξιοποίηση της συστηματικής παρατήρησης στην προηγούμενη βαθμίδα σε συνδυασμό με την κατάκτηση της μεθοδολογίας των θετικών επιστημών επιτρέπει στη β' βαθμίδα τον συνδυασμό των φυσικών φαινομένων και την επι-

δίωξη της ένταξής τους σ' ένα γενικότερο σύστημα αναφοράς. Με τον πειραματισμό σε συνθετότερα φαινόμενα οι μαθητές οδηγούνται στην κατανόηση ενός ποιοτικού πλαισίου κανόνων (όχι υποχρεωτικά φορμαλιστικών), ικανών να ε-

ξηγήσουν ομοειδή φαινόμενα. Ο συνδυασμός επιμέρους κατασκευών οδηγεί σε συνθετότερες διατάξεις, ικανές να καλύψουν πειραματικά πιο πολύπλοκα φαινόμενα.

Η κατάρκτηση της αφηρημένης σκέψης (Παρασκευόπουλος 1985β, σ. 90) επιτρέπει τη σταδιακή προσέγγιση της ποιοτικής ερμηνείας και τις ποσοτικές παρατηρήσεις. Αυτό δε σημαίνει ότι πρέπει να επιδιώκεται αβίαστα η αφηρηματοποίηση των φαινομένων και η μετάδοση του μαθηματικού φορμαλισμού. Η διαδικασία αυτή είναι σταδιακή και πρέπει να έχει ως αφετηρία το καθημερινό, οικείο, χειροπιαστό, ώστε η ερμηνεία να συνδεθεί επαρκώς με το πιο αφηρημένο φαινόμενο: «Η συσκευή επίδειξης του νόμου των μοχλών δεν είναι η αρχή. Είναι αποτέλεσμα αφηρηματοποίησης, μίας γνωστικής γενίκευσης. Η αφηρηματοποίηση, την οποία το Γυμνάσιο καλείται να προκαλέσει, ξεκινά από την πένσα και το ψαλίδι, για να φτάσει στη ράβδο επίδειξης του νόμου των μοχλών...» (Wagenschein 1976, σ. 43).

Η επιλογή του επιπέδου φορμαλισμού δεν μπορεί να καθοριστεί εκ των προτέρων. Εξαρτάται, πέρα από την ηλικία των μαθητών, και από το συγκεκριμένο πρόβλημα. Ο μαθηματικός τύπος, ως έκφραση της ποιοτικής σχέσης, πρέπει να είναι το τελευταίο στάδιο της διδακτικής αντιμετώπισης ενός φαινομένου.

Η πρόωπη χρήση του φορμαλισμού συνδέεται πολλές φορές με το επιχείρημα ότι χωρίς αυτόν είναι αδύνατο να αντιμετωπισθούν σύνθετα φαινόμενα. Η άποψη αυτή είναι λανθασμένη. Ο Hewitt (1983), αναφερόμενος στην εμπειρία του από τη διδασκαλία της φυσικής σε φοιτητές μη θετικής κατεύθυνσης, αναφέρει ότι με την απόρριψη της μαθηματικής γλώσσας και την υιοθέτηση της απλής και καθημερινής μπορούμε να διδάξουμε σύνθετα φυσικά φαινόμενα με μετατόπιση του κέντρου ενδιαφέροντος στο βασικό ζητούμενο, την ποιοτική ερμηνεία.

Είναι φανερό ότι στη γ' βαθμίδα ολοκληρώνεται η μετάδοση του μαθηματικού φορμαλισμού. Η ολοκλήρωση όμως της διδασκαλίας με τη φορμαλιστική αντιμετώπιση πρέπει να συν-

δυάζεται με παράλληλη ποιοτική κατανόηση. Είναι απαραίτητη η επίγνωση ότι ο μαθηματικός τύπος δεν είναι αυθύπαρκτος, ότι περιγράφει τη φυσική διάσταση ενός φαινομένου. Ο Weisskopf (1976) αναφέρει σχετικά: «Είναι αδύνατο να μεταδώσουμε τη φυσική διαίσθηση χωρίς τη χρήση κάποιων μαθηματικών σχέσεων... Ο δάσκαλος κάνοντας χρήση της μαθηματικής γλώσσας πρέπει παράλληλα να εισάγει την ποιοτική της διάσταση με την αποκάλυψη των απρόσμενων αναλογιών στη φύση. Ο μαθητής πρέπει να βλέπει και να νιώθει ότι οι ποσοτικές σχέσεις πράγματι αποκαλύπτουν ουσιαστικές συσχετίσεις στη φύση». Η μαθηματική σχέση πρέπει να έχει τη διάσταση μιας συμπύκνωσης της ποιοτικής πληροφορίας. Για να περιγράψει κανείς γεωγραφικά την Ελλάδα με λέξεις θα χρειαζόταν τόμους, ο χάρτης όμως χρησιμοποιώντας δεύτερη διάσταση συμπυκνώνει την ίδια πληροφορία σε μία μόνο σελίδα, γι' αυτό και είναι πρακτικά χρήσιμος. Η συμπύκνωση όμως σε μία σελίδα δεν είναι δυνατή χωρίς ποιοτικές αφαιρέσεις.

Τελικός στόχος των θετικών επιστημών είναι η διαίσθηση των βαθιών αλληλοσυσχετίσεων (Kranzer 1990, σ. 19), η κατανόηση ενός συστήματος νόμων που να ερμηνεύουν συνοληκά τη νομοτέλεια του φυσικού κόσμου. Με αυτή την έννοια η ολοκλήρωση της διδασκαλίας απαιτεί τη διαπίστωση των βαθύτερων αλληλοσυσχετίσεων των φυσικών νόμων. Η αναφορά στα καθημερινά φαινόμενα του φυσικού περιγύρου με εργαλείο τη μαθηματική λογική, στο επίπεδο αυτό, αποκαλύπτει τις αλληλοσυσχετίσεις αυτές. Η αναζήτηση ομοιών και πιο ολοκληρωμένων απαντήσεων πρέπει να δημιουργεί στους μαθητές το κατάλληλο κίνητρο για την πλήρη διαλεύκανση των «μυστηρίων της φύσης» και τη συστηματοποίηση των απαντήσεων σ' ένα ενιαίο πλαίσιο νόμων. Τα απλά καθημερινά φαινόμενα αποδεικνύονται πολλές φορές τα πιο σύνθετα και πολύπλοκα, όταν το ζητούμενο είναι η χωρίς προσεγγίσεις και παραδοχές ερμηνεία τους (Haase 1985, Epstein 1989).

#### 1.4 Διδακτικοί στόχοι

*«Είναι λιγότερο σημαντικό το τι μαθαίνουμε στο σχολείο από το πώς το μαθαίνουμε. Μία μοναδική μαθηματική πρόταση η οποία έχει πραγματικά κατανοηθεί από τον μαθητή έχει γι' αυτόν πολύ μεγαλύτερη αξία παρά δέκα τύποι τους οποίους έχει αποστηθίσει και τους οποίους μπορεί να εφαρμόσει σωστά, χωρίς όμως να έχει καταλάβει το πραγματικό τους νόημα. Γιατί το σχολείο δεν πρέπει να μεταδίδει τυποποιημένες ρουτίνες, αλλά συνεπή μεθοδική σκέψη.»*

M. Planck<sup>1</sup>

Οι διδακτικοί στόχοι περιγράφουν γενικά αυτό το οποίο προσπαθούμε, αυτό που πρέπει να πετύχουμε με τη διδασκαλία, περιγράφουν δηλαδή την επιθυμητή απόληξη της μαθησιακής διαδικασίας (Gagné 1992, σ. 41), τις επιδιωκόμενες δεξιότητες και συμπεριφορές του μαθητή μετά το πέρας του μαθήματος. Συχνά γίνεται διαχωρισμός σε «μαθησιακούς» και σε «διδακτικούς» στόχους. Οι «μαθησιακοί» στόχοι είναι εκείνοι που τίθενται από τους ίδιους τους μαθητές ή τουλάχιστον υιοθετούνται από τους μαθητές, ενώ οι «διδακτικοί» στόχοι είναι αυτοί που ορίζονται από τον δάσκαλο ή το αναλυτικό πρόγραμμα (Willer 1977, σ. 19, Mikelskis 1982, σ. 94, Bleichroth 1991a, σ. 44). Οι

οριζόμενοι διδακτικοί στόχοι πρέπει να διαμορφώνονται και να εφαρμόζονται με τρόπο τέτοιο που να οδηγούν στην αντίστοιχη διαμόρφωση μαθησιακών στόχων από τους μαθητές. Στη συνέχεια θα χρησιμοποιείται ο όρος διδακτικοί στόχοι, αφού αυτούς μπορούμε να ορίσουμε χωρίς τη συμμετοχή των μαθητών, με τη διατύπωση όμως της επιδίωξης η οριοθέτησή τους να είναι τέτοια, που να οδηγεί τους μαθητές στην αποδοχή τους ως μαθησιακών στόχων.

Η διαμόρφωση των στόχων της διδασκαλίας είναι ευθύνη της πολιτείας. Στη χώρα μας οι στόχοι αποτελούν το εισαγωγικό μέρος των αναλυτικών προγραμμάτων, τα οποία έ-

<sup>1</sup>περιοδικό VDI, 1933 VIII χρόνος, σ. 185, όπως αναφέρει ο Wagenschein (1976, σ. 226)

χουν τη νομική μορφή προεδρικών διαταγμάτων. Ο δάσκαλος καλείται να εφαρμόσει στην πράξη το πλαίσιο στόχων, όπως αυτό περιγράφεται στο αναλυτικό πρόγραμμα και στο βιβλίο για τον δάσκαλο. Στις παραγράφους που ακολουθούν

επιχειρείται αφενός η αποσαφήνιση των κριτηρίων ιεράρχησης και κατηγοριοποίησης των διδακτικών στόχων και αφετέρου η περιγραφή ορισμένων βασικών γενικών στόχων της προτεινόμενης προσέγγισης.

#### 1.4.1 Σημασία των διδακτικών στόχων

Η διαδικασία διδασκαλίας – μάθησης εξελίσσεται σε αναφορά με οριοθετημένους διδακτικούς στόχους που χαρακτηρίζουν τη μεθοδολογική και θεματολογική ιεράρχηση των σχολικών βιβλίων. Οι οδηγίες αυτές όμως συχνά περνούν πολύ γρήγορα από πολύ αφηρημένες και γενικές διατυπώσεις, όπως «γιατί διδάσκουμε τις θετικές επιστήμες στο σχολείο;», σε πολύ ειδικές ανά διδακτική ενότητα διατυπώσεις, όπως «να μελετήσουν οι μαθητές πειραματικά το φαινόμενο του βρασμού και να κατανοήσουν τι είναι το σημείο ζέσης και η λανθάνουσα θερμότητα» (Αλεξόπουλος 1994, σ. 32), που και αυτές όμως δε στερούνται ασάφειας.

Βασικό κριτήριο της δυνατότητας επίτευξης των στόχων είναι η σαφής και συγκεκριμένη διατύπωση, που δίνει στον

δάσκαλο τη δυνατότητα, πέρα από τη γενικότερη ή ειδικότερη διάστασή τους, να τους υλοποιήσει συγκεκριμένα στην πράξη. Δεν είναι βέβαια δυνατό κάθε φορά που ο δάσκαλος διδάσκει να καθοδηγείται σε κάθε βήμα από το ιεραρχικό αυτό πλαίσιο στόχων, η επίγνωση όμως αυτού του πλαισίου οδηγεί στη διαμόρφωση εσωτερικών προτεραιοτήτων, που αυθόρμητα εφαρμόζονται την κατάλληλη στιγμή ανάλογα με τις ευκαιρίες αλλά και τις ανάγκες που δημιουργούνται στην τάξη.

Στις αμέσως επόμενες παραγράφους αναλύεται σύντομα το σύστημα δόμησης των στόχων, παρουσιάζεται ο διαχωρισμός των στόχων ανάλογα με τη γενικότητά τους και ανάλογα με τις δεξιότητες στις οποίες αυτοί αναφέρονται (γνωστικοί, συναισθηματικοί και ψυχοκινητικοί στόχοι).

##### 1.4.1.1 Ιεράρχηση των διδακτικών στόχων

Μια πρώτη διάκριση των διδακτικών στόχων είναι ο διαχωρισμός σε βραχυπρόθεσμους και μακροπρόθεσμους. Οι βραχυπρόθεσμοι στόχοι περιγράφουν την επιδιωκόμενη συμπεριφορά του μαθητή στο τέλος μιας συγκεκριμένης μαθησιακής διαδικασίας, ενώ οι μακροπρόθεσμοι στόχοι αναφέρονται σε ικανότητες και δεξιότητες που καλλιεργούνται με την ευρύτερης διάρκειας επίδραση του μαθήματος.

Περαιτέρω οι διδακτικοί στόχοι διακρίνονται ανάλογα με τον βαθμό γενικότητάς τους, μπορεί δηλαδή να διατυπώνονται περισσότερο ή λιγότερο γενικά (Woolfolk 1987, σ. 385). Η διατύπωση «να αναπτύξουν οι μαθητές έφεση και ενδιαφέρον για τη μελέτη και έρευνα του οργανικού και ανόργανου κόσμου...» (ΦΕΚ 1985) είναι π.χ. γενικότερη σε σχέση με τον στόχο «να παρατηρήσουν τις μεταβολές που παθαίνουν τα υλικά σώματα και να διακρίνουν τα φυσικά από τα χημικά φαινόμενα» (ΦΕΚ 1985).

Η ιεράρχηση σε επίπεδα συναντάται σε όλα τα συστήματα διδακτικών στόχων, αν και το εύρος των επιπέδων αυτών δεν είναι σταθερό. Οι Bleichroth et al. (1991α, σ. 44) αναφέρουν τρία βασικά επίπεδα στόχων:

Στο *ανώτατο* επίπεδο οι διδακτικοί στόχοι είναι λίγοι και εκφράζονται με μεγάλη γενικότητα. Η οριοθέτησή τους απαιτεί συγκεκριμενοποίηση στα χαμηλότερα επίπεδα. Η συγκεκριμενοποίηση όμως αυτή δεν είναι μονοσήμαντη, οι ειδικότεροι στόχοι δεν προκύπτουν παραγωγικά από τους γενικούς. Η ανάληψη σε ειδικούς στόχους είναι πολύπλοκη διαδικασία (Gagné 1992, σ. 51), που απαιτεί τον συνυπολογισμό διάφορων παραμέτρων, όπως για παράδειγμα της ηλικίας των μαθητών, του διαθέσιμου χρόνου και του επιπέδου υλικοτεχνικής υποδομής. Η παραγωγή των ειδικών στόχων ακολουθεί αμφίδρομη πορεία. Μετά δηλαδή τον ορισμό των ειδικών στόχων θα πρέπει να τίθεται η ερώτηση: «Ήταν αυτό πράγματι το νόημα του γενικού στόχου;». Ένας γενικός στόχος π.χ. είναι: «Να αφομοιώσουν οι μαθητές τις έννοιες με τρόπο που να κατανοήσουν καλύτερα το φυσικό περιβάλλον» (ΦΕΚ 1985α). Παραγωγικά μπορεί να καταλήξουμε στον ειδικότερο στόχο της διδασκαλίας της Νευτώνειας μηχανικής, η οποία οδηγεί στην κατανόηση μέρους του φυσικού περιβάλλοντος. Μετά τη διατύπωση του ειδικότερου στόχου πρέπει να αντιστρέψουμε τη συλλογιστική, αναρωτώμενοι αν ο ειδικός αυτός στόχος εκφράζει πράγματι το νόημα που είχαμε κατά νου στον γενικό στόχο. Η συγκεκριμενοποίηση εξυπηρετείται με περισσότερους ειδικούς στόχους, η διαδικασία του αμφίδρομου προβληματισμού πρέπει να οδηγεί στην ιεράρχηση των ειδικών στόχων.

Στο *μεσαίο* επίπεδο περιλαμβάνονται οι ειδικότεροι στόχοι που αναφέρονται στις γενικές θεματικές ενότητες των αναλυτικών προγραμμάτων. Εδώ περιγράφονται οι επιδιωκόμενες δεξιότητες και οι προτεραιότητες της διδακτικής διαδικασίας, οριοθετείται η μορφή της διδακτικής προσέγγισης και η βαρύτητα κάθε μαθησιακής συνιστώσας. Τυπικά ρήματα που χρησιμοποιούνται στη διατύπωση αυτών των στόχων είναι: γνωρίζω, κατανοώ, διαπιστώνω, αποκτώ γνώσεις, εξετάζω, κατασκευάζω, συστηματοποιώ...

Στο *κατώτερο* επίπεδο ονομάζονται αληθινά ειδικοί, διαδικαστικοί (Willer 1977, σ. 21) ή στόχοι συμπεριφοράς (Slavin 1986, σ. 217). Περιγράφουν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τις συγκεκριμένες δραστηριότητες και συμπεριφορές των μαθητών και αναφέρονται συνήθως σε ειδικές θεματικές ενότητες του αναλυτικού προγράμματος. Η εφαρμοσιμότητα των ειδικών στόχων εξασφαλίζεται από τη σαφή τους διατύπωση. Οι ειδικοί στόχοι πρέπει συνεπώς να εκπληρούν ορισμένες προϋποθέσεις (Duit 1981, σ. 63):

- (1) Να ορίζουν την τελική συμπεριφορά που επιδιώκεται και που πρέπει να είναι άμεσα παρατηρήσιμη.
- (2) Να ορίζουν με σαφήνεια το αντικείμενο στο οποίο αναφέρονται.
- (3) Να περιγράφουν τις απαραίτητες παραμέτρους (π.χ. επιτρεπόμενα βοηθητικά μέσα, προϋποθέσεις).
- (4) Να ορίζουν το μέσο αξιολόγησης της επίτευξης ικανοποιητικής συμπεριφοράς.

Παράδειγμα: Σ' ένα φυλλίδιο με έναν κατάλογο δέκα αντικειμένων (προϋπ. 3) να σημειωθούν (προϋπ. 1) τουλάχιστον 3 (προϋπ. 4) τα οποία άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα (προϋπ. 2).

Οι στόχοι για τη διδασκαλία της φυσικής στην Ε' και Στ' τάξη του δημοτικού σχολείου ακολουθούν την ιεράρχηση σε τρία επίπεδα. Στο ανώτατο επίπεδο γίνεται αναφορά στους σκοπούς της διδασκαλίας του μαθήματος των «φυσικών», που είναι κοινοί για τις δύο τάξεις, ενώ περαιτέρω συγκεκριμενοποιούνται «γενικές επιδιώξεις» για τις γενικές θεματικές ενότητες και ειδικοί στόχοι κάθε συγκεκριμένης ενότητας.

Η σχέση των γενικών με τους ειδικότερους στόχους είναι σχέση ιεραρχική (Bleichroth 1991α, σ. 45). Οι πρώτοι νχούν

σημαντικοί και ποιοτικοί, ενώ οι δεύτεροι διατυπώνονται στενά και εξειδικευμένα. Ο γενικός στόχος για παράδειγμα «απόκτηση ικανότητας αναγνώρισης των ορίων των φυσικών μεθόδων» νχεί ποιοτικά σημαντικός σε σχέση π.χ. με τον ειδικό «οι μαθητές να σημειώσουν τα μέρη της μπαταρίας σε ένα σκίτσο». Η διαφορετική αυτή ποιότητα πρέπει να γίνεται αντιληπτή υπό το πρίσμα του χρονικού ορίζοντα των στόχων. Οι γενικοί στόχοι δεν αναφέρονται σε συγκεκριμένες διδακτικές ενότητες, δεν είναι δυνατή η επίτευξή τους σε συγκεκριμένη διδακτική ώρα. Η προσέγγισή τους είναι αποτέλεσμα της συνολικής εξέλιξης του μαθήματος, το οποίο διαμορφώνεται σύμφωνα με τους ειδικούς στόχους σε κάθε διδακτική ώρα.

Παραστατική αναλογία δίνει η οριοθέτηση της γενικής αποστολής του σχολείου για την παροχή εκπαίδευσης στους μαθητές (πρβλ. 1.1). Ο γενικός αυτός στόχος εκτείνεται στο σύνολο των μαθημάτων που περιλαμβάνονται στο σχολικό πρόγραμμα μιας εκπαιδευτικής βαθμίδας. Κάθε μάθημα, ασφαλώς και το μάθημα των θετικών επιστημών, έχει τον ρόλο του στην προσέγγιση του γενικού αυτού στόχου, δεν είναι όμως δυνατό η επίτευξή του να καθυφθεί πλήρως από ένα μόνο μάθημα του σχολικού προγράμματος.

#### 1.4.1.2 Κατηγοριοποίηση των διδακτικών στόχων

Μια άλλη διάκριση των διδακτικών στόχων αναφέρεται στον διαχωρισμό σύμφωνα με τις διαφορετικές ικανότητες και δεξιότητες, τις διαφορετικές συμπεριφορές που επιδιώκουμε να καλλιιεργήσουμε στους μαθητές. Επικρατέστερη είναι η κατηγοριοποίηση κατά τον Bloom (Duit 1981, σ. 65) σε γνωστικούς, συναισθηματικούς και ψυχοκινητικούς στόχους.

Οι γνωστικοί στόχοι αναφέρονται στις γνώσεις που προσφέρει το μάθημα, στις νοητικές ικανότητες που καλλιιεργεί και καλύπτουν τους τομείς της σκέψης, της αντίληψης και της μνήμης. Οι συναισθηματικοί στόχοι αναφέρονται στο ενδιαφέρον, τις αντιλήψεις, τις στάσεις, τις αξίες και γενικά τα συναισθήματα του μαθητή. Με τους στόχους αυτούς επιδιώκεται η θετική τοποθέτηση των μαθητών και η εκτίμηση των από το μάθημα προσφερόμενων στοιχείων. Οι ψυχοκινητικοί στόχοι τέλος αναφέρονται στις σωματικές δεξιότητες. Στην περίπτωση των θετικών επιστημών, μεταξύ άλλων, στην ικανότητα χειρισμού μετρητικών διατάξεων, στην κατασκευή της πειραματικής διάταξης, στην εξοικείωση με τη χρήση οργάνων και υλικών. Στη διδασκαλία για παράδειγμα του νόμου του Hooke, στον γνωστικό τομέα, στόχος μπορεί να είναι η κατανόηση της αναλογίας δύναμης – απόστασης ή η κατανόηση του ορίου ελαστικότητας του ελατηρίου, στον συναισθηματικό τομέα η καλλιέργεια της προθυμίας ενασχόλησης με το φαινόμενο, η αφύπνιση ενδεχόμενου ενδιαφέροντος με αναφορές σε πεδία εφαρμογών, ενώ στον ψυχοκινητικό τομέα η ικανότητα

του μαθητή να οργανώσει την πειραματική διάταξη, να εκτελέσει τις μετρήσεις ή να ιδιοκατασκευάσει δυναμόμετρο.

Είναι προφανές ότι πολλοί διδακτικοί στόχοι αναφέρονται σε περισσότερους από έναν των προαναφερθέντων τομέων (Duit 1981, σ. 66). Ακόμη και στόχοι που φαίνεται να προσανατολίζονται στον γνωστικό τομέα, όπως για παράδειγμα η επιδίωξη της κατανόησης ενός φυσικού φαινομένου, είναι έντονα συσχετισμένοι με συναισθηματικούς στόχους (όπως π.χ. το ενδιαφέρον του μαθητή να ασχοληθεί με το συγκεκριμένο θέμα) ή ψυχοκινητικούς στόχους (όταν επιλέγεται η πειραματική προσέγγιση). Η αναφορά στις παραπάνω κατηγορίες εξυπηρετεί κυρίως την ανάγκη της ανάλυσης, ώστε να τονιστεί η μονομερής βαρύτητα που συνήθως δίνεται στους γνωστικούς στόχους σε σχέση με τους συναισθηματικούς και ψυχοκινητικούς στη σχολική πρακτική (Woolfolk 1987, σ. 392).

Η ιδιαίτερη έμφαση που δίνεται στους γνωστικούς στόχους προβλημάτίζει ιδιαίτερα όσον αφορά στο μάθημα των θετικών επιστημών. Είναι προφανές ότι η επιλογή της πειραματικής διδασκαλίας πέρα από τους γνωστικούς στόχους εξυπηρετεί και αναβαθμίζει τους ψυχοκινητικούς και συναισθηματικούς στόχους, των οποίων η προσέγγιση από άλλα θεωρητικότερα μαθήματα του σχολικού προγράμματος δεν είναι δυνατή. Αντίστροφα, η δυνατότητα επιδίωξης των στόχων αυτών από λιγότερα μαθήματα αποτελεί επιπλέον επιχείρημα για την προτίμηση πειραματικής διδακτικής μεθοδολογίας.

#### 1.4.2 Βασικοί γενικοί διδακτικοί στόχοι της προτεινόμενης προσέγγισης

Όπως αναλύθηκε στην παράγραφο 1.1, παιδαγωγική - διδακτική βάση της προτεινόμενης προσέγγισης αποτελεί η αντιμετώπιση των θετικών επιστημών ως μαθήματος γενικής παιδείας, που κα-

λείται να παράσχει στο σύνολο των μαθητών πρακτικά εφαρμόσιμη γνώση, χρήσιμη για την καθημερινή τους ζωή. Στην προτεινόμενη προσέγγιση επιδιώκεται η αναγωγή των θεμάτων που μελε-

τώνται σε προβλήματα, τα οποία οι μαθητές καθλούνται να αντιμετωπίσουν με βάση πειράματα, που οργανώνουν αυτόνομα. Με τον τρόπο αυτό πέρα από τους δεδομένους γνωστικούς στόχους που περιγράφονται στο αναλυτικό πρόγραμμα, εξυπηρετούνται αποτελεσματικά ψυχοκινητικοί και συναισθηματικοί στόχοι. Στην παράγραφο αυτή περιγράφονται οι βασικοί γενικοί διδακτικοί στόχοι της προτεινόμενης προσέγγισης. Οι στόχοι που περιγράφονται εδώ δεν αναιρούν το προδιαγραφόμενο από το αναλυτικό πρόγραμμα πλαίσιο στόχων. Λειτουργούν συμπληρωματικά πε-

ρισσότερο ως βασικές αρχές που διέπουν τη διδασκαλία δίνοντας το στίγμα της βαρύτητας σε συγκεκριμένα διδακτικά στοιχεία, που στην προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση έχουν ιδιαίτερη σημασία και την παρακολουθούν σε όλα τα στάδια εφαρμογής. Η διατύπωσή τους δε στερείται γενικότητας. Η σύνδεση και εφαρμογή τους όμως με τη συγκεκριμένη μεθοδολογία, που περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω, καθώς και τους ειδικότερους στόχους που αναφέρονται σε κάθε κεφάλαιο, τους δίνει πρακτικά εφαρμόσιμη, ουσιαστική διάσταση.

#### 1.4.2.1 Εξοικείωση με την επιστημονική μεθοδολογία

Από τις πιο παρεξηγημένες έννοιες των ημερών μας είναι η έννοια «επιστημονικός». Οι λήξεις επιστήμονας και επιστήμη προδιαθέτουν για κάτι δύσκολο, ξένο και απρόσιτο για τον πολύ κόσμο. Για την επιστήμη χρειάζονται ειδικοί χώροι, εργαστήρια, ακριβός και εξειδικευμένος εξοπλισμός. Σε μία έρευνα στο Ηνωμένο Βασίλειο (Newton 1992) ζητήθηκε από μαθητές ηλικίας 4 έως 11 χρονών να ζωγραφίσουν έναν επιστήμονα. Η έρευνα έδειξε την ύπαρξη ενός στερεότυπου από την ηλικία κώλας των έξι χρόνων, που υποδηλώνει την αποξένωση που αισθάνονται τα παιδιά από την έννοια «επιστημονικός». Άσπρες φόρμες, γυαλιά και πλήθος οργάνων να τον περιστοιχίζουν είναι η συνήθης αντίληψη για τον επιστήμονα. Ανάλογες παρατηρήσεις αναφέρουν οι Solomon, Dureen και Scott (1994).

Χρέος του μαθήματος των θετικών επιστημών είναι να ανατρέψει τα στερεότυπα αυτά, οδηγώντας τους μαθητές στην κατανόηση της επιστημονικής μεθοδολογίας και μ' αυτόν τον τρόπο στην απομυθοποίηση του επιστήμονα. Η συνιστώσα αυτή του μαθήματος προδιαγράφεται γενικά και στα αναλυτικά προγράμματα, χωρίς όμως να εξειδικεύεται το πώς αυτή θα επιτευχθεί.

«Αποστολή του επιστήμονα είναι με αφετηρία την ήδη υπάρχουσα γνώση να διατυπώσει υποθέσεις και θεωρίες και να εκτελέσει πειράματα που επιβεβαιώνουν ή απορρίπτουν τις νέες αυτές θεωρίες» (Bondi 1977). Με βάση τον ορισμό αυτό η προσέγγιση της επιστημονικής μεθοδολογίας είναι δυνατή ακόμη και στο δημοτικό σχολείο. Σημασία δεν έχει τόσο το επίπεδο των πειραμάτων και η δυσκολία των φαινομένων, όσο η μεθοδολογική προσέγγιση με υπόθεση, πείραμα και συμπέρασμα, που επιβεβαιώνει ή απορρίπτει την υπόθεση. Κατά τον Hodson (1992) «η στροφή των αναλυτικών προγραμμάτων από τη διδασκαλία της επιστήμης ως ενός συνόλου κατεστημένης γνώσης στην κατεύθυνση της αντίληψης ότι η επιστήμη είναι η μέθοδος

που παράγει και αξιολογεί γνώση είναι ίσως η σημαντικότερη αλλαγή το τελευταίο τέταρτο του αιώνα μας». Η προσέγγιση της επιστημονικής μεθοδολογίας πρέπει να έχει βιωματική διάσταση: «η ιδέα πολλών προγραμμάτων είναι ότι ο μαθητής ο ίδιος πρέπει να έχει τον ρόλο του επιστήμονα παρά να μαθαίνει για την επιστήμη» (Sandford 1988). Η συνέπεια και η μεθοδικότητα πρέπει να καθορίζουν την εργασία του μαθητή και στο πιο απλό πείραμα: «Αν πιστεύουμε ότι το μάθημα στο δημοτικό σχολείο πρέπει να ανταποκρίνεται στην καθημερινή εμπειρία, το μάθημα των θετικών επιστημών είναι ένα δυναμικό εργαλείο. Όχι τόσο γιατί μεταδίδει γνώσεις για τον φυσικό κόσμο, όσο για τον επιστημονικό τρόπο σκέψης που το χαρακτηρίζει. Τα παιδιά είναι αυτόνομοι να ενδιαφέρονται για το σώμα τους, τον αέρα, τα υλικά γύρω τους, τα σώματα που κινούνται... τα αντικείμενα αυτά μπορούν να αντιμετωπιστούν από το μάθημα. Αν αντιμετωπιστούν επιστημονικά, η κατάκτηση της επιστημονικής μεθοδολογίας από τα παιδιά είναι αυτόνομη» (Ward 1983, σ. 1).

Στην προτεινόμενη διδακτική προσέγγιση η προσπάθεια μετάδοσης της επιστημονικής μεθοδολογίας είναι εμφανής και συστηματική. Στη δεύτερη και τρίτη ενότητα της εισαγωγής του βιβλίου παρουσιάζονται παραστατικά τα βασικά στάδια της επιστημονικής διερεύνησης: προβληματισμός, υπόθεση, πείραμα, παρατήρηση, επιβεβαίωση ή απόρριψη της υπόθεσης, εξαγωγή συμπεράσματος, γενίκευση. Τα βασικά αυτά στάδια της επιστημονικής μεθοδολογίας ακολουθούνται με συνέπεια σε όλη την έκταση του βιβλίου του μαθητή. Οι μαθητές ακολουθούν κατά την εργασία τους τα βασικά στάδια της επιστημονικής μεθόδου, ακόμη και στα πειράματα που εκτελούν αυτόνομα στο σπίτι χρησιμοποιώντας απλά μέσα. Η εξοικείωση με την επιστημονική μεθοδολογία επιτρέπει στους μαθητές την αυτόνομη διεύρυνση του γνωστικού τους υπόβαθρου.

#### 1.4.2.2 Σύνδεση του μαθήματος με την καθημερινότητα

Οι θετικές επιστήμες αφορούν στη μελέτη του κόσμου γύρω μας. Το μάθημα συνεπώς δεν μπορεί, δεν πρέπει να είναι αποκομμένο από τις εμπειρίες που ο μαθητής συγκεντρώνει από την καθημερινή του επαφή με τα φαινόμενα γύρω του. Η αναφορά σε προβλήματα της καθημερινότητας δίνει στον μαθητή το στίγμα της εφαρμοσιμότητας της επιστήμης. «Πρέπει να επισημαίνουμε στους μαθητές ότι τα φαινόμενα των θετικών επιστημών συμβαίνουν παντού στον κόσμο γύρω μας, όχι μόνο σε ειδικά εργαστήρια και υπό ειδικές συνθήκες» (Bentley 1992, σ. 32).

Η σύνδεση του μαθήματος με την καθημερινή ζωή είναι συστηματική στην προτεινόμενη διδακτική προσέγγιση. Τα εισαγωγικά ερεθίσματα, οι εργασίες για το σπίτι και πολλά από τα μη διδακτέα ένθετα πραγματεύονται φυσικά φαινόμενα, που οι μαθητές έχουν παρατηρήσει στην καθημερινή τους ζωή. Σε κάθε ενότητα έχει γίνει προσπάθεια να εξασφαλιστεί η επέκταση και αναφορά του νέου γνωστικού υλικού σε όσο το δυνατόν ευρύτερα παραδείγματα καθημερινής εφαρμογής. Η διαδικασία με την οποία αυτό επιτυγχάνεται μπορεί να έχει

διαφορετικές μορφές. Αλλού το καθημερινό φαινόμενο, ειδικά αν είναι πολύ γνωστό, εισάγεται στη φάση του προβληματισμού, ώστε το μάθημα να περιστραφεί γύρω από την προσπάθεια ερμηνείας του, αλλού το καθημερινό φαινόμενο παρουσιάζεται στη φάση της εμπέδωσης ως ευρύτερο παράδειγμα αναφοράς και επέκτασης του μαθήματος.

Η σύνδεση του μαθήματος με την καθημερινότητα δημιουργεί στον μαθητή αυτόνομες ευκαιρίες επανάληψης. Αν για παράδειγμα οι μαθητές συνδέσουν το φαινόμενο της διαστολής των στερεών που μελέτησαν στην τάξη με τη διαφορετική μορφή των συρμάτων της ΔΕΗ τον χειμώνα και το καλοκαίρι, είναι πιθανό, όταν παρατηρούν τα σύρματα της ΔΕΗ, να ανακαλούν όσα έμαθαν για τη διαστολή των στερεών στο σχολείο. Με αυτή τη διαδικασία οι νέες γνώσεις που αποκτώνται στο σχολείο επαναλαμβάνονται σε τακτά διαστήματα, χωρίς καν αυτή η επανάληψη να γίνεται συνειδητά. Αναμφίβολα η διαδικασία αυτή συντελεί στην αποτελεσματικότερη εμπέδωση των γνωστικών στοιχείων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω κρίνεται αναγκαία η αντιμετώπιση στα πλαίσια του μαθήματος και των τεχνολογικών εφαρμογών που χρησιμοποιούμε καθημερινά όλοι μας (Berge 1982, σ. 11). Πέρα από την πρακτική χρησιμότητα, η κατα-

νόηση της αρχής λειτουργίας τους βοηθά στην ανάπτυξη της κριτικής στάσης απέναντι σε εφαρμογές που έχουν δυσάρεστες συνέπειες. Το μάθημα των θετικών επιστημών βοηθά έτσι τους μαθητές να κατανοήσουν ότι η λειτουργία της τεχνολογίας βασίζεται σε απλές ή συνθετότερες εφαρμογές των όσων διδάσκονται στο σχολείο. Τα επιτεύγματα του πολιτισμού μας πρέπει να ανάγονται στη σωστή τους διάσταση ως κατασκευές που έχουν σκοπό να μας διευκολύνουν, αλλά παράλληλα συντελούν στη δημιουργία άλλων προβλημάτων (οικολογική κρίση, υπερκατανάλωση ενέργειας κ.τ.λ.).

Οι τεχνικές κατασκευές μπορούν να βοηθήσουν στη σύνδεση των θετικών επιστημών με την καθημερινότητα. Η διδασκαλία της ροπής αποκτά πρακτική σημασία αν αναφερθεί στην πένα, η αγωγή της θερμότητας στο ηλεκτρικό σίδερο κ.ο.κ. Η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των τεχνολογικών κατασκευών απαιτεί πολλές φορές τη σύνθεση γνώσης από διαφορετικές ενότητες, αφού ο διαχωρισμός αυτός έχει μόνο μεθοδολογικό σκοπό. Το ηλεκτρικό σίδερο π.χ. πέρα από την αγωγή θερμότητας μπορεί να αναφερθεί ως παράδειγμα και για τα θερμικά αποτελέσματα του ρεύματος κ.ο.κ.

#### 1.4.2.3 Συστηματική προσέγγιση της έννοιας «ενέργεια»

Η διδασκαλία των σχετικών με την ενέργεια εννοιών στο Δημοτικό σχολείο είναι αναμφίβολα δύσκολη. Στην προτεινόμενη διδακτική προσέγγιση γίνεται συστηματική προσπάθεια για την εξοικείωση των μαθητών με τη δύσκολη αυτή έννοια. Πέρα από το κεφάλαιο «Ενέργεια» στην Στ' Δημοτικού, η έννοια της ενέργειας αναφέρεται και σε όσα από τα κεφάλαια έχουν ενεργειακή διάσταση, όπως για παράδειγμα στα κεφάλαια «Ήχος», «Φως», «Θερμοκρασία – θερμότητα», «Ηλεκτρισμός». Έμφαση δίνεται στην αρχή διατήρησης της ενέργειας. Ακόμη και στο επίπεδο της

γλώσσας έχει γίνει συστηματική προσπάθεια για την αποφυγή λέξεων όπως «καταναλώνεται», «ξοδεύεται», «παράγεται» κ.τ.λ., έτσι ώστε η αρχή της διατήρησης να παρουσιάζεται με σαφήνεια και συνέπεια στους μαθητές. Στην αναλυτική παρουσίαση των εννοιών δίνονται ειδικές οδηγίες για τη διδακτική αντιμετώπιση της έννοιας «ενέργεια». Σημαντικό είναι η αναφορά σε αυτή να είναι συστηματική, με την επισήμανση όμως ότι πρέπει να αποφεύγονται πρόωρες προσπάθειες ερμηνείας φαινομένων που οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν.

#### 1.4.2.4 Έμφαση στην ανάπτυξη οικολογικής συνείδησης

Η ανάγκη ευαισθητοποίησης των μαθητών σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος είναι προφανής. Στο πρόγραμμα του Δημοτικού σχολείου δυστυχώς δεν προβλέπεται ειδικό μάθημα με σχετικό αντικείμενο. Το βάρος συνεπώς της καθημερινής οικολογικής συνείδησης μετατοπίζεται στο μάθημα των θετικών επιστημών. Στην προτεινόμενη διδακτική προσέγγιση πέρα από το κεφάλαιο «Προστατεύω το περιβάλλον», που προβλέπεται από το αναλυτικό πρόγραμμα και περιλαμβάνεται στο βιβλίο του μαθητή, δίνονται ερεθίσματα με στόχο την ανάπτυξη οικολογικής

συνείδησης σε όλα τα κεφάλαια που παρουσιάζουν αυτή τη δυνατότητα. Έτσι για παράδειγμα στο κεφάλαιο «Ήχος» έχει περιληφθεί η έννοια «Ηχορύπανση – ηχοπροστασία», στο κεφάλαιο «Αέρας» η έννοια «Ρύπανση του αέρα», στο κεφάλαιο «Νερό» η έννοια «Ρύπανση του νερού» κ.ο.κ. Τα ερεθίσματα που δίνονται στο βιβλίο του μαθητή μπορούν να αξιοποιηθούν πολύπλευρα. Ανάλογα με τον διαθέσιμο χρόνο οι μαθητές μπορούν να συγκεντρώσουν συμπληρωματικό υλικό στα πλαίσια ελεύθερων ομαδικών εργασιών (projects) και να το παρουσιάσουν στην τάξη.

### 1.5 Στοιχεία διαμόρφωσης ενδιαφέροντος - αποτελεσματικού μαθήματος

*«...η διδασκαλία και η παρουσίαση της φυσικής είναι τελικά δυσκολότερες από την έρευνα. Η έρευνα είναι επιστημονική δραστηριότητα, η διδασκαλία και η παρουσίαση απαιτούν τον συνδυασμό επιστήμης και τέχνης.»*

*V. Weisskopf<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Weisskopf (1990)

Το ενδιαφέρον των μαθητών για το σχολικό μάθημα αποτελεί σημαντικό παράγοντα της διάθεσης συμμετοχής σ' αυτό. Η θετική στάση δημιουργεί τα κίνητρα που είναι απαραίτητα για την αντιμετώπιση των δύσκολων φάσεων της μαθησιακής πορείας. Η επίγνωση ότι η κοπιαστική προσπάθεια θα οδηγήσει στην κατανόηση ενδιαφερόντων νέων στοιχείων είναι η αποτελεσματικότερη παρώθηση για την προσπάθεια του μαθητή. «Η επιτυχία στον συναισθηματικό τομέα προωθεί την επίτευξη των γνωστικών στόχων. Αντίστοιχα η ικανοποίηση από την επιτυχή αντιμετώπιση των γνωστικών στόχων έχει τις επιδράσεις της στον συναισθηματικό τομέα» (Ormerod 1987, σ. 86).

Η ανάλυση των παραμέτρων που συντελούν στη διαμόρφωση ενδιαφέροντος και αποτελεσματικού μαθήματος είναι σύνθετη και υποκειμενική. Αυτό που για ένα μαθητή είναι

ενδιαφέρον δεν είναι υποχρεωτικά για όλους ενδιαφέρον. Η διαπίστωση στοιχείων που συντελούν στη βελτίωση των διδακτικών προσεγγίσεων προκύπτει από εμπειρικές έρευνες και αξιολογείται από την αποτίμηση της επιτυχίας διδακτικών παρεμβάσεων, οι οποίες επικεντρώνουν στα σχετικά στοιχεία.

Στην παράγραφο αυτή αναλύονται τρεις συνιστώσες οι οποίες εμφανίζονται κοινά παραδεκτές στο σύνολο της σχετικής βιβλιογραφίας (Σάββας 1996): ο ρόλος του δασκάλου στη διαμόρφωση της στάσης των μαθητών, ο παραλληλισμός του περιεχομένου του μαθήματος με τα ενδιαφέροντα των μαθητών και η μεγιστοποίηση της συμμετοχής των μαθητών στη διδακτική – μαθησιακή διαδικασία. Αναφορά γίνεται επίσης στις πρώιμες και εσφαλισμένες αντιλήψεις, καθώς και στις τεχνικές αντιμετώπισής τους.

### 1.5.1 Ο ρόλος του δασκάλου

Ο δάσκαλος είναι ο βασικός υπεύθυνος για την εξέλιξη, την επιτυχία ή αποτυχία της διδακτικής – μαθησιακής πορείας. Η επιλογή της διδακτικής μεθοδολογίας και πρακτικής είναι δική του ευθύνη, απ' αυτόν εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η εξέλιξη της στάσης των μαθητών (Σάββας 1996, σ. 58 κ.ε.). Ο ρόλος του στη σχολική πρακτική είναι σύνθετος και καθοριστικός. Πέρα από τις προσδοκίες των μαθητών πρέπει να συνυπολογίζει και να ικανοποιεί τις προσδοκίες των γονιών, συναδέλφων, επιθεωρητών, αλλήλ και του ευρύτερου κοινωνικού συνόλου (Härtle 1978, σ. 97). Στην ελληνική σχολική πραγματικότητα το εύρος των επιλογών που έχει στη διάθεσή του είναι αναντίστοιχο με την ευθύνη με την οποία είναι επιφορτισμένος. Το αναλυτικό πρόγραμμα και το βιβλίο του δασκάλου περιορίζουν τις δυνατότητες επιλογών, προδιαγράφουν αυστηρά την εξέλιξη του μαθήματος, με τρόπο τέτοιο που να είναι εφαρμόσιμη όμοια σε όλα τα σχολεία της χώρας. Κατηγοριοποιώντας τις συνιστώσες στις οποίες μπορεί να δοθεί ουσιαστική βοήθεια στον δάσκαλο καταλήγει κανείς εύκολα σε δύο τομείς: τον θεματικό και τον παιδαγωγικό. Στους δύο αυτούς τομείς επιδιώκεται να προσφέρει πρακτική βοήθεια το βιβλίο αυτό.

Αναμφισβήτητη προϋπόθεση για την επιτυχή μετάδοση ενός αντικειμένου είναι η επαρκής του γνώση, πέρα και πάνω από το απλοποιημένο επίπεδο στο οποίο καλείται να το παρουσιάσει στους μαθητές. Ο δάσκαλος πρέπει να αισθάνεται την ασφάλεια ότι κατέχει ουσιαστικά το αντικείμενο που διδάσκει, ότι είναι σε θέση να απαντήσει ικανοποιητικά στις ερωτήσεις των μαθητών, απλοποιώντας τις έννοιες χωρίς όμως να αλλοιώνει τη λογική τους. Η πληρότητα της επιστημονικής κατάρτισης δίνει στον δάσκαλο την αυτοπεποίθηση που είναι απαραίτητη για τη διδασκαλία (Appleton 1995).

Με την αναφορά στον παιδαγωγικό τομέα της κατάρτισης καλύπτεται η απαραίτητη ικανότητα του δασκάλου να προσαρμόζει τις γνώσεις του και να εξειδικεύει τη διδακτική διαδικασία με κριτήριο τις ανάγκες των μαθητών. Ανάμεσα σε κάθε διδακτική πρόταση και τους μαθητές μεσολαβεί ο δάσκαλος. Αυτός θα την εφαρμόσει στην πράξη, απ' αυτόν θα κριθεί σε μεγάλο βαθμό αν τα αποτελέσματα θα είναι τα αναμενόμενα. Η καλύτερη και αποτελεσματικότερη διδακτική

παρέμβαση θα είναι ανεπιτυχής, αν ο δάσκαλος δεν την υλοποιήσει θετικά, αν η στάση του στην τάξη δεν επιτρέπει στους μαθητές την αξιοποίηση των θετικών της σημείων (Arons 1992, σ. 478). Οι δύο βασικές συνεπώς συνιστώσες, η θεματική και η παιδαγωγική, πρέπει να ισορροπούν με τελικό στόχο τη βελτιστοποίηση του μαθήματος.

Η μετατόπιση του κέντρου βάρους του μαθήματος από τον δάσκαλο στον μαθητή, η υιοθέτηση μοντέλου διδασκαλίας προσανατολισμένου στον μαθητή, προϋποθέτει την καθιέρωση σχέσης εμπιστοσύνης, που θα επιτρέψει στους μαθητές ν' αξιοποιήσουν τα περιθώρια αυτενέργειας και συμμετοχής στη μαθησιακή τους πορεία. Σήμερα ο δάσκαλος εξασκεί πλήρως την εξουσία του για την ισχυροποίηση της θέσης του στην τάξη και τον καθορισμό κατά αποκλειστικότητα των παραμέτρων του μαθήματος. Η απεμπόληση της αποκλειστικής αυτής εξουσίας και ο προσανατολισμός του μαθήματος στον μαθητή μετατοπίζουν τη διδασκαλία από την αφηρημένη μετάδοση γνωστικών στοιχείων σε συναισθηματικά φορτισμένη βιωματική εμπειρία. Η εξουσία του δασκάλου στην τάξη είναι δεδομένη (Becker 1991β, σ. 25). Προϋπόθεση για την επιτυχία της διδασκαλίας είναι η χρήση της εξουσίας αυτής για τον καθορισμό του περιβάλλοντος εμπιστοσύνης, τον συντονισμό της ομάδας στη δημιουργική συνεργασία μέσα από κανόνες που εξασφαλίζουν την ελευθερία έκφρασης, τον σεβασμό και την αλληλοεκτίμηση των μελών της, την καθιέρωση ενός κλίματος συναισθηματικής ζεστασιάς, όπου ο μαθητής χωρίς τον φόβο του κλεισμού και της απόρριψης νιώθει την ασφάλεια να διατυπώσει την άποψή του ακόμη και αν αυτή είναι λανθασμένη, ενός περιβάλλοντος ασφάλειας στο οποίο ο δάσκαλος έχει τον ρόλο του συμβούλου που βοηθά τους μαθητές στην πραγματοποίηση αυτόνομων μαθησιακών δραστηριοτήτων (Riedl 1978, σ. 41). Είναι προφανές ότι η καθιέρωση της σχέσης αυτής δεν είναι δυνατό να γίνει αναγκαστικά ούτε μπορεί να προδιαγραφεί στο βιβλίο για τον δάσκαλο με «συνταγές συμπεριφοράς». Αν ο δάσκαλος δεν αποδέχεται συνειδητά την ανάγκη καθιέρωσής της, δεν είναι δυνατή η επιτυχία. Αναμφίβολα η προσωπικότητά του και η παιδαγωγική του στάση απέναντι στους μαθητές αντανακλώνται στο επίπεδο της σχέσης μεταξύ των μελών της τάξης.

Η σχέση αυτή καθορίζεται από τη δυναμική αλληλεξάρτηση των κοινωνικών και ψυχολογικών παραμέτρων που επιδρούν στη διδακτική διαδικασία και διαμορφώνουν την ποιότητα της επικοινωνίας. Η σημασία που προσδίδουν οι μαθητές στον δάσκαλο για τη διαμόρφωση της στάσης τους δίνει το στίγμα της σημαντικότητας του ρόλου του. Πέρα και πάνω από τη διδακτέα ύλη πρέπει να είναι σαφές ότι η διδακτική διαδικα-

σία βασίζεται σε σχέση ανθρώπινη, τη σχέση του δασκάλου με τους μαθητές, των οποίων οι παιδαγωγικές και εκπαιδευτικές ανάγκες έχουν προτεραιότητα σε σχέση με τις επιταγές του αναλυτικού προγράμματος για την εξέλιξη της ύλης. Το πλέγμα της σχέσης των μαθητών με τον δάσκαλο αλληλά και των μαθητών μεταξύ τους είναι καθοριστικό για την επιτυχία κάθε διδακτικής προσπάθειας.

### 1.5.2 Παραλληλισμός του περιεχομένου του μαθήματος με τα ενδιαφέροντα των μαθητών

Ο προσανατολισμός του μαθήματος στα ενδιαφέροντα των μαθητών προϋποθέτει τον εντοπισμό του μαθητικού ενδιαφέροντος για κάθε θεματικό πεδίο. Οι σχετικές έρευνες (Weltner 1979a, Brämer 1986, Ormerod 1987, Nielsen 1988, Bleichroth 1989, Jerke 1992, Todt 1993, Dengler 1995) αναφέρονται στην ανάγκη επιλογής του περιεχομένου σε αναφορά με τον καθημερινό φυσικό περίγυρο και τα αντίστοιχα φαινόμενα, καθώς και σε αναφορά με τις τεχνολογικές εφαρμογές. Η διαφοροποίηση του ενδιαφέροντος αγοριών και κοριτσιών (Nolte 1985), με τους μαθητές να προτιμούν τις τεχνολογικές εφαρμογές και τις μαθήτριες τα καθημερινά φυσικά φαινόμενα, φαίνεται να δημιουργεί δίλημμα για τις προτεραιότητες του μαθήματος. Το δίλημμα είναι πηλασματικό. Αν προσπαθήσουμε να οριοθετήσουμε την τεχνολογία, τουλάχιστον στο επίπεδο που οι φυσικές αρχές που διδάσκονται στις δυο πρώτες βαθμίδες βρίσκουν εφαρμογή, θα δούμε ότι σε μεγάλο βαθμό τεχνολογία και καθημερινός περίγυρος ταυτίζονται. Γιατί ο διακόπτης του οικιακού φωτισμού, το ηλεκτρικό σίδερο, ο ηλιακός θερμοσίφωνας, ο καρυσθραύστης, η τραμπάλα, το πόμολο της πόρτας, τα κιάλια, τα μηχανήματα αναπαραγωγής του ήχου ..., ενώ αποτελούν τεχνολογικές εφαρμογές, ανήκουν χωρίς αμφιβολία στο πεδίο της καθημερινής ενασχόλησης των μαθητών.

Η προσπάθεια προσανατολισμού του μαθήματος στα ενδιαφέροντα των μαθητών δε σημαίνει ότι μπορεί να ανατραπεί η αλληλεσχία της εξέλιξης της ύλης. Με δεδομένη την εξέλιξη της ύλης ο παραλληλισμός του μαθήματος στα ενδιαφέροντα των μαθητών είναι εφικτός με συχνές και συνεχείς

αναφορές του περιεχομένου του μαθήματος στα αντίστοιχα φαινόμενα του καθημερινού περιγύρου και στις αντίστοιχες τεχνολογικές εφαρμογές. Η επίγνωση των μαθητών ότι ο στόχος του μαθήματος δεν είναι αφηρημένος αλλά συγκεκριμένοποιείται εξ αρχής στην προσπάθεια κατανόησης και ερμηνευτικής προσέγγισης ενός φαινομένου ή μιας τεχνολογικής εφαρμογής δημιουργεί σημαντικά θετικά κίνητρα για συμμετοχή στη μαθησιακή πορεία (Todt 1993). Η δομή του σχολικού μαθήματος θα έπρεπε να επιτρέπει σε κάθε δάσκαλο να ανιχνεύει τα συγκεκριμένα ενδιαφέροντα των μαθητών στους οποίους διδάσκει και να προσαρμόζει ανάλογα το μάθημα, αντλώντας παραδείγματα και εφαρμογές από το πεδίο των ειδικών τους ενδιαφερόντων. Σε περιορισμένο βαθμό η δυνατότητα προσαρμογής του μαθήματος στα ενδιαφέροντα των μαθητών είναι εφικτή στα πλαίσια της προτεινόμενης προσέγγισης. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του αναλυτικού προγράμματος οι ενότητες στο βιβλίο του μαθητή είναι αυστηρά δομημένες, σπάνια όμως η διδασκαλία ενός κεφαλαίου προϋποθέτει γνώσεις από άλλα κεφάλαια. Με δεδομένες και τις παρατηρήσεις για την έκταση του βιβλίου (ηρββ. 1.8) ο δάσκαλος έχει τη δυνατότητα να αλληλάξει τη σειρά των κεφαλαίων, πολλές φορές ακόμη και τη σειρά των εννοιών σε ένα κεφάλαιο, προτάσσοντας τη διδασκαλία των στοιχείων εκείνων που συναντούν το αυξημένο ενδιαφέρον των μαθητών. Η έμφαση πρέπει να δίνεται στην ποιότητα του μαθήματος, στη συνεχή εφαρμογή της ερευνητικής μεθοδολογίας και όχι στην έκταση της ύλης που θα διδαχθεί.

### 1.5.3 Μεγιστοποίηση της συμμετοχής των μαθητών στη μαθησιακή πορεία

Η ενεργός συμμετοχή των μαθητών στην εξέλιξη του μαθήματος αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως σημαντικό στοιχείο αναβάθμισης του ενδιαφέροντος και παρώθησης για το μάθημα (Weltner 1979a, Brämer 1986, Harreis 1990, Lechner 1992a, Todt 1993). Σε αντίθεση με τη δεκτική ακρόαση διαλέξεων του δασκάλου ή την ανάγνωση κειμένων του βιβλίου, η παραγωγική δραστηριοποίηση μέσα από ενεργητικές πρωτοβουλίες εγγυάται πέρα από το αυξημένο ενδιαφέρον την καλύτερη αφομοίωση, αφού το γνωστικό υλικό αποκτά βιωματική διάσταση.

Αν για κάποια μαθήματα η εξασφάλιση της συμμετοχής των μαθητών είναι δύσκολη, οπότε η μετωπική, θεωρητική μετάδοση του περιεχομένου του μαθήματος είναι αναγκαία και κατά συνέπεια η παθητική στάση των μαθητών

μπορεί να δικαιολογηθεί, στις θετικές επιστήμες η αντίστοιχη πρακτική είναι αδικαιολόγητη. Σε κανένα άλλο σχολικό μάθημα η συμμετοχή των μαθητών δεν είναι τόσο εύκολα προσεγγίσιμη όσο στις θετικές επιστήμες, των οποίων η ίδια η δομή επιβάλλει την ενεργητική δραστηριότητα των μαθητών. Η συμμετοχή των μαθητών σε καμιά περίπτωση δεν πρέπει να περιορίζεται στην εκτέλεση πειραμάτων. Η προσέγγιση της επιστημονικής μεθοδολογίας καθιστά αναγκαία την ευρύτερη δραστηριοποίηση των μαθητών μέσα και έξω από τη σχολική αίθουσα. Η συστηματική παρατήρηση του περιβάλλοντος κόσμου, η διατύπωση υποθέσεων, η αξιολόγηση των συμπερασμάτων αποτελούν πεδία στα οποία η παραγωγική συμμετοχή των μαθητών είναι απαραίτητη.

Ερευνητικές εργασίες (Bohardt 1975, Ucke 1979, Bredderman 1982, Herbers 1990, Powers 1990, Lechner 1992β, Baimba 1993, Gangoli 1995) σχετικές με την αξιολόγηση διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται στην αύξηση της μαθητικής συμμετοχής επιβεβαιώνουν τα συμπεράσματα σχετικά με την προτίμηση και θετική αντιμετώπιση που δείχνουν οι μαθητές στις ενεργητικές δραστηριότητες. Οι μικρότερης ή ευρύτερης κλίμακας αυτές παρεμβάσεις φέρουν διάφορους τίτλους, όπως διδασκαλία με βάση τη δραστη-

ριότητα (activity based), διδασκαλία με βάση τη διαδικασία (process oriented), συμμετοχική επιστήμη (hands on science), και αναφέρονται στη βασική ιδέα της όσο το δυνατόν ευρύτερης συμμετοχής του μαθητή στη μαθησιακή πορεία. Πέρα από τη θετικοποίηση της στάσης των μαθητών στις παρεμβάσεις αυτές διαπιστώνονται πλεονεκτήματα στον γνωστικό τομέα, στην καλλιέργεια πρακτικών δεξιοτήτων και στη μείωση της απόκλισης της επίδοσης μαθητών και μαθητριών.

#### 1.5.4 Αντιμετώπιση των πρώιμων και εσφαλμένων αντιλήψεων

Σε σχέση με την αποτελεσματικότητα του μαθήματος στην εδραίωση των «νέων» γνωστικών στοιχείων, κυρίαρχο πεδίο έρευνας τις τελευταίες δεκαετίες έχει αποτελέσει η μελέτη της διαδικασίας αφομοίωσης των εννοιών της φυσικής από τους μαθητές. Όροι όπως «alternative conceptions», «alternative frameworks», «mental representations», «children's science», «commonsense knowledge», «schemes of thought», «misconceptions», «private science» (Guidoni 1985) έχουν τιτλοφορήσει κατά καιρούς την ίδια ιδέα, ότι δηλαδή οι μαθητές δεν έρχονται στο μάθημα των θετικών επιστημών χωρίς άποψη για τα φαινόμενα που θα μελετηθούν.

Κάθε παιδί, αλληλεπιδρώντας με τα φαινόμενα γύρω του, προσπαθεί να τα ερμηνεύσει, να ικανοποιήσει αυτόνομα τις απορίες που αυτά προκαλούν. Όταν για παράδειγμα εντυπωσιάζεται από τον μαγνήτη που έλκει τον σίδηρο αλλά όχι το ξύλο, είναι λογικό να δημιουργεί απλοϊκές εξηγήσεις και να μην περιμένει μέχρι εμείς να αποφασίσουμε ότι ήρθε η ώρα να λάβει τεκμηριωμένη απάντηση στα πλαίσια κάποιου σχολικού μαθήματος. Πολύ περισσότερο, η απορία κάθε παιδιού δε συμπίπτει χρονικά μ' αυτές των υπολοίπων. Οι ερμηνείες των παιδιών βασίζονται πολλές φορές στην κοινή λογική, εκφράζουν απλοϊκές πεποιθήσεις, στηρίζονται στην αυθόρμητη παρατήρηση του καθημερινού περιγύρου και είναι σύμφωνες με το γνωστικό τους επίπεδο και την εκφραστική τους ικανότητα. Δεν αποτελούν ενιαίο σύστημα κανόνων ικανό να εξηγήσει συνοδικά το φυσικό περιβάλλον, καλύπτουν μεμονωμένα φαινόμενα και μπορεί να είναι αντιφατικές μεταξύ τους. Χαρακτηριστικό τους δεν είναι η αυστηρή οριοθέτηση, όπως αυτή της φυσικής νομοτέλειας, παρά η έντονη συναισθηματική τους βαρύτητα, αφού αποτελούν προσωπικό δημιούργημα κάθε μαθητή. Διαφορετικές ονομασίες έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί για τις αντιλήψεις αυτές των μαθητών, επικρατέστερος είναι ο όρος «preconcept» (Nachtigall 1990β). Η ελληνική απόδοση «πρώιμες αντιλήψεις» προσεγγίζει τον όρο, παρότι το «concept» είναι γενικότερο από την αντίληψη, εκφράζει ένα σύνολο απόψεων και στάσεων με ενεργητική διάσταση, ένα ενιαίο πλαίσιο αντιμετώπισης του φαινομένου.

Κατά τη διδασκαλία των θετικών επιστημών, ακόμη και στην εισαγωγική βαθμίδα, οι μαθητές δεν αποτελούν

«άγραφους πίνακες», «κενά δοχεία» (Nachtigall 1992), στους οποίους θα προσφέρουμε για πρώτη φορά τη φυσική ερμηνεία του κόσμου, αλλά είναι εφοδιασμένοι με τις πρώιμες αντιλήψεις τους για τα φυσικά φαινόμενα. Ο ατομικός – προσωπικός χαρακτήρας των πρώιμων αντιλήψεων συνεπάγεται ότι ο δάσκαλος στην τάξη μπορεί να έχει ν' αντιμετωπίσει πολλές διαφορετικές αντιλήψεις για την ερμηνεία του ίδιου φαινομένου. Οι αντιλήψεις μπορεί να είναι απλοϊκές, για το παιδί όμως που τις ανέπτυξε αποτέλεσαν χρήσιμο, επιτυχές και επαρκές εργαλείο για την ικανοποίηση της γνωστικής του ανησυχίας, συνεπώς έχουν έντονα συναισθηματική διάσταση, είναι ισχυρά εδραιωμένες και συνδεδεμένες με το συγκεκριμένο φαινόμενο. Τα χαρακτηριστικά τους σε σχέση με τη φυσική νομοτέλεια είναι (Nachtigall 1986α):

- αναπτύσσονται από την εγωκεντρική σκοπιά κάθε παιδιού
- εξυπηρετούν την ερμηνεία στενά οριοθετημένων, μεμονωμένων φαινομένων, δεν είναι λογικά συμφυείς, ούτε χωρίς αντιφάσεις
- μερικά φαινόμενα της καθημερινής ζωής καλύπτονται με μία, άλλα με καμία και άλλα με περισσότερες πρώιμες αντιλήψεις
- η ανάπτυξη των γλωσσικών δεξιοτήτων με την ηλικία μπορεί να οδηγήσει στη διαφοροποίησή τους (αφού στηρίζονται στην κοινή γλώσσα που κατέχει το παιδί), με αποτέλεσμα η απόκλισή τους από τη φυσική ερμηνεία να διαφοροποιείται
- το εύρος των πρώιμων αντιλήψεων των μαθητών σε ένα συγκεκριμένο φυσικό φαινόμενο μπορεί να είναι ιδιαίτερα μεγάλο. Μπορεί να έχουν διαμορφωθεί με θρησκευτικές, τελεολογικές, ορθολογικές ή μαγικές – ανιμιστικές επιδράσεις.

Όταν οι μαθητές παρατηρούν ένα πείραμα, όταν γενικότερα προσπαθούν να επιλύσουν ένα πρόβλημα, προσπαθούν πρώτα να ερμηνεύσουν την παρατήρησή τους. Αυτή η προσπάθεια ερμηνευτικής προσέγγισης βασίζεται αναγκαστικά στις έννοιες και αντιλήψεις που προϋπάρχουν. Γι' αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό να έχει ο δάσκαλος επίγνωση των πρώιμων αντιλήψεων των μαθητών (Rhöneck 1992).

Η διαδικασία αυτή της εξέλιξης, προσαρμογής ή και εγκατάλειψης της πρώιμης αντίληψης και της αποδοχής της ορθολογικής φυσικής αντίληψης δε γίνεται χωρίς αντιστάσεις.

Τα όσα διδάσκουμε στο σχολείο δε γίνονται πάντα εύκολα αποδεκτά από τους μαθητές, γιατί πολλές φορές αντιφάσκουν με αυτό που οι μαθητές αντιλαμβάνονται ως «φυσικό» σύστημα παρατήρησης του κόσμου. Η αναγκαιότητα εξέλιξης, δόμησης της γνώσης με βάση τις υπάρχουσες αντιλήψεις διατυπώνεται με ιδιαίτερη έμφαση στη θεωρία του κονστρουκτιβισμού. Οι μαθητές κατασκευάζουν (construct) τη γνώση με βάση τις προεμπειρίες τους, συνεπώς η πορεία αυτή είναι για κάθε μαθητή διαφορετική (Monk 1995). Η απόκλιση της πρώιμης αντίληψης από την ορθή άποψη και ερμηνεία εξηγεί σε μεγάλο βαθμό τη δυσκολία της αφομοίωσης των εννοιών των θετικών επιστημών (Duit 1993).

Η αγνόηση της ύπαρξης των πρώιμων αντιλήψεων, η απόρριψή τους από τον δάσκαλο ως απλά μια ακόμη ράθος εκδοχή για το φυσικό φαινόμενο που μελετάται στην τάξη εγκυμονεί τον κίνδυνο της δημιουργίας «εσφαλμένων αντιλήψεων» (misconceptions). Η εσφαλμένη αντίληψη δεν είναι απλά μια ακόμη ράθος αντίληψη (Jung 1986), είναι η διατήρηση της προαντιληπτικής σκέψης με μορφή όμως και φρασολόγιο που πηγάζει από – και προσεγγίζει το – μάθημα των θετικών επιστημών, αποτελεί δηλαδή μια νέα πιο «επιστημονικοφανή» έκφραση της ίδιας πρώιμης αντίληψης. Ο μαθητής δεν απορρίπτει την πρώιμη αντίληψη με την οποία συναισθηματικά είναι συνδεδεμένος, μόνο επειδή ο δάσκαλος το επιτάσσει (Nachtigall 1991). Η προσαρμογή και απόρριψή της, όταν αυτό είναι αναγκαίο, μπορεί να προκληθεί μόνο μετά από έντονη γνωστική σύγκρουση, μόνο δηλαδή αφού ο μαθητής πειστεί αυτόνομα για την ανεπάρκειά της. Η αγνόηση από τον δάσκαλο της ύπαρξής της, ως βάσης πάνω στην οποία με μετατροπές και προσαρμογές θα δομηθεί η ορθολογιστική «φυσική» αντίληψη, οδηγεί τον μαθητή στον διαχωρισμό μαθήματος και πραγματικότητας (Nachtigall 1991, σ. 15 κ.ε.). Παίζει το «παιχνίδι» του σχολείου, αποσπνθίζει, επιτυγχάνει στα διαγωνίσματα γνωστικής αποτύπωσης και στην απόκτηση του προαγώγιμου βαθμού, διατηρεί όμως την προαντιληπτική βάση σκέψης, εκφράζοντάς την με ορολογία και επιχειρήματα από το μάθημα της φυσικής. Μ' αυτόν τον τρόπο οι πρώιμες αντιλήψεις εξελίσσονται σε εσφαλμένες αντιλήψεις.

Η «χαρτογράφηση» των πρώιμων και εσφαλμένων αντιλήψεων σε πολλούς τομείς των θετικών επιστημών έχει συστηματικά μελετηθεί τις τελευταίες δεκαετίες (Jung 1980, Jung 1981, Nachtigall 1982, Duit 1986, Nachtigall 1986, Rhöneck 1986, Wiesner 1986, Nachtigall 1987, σ. 142 κ.ε., Κουμαράς 1989, Boyle 1991, Ραβανής 1992, Duit 1993, Muckenfuß 1993, Mohapatra 1995). Η σχετική έρευνα έχει στόχο την καταγραφή των πρώιμων αντιλήψεων σε συνδυασμό με τη συνήθη εξέλιξή τους σε αντίστοιχες εσφαλμένες, έτσι ώστε να είναι δυνατό η σχεδίαση διδακτικής πορείας που βοηθά στην αποφυγή δημιουργίας των εσφαλμένων αντιλήψεων. Η έκταση του προβλήματος (π.χ. της εδραίωσης αριστοτελικών αντιλήψεων) δείχνει ότι παρά τη συστηματική έρευνα η εφαρμογή στην πράξη δεν υπήρξε αποτελεσματική. Πολλές φορές οι εσφαλμένες αντιλήψεις είναι τόσο ευρέως εδραιωμένες, που αναπαράγονται και έ-

ξω από το σχολείο. Η σύγκυση βάρους και μάζας, η αναφορά στη θερμίδα αντί στη χηλιοθερμίδα (π.χ. αναψυκτικό light έχει ενέργεια 1 θερμίδα!), η σύγκυση της δύναμης με το έργο και την ενέργεια αποτελούν μερικά μόνο παραδείγματα ευρέως εδραιωμένων εσφαλμένων αντιλήψεων. Κατά τον Nachtigall (1990, σ. 38 κ.ε.) κείμενα σε βιβλία εκλαϊκευμένης επιστήμης, διατυπώσεις στα σχολικά βιβλία, εκπομπές των Μ.Μ.Ε., η αποσπασματικότητα της γνώσης στις θετικές επιστήμες και οι ανεπίτρεπτες γενικεύσεις και απλοποιήσεις είναι οι κύριες αιτίες δημιουργίας εσφαλμένων αντιλήψεων. Στα επιμέρους κεφάλαια στο βιβλίο αυτό αναφέρονται οι πιο γνωστές πρώιμες αντιλήψεις των μαθητών που σχετίζονται με τη θεματική κάθε κεφαλαίου.

Βασική προϋπόθεση αντιμετώπισης της εξέλιξης των πρώιμων αντιλήψεων σε εσφαλμένες είναι η επίγνωση του δασκάλου ότι οφείλει να στηρίζει τη διδασκαλία του στις υπάρχουσες νοητικές δομές, πρέπει συνεπώς να ανιχνεύει και να καταγράφει τις πρώιμες αντιλήψεις και να οδηγεί τους μαθητές στην αυτόνομη προσαρμογή, επέκταση ή και απόρριψή τους, όταν είναι απαραίτητο. Οι στρατηγικές εξέλιξης των αντιλήψεων των μαθητών (Nachtigall 1991, Duit 1993) μπορούν να αξιοποιηθούν σε διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις. Ενδιαφέρον είναι ότι τα βασικά σημεία των στρατηγικών αυτών εντοπίζουν στα ίδια διδακτικά στοιχεία στα οποία επικεντρώνουν και οι έρευνες για την αναβάθμιση του ενδιαφέροντος των μαθητών για το μάθημα: α) την αναφορά του μαθήματος στον καθημερινό περίγυρο, β) την όσο το δυνατόν ευρύτερη συμμετοχή του μαθητή στη μαθησιακή πορεία και γ) το κατάλληλο κλίμα διδασκαλίας, την ποιότητα της σχέσης δασκάλου – μαθητών, την «ατμόσφαιρα» ασφάλειας και εμπιστοσύνης, που επιτρέπει τη διατύπωση, καταγραφή και εξέλιξη των πρώιμων αντιλήψεων σε ορθή φυσική γνώση.

Οι πρώιμες αντιλήψεις σχηματίζονται σε αναφορά με οικεία, καθημερινά φαινόμενα. Άρα στο ίδιο επίπεδο πρέπει να επιδιωχθεί η εξέλιξή τους σε ορθή φυσική αντίληψη. Η αφηρηματοποίηση του μαθήματος και ο προσανατολισμός του σε φαινόμενα που δεν είναι σε άμεση συσχέτιση με το καθημερινό περιβάλλον εγκυμονούν τον κίνδυνο να διακρίνει ο μαθητής δυο πεδία. Να διατηρήσει την πρώιμη αντίληψή του για τα καθημερινά φαινόμενα, θεωρώντας ότι το μάθημα του σχολείου εξηγεί ικανοποιητικά τα φαινόμενα που μελετώνται στο σχολείο και τα οποία δε συνδέονται υποχρεωτικά με τα καθημερινά και οικεία.

Οι πρώιμες αντιλήψεις αποτελούν δομές με ισχυρή συναισθηματική φόρτιση και βαρύτητα. Η δημιουργία τους έχει γίνει αυτόνομα από τον μαθητή. Άρα και η εξέλιξή τους είναι δυνατή, μόνο αν γίνει και αυτή από τον μαθητή αυτόνομα και η ορθολογική άποψη αποκτήσει ανάλογο συναισθηματική – βιωματική διάσταση. Είναι πιο εύκολο να αντικαταστήσει ο μαθητής την «παλιότερη» δική του αντίληψη με μια πλήρη «νέα» δική του αντίληψη παρά με αυτήν που του επιβάλλεται από τρίτους. Προϋπόθεση επιτυχίας είναι συνεπώς η μεγιστοποίηση της ενεργητικής συμμετοχής του στη μαθησιακή πορεία. Η ανίχνευση και καταγραφή των πρώιμων αντιλήψεων προϋποθέτει το κλίμα ελευθερίας που επιτρέπει στον μαθητή τη διατύπωσή τους χωρίς τον φόβο του

χλειασμού (Duit 1993). Με την έννοια αυτή και εδώ επιβεβαιώνεται ο καθοριστικός ρόλος του δασκάλου, αφού δική

του ευθύνη είναι η επιτυχής καθιέρωση του κατάλληλου κλίματος.

## 1.6 Μεθόδευση της διδακτικής πορείας

*«Μικρότερο κακό είναι η αγραμματοσύνη, παρά η κακή και χωρίς μέθοδο εκπαίδευση. Είναι βέβαιο πως ανάμεσα στους αγράμματους ευκολότερα βρίσκει κανένας άνθρωπο ενάρετο παρά ανάμεσα σε κείνους που εκπαιδεύτηκαν χωρίς σωστή μέθοδο.»*

A. Κοραής<sup>1</sup>

Το εισαγωγικό απόσπασμα του Κοραή νχέι προκλητικά ακραίο, περιγράφει ωστόσο μια σημαντική διαπίστωση σχετικά με την εκπαιδευτική διαδικασία. Η χωρίς μεθόδευση εκπαίδευση οδηγεί στην αποσπασματικότητα και την ημιμάθεια και εντείνει τις σχέσεις δασκάλου – μαθητών, αφού η παροχή μορφωτικών αγαθών στερείται γενικά τουλάχιστον οριοθετημένων κανόνων, που θα επιτρέψουν στον μαθητή την ένταξη των παιδευτικών στοιχείων σε συστηματικά οργανωμένο πλαίσιο γνώσεων και δεξιοτήτων. Η έννοια της μεθόδευσης είναι πολύ γενική. Στην ευρύτερη εκδοχή της περιλαμβάνει τον καθορισμό του αντικειμένου και το πλαίσιο των στόχων του μαθήματος, καθώς και τη μορφή οργάνωσης της διδακτικής πορείας (μάθημα στην τάξη, ομάδες εργασίας, διαθεματικό μάθημα...). Η μεθόδευση της διδασκαλίας διέπεται από γενικές αρχές, που εξειδικεύονται όμως ανάλογα με το μάθημα, το επίπεδο των μαθητών και τις κρατούσες παραμέτρους.

Η διδασκαλία πρέπει να οργανώνεται σε διαδοχικά στάδια, καθένα από τα οποία επιτελεί συγκεκριμένη λειτουργία και εξασφαλίζει τις προϋποθέσεις για το επόμενο. Η ακολουθία των σταδίων, που αναφέρονται συχνά και ως φάσεις της διδασκαλίας (Bleichroth 1991α, σ.197), καθώς και το περιεχόμενο του καθενός, σχηματοποιούν τη μεθοδική πορεία του μαθήματος, η οποία πρέπει να είναι σαφής και ξεκάθαρη και να εγγυάται την ομαλή εξέλιξη της μαθησιακής πορείας. Ο σχεδιασμός των σταδίων είναι

σε συνάρτηση με το αντικείμενο του μαθήματος, το επίπεδο των μαθητών, καθώς και τα διαθέσιμα εποπτικά και άλλα μέσα.

Η οργάνωση του μαθήματος σε στάδια βοηθά στη μεθοδευμένη εξέλιξη, δεν πρέπει όμως να λειτουργεί καταπιεστικά. Δεν είναι π.χ. δυνατό να οριοθετηθεί αυστηρά η χρονική διάρκεια κάθε σταδίου, καθώς ενδεχόμενες γόνιμες παρεμβάσεις των μαθητών μπορεί να προκαλέσουν αποκλίσεις που δε θα επιτρέψουν την ολοκλήρωση των φάσεων σε μια συγκεκριμένη διδακτική ώρα. Ο δάσκαλος αξιολογώντας κάθε πρόταση αποφασίζει την απόκλιση από το προσχεδιασμένο μάθημα, προσαρμόζοντας και συμπληρώνοντας τη σχεδίαση. Αν είναι απαραίτητο, κάποιο στάδιο μπορεί να ολοκληρωθεί στην επόμενη διδακτική ώρα. Σημαντικό ωστόσο είναι να τηρείται η αλληλουχία των σταδίων, όσο κι αν η χρονική διάρκεια καθενός μπορεί να είναι διαφορετική από την προσχεδιασμένη. Η ακριβής ανάλυση σε συγκεκριμένα στάδια πρέπει να είναι σε συνάρτηση με το διδακτικό μοντέλο. Διαφορετική ανάλυση απαιτείται για παράδειγμα για τη μετωπική διδασκαλία, ενώ άλλη για τα ερευνητικά μοντέλα διδασκαλίας. Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τρία γενικά στάδια, τα οποία καλύπτουν το μεγαλύτερο εύρος διδακτικών μοντέλων. Στην παράγραφο 1.7.2 παρουσιάζεται ειδικότερα η ανάλυση των διδακτικών σταδίων για το ερευνητικό εξελισσόμενο μοντέλο διδασκαλίας, στο οποίο στηρίζεται η προτεινόμενη προσέγγιση.

### 1.6.1 Στάδιο της δημιουργίας κινήτρων

Η επιδίωξη της δημιουργίας κινήτρων αναφέρεται στον αγγλικό όρο «motivation». Ο Τριλιανός (1991, σ.12) χρησιμοποιεί τον όρο «παρώθηση» για την απόδοση στα ελληνικά. Η καλλιέργεια κινήτρων αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη μάθηση. «Η τεράστια οικονομική επένδυση για την κατασκευή, οργάνωση και τον εξοπλισμό των σχολείων, καθώς και η άσκηση της πλήρους εξουσίας του κράτους, εξασφαλίζουν τη φυσική παρουσία των μαθητών στο σχολείο. Όλα αυτά όμως είναι άσκοπα, αν οι μαθητές δε θέλουν να μάθουν» (Slavin 1986, σ. 342). Για τη δημιουργία κινήτρων ή αλλιώς την αφύπνιση του ενδιαφέροντος (Duit 1981, σ. 125) υπάρχουν διάφορες θε-

ωρίες και απόψεις (Stone 1982, σ. 165 κ.ε., Slavin 1986, σ. 343 κ.ε., Woolfolk 1987, σ. 315 κ.ε.). Σύμφωνα με τη γνωστική ψυχολογία «ο άνθρωπος έχει έμφυτη βασική ανάγκη να καταλάβει το περιβάλλον, να είναι ικανός, ενεργός και αποτελεσματικός στην αντιμετώπιση του κόσμου» (Woolfolk 1987, σ. 315). Όταν συνεπώς συνειδητοποιηθεί αδυναμία ένταξης ενός φαινομένου στο πλαίσιο ερμηνείας που έχει σχηματιστεί, προκαλείται ένταση και ανησυχία, που οδηγεί στην προσπάθεια προσαρμογής, ώστε να καλυφθεί και η νέα εμπειρία (Slavin 1986, σ. 350). Η δυσαρμονία αυτή καλείται «γνωστική σύγκρουση». Η πρόκληση της γνωστικής σύγκρουσης δημι-

<sup>1</sup> Βρεττάκος (1970, σ. 142)

ουργεί την «ανησυχία», το εσωτερικό κίνητρο για την προσπάθεια ερμηνευτικής αντιμετώπισης του νέου φαινομένου.

Ο Αμερικανός ψυχολόγος Berlyne αναφέρει ορισμένους σημαντικούς τρόπους πρόκλησης αυτής της γνωστικής σύγκρουσης στην τάξη (Duit 1981, σ. 126, Bleichroth 1991α, σ. 203):

- την πρόκληση έκληξης, την ασυμφωνία μεταξύ του αναμενόμενου και της εμπειρίας (π.χ. βάζοντας ένα φύλλο χαρτί επάνω από ένα ποτήρι γεμάτο νερό και γυρίζοντάς το ανάποδα, το νερό δε χύνεται, ενώ ο μαθητής ανέμενε ότι θα χυθεί)
- την πρόκληση αμφιβολίας, την ασυμφωνία μεταξύ της παρατήρησης και των υπάρχουσών εμπειριών (π.χ. ψύχοντας ένα κλειστό δοχείο με ζεστό νερό προκαλούμε βρασμό, σε αντίθεση με την «εμπειρική γνώση» ότι ο βρασμός προκαλείται με τη θέρμανση)
- την πρόκληση αβεβαιότητας, όταν πολλή ή λίγες φαίνονται δυνατές (π.χ. σωματιδιακή και κυματική φύση του φωτός).
- την πρόκληση αντίφασης, όταν οι διαφορετικές απαιτή-

σεις σ' ένα πρόβλημα παρουσιάζουν αντιθέσεις (π.χ. ένα αεροπλάνο πρέπει να είναι ελαφρύ αλλά ταυτόχρονα σταθερό. Πώς πρέπει να κατασκευαστεί;).

Οι παραπάνω τρόποι είναι ενδεικτικοί και όχι περιοριστικοί. Ο δάσκαλος ανάλογα με τις εμπειρίες και το επίπεδο των μαθητών μπορεί να χρησιμοποιήσει άλλους τρόπους για την πρόκληση της γνωστικής σύγκρουσης. Το μάθημα των θετικών επιστημών προσφέρει πλήθος δυνατοτήτων για την εισαγωγή. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί εισαγωγικό πείραμα, παρατήρηση φυσικού φαινομένου, τεχνολογική εφαρμογή, ιστορικό παράδειγμα, παρουσίαση με οπτικοακουστικά μέσα, συζήτηση επίκαιρου προβλήματος με στοιχεία π.χ. από τον Τύπο...

Η εισαγωγή, παράλληλα με την ανάδειξη ενδιαφέροντος, αποσκοπεί στον εντοπισμό του προβλήματος και τη σαφή του οριοθέτηση. Αφού δημιουργηθεί έκληξη, αμφιβολία, αβεβαιότητα κ.τ.λ., πρέπει να διατυπωθεί με ακρίβεια, ώστε να αποτελέσει το σαφές προς επίλυση ερώτημα της επόμενης φάσης. Με συζήτηση για παράδειγμα στην τάξη και ταυτόχρονη καταγραφή στον πίνακα μπορεί το προς αντιμετώπιση «πρόβλημα» να εντοπιστεί και να διατυπωθεί, ώστε να είναι σαφές στο σύνολο των μαθητών.

### 1.6.2 Στάδιο της επεξεργασίας

Το βασικό στάδιο της διδασκαλίας διαφοροποιείται σημαντικά στην οργάνωσή του ανάλογα με τη διδακτική μεθοδολογία που υιοθετείται. Όταν επιλέγεται η πειραματική διδασκαλία, η φάση αυτή ξεκινά με την αναζήτηση δυνατών λύσεων, τις οποίες μπορεί να προτείνουν οι μαθητές αυτόνομα, να προκύψουν από συζήτηση ή να οριστούν από τον δάσκαλο. Οι λύσεις αυτές έχουν προσωρινό, υποθετικό χαρακτήρα, η ορθότητά τους συνεπώς πρέπει να επιβεβαιωθεί. Κεντρική θέση εδώ έχει το πείραμα. Στη φάση αυτή θα σχεδιαστεί και θα πραγματοποιηθεί πείραμα ή πειράματα για τον έλεγχο της υπόθεσης από τον δάσκαλο ή τους μαθητές. Η παρατήρηση και το συμπέρασμα οδηγούν στην επιβεβαίωση της υπόθε-

σης. Η εξέλιξη του μαθήματος και εδώ διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με το επιλεγόμενο διδακτικό μοντέλο. Στη μετωπική διδασκαλία ο δάσκαλος θα παρουσιάσει και θα εκτελέσει το πείραμα καθοδηγώντας τους μαθητές στην προσχεδιασμένη επιβεβαίωση της λύσης που έχει περιγράψει, ενώ, όταν η διδασκαλία προσανατολίζεται στους μαθητές, ο ρόλος του δασκάλου περιορίζεται στον συντονισμό της δικής τους λιγότερο ή περισσότερο αυτόνομης εργασίας. Η φάση αυτή ολοκληρώνεται με την αναδρομή στις υποθέσεις που διατύπωσαν οι μαθητές στην αρχή του μαθήματος, τη διαπίστωση των ορίων ισχύος των νέων δεδομένων, καθώς και των δυνατοτήτων εφαρμογής των νέων στοιχείων.

### 1.6.3 Στάδιο της εμβάθυνσης

Στο τελευταίο στάδιο της διδασκαλίας επιδιώκεται η εμπέδωση και η γενίκευση των νέων δεδομένων και η συστηματοποίηση της ικανότητας εφαρμογής των νέων γνώσεων σε παρεμφερή προβλήματα (transfer). Η εμπέδωση επιτυγχάνεται με επαναλήψεις, που μπορεί να είναι προφορικές ή να έχουν τη μορφή ασκήσεων για το σπίτι. Ο Mothes (1972, σ. 67 κ.ε.) αναφέρει μεταξύ άλλων τις παρακάτω δυνατότητες:

- σχεδιασμό στον πίνακα της πορείας που ακολουθήθηκε στο μάθημα, στον οποίο να περιλαμβάνεται η διατύπωση του προβλήματος που μελετήθηκε, η πειραματική αντιμετώπιση και τα συμπεράσματα
- αυτόνομη αναδρομή των μαθητών στο περιεχόμενο και στα διάφορα βήματα του μαθήματος
- εργασίες για το σπίτι, όπως ασκήσεις, ερωτήσεις, αναζήτηση επιπλέον πληροφοριών

- παρατηρησιακές ασκήσεις για τον εντοπισμό περαιτέρω εφαρμογών
- σημείωση των σημαντικών κανόνων, σκίτσων, διαγραμμάτων σε ειδικό τετράδιο
- εθελοντική κατασκευή σχετική με το μάθημα.

Ο Bleichroth (1991α, σ. 214) επιχειρεί μια κατηγοριοποίηση των δυνατοτήτων της επανάληψης, αναφέροντας την προφορική επανάληψη (χωρίς αυτή να περιορίζεται στην αποστήθιση), το τετράδιο αναδρομής, στο οποίο σημειώνονται συνοπτικά τα σημαντικότερα σημεία του μαθήματος, το σχολικό βιβλίο, όταν κατάλληλης παράγραφοι συνοψίζουν προηγούμενα συμπεράσματα, τις ασκήσεις, από την απλή απάντηση ερωτήσεων που προκύπτουν από το μάθημα ως τις δυσκολότερες που αναφέρονται σε περισσότερες ενότητες ανακεφαλαίωτικά, και την άσκηση δεξιοτήτων, όπως π.χ. τη χρήση νέων μονάδων που ορίστηκαν στην τάξη.

Η επιδίωξη της ικανότητας μεταφοράς (transfer) και εφαρμογής των γνώσεων σε παρεμφερή προβλήματα είναι το δυσκολότερο στάδιο για τους μαθητές, αφού τα νέα στοιχεία προέκυψαν καταρχήν από το στενό πεδίο φαινομένων και δεδομένων στο οποίο μελετήθηκαν (Duit 1981, σ. 132). Η επέκταση της εφαρμοσιμότητας των δεδομένων σε παρεμφερή φαινόμενα μπορεί να αντιμετωπιστεί με συζήτηση στην τάξη, που να υποστηρίζεται από οπτικά ή ακουστικά ερεθίσματα. Η συζήτηση πρέπει να αποσκοπεί στον εντοπισμό φαινομένων από τον χώρο εμπειριών των μαθητών στα οποία οι νέες γνώσεις μπορούν να εφαρμοστούν, καθώς και στη διαπίστωση ενδεχόμενων αποριών που οι μαθητές είναι

τώρα σε θέση να απαντήσουν. Παραδείγματα από τεχνολογικές ή άλλες εφαρμογές και συνέπειες των νέων στοιχείων μπορούν να εισαχθούν στο μάθημα με τη μορφή παρουσιάσεως, πειράματος (π.χ. παρουσίαση ταινίας ή μοντέλου ατμομηχανής μετά τη συζήτηση για τις μετατροπές στις μορφές ενέργειας) ή και άσκησης για το σπίτι (π.χ. άσκηση για την ερμηνεία των σπασμένων μπουκαλιών στην κατάψυξη μετά τη συζήτηση για την ανωμαλία διαστολής του νερού). Πολλές φορές η τελική αυτή συζήτηση δημιουργεί νέα ερωτήματα, που με κατάλληλη καθοδήγηση του δασκάλου μπορούν να αποτελέσουν το αφετηριακό ερέθισμα, το κίνητρο για την επόμενη διδακτική ενότητα.

## 1.7 Διδακτικά μοντέλα

*«... Αν υπάρχει ένα πεδίο στο οποίο η ενεργός συμμετοχή είναι αναγκαία, με όλη την έννοια της λέξης, αυτό είναι το πεδίο στο οποίο διδάσκεται η πειραματική διαδικασία: Ένα πείραμα το οποίο δεν εκτελείται αυτόνομα με όλη την ελευθερία της πρωτοβουλίας δεν είναι εξ ορισμού πείραμα, είναι απλό παίδεμα χωρίς εκπαιδευτική αξία.»*

*J. Piaget<sup>1</sup>*

Τα διδακτικά μοντέλα ή αλλιώς διδακτικές στρατηγικές αποτελούν σχήματα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στη δομή και μεθοδολογία, όσον αφορά στον σχεδιασμό και στην οργάνωση της διδακτικής – μαθησιακής πορείας (Willer 1977, σ. 108). Χαρακτηριστικά σημεία της διαφοροποίησης των διδακτικών σχημάτων είναι η κατανομή των δραστηριοτήτων στον δάσκαλο και στους μαθητές, το σχέδιο της λογικής εξέλιξης του μαθήματος σε αναφορά με γενικές αντιλήψεις για τη μάθηση και νοητικές δραστηριότητες των μαθητών, καθώς και το σχέδιο της λογικής εξέλιξης του μαθήματος αναφορικά με ειδικά στοιχεία των θετικών επιστημών (Bleichroth 1991α, σ. 248). Η επιλογή συγκεκριμένου διδακτικού μοντέλου πρέπει να είναι σε συνάρτηση με το επίπεδο των μαθητών και τα υπάρχοντα μέσα διδασκαλίας και να εξυπηρετεί τους δεδομένους διδακτικούς στόχους. Σημαντικό είναι ο όποιος διαχωρισμός να μη δημιουργεί στεγανά. Το γεγονός για παράδειγμα ότι ένα μοντέλο ονομάζεται «ιστορικό» δε σημαίνει ότι στοιχεία από την ιστορία της επιστήμης δε χρησιμοποιούνται σε άλλες προσεγγίσεις ούτε η υιοθέτηση ερευνητικής διδασκαλίας σημαίνει ότι σε κάποιο θέμα που δεν ενδείκνυται η συγκεκριμένη μεθοδολογία δεν μπορεί να επιλεγεί άλλη προσφορότερη αντιμετώπιση.

Για τον χαρακτηρισμό των διδακτικών μοντέλων ανάλογα με την κατανομή δραστηριοτήτων στον δάσκαλο και τους μαθητές χρησιμοποιούνται ακραίοι όροι, όπως δασκαλοκεντρικά ή μαθητοκεντρικά μοντέλα διδασκαλίας (Πατάκης 1993, σ. 153 κ.ε.) αλλιώς και ενδιάμεσοι, όπως μάθημα προσανατολισμένο στον μαθητή (Riedl 1978, Huber 1978, Schwedes 1982). Με εξαίρεση την αξιολόγηση της επίδοσης και της συμπεριφοράς του μαθητή που γίνεται χωρίς άμεση αντίστοιχη μαθητική δραστηριότητα, στις υπόλοιπες πρωτοβουλίες του δασκάλου αντιστοιχούν μαθητικές δραστηριότητες. Έτσι στη διάλεξη του δασκάλου που μπορεί να αναφέρεται σε παρουσίαση ή εξήγηση ενός θέματος η αντίστοιχη μαθητική δραστηριότητα εί-

ναι δεκτική (ο μαθητής ακούει, σκέφτεται, παρατηρεί, δέχεται πληροφορίες), ενώ στην ενεργοποίηση, που μπορεί να αναφέρεται σε ερώτηση, άσκηση ή οδηγία για πείραμα, οι αντίστοιχες μαθητικές δραστηριότητες είναι σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό ενεργητικές. Ο χαρακτηρισμός ενός μοντέλου ως δασκαλοκεντρικού, προσανατολισμένου στον μαθητή ή μαθητοκεντρικού αναφέρεται στον βαθμό ενεργητικής δραστηριότητας των μαθητών. Αν οι σχετικές ευκαιρίες είναι σπάνιες, αν η καθοδήγηση είναι σε κάθε βήμα αυστηρή, το μοντέλο χαρακτηρίζεται δασκαλοκεντρικό. Η μεγάλη χρονική έκταση πρωτοβουλιών που τοποθετούν τον μαθητή στον ρόλο του δέκτη εγκυμονεί τον κίνδυνο της παθητικής στάσης, αφού δεν είναι παρακολουθήσιμη η δραστηριότητά του, δεν είναι δυνατό να γνωρίζουμε αν είναι ενεργός, αν δεν αφαιρείται, αν σκέφτεται, αν παρακολουθεί με προσοχή και εξάγει συμπεράσματα. Αντίθετα στις ενεργητικές δραστηριότητες η πρόοδος του μαθητή είναι ευκολότερα παρατηρήσιμη.

Η επιλογή των δραστηριοτήτων πρέπει να είναι σε συνάρτηση με τον επιδιωκόμενο στόχο. Με τη διάλεξη για παράδειγμα μπορεί να στοχεύεται η μετάδοση γνωστικών στοιχείων, η εφαρμογή όμως, η ανάλυση, η σύνθεση και η αξιολόγηση εξυπηρετούνται αποτελεσματικότερα από ενεργητικές δραστηριότητες. Η καλλιέργεια της ικανότητας παρατήρησης, συστηματικής περιγραφής, πραγματοποίησης πειραμάτων, ερμηνείας αποτελεσμάτων, διαπίστωσης συσχετίσεων κ.τ.λ. επιτυγχάνονται μόνο μέσω ενεργητικών μαθητικών δραστηριοτήτων. «Αυτονομία, πρωτοβουλία και δημιουργική σκέψη καλλιεργούνται μόνο εφόσον κατά τη διάρκεια του μαθήματος δίνονται στους μαθητές ευκαιρίες να ενεργούν αυτόνομα, να παίρνουν πρωτοβουλίες και να σκέφτονται δημιουργικά» (Bleichroth 1991α, σ. 253).

Η διάκριση της διδακτικής μεθοδολογίας σχετικά με τη λογική εξέλιξη του μαθήματος και τις γενικές αντιλήψεις για τη

<sup>1</sup>Piaget (1973, σ. 20)

μάθηση αναφέρεται στην επιλογή επαγωγικής ή παραγωγικής πορείας και στη χρήση της αναλυτικής ή συνθετικής μεθόδου. Στην επαγωγική μέθοδο με αφηρητά ειδικές παρατηρήσεις εξάγονται γενικά συμπεράσματα. Με τη βοήθεια των αποτελεσμάτων μερικών πειραμάτων διατυπώνονται γενικότερες υποθέσεις. Μετά π.χ. την παρατήρηση της διαστολής σφαίρας και ράβδου, διατυπώνεται η γενικότερη υπόθεση ότι όλα τα στερεά σώματα διαστέλλονται. Στην περίπτωση των θετικών επιστημών η επαγωγή δεν οδηγεί σε δεδομένους νόμους αλλά σε γενικότερες υποθέσεις που χρήζουν περαιτέρω εξακρίβωσης. Η παραγωγική<sup>1</sup> μέθοδος είναι ουσιαστικά αντίστροφη, καθώς με βάση γενικούς νόμους επιδιώκεται η εξαγωγή ειδικότερων κανόνων για την ερμηνεία ειδικών φαινομένων. Στις θετικές επιστήμες, και συνεπώς και στο σχετικό μάθημα, δε χρησιμοποιείται αμιγώς η επαγωγική ή η παραγωγική μέθοδος. Η εναλλαγή και ο συνδυασμός των δύο μεθόδων είναι συνήθιστες, ανάλογα με το συγκεκριμένο θέμα που μελετάται. Κατά τους Duit et al. (1981, σ. 116), όσον αφορά στη μαθησιακή διαδικασία, είναι ορθότερη η αναφορά στη διάκριση συνθετικής

και αναλυτικής μεθόδου, καθώς και εδώ η διαφοροποίηση αναφέρεται στην πορεία από το γενικό στο ειδικό ή αντίστροφα. Στην αναλυτική μέθοδο πολύπλοκα θέματα αναλύονται σε απλούστερα προς μελέτη ερωτήματα, ενώ στη συνθετική μέθοδο επιχειρείται η κατανόηση και αφομοίωση σύνθετων προβλημάτων με συνδυασμό απλούστερων γνώστων στοιχείων.

Η διαμόρφωση των διδακτικών μοντέλων ειδικά για τις θετικές επιστήμες εξαρτάται τέλως από την έμφαση που δίνεται στο θεματικό αντικείμενο ή στη μεθοδολογία προσέγγισής του. Αν ενδιαφέρει κύρια η μετάδοση του δεδομένου γνωστικού υλικού, δίνεται έμφαση στην ευρύτερη κάλυψη των θεματικών πεδίων, ενώ, όταν δίνεται βαρύτητα στη μεθοδολογία, αντιμετωπίζονται λιγότερα θέματα με έμφαση στη διαδικασία προσέγγισης (process oriented teaching), με τη σκέψη ότι η κατανόηση της διαδικασίας που οδηγεί στη γνώση θα επιτρέψει στους μαθητές να διευρύνουν αυτόνομα το πεδίο εφαρμογής όσων μαθαίνουν στο σχολείο. Η προσέγγιση αυτής της διαδικασίας κατάκτησης γνώσης επιδιώκεται σε διαφορετικά μοντέλα με διαφορετικό τρόπο.

### 1.7.1 Επιλογή διδακτικού μοντέλου

Η εξέλιξη της διδασκαλίας δεν μπορεί να είναι τυχαία και να βασίζεται στον αυθορμητισμό της στιγμής. Η επιλογή της διδακτικής μεθοδολογίας πρέπει ν' ανταποκρίνεται στις διδακτικές και παιδαγωγικές αρχές και να εξυπηρετεί την υλοποίηση των διδακτικών σκοπών και στόχων, προσφέροντας δυνατότητες πολύπλευρης αντιμετώπισης της διδακτέας ύλης, συγκροτημένες όμως μεθοδολογικά, ώστε η μία να ενισχύει την άλλη, συντελώντας τελικά στη γνωστική εδραίωση των νέων δεδομένων. Η επιλογή της μεθοδολογίας είναι καθοριστική για την επιτυχία του μαθήματος, αφού προδιαγράφει τη δομή του μαθήματος και την ποιότητα της σχέσης μαθητή – δασκάλου.

Σε συνάρτηση με τις διδακτικές και παιδαγωγικές αρχές που αναλύθηκαν στην παράγραφο 1.1, καθώς και την επιλογή των απλών μέσων και υλικών για τα πειράματα που εκτελούν οι μαθητές, επιβάλλεται η απόρριψη των δασκαλοκεντρικών μοντέλων και η υιοθέτηση διδακτικής μεθοδολογίας προσανατολισμένης στον μαθητή, διδακτικής μεθοδολογίας με την οποία να καλλιεργείται η αυτονομία του μαθητή στην κατάκτηση των «νέων» μαθησιακών στοιχείων. Η βασική αυτή θέση αποτυπώνεται emphaticά στα λόγια του Pascal<sup>2</sup>: «Πειθόμαστε γενικά ευκολότερα από τα αίτια τα οποία ανακαλύπτουμε μόνοι μας παρά από εκείνα τα οποία δημιουργήθηκαν στο μυαλό άλλων».

Η επιλογή όμως ακόμη και με βάση τα παραπάνω δεν είναι μονοσήμαντη. Το εύρος αντίστοιχων μοντέλων είναι ιδιαίτερα μεγάλο. Αν στο ένα άκρο, ως προς τη σχέση δασκάλου – μαθητή και την αυστηρότητα του καθορισμού της διδακτικής πορείας, τοποθετούνται τα δασκαλοκεντρικά μοντέλα, τότε στο άλλο άκρο πρέπει να τοποθετηθεί το «ανοικτό μάθημα». Ο όρος όμως

«ανοικτό μάθημα», «ανοικτή διδασκαλία» ή παράγωγά του έχουν τιτλοφορήσει διδακτικές παρεμβάσεις με αρκετά διαφορετικά περιεχόμενα. Η προέλευσή του μπορεί να αναζητηθεί στις παιδαγωγικές τομές στη Μεγάλη Βρετανία στη δεκαετία του 1920. Η Maria Montessori χρησιμοποίησε τη φράση ενός παιδιού «Βοήθησέ με να το κάνω μόνος μου» για την περιγραφή της κεντρικής ιδέας των «ανοικτών» διδακτικών προγραμμάτων (Berge 1993). Ο Wallrabenstein (1992, σ. 54) δίνει ένα γενικό ορισμό για το «ανοικτό μάθημα»: «Ανοικτό μάθημα είναι ένας γενικός χαρακτηρισμός για διαφορετικές μεταρρυθμιστικές παρεμβάσεις με πολυμορφία ανοίγματος περιεχομένου, μεθοδολογίας και οργανωτικής δομής, με στόχο την αλληλαγία της σχέσης με το παιδί και με βάση μία νέα αντίληψη της έννοιας της μάθησης».

Είναι σαφές από τα παραπάνω ότι η λέξη «ανοικτό» δεν αποτελεί χαρακτηρισμό συγκεκριμένης διδακτικής μεθοδολογίας. Είναι ορθότερο να δώσουμε στην έννοια «ανοικτό» τη διάσταση του χαρακτηριστικού των διδακτικών μοντέλων. Με αυτή την προσέγγιση του όρου τα δασκαλοκεντρικά μοντέλα έχουν αυτό το χαρακτηριστικό σε ελάχιστο βαθμό, θα τα χαρακτήριζε συνεπώς κανείς ως «κλειστά» μοντέλα. Ο Ramseser (1992, σ. 22) αναφέρεται σε τρεις διαστάσεις της έννοιας «ανοικτό»: το άνοιγμα του περιεχομένου, το μεθοδολογικό άνοιγμα και το οργανωτικό άνοιγμα.

Η επιλογή της διδακτικής μεθοδολογίας στην παρούσα προσέγγιση έχει στόχο τη σταδιακή μετατόπιση προς πιο «ανοικτό» μάθημα. Επιδιώκεται ο προσανατολισμός του μαθήματος στον μαθητή, στον βαθμό που αυτό είναι δυνατό, χωρίς το μάθημα των θετικών επιστημών να γίνει αντιληπτό από τους μαθητές ως κάτι δραματικά καινούριο και ξένο με τα υ-

<sup>1</sup> αναφέρεται και ως απαγωγική μέθοδος (Πατάνης 1993, σ. 167)

<sup>2</sup> Gedanken, Sammlung Dietrich, Wiesbaden, Bd. 7, s. 3, όπως αναφέρει ο Wagenschein (1976, σ. 119)

πόλλοι μαθήματα, που διδάσκονται στην πλειοψηφία τους δασκαλοκεντρικά. Η διδακτική μεθοδολογία η οποία επελέγη εξυπηρετεί τους βασικούς στόχους που περιγράφηκαν στην παράγραφο 1.4.2 και στηρίζεται στην πειραματική διδασκαλία με απλά μέσα. Ως προς το περιεχόμενο το μάθημα είναι «κλειστό», ο βασικός κορμός της ύλης είναι καθορισμένος. Παρ'όλα αυτά στο πλαίσιο του παραλληλισμού με τα θεματικά ενδιαφέροντα των μαθητών, ο δάσκαλος έχει τη δυνατότητα να αποκλίνει από τον βασικό αυτό κορμό του περιεχομένου, καθορίζοντας την έκταση και το βάθος της διδασκαλίας κάθε φαινομένου. Όπου εντοπίζει ενδιαφέρον των μαθητών, έχει τη δυνατότητα να εμβαθύνει με αναφορές σε εφαρμογές και παραδείγματα, ενώ, όταν διαπιστώνει αδιαφορία, μπορεί να επιταχύνει τον ρυθμό εντοπίζοντας μόνο στα κύρια σημεία. Η έκταση της ύλης (πρβλ. 1.8) είναι ούτως

ή άλλως αδύνατο να καλυφθεί πλήρως, ο δάσκαλος συνεπώς μπορεί να αποφασίσει ποια θέματα δε θ' αντιμετωπίσει. Βάση της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης αποτελεί το ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό μοντέλο των Schmidkunz και Lindeman (1992). Το διδακτικό αυτό μοντέλο περιγράφεται συστηματικά στην επόμενη παράγραφο. Η υλοποίησή του, όπως άλλωστε κάθε μοντέλου που προσανατολίζεται στον μαθητή, προϋποθέτει την καθιέρωση κατάλληλου κλίματος διδασκαλίας – μάθησης στην τάξη, κλίματος που κατοχυρώνει το «άνοιγμα» του μαθήματος, που βασίζεται στον σεβασμό της ελευθερίας του μαθητή να συγκαθορίσει τη μαθησιακή του πορεία, κλίματος που δημιουργεί τις προϋποθέσεις στους μαθητές για να εκφράσουν ελεύθερα, χωρίς τον φόβο του χλευασμού και της ειρωνείας, τις απόψεις τους.

### 1.7.2 Το ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό μοντέλο

Το ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο, μοιλονότι είναι ανακαλυπτικό, διαφοροποιείται, ακόμη και στον τίτλο του, στο γεγονός ότι η δυνατότητα των παιδιών στη συμμετοχική ανακάλυψη δεν είναι ανεξέλεγκτη αλλα εξελίσσεται σε συγκεκριμένα στάδια και μεθοδεύεται από συγκεκριμένες πρωτοβουλίες, που το καθιστούν πρακτικά εφαρμόσιμο. Ο δάσκαλος έχει κάθε στιγμή τη δυνατότητα παρακολούθησης της μαθησιακής πορείας. Η ανακαλυπτική διάσταση σε καμιά περίπτωση δε σημαίνει την τυχαία διερεύνηση του φυσικού κόσμου με ανεξέλεγκτη πρωτοβουλία του μαθητή. Κάθε άλλο, η εξέλιξη της διδακτικής – μαθησιακής πορείας ελέγχεται αυστηρά, με γνωστικά – μαθησιακά στάδια, που διαδέχονται το ένα το άλλο. «Στο ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο διδασκαλίας υπάρχει δομή, η οποία επιτρέπει τη σχεδίαση, την εκτέλεση, την περιγραφή, την αξιολόγηση και την εκτίμηση βασικών στοιχείων του μαθήματος» (Schmidkunz 1992, σ. 9). Η ανακαλυπτική του διάσταση έγκειται στην ελεγχόμενη μετατόπιση του μαθήματος στη δραστηριότητα του μαθητή και στην αναγωγή των φαινομένων σε προβλήματα, τα οποία οι μαθητές καλούνται να αντιμετωπίσουν αυτόνομα. Οι μαθητές καλούνται να συστηματοποιήσουν την εργασία τους σύμφωνα με τα μεθοδολογικά πρότυπα των θετικών επιστημών, να προβληματίζονται από τις καθημερινές τους παρατηρήσεις, να διατυπώνουν υποθέσεις, να τις ελέγχουν με απλά πειράματα, να παρατηρούν την εξέλιξή τους και να καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους και να καταλήγουν σε ποιοτικά συμπεράσματα. Οι μαθητές δεν αντιμετωπίζουν πια τα φυσικά φαινόμενα τυχαία, αλλά καλούνται να τα μελετήσουν με μεθοδικό τρόπο. Μαθαίνουν να παρατηρούν συστηματικά και να εκτελούν απλά πειράματα, που πολλές φορές δε διαφέρουν από τις καθημερινές τους δραστηριότητες ως προς το περιεχόμενο αλλά κυρίως ως προς τη μεθοδολογία με την οποία τα αντιμετωπίζουν.

Σύμφωνα με τη θεωρία του κονστρουκτιβισμού (constructivism) κάθε μαθητής δομεί (constructs) τη δική του αντίληψη για τον κόσμο. Η φυσική πραγματικότητα εί-

ναι μία και δεδομένη. Ο τρόπος όμως που καθένας μας την προσεγγίζει είναι διαφορετικός. Διαμορφώνεται εξελικτικά με βάση τις προσωπικές εμπειρίες και σε σύνθεση με τις αντιλήψεις των άλλων. Η πορεία που οδηγεί κάθε φορά στο καινούριο δεν είναι δεδομένη. Στο σχολείο πρέπει συνεπώς να δίνεται περισσότερη έμφαση στην καλλιέργεια των γνωστικών δεξιοτήτων που θα οδηγήσουν στη διαμόρφωση της αντίληψης του μαθητή παρά στα περιεχόμενα της διδασκαλίας αυτά καθαυτά. Πρέπει να δίνουμε στους μαθητές ευκαιρίες για προσωπικές, αυθεντικές εμπειρίες (authentic experiences), εμπειρίες με ισχυρές αναλογίες με τον καθημερινό κόσμο (Duffy 1992, σ. 4 κ.ε.).

Στις θετικές επιστήμες η αναγκαιότητα ανάπτυξης νοητικών μοντέλων ανάγει τον παραγωγικό συλλογισμό (productive thinking) στο απαραίτητο μεθοδολογικό εφόδιο κατανόησής τους. Η μετάδοση λοιπόν της λογικής της παραγωγικής σκέψης είναι για το μάθημα των θετικών επιστημών βασικό ζητούμενο. Ο συνδυασμός της προσέγγισης του παραγωγικού συλλογισμού με την παράλληλη αυτενεργητική δραστηριότητα εξυπηρετείται αποτελεσματικά στο μάθημα των θετικών επιστημών με το ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο. Ο συνδυασμός σκέψης και πράξης οδηγεί στην εδραίωση νοητικών δεξιοτήτων πολύ ουσιαστικότερων από τη μηχανική εφαρμογή ή την απομνημόνευση συγκεκριμένων κανόνων. Με αυτή την έννοια η θέση του πειράματος είναι ιδιαίτερα σημαντική. «Η δομή του ερευνητικά εξελισσόμενου μοντέλου επιτρέπει την αξιοποίηση του πειράματος με διάφορες διδακτικές λειτουργίες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαπίστωση του προς διερεύνηση προβλήματος, για την επίλυσή του ή για την εμπέδωση των νέων δεδομένων» (Schmidkunz 1992, σ. 21). Η λειτουργία του δεν είναι αυτόνομη. Το πείραμα πρέπει να είναι σε λογικό συνδυασμό με την προσπάθεια επίλυσης του προβλήματος στο οποίο προσπαθούμε να ανάγουμε το φαινόμενο (Piöger 1983, σ. 14). Η αναγωγή αυτή των φαινομένων σε προβλήματα, τα οποία οι μαθητές καλούνται να επι-

λύσουν, ξεχωρίζει το ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο από τα υπόλοιπα ανακαλυπτικά (Saxler 1992, σ. 16 – 17). Ο στόχος κάθε διδακτικής ενότητας ανάγεται σε πρόβλημα (Problematisierung). Οι μαθητές καλούνται να αναγνωρίζουν, να διατυπώνουν και να επιδιώκουν την επίλυση του προβλήματος, αναπαράγοντας στον μικρόκοσμο του σχολείου με συνέπεια την πορεία της επιστημονικής μεθοδολογίας. Διατυπώνουν μια υπόθεση, υλοποιούν μια πειραματική πρόταση αντιμετώπισης και την εκτελούν, παρατηρώντας συστηματικά την εξέλιξη του πειράματος και καταγράφοντας την παρατήρησή τους. Οι διαπιστώσεις συζητιούνται και αφηρηματοποιούνται. Το νέο γνωστικό υλικό εμπεδώνεται τέλος με τη βοήθεια του δασκάλου, ο οποίος επιλέγει παραδείγματα και εφαρμογές ανάλογες με τα ειδικά ενδιαφέροντα των μαθητών, προκαλώντας έτσι τη γενίκευση των συμπερασμάτων. Η μαθησιακή πορεία διαμορφώνεται λοιπόν με βάση τη διδακτικά σχεδιασμένη διατύπωση ενός προβλήματος και μιας αντίστοιχης στρατηγικής επίλυσης, η εκτέλεση της οποίας θα οδηγήσει στο γνωστικά «νέο». Στο σχολείο μεταδίδεται η επιστημονική μεθοδολογία, η οποία, σε συνδυασμό με την απλότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται για τα πειράματα, επιτρέπει στους μαθητές να επαναλαμβάνουν και να επεκτείνουν τη διδακτική πορεία αυτόνομα στο σπίτι, διευρύνοντας το πεδίο των γνώσεών τους. Το ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο, αξιοποιώντας πολυήθλητρα το πείραμα και την επιστημονική μεθοδολογία μέσα από την αναγωγή κάθε φαινομένου σε πρόβλημα προς επίλυση, καλλιεργεί πολύ ευρύτερες δεξιότητες των μαθητών. Πέρα από τις γνωστικές καλλιεργούνται τόσο οι ψυχοκινητικές όσο και οι συναισθηματικές δεξιότητες. Σύμφωνα με τα παραπά-

νω τα βασικά χαρακτηριστικά του ερευνητικά εξελισσόμενου μοντέλου είναι:

- η επιδίωξη της αναβάθμισης του ενδιαφέροντος για το μάθημα
- η ευρύτητα της αυτόνομης συμμετοχής του μαθητή
- η προσπάθεια προσφοράς της αίσθησης επιτυχίας
- η ισομερής επιδίωξη γνωστικών, συναισθηματικών και ψυχοκινητικών στόχων
- η αναγωγή των φαινομένων σε προβλήματα προς επίλυση
- η μεθόδευση της ανακάλυψης μέσα από δομημένο μάθημα
- η μετάδοση της επιστημονικής μεθοδολογίας
- ο ρόλος του δασκάλου στον συντονισμό του μαθήματος
- η σύνδεση των φαινομένων που μελετώνται με την καθημερινότητα
- η δυνατότητα επανάληψης των πειραμάτων και αυτόνομης διερεύνησης στον εξωσχολικό χώρο.

Με τον όρο ερευνητικό στον τίτλο του δίνεται έμφαση στην προσπάθεια να βοηθηθεί ο μαθητής, με βάση τις προϋπάρχουσες γνώσεις και τα μέσα που διαθέτει και με μεθόδους αντίστοιχες του γνωστικού του δυναμικού, να κατακτήσει αυτόνομα τα νέα στοιχεία. Η έρευνα ως μεθοδολογία και πρακτική με βάση όσα έχουν προαναφερθεί μπορεί να γίνει κτήμα του μαθητή ακόμη και στο δημοτικό σχολείο.

Με τον όρο εξελισσόμενο τονίζεται το γεγονός ότι η ερευνητική πορεία του μαθητή δεν είναι τυχαία και ελεύθερη, αλλά εξελίσσεται σε συγκεκριμένα στάδια με χρονική αλληλουχία. Ο ρόλος του δασκάλου είναι να οργανώσει και να συντονίζει την ερευνητική πρωτοβουλία του μαθητή σύμφωνα με τα στάδια αυτά και με στόχο τη διεύρυνση των νοητικών δομών, ώστε να καταστεί δυνατή η αφομοίωση του κάθε φορά καινούριου.

### 1.7.2.1 Εξέλιξη του μαθήματος στο ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο η ερευνητική προσέγγιση δεν είναι εφαρμόσιμη χωρίς κάποια καθοδήγηση από τον δάσκαλο. Δεν υπάρχει ερευνητική διδασκαλία που να μην είναι σε μικρό ή μεγάλο βαθμό καθοδηγούμενη. Ακόμη και στην επιστημονική έρευνα η ανακάλυψη δεν είναι ελεύθερη. Κάθε ερευνητής δέχεται ερεθίσματα και έμμεση καθοδήγηση στην έρευνά του από τις προϋπάρχουσες γνώσεις του και τις επιδράσεις του επιστημονικού περιβάλλοντος (δημοσιεύσεις, συζητήσεις με συναδέλφους κ.ο.κ.). Σημαντικό είναι η όποια καθοδήγηση του μαθητή να στοχεύει στη μεθόδευση της δουλειάς του, χωρίς να επιφέρει τον στραγγαλισμό της φαντασίας ούτε να καταπιέζει τη διάθεσή του να έχει την πρωτοβουλία. Πρέπει να είναι γενική και ευέλικτη, αλλά ταυτόχρονα αποτελεσματική στην εξασφάλιση της γνωστικής προόδου. «Ενώ σεβόμαστε το δικαίωμα του παιδιού στον δικό του τρόπο εξερεύνησης, μπορεί να μας είναι δύσκολο να αντισταθούμε στον πειρασμό να το πιέσουμε να «ανακαλύψει» αυτό που εμείς ήδη γνωρίζουμε. Πρέπει να είμαστε προσεκτικοί να μην αμβλύνουμε τη φλόγα της ανησυχίας και αναζήτησης με ένα βαρύ πέπλο από οδηγίες και δεδομένα...» (Harlan 1976, σ.15).

Η προσέγγιση της «επίλυσης» του «προβλήματος», στο οποίο ανάγεται το φαινόμενο που μελετάται, γίνεται στο ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό μοντέλο με μικρά γνωστικά βήματα, σε λογική αλληλουχία και με σταδιακά αυξανόμενο βαθμό αφηρηματοποίησης. Η αλληλουχία των βημάτων αυτών περιγράφεται παρακάτω με τα διδακτικά στάδια που χρονικά διαδέχονται το ένα το άλλο και αντιστοιχούν στα βασικά στάδια της επιστημονικής μεθοδολογίας. Η αλληλουχία των σταδίων αυτών, που χαρακτηρίζουν τη διδακτική – μαθησιακή πορεία, είναι αυτή που επιτρέπει στον δάσκαλο τον σχεδιασμό και τον έλεγχο της διδακτικής διαδικασίας και τον βοηθά στην οργάνωση και εκτέλεση του μαθήματος. Με την περιγραφή και ανάληψή τους γίνεται επίσης κατανοητή η κατανομή των δραστηριοτήτων στους μαθητές και τον δάσκαλο, ώστε και η μετατόπιση του μαθήματος προς τον μαθητή να επιτυγχάνεται αλλά και η ομαλή και προγραμματισμένη εξέλιξή του να εξασφαρίζεται. Τα διδακτικά στάδια στην προτεινόμενη διδακτική προσέγγιση είναι:

- **Εισαγωγικό ερέθισμα – Διατύπωση υποθέσεων:** Στο διδακτικό αυτό στάδιο επιδιώκεται ο προσανατολισμός του ενδιαφέροντος των μαθητών στο φαινόμενο που θα

μελετηθεί, επιδιώκεται να τεθεί η βάση του «προβλήματος» και να δοθούν τα ερεθίσματα για την ανάπτυξή του. Μια σύντομη παρουσίαση του δασκάλου, μια συζήτηση δασκάλου – μαθητών ή μεταξύ των μαθητών μπορούν σταδιακά να αναδείξουν το πρόβλημα, το οποίο μέχρι αυτή τη στιγμή γνωρίζει μόνο ο δάσκαλος. Με προσεκτικά ερεθίσματα από τον δάσκαλο μπορεί το πρόβλημα να αναπτυχθεί και στους μαθητές. Η επανάληψη στοιχείων προηγούμενων εννοιών, αν προσφέρεται για τη σύνδεση με ανάλογο πρόβλημα που θα επακολουθήσει, πρέπει να επιδιώκεται. Στο στάδιο αυτό προκαλείται και η διατύπωση υποθέσεων. Οι υποθέσεις πρέπει να βασίζονται στον συνδυασμό των προγενέστερων σχετικών γνώσεων, συνεπώς πρέπει στο μυαλό των μαθητών να σχηματίζονται με την έννοια της πιθανότητας επιτυχίας και να μην είναι απλές εικασίες. Κατά την πρόκληση της διατύπωσης υποθέσεων γίνεται και η καταγραφή των πρώιμων αντιλήψεων των μαθητών (πρβλ. 1.5.4), των σχετικών με το φαινόμενο. Ο δάσκαλος πρέπει να έχει την εικόνα του πλαισίου στο οποίο οι μαθητές εντάσσουν το πρόβλημα, της απλοϊκής ερμηνείας με την οποία το έχουν συνδέσει, ώστε να μπορεί να κατευθύνει με αποτελεσματικότητα τη διαδικασία της προσαρμογής. Η διαδικασία αυτή χρειάζεται πολλή προσοχή, ώστε στην προσπάθεια ανίχνευσης των πρώιμων αντιλήψεων να μη συντελούμε στη δημιουργία νέων που δεν προϋπήρχαν (Jung 1981, σ. 8). Αν πιεστικά ρωτάμε ένα μαθητή για παράδειγμα σχετικά με την αντίληψή του για την ενέργεια, είναι πιθανό, ακόμη και αν δεν είχε προβληματιστεί σχετικά, να δημιουργήσει κάποια άποψη, μόνο και μόνο για να απαντήσει στο ερώτημα. Ενώ πρέπει να είμαστε πρόθυμοι να απαντάμε όσο το δυνατόν ορθότερα σε οποιοδήποτε ερώτημα προκύπτει, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για να μην προκαλούμε απαντήσεις σε πρόωρα ερωτήματα που δεν έχουν απασχολήσει τους μαθητές. Μια έμμεση ερώτηση, ανοιχτή και ελεύθερη, για παράδειγμα «τι σκέφτεστε όταν ακούτε τη λέξη ενέργεια;», μπορεί να δώσει στοιχεία για τις πρώιμες αντιλήψεις των μαθητών χωρίς τον κίνδυνο της δημιουργίας νέων. Είναι προφανές ότι σε καμιά περίπτωση δεν πιέζουμε τους μαθητές να δώσουν απαντήσεις στα εισαγωγικά ερωτήματα.

- **Πειραματική αντιμετώπιση:** Στο στάδιο αυτό οι μαθητές εκτελούν ένα ή περισσότερα πειράματα, παρατηρούν συστηματικά και καταγράφουν την παρατήρησή τους. Αν κάποια ενότητα δεν ενδείκνυται για την εκτέλεση πειράματος, οι μαθητές εκτελούν δραστηριότητες που περιγράφονται στο βιβλίο τους. Στην περίπτωση του πειράματος πρέπει ο δάσκαλος να αποφασίσει κατ' αρχήν τη μορφή της εργασίας. Ανάλογα με τον διαθέσιμο χρόνο και την υπάρχουσα υποδομή θα επιλεγεί εδώ αν θα γίνει πείραμα επίδειξης ή πείραμα σε ομάδες. Είναι προφανές, σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί για τη σημασία της όσο το δυνατό ευρύτερης συμμετοχής του μαθητή στη μαθησιακή διαδικασία, ότι προτιμυτέα είναι η εκτέλεση του πειράματος σε ομάδες. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να καθοριστεί η μορφή της συνεργασίας. Αν το πείραμα έχει έκταση και πολυπλοκότητα, μπορεί να επιλεγεί η κατανομή καθηκόντων, για παράδειγμα ένας μαθητής

συγκεντρώνει τα όργανα, άλλος στήνει τη διάταξη, ενώ τρίτος καταγράφει τις παρατηρήσεις. Αν το πείραμα δεν έχει έκταση και πολυπλοκότητα, μπορεί να επαναληφθεί μεμονωμένα από κάθε μαθητή. Είναι σημαντικό να συζητηθούν αναλυτικά οι οδηγίες του πειράματος, προτού οι μαθητές πάρουν τα όργανα και τα υλικά και αρχίσουν να εκτελούν το πείραμα, αφού μετά απ' αυτό το σημείο η προσοχή τους είναι στραμμένη στα υλικά που έχουν μπροστά τους και όχι στον δάσκαλο ή στους συμμαθητές τους. Ο δάσκαλος με τη βοήθεια των μαθητών πρέπει να έχει φροντίσει πριν το μάθημα να έχει συγκεντρώσει τα απαραίτητα για το πείραμα υλικά. Κατά την εκτέλεση του πειράματος ο δάσκαλος έχει τον δύσκολο ρόλο του αρωγού παράλληλα για όλες τις ομάδες, τις οποίες και επισκέπτεται, χωρίς όμως να παρεμβαίνει, για να μη μετατραπεί το πείραμα σε επίδειξη. Οι μαθητές είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς στο να καλέσουν τον δάσκαλο σε βοήθεια όταν κάτι δεν πηγαίνει όπως περιμένουν, ζητώντας του να λύσει το πρόβλημα. Η προθυμία του δασκάλου να πάρει αυτό τον ρόλο καταργεί στην ουσία την ερευνητική προσέγγιση. Με κατάλληλα ερεθίσματα μπορεί να βοηθήσει την ομάδα να αντιμετωπίσει αυτόνομα το πρόβλημα, χωρίς να προσφέρει έτοιμες λύσεις και απαντήσεις.

Για την περίπτωση που προτιμηθεί η εκτέλεση κάποιου πειράματος με τη μορφή επίδειξης, πρέπει ο δάσκαλος να φροντίσει η συμμετοχή των μαθητών να είναι όσο το δυνατό πιο ενεργητική και να μην περιορίζεται στην παρατήρηση της εκτέλεσης του πειράματος. Ο δάσκαλος μοιράζει ρόλους «βοηθού» σε όσο το δυνατό περισσότερους μαθητές ή καλεί μαθητές στην έδρα σε κάποια φάση του πειράματος. Η εναλλαγή των μαθητών που βοηθούν τον δάσκαλο στα πειράματα επίδειξης εξασφαλίζει την ισότιμη αντιμετώπιση των μαθητών.

Μετά την ολοκλήρωση της εκτέλεσης του πειράματος και αφού οι μαθητές επιστρέψουν τα όργανα και τα υλικά στη θέση τους, οι μαθητές σημειώνουν την παρατήρησή τους στον προβλεπόμενο χώρο στο βιβλίο τους. Ο δάσκαλος περιέρχεται την τάξη εξασφαλίζοντας την ορθότητα των παρατηρήσεων που σημειώνουν οι μαθητές.

- **Εξαγωγή συμπεράσματος:** Μετά την ολοκλήρωση της εκτέλεσης των πειραμάτων και μέσα από συζήτηση στην τάξη, επιδιώκεται η αφηρηματοποίηση και η γενίκευση των παρατηρήσεων με τη διατύπωση ενός συμπεράσματος. Σε κάποιες ενότητες, όταν το φαινόμενο είναι σύνθετο, η εξαγωγή του συμπεράσματος γίνεται σταδιακά. Σε κάποιες άλλες, όταν το φαινόμενο που μελετάται είναι πιο απλό, η εξαγωγή του συμπεράσματος γίνεται στο τέλος της ενότητας. Η αφηρηματοποίηση μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, ανάλογα με το φαινόμενο που οι μαθητές μελετούν, πρέπει όμως σε κάθε περίπτωση να επιτυγχάνεται σταδιακά, με μικρά βήματα, σε αντιστοίχιση με την ικανότητα των μαθητών να την αφομοιώσουν. Προσπάθεια του δασκάλου είναι η αποτελεσματικότητα της προσαρμογής και η εγκατάλειψη της πρώιμης αντίληψης, όταν αυτή είναι ανεπαρκής. Ο έλεγχος της επιτυχίας της προσπάθειας αυτής θα γίνει στο τελευταίο διδακτικό στάδιο με την εμπέδωση. Μετά την ολοκλήρωση της συζήτησης οι μαθητές σημειώνουν το συμπέρασμα στον προ-

βλεπόμενο χώρο στο βιβλίο τους. Αν το συμπέρασμα είναι δύσκολο, δίνεται βοήθεια στους μαθητές με τη μορφή λέξεων που πρέπει να χρησιμοποιήσουν. Ειδικότερες οδηγίες για τη μεθόδευση της εξαγωγής του συμπεράσματος δίνονται στην παράγραφο 2.2.2.3, καθώς και στις αναλυτικές οδηγίες για κάθε ενότητα.

Μετά την εξαγωγή του συμπεράσματος οι μαθητές ανατρέχουν στις υποθέσεις που διατύπωσαν στην αρχή του μαθήματος και ελέγχουν, με βάση όσα μελέτησαν πειραματικά, την επιβεβαίωση ή απόρριψή τους. Μέσα από συζήτηση στην τάξη οι μαθητές σχολιάζουν, επαναδιατυπώνουν, συμπληρώνουν ή διορθώνουν τις υποθέσεις τους. Με τη διαδικασία αυτή γίνεται σαφές ότι η πειραματική διαδικασία είναι αυτή που οδηγεί στη διεύρυνση του γνωστικού πεδίου.

- **Εμπέδωση – Γενίκευση:** Στο τελευταίο διδακτικό στάδιο επιδιώκεται η εμπέδωση και η γενίκευση των νέων γνωστικών στοιχείων. Αυτό επιτυγχάνεται με εργασίες που αναφέρονται σε εφαρμογές και παραδείγματα ή έχουν επαναληπτικό χαρακτήρα. Στο βιβλίο του μαθητή οι εργασίες εμπέδωσης αναφέρονται ως «εργασίες για το σπίτι», αυτό όμως δε σημαίνει ότι, εφόσον υπάρχει διαθέσιμος χρόνος, κάποιες από αυτές δεν μπορεί να ανατεθούν στους μαθητές στο σχολείο. Οι εργασίες εμπέδωσης αναφέρονται συχνά σε εφαρμογές στην καθημερινή ζωή των φαινομένων που μελετήθηκαν στην ενότητα. Η γενίκευση των συμπερασμάτων, στα οποία οι

μαθητές κατέληξαν με την πειραματική διερεύνηση, με όσο το δυνατό περισσότερες εφαρμογές δίνει τη διάσταση της ευρύτητας του φαινομένου και δημιουργεί παράλληλα ευκαιρίες για ασυνείδητη ανάκληση του συμπεράσματος, στο οποίο οι μαθητές κατέληξαν στο σχολείο, κάθε φορά που οι μαθητές αντιμετωπίζουν στην καθημερινή τους ζωή την εφαρμογή με την οποία το συμπέρασμα συνδέθηκε. Οι αναφορές των μουσικών οργάνων στην ακουστική, των ιατρικών θερμομέτρων στη θερμότητα, του ματιού στην οπτική, των ηλεκτρικών συσκευών στον ηλεκτρισμό αποτελούν μερικά μόνο παραδείγματα σ' αυτή την κατεύθυνση. Ο βαθμός ικανότητας των μαθητών να ανταποκριθούν στις εργασίες αυτές δίνει στον δάσκαλο την πληροφορία για την επιτυχία της εδραίωσης των νέων γνωστικών δεδομένων, στοιχείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την αξιολόγηση των μαθητών.

Οι εργασίες για το σπίτι αποτελούν ουσιαστικό συμπληρωματικό στοιχείο του μαθήματος. Με αυτές ολοκληρώνεται η διδασκαλία με τη βαθμίδα της εμπέδωσης. Είναι λοιπόν ιδιαίτερα σημαντικό να συζητιούνται οι εργασίες στην τάξη και όχι απλά να διορθώνονται από τον δάσκαλο. Πολλές φορές θα χρειαστεί η εκτέλεση ενός επιπλέον πειράματος για την τεκμηρίωση της ορθής τους απάντησης, η οποία πρέπει να γίνει αποδεκτή από κάθε μαθητή με την αυτονομία της συμμετοχής.

### 1.7.2.2 Πειράματα με απλή μέσα

Η σημασία του πειράματος θεωρείται δεδομένη για τη διδακτική των θετικών επιστημών (Wilke 1993a). Ανάλογα με την επιλογή της διδακτικής μεθοδολογίας το πείραμα μπορεί να εξυπηρετεί διαφορετικούς στόχους. Η μεθοδολογία εφαρμογής είναι αυτή που θα οριοθετήσει τη λειτουργία του. Η πειραματική άσκηση δεν μπορεί ωστόσο να είναι μία τρισδιάστατη προέκταση του διδακτικού βιβλίου. Πρέπει να εξυπηρετεί τον στόχο της αναγωγής της μάθησης σε αυτόνομη βιωματική εμπειρία, με σκοπό τη σύνδεση του γνωστικού υλικού με την καθημερινότητα και την προσέγγιση της επιστημονικής μεθοδολογίας.

Η αναγκαιότητα της απλότητας της πειραματικής διάταξης τεκμηριώνεται στη βιβλιογραφία ως βασικός παράγοντας για την επικέντρωση στο ουσιαστικό περιεχόμενο: Ο Schmidkunz (1983), μελετώντας από τη σκοπιά της αντιληπτικής ψυχολογίας την πειραματική διάταξη, προτείνει την «αρχή της οικονομίας». Ο Woolnough (1986), διατυπώνοντας την άποψη ότι η οριοθέτηση του πειράματος πρέπει να συμβαδίζει με τους στόχους του μαθήματος, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι, όταν ενδιαφέρει η ποιοτική ερμηνεία του φαινομένου, η απλότητα της διάταξης εξασφαλίζει ότι δε θα χαθεί αυτή σε λεπτομερείς και ακριβείς μετρήσεις, ενώ ο Kubli (1980) αναφέρει τα «μαύρα κουτιά», τις ακριβείς συσκευές των σύγχρονων κατασκευαστών οργάνων, ως τη χειρότερη επιλογή, αφού δεν είναι προσεγγίσιμες από τον μαθητή. Ο Muckenfuß (1986) αναφέρει σχετικά: «Το εργαστήριο των θετικών επιστημών ως χώρος μάθησης είναι ε-

ξοπλισμένο με ειδικές πειραματικές διατάξεις, τις οποίες ο μαθητής δε θα συναντήσει ποτέ έξω απ' αυτό. Από την εξέλιξη του μαθήματος με τα όργανα αυτά γίνεται αντιληπτή η διδακτική υπόθεση, ότι δηλαδή ο μαθητής είναι σε θέση να παραληλήσει τα παρεμφερή φαινόμενα της καθημερινής ζωής με τα σχολικά πειράματα, μοιράζοντάς τα προσεγγίζονται με όργανα και μεθόδους παντελώς ξένες με την καθημερινότητα. Για την επιβεβαίωση της αισιόδοξης αυτής υπόθεσης δε συνηγορεί κατά τη γνώμη μου τίποτα... Οι πειραματικές διατάξεις είναι έτσι κατασκευασμένες, ώστε να οδηγούν μονοσήμαντα στη γρήγορη επιβεβαίωση ενός πολύ συγκεκριμένου νόμου. Τα όργανα φαίνονται στον μαθητή ξένα...». Η σύνδεση των καθημερινών φαινομένων με το μάθημα του σχολείου δεν εξυπηρετείται με τη χρήση των πολυπλοκών διατάξεων, αφού αυτές είναι ξένες προς την εμπειρία των μαθητών: «Ο πρωταρχικός κόσμος των εμπειριών των μαθητών παραμένει κρυμμένος πίσω από συχνά πολυπλοκές πειραματικές διατάξεις. Έτσι οι θετικές επιστήμες παρουσιάζονται στους μαθητές ως κάτι το οποίο εξελλίσσεται μόνο στη σχολική αίθουσα και στο εργαστήριο και που έχει με τη ζωή τους μικρή σχέση» (Bleichroth 1991β).

Η ανάγκη της ευρύτερης δυνατής συμμετοχής του μαθητή στην πειραματική διαδικασία τεκμηριώνεται επίσης από τη βιβλιογραφία: Ο Bredderman (1984) μελετά την έκταση της πρακτικής άσκησης στο μάθημα και διαπιστώνει τη θετική της επίδραση στον γνωστικό τομέα, στη φαντασία, στη μεθοδικότητα και στη στάση των μαθητών (Bredderman

1982), ενώ οι Aho, Huorilo και Huttunen (1993) διαπιστώνουν την αποτελεσματικότερη κατανόηση των φαινομένων και τη γνωστική αφομοίωση σε Φινλανδούς μαθητές που διδάσκονται μ' έμφαση στην καθηλιέργεια πρακτικών δεξιοτήτων και μάλιστα με τη χρήση απλών υλικών.

Στην προτεινόμενη διδακτική προσέγγιση, η εξέλιξη του μαθήματος βασίζεται σε πειράματα με απλά καθημερινά μέσα. Με υλικά του καθημερινού περιγύρου δάσκαλος και μαθητές συνθέτουν τις πειραματικές διατάξεις με τις οποίες θα αντιμετωπιστούν τα φαινόμενα. Ανάλογα με τον διαθέσιμο χρόνο μπορεί οι διατάξεις να έχουν προκατασκευαστεί από τον δάσκαλο ή τους μαθητές ή μπορεί η κατασκευή τους να αποτελέσει μέρος του μαθήματος.

Πέρα από το προφανές πλεονέκτημα των πειραμάτων με απλά μέσα για την αντιμετώπιση της όποιας έλλειψης των σχολείων σε υλικοτεχνική υποδομή, το πείραμα με απλά υλικά παρουσιάζει περαιτέρω ουσιαστικά διδακτικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις «συμβατικές» σύγχρονες πειραματικές διατάξεις. Ο Ucke (1979) αναφέρεται σε συνέδριο το 1978 στην Οξφόρδη στη φυσική στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου εφαρμόζονται τέτοια πειράματα, παρατηρώντας ότι η εισαγωγή τους μετατοπίζει τη βαρύτητα του μαθήματος στην πρακτική διάσταση του χρήσιμου για τη ζωή, στη βιωματική διάσταση του καθημερινού. Ο Gomoletz (1992) αναφέρεται στη θετική αποδοχή του προγράμματος «Physik plus» στο Schleswig – Holstein της Γερμανίας, όπου σε ομάδες ελεύθερης εργασίας μαθητές ασχολούνται με ιδιοκατασκευές και πειράματα χαμηλού κόστους, ενώ ο Schramm (1989) αναφέρεται στην καθηλιέργεια της μεθοδικότητας κατά τον συνδυασμό της κατασκευής με το σχολικό μάθημα. Ο Scheider στις 27 εντολές για δασκάλους φυσικής αναφέρει: «Να διαλέξεις υλικά παρουσιάσεων για τη σχέση τους και την αξία τους για τον σχηματισμό των εννοιών και όχι για να εντυπωσιάσεις. Να ξέρεις ότι το παρακατιανό δοχείο του καφέ «θα κληρονομήσει τη γη», γιατί έχει ανειώτερες διδακτικές δυνατότητες, ενώ η πιο μεγαληπήβηλη συσκευή Laser θα γίνει «χώμα και σποδός», αν χρησιμοποιηθεί απλά και μόνο για να θαμπώσει» (Πατάκης 1993, σ. 289).

Στα πειράματα με απλά μέσα η πρακτική εφαρμογή των γνωστικών δεδομένων στην καθημερινότητα είναι αυτονόητη, αφού είναι πολλές φορές τα ίδια τα καθημερινά φαινόμενα που απομονώνονται από τις παραμέτρους που τα επηρεάζουν και αποτελούν στο σχολείο αντικείμενο πειραματισμού. Τα φυσικά φαινόμενα που μελετάμε στον σχολικό χώρο δεν είναι διαφορετικά απ' αυτά που αντιμετωπίζει ο μαθητής στην καθημερινή ζωή του. Αυτό που διαφέρει είναι ο κριτικός τρόπος αντιμετώπισης, η απομόνωση από τις παραμέτρους που τα επηρεάζουν και η επιστημονική μεθοδολογική τους θεώρηση. Με την έννοια αυτή και με δεδομένη την κατανόηση της διαφοράς αυτής από το παιδί, η έννοια «πείραμα» μπορεί να επεκταθεί στον καθημερινό του περίγυρο. Όταν το παιδί παρατηρεί για παράδειγμα το νερό να βράζει στην κουζίνα, εκτελεί τυχαία παρατήρηση. Αν όμως η παρατήρηση αυτή δεν είναι τυχαία αλλά σύμφωνη με την επιστημονική μεθοδολογία, είναι πείραμα. Αν δηλαδή το παιδί παρατηρήσει το νερό να θερμαίνεται,

διατυπώσει υπόθεση ότι κάποια στιγμή, σε ορισμένη θερμοκρασία, θα αρχίσει να βράζει και να εξατμίζεται και διαπιστώσει τις φυσολίδες και τους υδρατμούς, εκτελεί πείραμα. Όταν ο μαθητής κάνει τραμπάλα στην παιδική χαρά της γειτονιάς του, παρατηρεί τυχαία. Αν διατυπώσει υπόθεση όμως για την ισορροπία σε σχέση με το βάρος του φίλου του και σε σχέση με την απομάκρυνση από το σημείο περιστροφής, μπορεί να εκτελέσει πείραμα για να επιβεβαιώσει την υπόθεσή του.

Η αντιμετώπιση της καθημερινότητας με τη μεθοδολογική προσέγγιση των θετικών επιστημών ανοίγει νέους δρόμους για τις θετικές επιστήμες, αφού η καθημερινότητα δίνει απειρώτες ευκαιρίες για ανάλογες παρατηρήσεις. Η μουσική (Johnston 1989, Taylor 1992, French 1983), ο αθλητισμός (Kent 1980, Schlichting 1992, Rodewald 1992, Meier 1992), τα μουσεία τεχνολογίας (Feher 1990, Tuckey 1992) αποτελούν μερικά μόνο παραδείγματα που μπορεί να αξιοποιηθούν με την παραπάνω λογική.

Προϋπόθεση για τη δυνατότητα διεύρυνσης της πειραματικής δραστηριότητας στο πεδίο της καθημερινής παρατήρησης είναι η εξοικείωση των μαθητών με την επιστημονική μεθοδολογία. Βαρύτητα συνεπώς κατά την πειραματική άσκηση στην τάξη πρέπει να δίνεται στη μετάδοση της επιστημονικής μεθοδολογίας, στο μεθοδικό εργαλείο που θα επιτρέψει στον μαθητή να εξαγάγει χρήσιμα συμπεράσματα και κατά την αυτόνομη εργασία του έξω από το σχολικό εργαστήριο. Η χρήση των πειραμάτων με απλά μέσα στην τάξη εξυπηρετεί την εξοικείωση του μαθητή με την επιστημονική μεθοδολογία. Η πρακτική άσκηση των μαθητών επιτρέπει επίσης την ανάδειξη δεξιοτήτων πολύ ευρύτερων απ' αυτές που συνήθως καθηλιεργούνται στο σχολείο. Ο μαθητής που έχει έφεση στην κατασκευή θα αναλάβει την πολυπλοκότερη διάταξη, ο πιο μεθοδικός την καταγραφή κ.ο.κ. Το πείραμα που εκτελείται στην τάξη δίνει το μεθοδολογικό παράδειγμα για την αυτόνομη εργασία στο σπίτι.

Χαρακτηριστικό των πειραμάτων με απλά μέσα αποτελεί επίσης η δυνατότητα του μαθητή να επαναλάβει αυτόνομα και στο σπίτι τα πειράματα που εκτελούνται στο σχολείο, να δοκιμάσει εναλλακτικές προσεγγίσεις και να τις παρουσιάσει στην τάξη. Ο πειραματισμός στο σπίτι προσφέρει πρόσθετα πλεονεκτήματα για κάθε μαθητή χωριστά (Wilke 1993β). Ο μαθητής στο σπίτι μπορεί να επαναλάβει τα πειράματα και να ασχοληθεί περαιτέρω με άλλα για τα οποία του δίνονται οδηγίες. Η ενασχόλησή του αυτή όμως δεν είναι πια αποσπασματικό παιχνίδι, αλλά μέσο κατάκτησης της φυσικής νομοτέλειας. Όλη η ερευνητική πορεία, χωρίς να πάψει να είναι ευχάριστη, διέπεται από κανόνες. Είναι ξεκάθαρο ότι ζητούμενο της πειραματικής διαδικασίας είναι η συστηματική παρατήρηση της εξέλιξής της. Ανάλογα με τη δεξιότητα που κάθε μαθητής έχει επιδειξί στην κατασκευή, τα πειράματα μπορεί να είναι ευκολότερα ή δυσκολότερα και οι οδηγίες ελαστικές ή αυστηρότερες. Η δυναμική του πειράματος με απλά υλικά επιτρέπει στους μαθητές να πειραματιστούν ελεύθερα, έχοντας στη διάθεσή τους όσο χρόνο αποφασίζουν μόνοι τους να διαθέσουν. Ο πειραματισμός αποδεσμεύεται έτσι από τα στενά και πιεστικά χρονικά πλαίσια της διδακτικής ώρας. Ο μαθητής είναι ελεύθερος να ε-

λέγχει την ορθότητα των ιδεών του, να τη δοκιμάζει πειραματικά και να τη συγκρίνει με τα συμπεράσματα και αποτελέσματα των συμμαθητών του.

Η κατασκευή βασικών οργάνων στο σπίτι από τον μαθητή μπορεί να οδηγήσει στη σταδιακή σύνθεση ενός οργανωμένου ατομικού εργαστηρίου. Έτσι η κατασκευή μετρητικών οργάνων, όπως θερμομέτρων, δυναμομέτρων, ζυγών κ.ά., μπορεί να αξιοποιηθεί, υποκαθιστώντας στον οικιακό χώρο

τα συμβατικά όργανα του σχολικού εργαστηρίου. Η κατασκευή των οργάνων αυτών, πέρα από τη βαθιά κατανόηση του τρόπου λειτουργίας τους, επιτρέπει την αξιοποίησή τους σε μετέπειτα στάδια για την αντιμετώπιση συνθετότερων φαινομένων. Οι μαθητές πρέπει να μπορούν να διαπιστώνουν άμεσα τη χρήση και εφαρμογή των οργάνων με τα οποία εργάζονται στο σχολείο και στην καθημερινή τους ζωή (Riquarts 1978, σ. 82).

### 1.7.3 Πρόταση για την αναφορά στον μικρόκοσμο

Σύμφωνα με όσα αναφέρονται στην παράγραφο 1.3.1 η διδασκαλία στην πρώτη σχολική βαθμίδα εξελίσσεται στο παρατηρησιακό επίπεδο. Αυτό δε σημαίνει όμως ότι, εφόσον οι μαθητές εκφράσουν σχετικό ενδιαφέρον, δεν μπορεί να επιχειρηθεί μια πρώτη απλοποιημένη ερμηνευτική προσέγγιση. Η όποια ερμηνευτική προσέγγιση πρέπει να αποσκοπεί στην ενοποιητική και συνεκτική θεώρηση του κόσμου μας, ακόμη και στο επίπεδο της διδασκαλίας στο δημοτικό σχολείο, πρέπει συνεπώς να αναφέρεται στον μικρόκοσμο. Η αποσπασματικότητα των διάφορων φαινομένων που μελετά ο μαθητής και η κατάταξή τους σε διακριτές θεματολογίες εξομαλύνονται έτσι με τις κοινές «εξηγήσεις» που δίνει για τα μακροσκοπικά φαινόμενα η δυνατότητα αναφοράς στον μικρόκοσμο, στη δομή του, καθώς και στις αλληλεπιδράσεις και στις κινήσεις των σωματιδίων του. Η καλλιέργεια της περιέργειας και της ερευνητικής διάθεσης του μαθητή από την προτεινόμενη, ερευνητικά εξελισσόμενη, εκπαιδευτική διαδικασία ικανοποιείται έτσι και με μια περαιτέρω (πέραν, δηλαδή, των λίγων –

πολύ γνωστών διαδικασιών του μακρόκοσμου) μελέτη και γνώση: αυτή των αόρατων και άγνωστων στους πολλούς, άρα και ελικυστικών, μικροσκοπικών διαδικασιών.

Στο τέλος του βιβλίου αυτού παρατίθενται πέντε «ελεύθερα μικρο-αναγνώσματα», σχετικά με διάφορες θεματικές ενότητες του βιβλίου του μαθητή. Ο δάσκαλος, ανάλογα με το ενδιαφέρον των μαθητών του και τον διαθέσιμο χρόνο, μπορεί να συζητήσει τα «ελεύθερα μικρο-αναγνώσματα» στην τάξη ή να τα μοιράσει στους μαθητές αναπαράγοντας τις σχετικές σελίδες. Η ενασχόληση των μαθητών με αυτά πρέπει ωστόσο να έχει προαιρετικό χαρακτήρα και να έπεται της πειραματικής αντιμετώπισης της αντίστοιχης θεματικής ενότητας, ώστε να μην υπονομεύεται ο ερευνητικός χαρακτήρας της διδακτικής προσέγγισης. Η μελέτη των «ελεύθερων μικρο-αναγνωσμάτων» αποσκοπεί σε μια πρώτη απλοποιημένη ερμηνευτική προσέγγιση, που εδραιώνει και επεξηγεί τα όσα οι μαθητές «ανακάλυψαν» με τη μεθοδική ερευνητική τους δραστηριότητα.

### 1.8 Το άγχος της έκτασης της διδακτέας ύλης

*«Κανένας άνθρωπος δε θα σκεφτόταν να ποτίσει ένα διψασμένο άλογο, οδηγώντας το στο στόμιο ενός πυροσβεστικού κρουνοῦ υψηλής πίεσης. Κι όμως, πολλοί συγγραφείς αναλυτικών προγραμμάτων, βιβλίων και πολλοί δάσκαλοι δε συνειδητοποιούν ότι μια ανάληψη μέθοδος είναι για τη διδασκαλία των θετικών επιστημών εξίσου επιζήμια.»*

*D. Nachtigall<sup>1</sup>*

Οι γνώσεις μας στον χώρο των θετικών επιστημών αυξάνουν με θεαματικούς ρυθμούς. Οι διαθέσιμες σχολικές ώρες για τις θετικές επιστήμες παραμένουν όμως ίδιες. Η έκταση της διδακτέας ύλης που προδιαγράφεται από τα αναλυτικά προγράμματα είναι τέτοια, που, ακόμη και με τον συνήθη δασκαλοκεντρικό τρόπο αντιμετώπισής της, κάθε δάσκαλος συναντά δυσκολία στην πλήρη κάλυψή της. Η επικρατούσα αντίληψη ότι η ικανότητα του δασκάλου κρίνεται και από την ποσότητα της ύλης που αντιμετωπίζει, οδηγεί όλο και περισσότερο στη με άγχος επιτάχυνση της διδασκαλίας, με στόχο την κάλυψη όσο το δυνατόν ευρύτερης ποσοτικά ύλης. Η διαδικασία αυτή οδηγεί αναγκαστικά σε επιφανειακότητα. Οι μαθητές, στην αδυναμία τους να ακολουθήσουν τον ρυθμό της διδασκαλίας, καταφεύγουν στην απομνημόνευση, η οποία εξασφαλίζει τον βαθμό προαγωγής, αφού

τελικά αυτή ελέγχεται στις εξετάσεις, με αποτέλεσμα οι γνώσεις που εδραιώνονται και που έχουν χρονική αντοχή να είναι ελάχιστες. Η διδασκαλία στην επόμενη σχολική βαθμίδα ξεκινά συνήθως χωρίς αξιοποίηση κάποιων ουσιαστικών στοιχείων που εμπεδώθηκαν αποτελεσματικά και με χρονική αντοχή στην προηγούμενη βαθμίδα. Το σχολικό μάθημα υποβιβάζεται στο να παρέχει στοιχεία προς απομνημόνευση. Το επίπεδο των σχετικών με τις θετικές επιστήμες γνώσεων μετά το σχολείο σε όσους δε συνέχισαν τη σπουδή τους στην τριτοβάθμια εκπαίδευση είναι ανησυχητικά χαμηλό.

Τι νόημα έχει όμως να «ταλαιπωρούμε» το σύνολο των μαθητών με το μάθημα των θετικών επιστημών, όταν γνωρίζουμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία τους θα συγκρατήσει ελάχιστα στοιχεία για τη μετασχολική ζωή; Οι παραπάνω προβληματισμοί δεν είναι καινούριοι ούτε αποτελούν ελλη-

<sup>1</sup>Nachtigall (1991, σ.5)

νικό προνόμιο, αν και η σύγκριση των ελληνικών αναλυτικών προγραμμάτων με τα αντίστοιχα ευρωπαϊκά δίνει δραματικότερη διάσταση για τη χώρα μας στις διαπιστώσεις αυτές. Ο Wagenschein (1965, σ. 251) κάνει ανάλογες διαπιστώσεις και καταλήγει σε συγκεκριμένη πρόταση (σ. 253): θα πρέπει ο δάσκαλος μετά από επαρκή εκπαίδευση τόσο στις θετικές επιστήμες όσο και στην παιδαγωγική να έχει τη δυνατότητα της ανεξάρτητης επιλογής της έκτασης της ύλης. Και θα πρέπει να είμαστε έτοιμοι να αποδεχτούμε το γεγονός ότι «ο μελλοντικός ιερέας ή δικηγόρος ή τεχνίτης δε θα γνωρίζει το ένα ή το άλλο αντικείμενο της φυσικής ή χημείας. Αντίθετα όμως, θα επιτευχθεί κάτι το οποίο είναι ασύγκριτα σημαντικότερο και το οποίο σήμερα δεν επιτυγχάνεται: θα γνωρίζει τα βασικά και θα γνωρίζει τι είναι οι θετικές επιστήμες και τι πραγματικά κάνουν».

Όσο και αν βρίσκουμε όλα τα πεδία των θετικών επιστημών σημαντικά και ενδιαφέροντα, πρέπει να κατανοούμε ότι στην προσπάθεια να τα μεταδώσουμε όλα στους μαθητές –που ενδεχόμενα να μην τα θεωρούν σημαντικά ούτε ενδιαφέροντα– δεν επιτυγχάνουμε να μεταδώσουμε με πληρότητα και μεθοδικότητα τις βασικές γνώσεις, τις καθημερινές και πρακτικές χρήσιμες για τη ζωή του καθενός μας. Πολύ σημαντικότερο, δεν καταφέρνουμε να μεταδώσουμε τη μεθοδολογία και την επιστημονική συνέπεια των θετικών επιστημών.

Το σχολείο δημιουργήθηκε για να εξυπηρετήσει τις μαθησιακές ανάγκες των μαθητών (Riedl 1978, σ. 17), όχι την επιθυμία των δασκάλων και των συγγραφέων αναλυτικών προγραμμάτων και σχολικών βιβλίων να μεταδώσουν τις γνώσεις που κατέχουν. Πρέπει συνεπώς, και κατά τον καθορισμό της έκτασης της διδασκτέας ύλης, να ξεκινάμε από τις ανάγκες και τις δυνατότητες των μαθητών. Η πληρότητα και η ουσιαστική κατανόηση όσων μαθαίνουν πρέπει να έχουν,

ως κριτήρια, προτεραιότητα σε σχέση με το εύρος της ύλης. Βάση της διδασκαλίας πρέπει να είναι η ποιότητα, όχι η ποσότητα.

Η εξέλιξη του μαθήματος, σύμφωνα με το ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο, και η πειραματική διδασκαλία με απλή μέσα είναι αυτονόητα πιο «αργές» από τη συνήθη δασκαλοκεντρική πρακτική. Αν στην τελευταία υπάρχει πρόβλημα σχετικά με την κάλυψη της ύλης, στο ερευνητικά εξελισσόμενο μάθημα διαπιστώνεται αδυναμία κάλυψης της ύλης, όπως αυτή σήμερα προδιαγράφεται. Η άποψη των μελών της συγγραφικής ομάδας είναι ωστόσο ότι η ποιότητα της γνώσης και η βαθύτητα εδραίωσής της αντισταθμίζει την ποσοτική «απώλεια». Τα κεφάλαια του βιβλίου αυτού είναι «ανεξάρτητα» το ένα από το άλλο. Είναι συνεπώς δυνατή η αλληαγή της σειράς τους σύμφωνα με τις προτιμήσεις των μαθητών και τις επιλογές κάθε δασκάλου. Η αντιμετώπιση με μεθοδολογική συνέπεια του συνόλου των εννοιών είναι πρακτικά αδύνατη με το δεδομένο πλήθος ωρών που διατίθεται για το μάθημα, ιδιαίτερα αν, όπως τα μέλη της συγγραφικής ομάδας επιζητούν, προκριθεί η πειραματική άσκηση των μαθητών σε ομάδες. Προτείνεται η επιλογή κάποιων κεφαλαίων που δε θα διδασχθούν να γίνει από την αρχή της σχολικής χρονιάς, έτσι ώστε να μην «αδικηθούν» κάποια κεφάλαια, μόνο επειδή σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα βρίσκονται στο τέλος του βιβλίου. Σε κάθε περίπτωση προτεραιότητα του μαθήματος πρέπει να αποτελεί η συστηματικότητα της εργασίας των μαθητών, η μετάδοση της επιστημονικής μεθοδολογίας και ο προσανατολισμός του μαθήματος στους μαθητές και όχι η έκταση της ύλης που θα καλυφθεί. Οι διδακτικές ώρες που αναφέρονται στη διάρκεια των επιμέρους εννοιών είναι ενδεικτικές. Κάθε δάσκαλος καλείται να προσαρμόσει τον ρυθμό του μαθήματος στις δυνατότητες των μαθητών του, χωρίς το άγχος της έκτασης της διδασκτέας ύλης που θα καλύψει.

## 2: ΤΟ ΒΙΒΛΙΟ ΤΟΥ ΜΑΘΗΤΗ

Σύμφωνα με το συγκεκριμένο από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο αναλυτικό πρόγραμμα, στο προτεινόμενο βιβλίο του μαθητή δίνεται έμφαση στην καλλιέργεια των επιστημονικών διαδικασιών και στην ενεργοποίηση του μαθητή μέσα από δραστηριότητες και πειράματα. Η δομή του βιβλίου του μαθητή είναι σύμφωνη με τις βασικές αρχές του ερευνητικά εξελισσόμενου διδακτικού μοντέλου, όπως αυτές αναλήφθηκαν στην παράγραφο 1.7.2. Το βιβλίο, σύμφωνα με το συγκεκριμένο αναλυτικό πρόγραμμα, έχει τη μορφή εμπλουτισμένων φύλλων εργασίας. Ωστόσο η δομή του είναι τέτοια, ώστε μετά τη συμπλήρωση των κενών να αποκτήσει οληκληρωμένη μορφή και να μπορεί να λειτουργήσει και ως βιβλίο αναφοράς, με τη βοήθεια του οποίου ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να επαναλαμβάνει όσα στο σχολείο μελέτησε.

Το ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο βασίζεται στη δραστηριοποίηση του μαθητή για την κατά το δυνατό αυτόνομη αντιμετώπιση των προβλημάτων, στα οποία τα φυσικά φαινόμενα ανάγονται. Με αυτήν την έννοια το βιβλίο βοηθά

στον εντοπισμό του προβλήματος, αφήνει όμως πάντα ανοιχτή την απάντηση με κενά, τα οποία καλείται να συμπληρώσει ο μαθητής, αφού εκτελέσει τα αντίστοιχα πειράματα, αντίθετα με πολλή «συμβατικά» βιβλία, στα οποία παρέχονται εκ των προτέρων όλες οι απαντήσεις. Τι νόημα έχει για τον μαθητή να εκτελέσει για παράδειγμα πείραμα για να «α-νακαλύψει» τη θερμοκρασία βρασμού του νερού, όταν στο βιβλίο του αναφέρεται, συνήθως με χοντρά μαύρα γράμματα, περιγεγραμμένο σε πλαίσιο, το αποτέλεσμα: «Η θερμοκρασία βρασμού του νερού είναι 100 °C». Και πώς θα αισθανθεί, όταν εκτελώντας το πείραμα με τα δικά του μέσα μετρήσει θερμοκρασία 101 °C ή 102 °C; Στο προτεινόμενο βιβλίο κάθε μαθητής συμπληρώνει στο αντίστοιχο κενό τη δική του μέτρηση. Η σύγκριση με τα αποτελέσματα των συμμαθητών του θα οδηγήσει συνθετικά στον εντοπισμό και στη διατύπωση του συμπεράσματος και στην ερμηνεία των αποκλίσεων στις ατομικές μετρήσεις και στα συμπεράσματα. Κάθε μαθητής έχει την αυτονομία να διατυπώσει τις παρατηρήσεις του με τον δικό του τρόπο στον προβλεπόμενο

χώρο. Ο δάσκαλος παρεμβαίνοντας συμβουλευτικά θα εξασφαλίσει την ορθότητα διατύπωσης κάθε μαθητή.

Ο μαθητής αντιμετωπίζει το βιβλίο του ως βοήθημα, στο οποίο παρεμβαίνει διαμορφώνοντάς το. Χρωματίζει τις εικόνες και τα σκίτσα, συμπληρώνει τα κενά με τον δικό του προσωπικό τρόπο έκφρασης, ζωγραφίζει και σχεδιάζει τις πειραματικές διατάξεις στα προβλεπόμενα πλίσσια, διαμορφώνοντας το προσωπικό του εγχειρίδιο αναφοράς. Κανένας μαθητής, συνεπώς, δεν έχει ίδιο βιβλίο με τον συμμαθητή του. Ο εξατομικευμένος

χαρακτήρας του βιβλίου το ανάγει σε συμμετοχικό, προσωπικό δημιούργημα, στο οποίο κάθε μαθητής έχει αυτόνομο αποτυπώσει τη γνώση που κατέκτησε με τη συμμετοχή του στο μάθημα. Μετά τη συμπλήρωση των κενών το βιβλίο αποκτά σταδιακά τη μορφή ολοκληρωμένου βιβλίου αναφοράς. Περιέχει όλα τα συμπληρωματικά στοιχεία ενός τέτοιου βιβλίου, ιστορικά στοιχεία, παραδείγματα από την καθημερινή ζωή, τεχνολογικές εφαρμογές, ενώ η πληρότητα της δομής και η συνέχεια της ύλης επιτρέπει την αναδρομή για επαναλήψεις.

## 2.1 Εισαγωγή του βιβλίου του μαθητή

Το εισαγωγικό κεφάλαιο στο βιβλίο του μαθητή περιλαμβάνει 3 ενότητες. Στην πρώτη ενότητα επιδιώκεται η γνωριμία του μαθητή με τους συμβολισμούς που χρησιμοποιούνται στο βιβλίο. Τα διαφορετικά στάδια του μαθήματος σηματοδοτούνται με βινιέτες, οι οποίες επεξηγούνται στην ενότητα αυτή. Οι δύο βασικοί «πρωταγωνιστές» του βιβλίου του μαθητή, ένα κορίτσι και ένα αγόρι, συμβολίζουν τα βασικά στάδια της μαθησιακής πορείας, το πείραμα και το συμπέρασμα, ενώ ένα μολύβι, ένα σπίτι και ένας πελταργός σηματοδοτούν τον χώρο στον οποίο σημειώνονται οι παρατηρήσεις, τις εργασίες για το σπίτι και τα μη διδακτέα ένθετα αντίστοιχα. Στη δεύτερη

και τρίτη ενότητα της εισαγωγής επιδιώκεται η εξοικείωση του μαθητή με τα στάδια της επιστημονικής μεθοδολογίας και με τους κανόνες ασφάλειας που πρέπει να διέπουν την πειραματική δραστηριότητα. Οι μαθητές καλούνται να γνωρίσουν τα βασικά στάδια της μεθοδολογίας, καθώς και τους κανόνες ασφάλειας που θα εφαρμόσουν με συστηματικότητα και συνέπεια σε όλη τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς, ερευνώντας και ανακαλύπτοντας τα φαινόμενα του φυσικού περιβάλλοντος. Ειδικότερες οδηγίες για τη διδακτική αντιμετώπιση των εννοιών αυτών δίνονται στην επιμέρους παρουσίαση των κεφαλαίων στο δεύτερο μέρος του βιβλίου αυτού.

## 2.2 Δομή κεφαλαίου

Η ύλη στο βιβλίο του μαθητή είναι, σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα, δομημένη σε κεφάλαια που αντιστοιχούν σε γενικότερες θεματικές ενότητες. Για παράδειγμα: Ζώα, φυτά, κυκλοφορικό σύστημα, ήχος, ηλεκτρισμός... Κάθε κεφάλαιο περιλαμβάνει:

- την εισαγωγική ενότητα που έχει τον χαρακτήρα μη διδακτέου ένθετου και αποσκοπεί στον προσανατολισμό του ενδιαφέροντος των μαθητών στη θεματική του κεφαλαίου
- τις επιμέρους διδακτέες ενότητες, στις οποίες αναπτύσσεται η ύλη του κεφαλαίου

- την ενότητα «Με μια ματιά», που περιλαμβάνεται σε ξεχωριστό τεύχος
- το αντίστοιχο φύλλο αξιολόγησης, που περιλαμβάνεται σε ξεχωριστό τεύχος.

Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζονται και αναλύονται τα παραπάνω στοιχεία των κεφαλαίων. Στο δεύτερο μέρος του βιβλίου αυτού παρουσιάζονται τα συμπληρωμένα φύλλα εργασίας του βιβλίου του μαθητή και δίνονται συγκεκριμένες μεθοδολογικές οδηγίες για τη διδακτική αντιμετώπιση κάθε ενότητας.

### 2.2.1 Εισαγωγική ενότητα κεφαλαίου

Κάθε κεφάλαιο ξεκινά με μία εισαγωγική ενότητα, που έχει τον χαρακτήρα μη διδακτέου ένθετου. Μπορούμε να ζητήσουμε από τους μαθητές να διαβάσουν την ενότητα αυτή στο σπίτι τους, σε καμιά περίπτωση δεν τους ζητάμε όμως να απομνημονεύσουν τα στοιχεία που παρουσιάζονται σε αυτή. Με την ενότητα αυτή επιδιώκεται η ευαισθητοποίηση των μαθητών σχετικά με τα φαινόμενα που θα μελετηθούν και ο προσανατολισμός του ενδιαφέροντός τους στη μελέτη των φαινομένων αυτών. Αν για παράδειγμα το κεφάλαιο που προηγήθηκε ήταν σχετικό με τη Βιολογία (π.χ. Κυκλοφορικό σύστημα) και αυτό που έπεται σχετικό με τη Φυσική (π.χ. Ήχος), η εισαγωγική ενότητα συμβάλλει στην ομαλή μετάβαση στο νέο θεματικό αντικείμενο και δίνει στους μαθητές την ευκαιρία να ανακαλέσουν σχετικές με το νέο διδακτικό αντι-

κείμενο εμπειρίες και παραστάσεις. Το κείμενο και οι εικόνες δίνουν ερεθίσματα για συζήτηση, την οποία θα προκαλέσει ο δάσκαλος. Η εισαγωγική συζήτηση μπορεί, όπου είναι εφικτό, να επεκταθεί πέρα από τα ερεθίσματα που δίνονται στο βιβλίο του μαθητή. Οι μαθητές σχολιάζουν το περιεχόμενο της εισαγωγικής ενότητας και αναφέρουν σχετικές εμπειρίες από την καθημερινή τους ζωή.

Το περιεχόμενο της εισαγωγικής ενότητας είναι σχετικό με την ύλη του κεφαλαίου, χωρίς όμως να προδίδει τα συμπεράσματα στα οποία οι μαθητές θα καταλήξουν ερευνώντας μεθοδικά με τη βοήθεια του δασκάλου τους. Έμφαση στις εισαγωγικές ενότητες δίνεται στην παρουσίαση οικείων στους μαθητές φυσικών φαινομένων ή τεχνολογικών κατασκευών.

### 2.2.2 Δομή διδακτέας ενότητας

Στις διδακτέες ενότητες κάθε κεφαλαίου επιδιώκεται η προσέγγιση των ειδικών στόχων που το συγκεκριμένο αναλυτικό πρόγραμμα περιγράφει. Η δομή των διδακτέων ενότητων ακολουθεί τα διδακτικά στάδια του ερευνητικά εξελισσόμενου μοντέλου, που παρουσιάστηκαν αναλυτικά στην παράγραφο 1.7.2.1:

- Εισαγωγικό ερέθισμα – Διατύπωση υποθέσεων
- Πειραματική αντιμετώπιση

- Εξαγωγή συμπεράσματος
- Εμπέδωση – Γενίκευση

Η σχεδίαση αυτή της διδακτικής πορείας του μαθήματος είναι εμφανής τόσο στο βιβλίο του μαθητή όσο και στις ειδικές ανά ενότητα οδηγίες που δίνονται στο δεύτερο μέρος του βιβλίου αυτού. Στις αμέσως επόμενες παραγράφους γίνεται ειδικότερη αναφορά σε κάθε ένα από τα επιμέρους στοιχεία των διδακτέων ενότητων.

#### 2.2.2.1 Εισαγωγικό ερέθισμα – Διατύπωση υποθέσεων

Η σύντομη εισαγωγή σε κάθε ενότητα περιλαμβάνει το εισαγωγικό ερέθισμα, συνήθως μία ή περισσότερες εικόνες και ένα εισαγωγικό ερώτημα. Με το εισαγωγικό ερέθισμα επιδιώκεται ο προσανατολισμός του ενδιαφέροντος των μαθητών στο φαινόμενο που θα μελετηθεί και η αναγωγή του σε «πρόβλημα» που θα διερευνηθεί πειραματικά (πρβλ. 1.7.2.1). Ο δάσκαλος ζητά από τους μαθητές να παρατηρήσουν και να σχολιάσουν τις εικόνες του εισαγωγικού ερεθίσματος, αναφέροντας ενδεχόμενες σχετικές δικές τους εμπειρίες ή πληροφορίες που γνωρίζουν για το φαινόμενο.

Το εισαγωγικό ερώτημα αποσκοπεί στην πρόκληση της διατύπωσης υποθέσεων. Συνήθως το εισαγωγικό ερώτημα σχετίζεται άμεσα με την εικόνα του εισαγωγικού ερεθίσματος και έχει «ανοιχτή» μορφή:

- *Πώς προσανατολίζεται η νυχτερίδα;*
- *Πώς διαδίδεται το φως;*

- *Τι είναι η ασφάλεια;*

- *Σε τι χρησιμεύουν τα δόντια;*

Ο δάσκαλος διαβάσει το ερώτημα και προκαλεί συζήτηση στην τάξη, μέσα από την οποία οι μαθητές διατυπώνουν υποθέσεις σχετικές με το φαινόμενο που θα μελετήσουν. Η συζήτηση βοηθά τον δάσκαλο και στον εντοπισμό ενδεχόμενων πρώιμων αντιλήψεων των μαθητών (πρβλ. 1.5.4). Αν οι μαθητές δεν είναι σε θέση να διατυπώσουν υποθέσεις, το μάθημα συνεχίζεται με την πειραματική αντιμετώπιση. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει οι μαθητές να πιέζονται να δώσουν απαντήσεις. Μετά την ολοκλήρωση της πειραματικής αντιμετώπισης και την εξαγωγή του συμπεράσματος θα συζητηθεί εκ νέου το ερώτημα αυτό, το οποίο οι μαθητές θα απαντήσουν με βάση όσα έμαθαν διερευνώντας πειραματικά το φαινόμενο. Μέσα από τη συζήτηση αυτή οι μαθητές θα επιβεβαιώσουν ή θα απορρίψουν τις υποθέσεις που ενδεχόμενα διατύπωσαν απαντώντας στο εισαγωγικό ερώτημα.

#### 2.2.2.2 Πειραματική αντιμετώπιση

Η πειραματική διερεύνηση περιγράφεται με σαφείς και συγκεκριμένες οδηγίες. Ο σαφής και αναλυτικός χαρακτήρας των οδηγιών, καθώς και η επιλογή οργάνων και υλικών για τα πειράματα, που εύκολα μπορούν να συγκεντρωθούν, εξασφαλίζει σε κάθε μαθητή τη δυνατότητα να επαναλάβει αυτόνομα στο σπίτι του τα πειράματα, αν στο σχολείο δεν υπάρχει η δυνατότητα για την άσκηση σε ομάδες. Οι μαθητές μπορούν με την ενθάρρυνση του δασκάλου να αναπτύξουν ένα «οικιακό εργαστήριο», στο οποίο να επαναλαμβάνουν τα πειράματα που περιγράφονται στο βιβλίο τους.

Πριν την εκτέλεση του πειράματος στο σχολείο οι μαθητές διαβάζουν προσεκτικά τις οδηγίες που περιγράφονται στο βιβλίο τους και συζητούν επιλύοντας ενδεχόμενες απορίες. Είναι σημαντικό πριν οι μαθητές πάρουν τα όργανα και τα υλικά, να έχουν γίνει κατανοητές οι οδηγίες και να έχουν απαντηθεί όλες οι ερωτήσεις, καθώς από τη στιγμή που οι μαθητές πάρουν τα όργανα και τα υλικά η προσοχή τους είναι στραμμένη σε αυτά. Είναι προφανές ότι πριν ξεκινήσει το μάθημα ο δάσκαλος με τη βοήθεια των μαθητών πρέπει να έχει φροντίσει να είναι διαθέσιμα

τα απαραίτητα μέσα για την εκτέλεση του πειράματος. Αφού γίνουν κατανοητές οι οδηγίες, οι μαθητές εκτελούν το πείραμα. Κατά την εκτέλεση του πειράματος ο ρόλος του δασκάλου είναι βοηθητικός και όχι καθοδηγητικός. Ο δάσκαλος παρεμβαίνει μόνο όταν η βοήθειά του ζητηθεί από τους μαθητές και προσπαθεί να βοηθά δίνοντας ενδείξεις και όχι αυστηρές οδηγίες, έτσι ώστε οι μαθητές να λύσουν το «πρόβλημά» τους, όσο αυτό είναι δυνατό, μόνοι τους.

Αφού ολοκληρωθεί η εκτέλεση του πειράματος, οι μαθητές επιστρέφουν τα όργανα και υλικά, καθαρίζουν το θρανίο τους και σημειώνουν την παρατήρησή τους, ο καθένας μόνος του, στον προβλεπόμενο χώρο στο βιβλίο τους. Σε κάποιες ενότητες με δύο ή περισσότερα παρεμφερή πειράματα μπορεί να προτιμηθεί να εκτελέσουν οι μαθητές όλα τα πειράματα και στη συνέχεια να σημειώσουν για καθένα χωριστά την παρατήρηση στο βιβλίο τους. Καθώς είναι πιθανό να χρειαστεί οι μαθητές να διορθώσουν στη συνέχεια την παρατήρηση που σημείωσαν, προτείνεται να χρησιμοποιούν μολύβι και όχι στυλό.

Αφού οι μαθητές σημειώσουν την παρατήρησή τους, ο δάσκαλος προκαλεί συζήτηση ζητώντας από 4 – 5 μαθητές να διαβάσουν την παρατήρηση που σημείωσαν. Μέσα από τη συζήτηση αυτή οι μαθητές συγκρίνουν τις παρατηρήσεις τους και διορθώνουν ενδεχόμενα λάθη. Ο δάσκαλος συντονίζει τη συζήτηση, προσπαθώντας όμως να μην καθοδηγεί αυστηρά τους μαθητές υπαγορεύοντας, για παράδειγμα, τη «σωστή» παρατήρηση. Προσπαθεί να βοηθά τους μαθητές, όσο αυτό είναι δυνατό, να διαπιστώσουν και να διορθώσουν αυτόνομα τα λάθη τους.

Οι παρατηρήσεις που είναι σημειωμένες στο συμπληρωμένο βιβλίο του μαθητή στο δεύτερο μέρος του βιβλίου αυτού, όπου παρουσιάζονται αναλυτικά οι διάφορες ενότητες, είναι ενδεικτικές. Σε καμιά περίπτωση δεν αναμένεται όλοι οι μαθητές να σημειώνουν την ίδια παρατήρηση. Στην ενότητα για παράδειγμα «Το θερμόμετρο» του κεφαλαίου «Θερμοκρασία – θερμότητα» στο βιβλίο για την Στ' τάξη οι μαθητές καλούνται να μετρήσουν τη θερμοκρασία βρασμού του νερού. Η απάντηση που ενδεικτικά δίνεται στο συμπληρωμένο βιβλίο του μαθητή είναι:

*- Η θερμοκρασία που μετρήσαμε είναι 102 °C.*

Κατά την πιλοτική εφαρμογή του βιβλίου κάποιοι μαθητές σημείωσαν τις παρακάτω παρατηρήσεις για το πείραμα αυτό:

*- Η θερμοκρασία του νερού όταν βράζει είναι 102 °C.*

*- Η θερμοκρασία του νερού στο πείραμα ήταν 102 °C.*

*- Το θερμόμετρο έδειχνε 102 °C όταν το νερό έβραζε.*

Οι παρατηρήσεις αυτές είναι σωστές, δεν είναι απαραίτητο να είμαστε πολύ αυστηροί στη διατύπωση που οι μαθητές χρησιμοποιούν. Ενδεικτικά παρουσιάζονται παρακάτω και κάποιες λανθασμένες παρατηρήσεις που σημείωσαν οι μαθητές κατά την πιλοτική εφαρμογή μαζί με ένα σύντομο σχολιασμό για τα εναύσματα που δόθηκαν, ώστε οι μαθητές να διορθώσουν την παρατήρηση που σημείωσαν:

*- Η θερμοκρασία του νερού είναι 102.*

Η παρατήρηση είναι ατελής, αφού ο μαθητής δεν έχει σημειώσει τη μονάδα μέτρησης της θερμοκρασίας. Με ερώτηση της μορφής «Μπορείς να συμπληρώσεις την παρατήρηση σημειώνοντας και τη μονάδα μέτρησης;» μπορούμε να βοηθήσουμε τον μαθητή, χωρίς να του υπαγορεύσουμε ότι πρέπει να σημειώσει «°C» δίπλα στην αριθμητική τιμή της θερμοκρασίας.

*- 102 °C.*

Προτρέπουμε τους μαθητές να διατυπώνουν ολοκληρωμένες προτάσεις. Με σχόλιο της μορφής «Η παρατήρησή σου είναι σωστή αλλά θα ήταν καλύτερο αν διατύπωνες μια ολοκληρωμένη πρόταση» ζητάμε από τον μαθητή να συμπληρώσει την παρατήρηση που σημείωσε.

*- Όταν το νερό βράζει, εξατμίζεται. Αυτό γίνεται στους 102 °C.*

Η πρώτη πρόταση είναι περιττή και μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα. Προτρέπουμε τον μαθητή να εστιάσει στο ζητούμενο με σχόλιο της μορφής «Διάβασε προ-

σεχτικά τις οδηγίες του πειράματος. Ποια είναι η ερώτηση;»

*- Η θερμότητα του νερού που βράζει είναι 102 °C.*

Ο μαθητής συγχέει τις έννοιες «θερμοκρασία» και «θερμότητα». Η σύγχυση αυτή είναι συνηθισμένη (βλέπε συνήθειες εναλλακτικές αντιλήψεις στο κεφάλαιο «Θερμοκρασία – θερμότητα»). Η παρότρυνση για την απαραίτητη διόρθωση δεν είναι εύκολη, καθώς η διάκριση των εννοιών αυτών επιδιώκεται σε ενότητα που έπεται. Αναγκαστικά λοιπόν η παρέμβασή μας θα είναι περισσότερο καθοδηγητική. Μπορούμε να βοηθήσουμε τον μαθητή να διορθώσει την παρατήρησή του, θέτοντας στην τάξη την ερώτηση «Τι μετράμε με τα θερμόμετρα;» ή «Όταν μια μέρα κάνει πολλή ζέστη, τι λέμε, η θερμότητα είναι υψηλή ή η θερμοκρασία είναι υψηλή;».

Ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζεται συχνά κατά την καταγραφή της παρατήρησης αφορά στη δυσκολία πολλών μαθητών να ξεχωρίσουν την παρατήρηση από το συμπέρασμα. Στην ενότητα για παράδειγμα «Πού υπάρχει αέρας» του κεφαλαίου «Αέρας» στο βιβλίο για την Ε' τάξη οι μαθητές καλούνται να τοποθετήσουν ένα ποτήρι με νερό πάνω στο θερμαντικό σώμα, ώστε να παρατηρήσουν τον σχηματισμό φυσαλίδων. Κάποιοι μαθητές σημειώνουν στην αντίστοιχη παρατήρηση:

*- Παρατηρώ ότι σχηματίζονται φυσαλίδες αέρα, γιατί στο νερό υπάρχει αέρας.*

Είναι προφανές ότι εδώ μαζί με την παρατήρηση έχει σημειωθεί και το συμπέρασμα. Εξηγούμε στους μαθητές ότι στην «Παρατήρηση» πρέπει να σημειώνουν μόνο αυτό που παρατήρησαν, αυτό που αντιλήφθηκαν με τις αισθήσεις τους και όχι αυτό που κατάλαβαν, αυτό που «συμπεράναν» με βάση την παρατήρησή τους.

Κάποια πειράματα περιγράφονται στο βιβλίο του μαθητή ως πειράματα επίδειξης. Είναι προφανές ότι αυτά, κυρίως για λόγους ασφάλειας, εκτελούνται από τον δάσκαλο. Ο δάσκαλος πρέπει να φροντίσει, ώστε η δραστηριότητα των μαθητών και στα πειράματα αυτά να είναι όσο το δυνατό πιο ενεργητική (ηρβλ. 1.5.3). Οι μαθητές συζητούν και σχολιάζουν τις οδηγίες εκτέλεσης του πειράματος, παρατηρούν την εκτέλεσή του και σημειώνουν την παρατήρησή τους στον προβλεπόμενο χώρο στο βιβλίο τους. Για τη διόρθωση των παρατηρήσεων που σημειώνουν οι μαθητές ισχύουν και για τα πειράματα επίδειξης όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για τα πειράματα που εκτελούνται σε ομάδες.

Σε κάποιες ενότητες που δεν ενδείκνυνται για την εκτέλεση πειραμάτων προτείνονται αντί για πειράματα δραστηριότητες που εκτελούνται στο βιβλίο. Η δομή των ενότητων αυτών δε διαφοροποιείται σημαντικά από τις ενότητες που περιλαμβάνουν πειράματα. Ειδικές οδηγίες για την αντιμετώπιση κάθε δραστηριότητας δίνονται στο δεύτερο μέρος του βιβλίου αυτού, όπου παρουσιάζονται αναλυτικά οι επιμέρους ενότητες του βιβλίου του μαθητή.

### 2.2.2.3 Εξαγωγή συμπεράσματος

Μετά την εκτέλεση των πειραμάτων ακολουθεί συζήτηση στην τάξη, που οδηγεί στη σύνθεση των παρατηρήσεων και

στην εξαγωγή ενός κοινού συμπεράσματος, το οποίο οι μαθητές σημειώνουν στο βιβλίο τους. Όπου η διατύπωση του

συμπεράσματος κρίνεται δύσκολη, δίνονται στους μαθητές ορισμένες από τις λέξεις που πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι η εξαγωγή του συμπεράσματος αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά στάδια της διδακτικής – μαθησιακής διαδικασίας. Η βοηθητική παρέμβαση του δασκάλου είναι σημαντική. Γενικά η εξαγωγή του συμπεράσματος μπορεί να γίνει με δύο διαφορετικούς τρόπους:

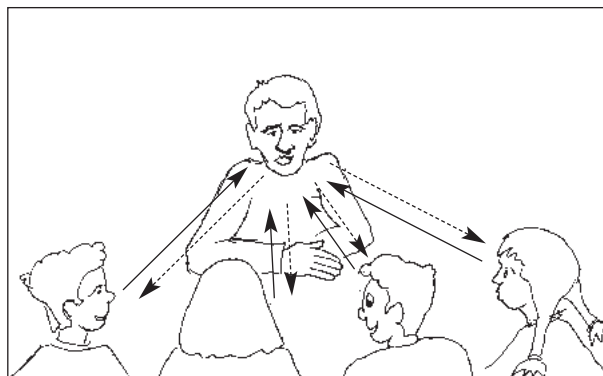
- Αν το συμπέρασμα είναι «εύκολο», ο δάσκαλος μπορεί να ζητήσει από τους μαθητές να το διατυπώσουν αυτόνομα, κάθε μαθητής δηλαδή μόνος του, και να το σημειώσουν στον προβλεπόμενο χώρο στο βιβλίο τους. Στην περίπτωση αυτή, αφού οι μαθητές σημειώσουν το συμπέρασμα, ο δάσκαλος προκαλεί συζήτηση, ζητώντας από 4 – 5 μαθητές να διαβάσουν το συμπέρασμα που σημείωσαν. Μέσα από τη συζήτηση αυτή οι μαθητές συγκρίνουν το συμπέρασμά τους με αυτά στα οποία κατέληξαν οι συμμαθητές τους και διορθώνουν ενδεχόμενα λάθη. Για τη μεθόδευση της συζήτησης αυτής και την καθοδήγηση της διόρθωσης των συμπερασμάτων ισχύουν όσα αναφέρονται στην προηγούμενη παράγραφο σχετικά με τη διόρθωση των παρατηρήσεων που σημειώνουν οι μαθητές.
- Αν το συμπέρασμα είναι «δύσκολο», είναι προτιμότερο αυτό να διατυπωθεί μέσα από συζήτηση των μαθητών. Σε καμιά περίπτωση ο δάσκαλος δεν υπαγορεύει το «σωστό» συμπέρασμα. Βοηθά τους μαθητές δίνοντας τα κατάλληλα εναύσματα και ερεθίσματα να συνθέσουν τις παρατηρήσεις τους και να διατυπώσουν ένα κοινό «αποδεκτό» συμπέρασμα. Ο δάσκαλος ζητά από ένα μαθητή να σημειώσει στον πίνακα της τάξης το συμπέρασμα που προέκυψε από τη συζήτηση. Στη συνέχεια όλοι οι μαθητές αντιγράφουν το συμπέρασμα αυτό στον προβλεπόμενο χώρο στο βιβλίο τους.

Μετά την εξαγωγή του συμπεράσματος οι μαθητές ανατρέχουν στις υποθέσεις που διατύπωσαν στην αρχή του μαθήματος και ελέγχουν, με βάση όσα μελέτησαν πειραματικά, την επιβεβαίωση ή απόρριψή τους. Μέσα από συζήτηση στην τάξη οι μαθητές σχολιάζουν, επαναδιατυπώνουν, συμπληρώνουν ή διορθώνουν τις υποθέσεις τους. Με τη διαδικασία αυτή γίνεται σαφές ότι η επιβεβαίωση ή απόρριψη των υποθέσεων προκύπτει από την πειραματική διερεύνηση των φαινομένων που οι μαθητές κάθε φορά μελετούν.

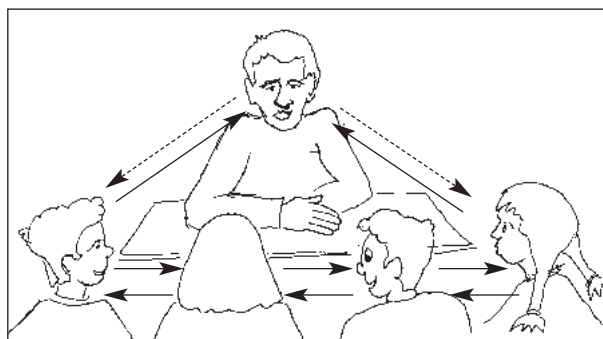
Τόσο κατά την εξαγωγή του συμπεράσματος όσο και στα άλλα διδακτικά στάδια ο δάσκαλος καλείται συχνά να προκαλέσει συζήτηση στην τάξη. Είναι λοιπόν σημαντικό να γίνει αναφορά στις διάφορες τεχνικές συντονισμού της συζήτησης.

Ο Flanders (1967, σ. 285) σε άρθρο του το 1967 διατυπώνει τον νόμο των δύο τρίτων: «Όπως έχει προκύψει από εμπειρικές έρευνες, ο δάσκαλος μιλά τα δύο τρίτα του χρόνου της διδακτικής ώρας, ενώ οι μαθητές μόλις το ένα τρίτο...». Η σχολική πραγματικότητα σήμερα, παρά τις επαναλαμβανόμενες αρνητικές διαπιστώσεις σχετικά με τον κυρίαρχο ρόλο του δασκάλου στην εξέλιξη του μαθήματος, δεν είναι πολύ διαφορετική. Είναι προφανές ότι, όταν η «διάληξη» του δασκάλου είναι χρονικά κυρίαρχη, ο ρόλος του είναι αυστηρά καθοδηγητικός, ο δάσκαλος δηλαδή προσπαθεί να ελέγξει τη ροή της σκέψης των μαθητών και να καθορίσει τις ενέργειές τους.

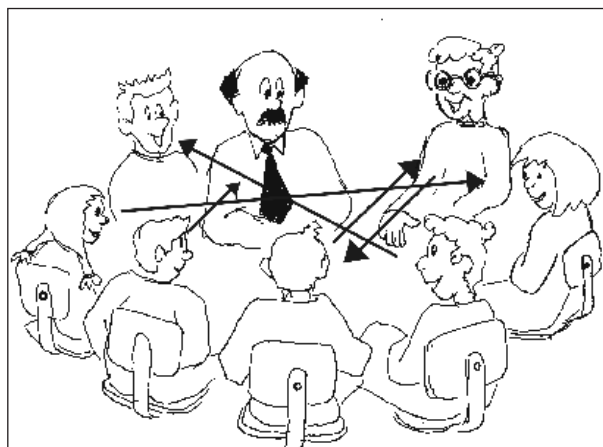
Η «συνήθης» εξέλιξη του μαθήματος περιγράφεται χαρακτηριστικά στο παρακάτω σκίτσο. Ακόμη και όταν ο δάσκαλος επιδιώκει τη δραστηριοποίηση των μαθητών, αυτό γίνεται με τη μορφή διαδοχικών ερωτήσεων, που απευθύνονται στον ίδιο ή σε διαφορετικούς μαθητές. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών είναι πρακτικά ανύπαρκτη.



Μια πιο «γόνιμη» μορφή αλληλεπίδρασης περιγράφεται στο δεύτερο σκίτσο. Ο δάσκαλος δίνει ένα ερέθισμα και κατευθύνει τη συζήτηση στην οποία συμμετέχουν οι μαθητές. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών είναι υπαρκτή, ο ρόλος του δασκάλου όμως παραμένει κυρίαρχος, σε αυτόν απευθύνονται κατά κύριο λόγο οι μαθητές.



Η επιδιωκόμενη μορφή συζήτησης περιγράφεται στο τρίτο σκίτσο. Ο δάσκαλος δίνει το έναυσμα για τη συζήτηση, η οποία εξελίσσεται με τη μέγιστη δυνατή αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών. Ο ρόλος του δασκάλου είναι συντονιστικός, η συζήτηση εξελίσσεται κυρίως μεταξύ των μαθητών. Η συμμετοχή του δασκάλου είναι χρονικά περιορισμένη.



Το έναυσμα για τη συζήτηση μπορεί να δοθεί με μια ερώτηση, μπορεί όμως να δοθεί και με μη λεκτικούς τρόπους:

- Ο δάσκαλος δείχνει στους μαθητές μια φωτογραφία ή ένα σκίτσο.
- Ο δάσκαλος μοιράζει στους μαθητές ένα κείμενο, για παράδειγμα ένα απόσπασμα από τον Τύπο.
- Με την έκφραση του προσώπου του ο δάσκαλος «δείχνει» απορία σχετικά με το σχόλιο ενός μαθητή.
- Ο δάσκαλος σιωπά περιμένοντας να πάρει την πρωτοβουλή ένας μαθητής.

Γενικά, αν και η ερώτηση είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος πρόκλησης συζήτησης, δεν είναι πάντοτε ο πιο αποτελεσματικός. Συνήθως κάνουμε ερωτήσεις όταν θέλουμε να μάθουμε κάτι, όταν έχουμε μια απορία. Ο δάσκαλος αντίθετα δεν κάνει ερωτήσεις επειδή θέλει να μάθει ο ίδιος κάτι, αλλά επειδή θέλει να μάθουν οι μαθητές. Είναι λοιπόν προφανές ότι οι ερωτήσεις του δασκάλου από τη φύση τους έχουν «τεχνητό» χαρακτήρα. Πέρα από το γεγονός αυτό οι συχνές κατευθυνόμενες ερωτήσεις του δασκάλου έχουν ως αποτέλεσμα να προκαλείται ο προβληματισμός των μαθητών από τον δάσκαλο, ενώ προτιμότερο είναι αυτός να προκύπτει από τους ίδιους τους μαθητές με την εξέλιξη του μαθήματος. Για την επιτυχία της προσπάθειας μεγιστοποίησης της αλληλεπίδρασης των μαθητών κατά τη συζήτηση, ο δάσκαλος πρέπει να έχει υπόψη του δύο βασικές τεχνικές:

- Πρέπει να ακούει προσεκτικά: Ο δάσκαλος που εφαρμόζει αυτή την τακτική δε σχολιάζει κάθε πρόταση. Αφήνει τους μαθητές να ολοκληρώσουν τη σκέψη τους και δε διατυπώνει άμεση αντίθεση στα σχόλια που διατυπώνουν οι μαθητές, αλλά τους δίνει τα εναύσματα για να αναμορφώσουν μόνοι τους τις απόψεις τους.
- Πρέπει να έχει υπομονή και να σιωπά όταν αυτό είναι απαραίτητο: Η τεχνική της «σιωπής» μπορεί να νική παράλογη, είναι όμως κρίσιμο ο δάσκαλος να έχει υπόψη του ότι οι μαθητές μπορεί να έχουν διαφορετικούς «ρυθμούς» από εκείνους που ο ίδιος αναμένει. Όταν για παράδειγμα ένας μαθητής διατυπώνει ένα σχόλιο, ο δάσκαλος πρέπει να έχει την υπομονή να σιωπά περιμένοντας ένας άλλος μαθητής να πάρει την πρωτοβουλή σχολιάζοντας τον συμμαθητή του. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η συνήθης αντίληψη του χρόνου που έχει ο δάσκαλος όταν κάνει μάθημα είναι ότι ακόμη και δέκα δευτερόλεπτα είναι ένα μεγάλο σχετικά χρονικό διάστημα.

Είναι προφανές ότι η επιτυχία της μεγιστοποίησης της συμμετοχής των μαθητών στη μαθησιακή πορεία δεν μπορεί να προδιαγραφεί με «συνταγές» συμπεριφοράς. Είναι ωστόσο σημαντικό σε όλη τη διάρκεια της εξέλιξης του μαθήματος ο δάσκαλος να έχει υπόψη του τη βασική αρχή της ανακαλυπτικής μάθησης: «μαθαίνω καλύτερα όταν μαθαίνω μόνος μου» (Berge 1993).

#### 2.2.2.4 Εμπέδωση – Γενίκευση

Η εμπέδωση και η γενίκευση των συμπερασμάτων αποτελούν το τελευταίο στάδιο της διδακτικής πορείας (πρβλ. 1.7.2.1). Σε κάθε ενότητα στο βιβλίο του μαθητή περιλαμβάνεται μια σειρά εργασιών για το σπίτι. Με τις εργασίες αυτές ελέγχεται ο βαθμός κατανόησης των βασικών στοιχείων της ενότητας που προηγήθηκε και παράλληλα αναδεικνύονται εφαρμογές των συμπερασμάτων, στα οποία οι μαθητές κατέληξαν, σε φαινόμενα της καθημερινής ζωής και σε απλές τεχνολογικές κατασκευές. Σε καμιά περίπτωση δεν είναι απαραίτητο να γίνονται όλες οι εργασίες. Το εύρος των προτεινόμενων εργασιών είναι επαρκές, ώστε να μπορεί ο δάσκαλος με κατάλληλη επιλογή να προσαρμόσει την εμπέδωση στις ιδιαίτερες ανάγκες των μαθητών του. Είναι στη διακριτική ευχέρεια κάθε δασκάλου, ανάλογα με τις δυνατότητες των μαθητών του και τον διαθέσιμο χρόνο, να επιλέξει κάποιες από τις εργασίες, για να ολοκληρώσει τη δι-

δασκαλία κάθε ενότητας και να ελέγξει τον βαθμό εμπέδωσης της διδασκτέας ύλης, αντλώντας έτσι και στοιχεία για την αξιολόγηση των μαθητών. Ο χαρακτηρισμός των εργασιών ως «εργασιών για το σπίτι» δε σημαίνει ότι κάποιες από αυτές δεν μπορούν να απαντηθούν στο σχολείο, εφόσον υπάρχει ο απαραίτητος χρόνος. Σε κάθε περίπτωση είναι απαραίτητο να συζητηθούν στο σχολείο οι εργασίες, ακόμα και αυτές που οι μαθητές απάντησαν στο σπίτι. Μέσα από τη συζήτηση στην τάξη και με την καθοδήγηση του δασκάλου οι μαθητές θα συγκρίνουν τις απαντήσεις τους με αυτές των συμμαθητών τους, ελέγχοντας την ορθότητα της απάντησης που έδωσαν. Επιδιώκουμε, στον βαθμό που αυτό είναι δυνατό, οι μαθητές να διορθώνουν αυτόνομα τις απαντήσεις τους, διαπιστώνοντας μέσα από τη συζήτηση με τους συμμαθητές τους τις ενδεχόμενες αδυναμίες ή ελλείψεις της απάντησης που έδωσαν.

#### 2.2.2.5 Μν διδασκτέα ένθετα

Συμπληρωματικό στοιχείο στο προτεινόμενο βιβλίο αποτελούν τα μν διδασκτέα ένθετα που φέρουν τον τίτλο «Και κάτι ακόμη...». Καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος θεμάτων και έχουν έντονα διαθεματικό χαρακτήρα. Πολλά από αυτά αναφέρονται στην ιστορία των επιστημών, άλλα εξηγούν τη λειτουργία τεχνολογικών κατασκευών σχετικών με την ενότητα που προηγήθηκε, άλλα παρουσιάζουν μύθους σχετικούς με τα

φαινόμενα που μελετήθηκαν, άλλα δίνουν οδηγίες για περαιτέρω πειραματισμό και κατασκευές, ενώ άλλα έχουν τη μορφή διδακτικού παιχνιδιού... Στόχος των ένθετων αυτών κειμένων είναι να καλλιεργήσουν τη γενική παιδεία των μαθητών προσφέροντάς τους πολύπλευρα γνωστικά ερεθίσματα. Τα κείμενα αυτά αντιμετωπίζονται από τους μαθητές με ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι τα μν

διδασκεία αυτά ένθετα έχουν ιδιαίτερη αξία για τους μαθητές των περιοχών στις οποίες η πρόσβαση σε βιβλιοθήκες δεν είναι εύκολη. Τα κείμενα αυτά μπορούν να συζητηθούν στην τάξη ή να διαβαστούν αυτόνομα από τους μαθητές στο σπίτι. Σε καμία περίπτωση όμως δεν καθλούνται οι μαθη-

τές να απομνημονεύσουν το περιεχόμενό τους. Κάτι τέτοιο θα αλλοίωνε στην πράξη την ουσία της ερευνητικής διάστασης της προτεινόμενης προσέγγισης. Πρέπει να είναι σαφές ότι η ενασχόληση με τα ένθετα γίνεται από τους μαθητές σε εθελοντική βάση.

### 2.2.3 Ενότητα «Με μια ματιά»

Κάθε κεφάλαιο κλείνει με την ενότητα «Με μια ματιά», η οποία στο εγχειρίδιο του μαθητή είναι κενή. Σε ειδικό τεύχος δίνονται τα φύλλα, τα οποία στο τέλος της διδασκαλίας κάθε κεφαλαίου και μετά από σύντομη επανάληψη μοιράζονται στους μαθητές, οι οποίοι τα κολλούν στον προβλεπόμενο χώρο στο βιβλίο τους. Στην αρχή της σχολικής χρονιάς ζητάμε από τους μαθητές να φέρουν το τεύχος με τα φύλλα αυτά στο σχολείο, όπου και αυτό φυλάσσεται. Δίνουμε το τεύχος αυτό στους μαθητές μόνο μετά την ολοκλήρωση της επανάληψης του κεφαλαίου, ζητώντας τους να κολλήσουν το αντίστοιχο φύλλο στο βιβλίο τους.

Στην ενότητα «Με μια ματιά» παρουσιάζονται σε μεγάλη συντομία τα κύρια συμπεράσματα του κεφαλαίου που προηγήθηκε. Η ενότητα αυτή απαντά σε μία ανάγκη που τα μέλη της συγγραφικής ομάδας έχουν διαπιστώσει, διδάσκοντας τα τελευταία τέσσερα χρόνια με βάση ανακαλυπτικά μοντέλα. Καθώς τα περισσότερα συμπεράσματα στις

διάφορες ενότητες είναι κενά που συμπληρώνονται από τους μαθητές, υπάρχει ο κίνδυνος κάποια από αυτά να συμπληρωθούν εσφαλμένα από τους μαθητές, παρά την προσπάθεια του δασκάλου να παρακολουθήσει τη συμπλήρωσή τους. Ενδεχόμενη απουσία του μαθητή από το σχολείο για κάποιες ημέρες ή αμέλειά του να συμπληρώσει σωστά και με πληρότητα τα κενά τού στερεί τη δυνατότητα να έχει συγκεντρωμένα τα βασικά στοιχεία κάθε κεφαλαίου, για να μπορεί να ανατρέξει σε αυτά για αναγκαίες επαναλήψεις. Η σύντομη παρουσίαση των βασικών στοιχείων σε μία – δύο σελίδες αποδεικνύεται στην πράξη πολύτιμη βοήθεια. Η ενότητα «Με μια ματιά» δεν περιλαμβάνεται εξαρχής στο βιβλίο, για να μην μπορεί ο μαθητής να ανατρέξει σε αυτή κατά τη διάρκεια της πειραματικής διερεύνησης. Κάτι τέτοιο θα αναιρούσε στην πράξη τον ανακαλυπτικό – ερευνητικό χαρακτήρα της προτεινόμενης διδακτικής προσέγγισης.

### 2.2.4 Φύλλο αξιολόγησης

Η βαθμολόγηση των μαθητών είναι συνδεδεμένη με τη διδασκαλία από τότε που η μαθησιακή διαδικασία οργανώθηκε και συστηματοποιήθηκε με την καθιέρωση του σχολείου. Ο καθοριστικός ρόλος του βαθμού για την εξέλιξη και προαγωγή του μαθητή συντελεί πολλές φορές στο να αποκτά η βαθμολόγηση ιδιαίτερη βαρύτητα, επισκιάζοντας και παραγκωνίζοντας την ουσιαστική αποστολή του μαθήματος, την αγωγή και εκπαίδευση του μαθητή. Η ανάγκη για «αντικειμενικότητα» στη βαθμολόγηση και ισότιμη αντιμετώπιση των μαθητών πέρα από τα πλαίσια της τάξης και του δασκάλου οδήγησε το κράτος να ρυθμίσει τη διαδικασία αυτή θέτοντας κριτήρια που ισχύουν για όλες τις τάξεις και τους δασκάλους μιας βαθμίδας. Όσο αυστηρά διατυπωμένες και να είναι οι οδηγίες αυτές, η τελική επιλογή, σε συνάρτηση και με την παιδαγωγική διάσταση της βαθμολόγησης για κάθε μαθητή χωριστά, εναπόκειται στον δάσκαλο.

Η διαδικασία της βαθμολόγησης αναφέρεται πολλές φορές και ως αξιολόγηση του μαθητή. Οι δύο έννοιες όμως δεν είναι ταυτώσιμες. Στην πρακτική που συνήθως εφαρμόζεται η βαθμολόγηση περιορίζεται σε γνωστικά τεστ, που ελέγχουν όμως μόνο την απομνημόνευση ή την εφαρμογή των νέων γνωστικών στοιχείων για την ερμηνεία παρεμφερών φαινομένων με αυτά που μελετήθηκαν στην τάξη. Σε καμία περίπτωση η επιτυχία στις δοκιμασίες αυτές δε πιστοποιεί την ουσιαστική κατανόηση ή την εδραίωση που οδηγεί στην χρονική αντοχή των νέων γνωστικών δεδομένων.

Η αξιολόγηση είναι γενικότερη έννοια. Περιλαμβάνει την εκτίμηση της εξέλιξης της στάσης του μαθητή απέναντι στο μάθημα και καλύπτει όλους τους παράγοντες δραστηριοποίησης στην τάξη. Πρέπει συνεπώς να είναι σε συνάρτηση με τη μεθοδολογία διδασκαλίας. Η εφαρμογή μαθήματος προσανατολισμένου στον μαθητή, όπου ασκούνται και πρακτικές δεξιότητες και η εργασία μεθοδεύεται σε ομάδες, εισάγει νέες ψυχοκινητικές και συναισθηματικές συνιστώσες στο μάθημα, οι οποίες και πρέπει να συναξιολογούνται. Η διδασκαλία με το ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό μοντέλο προσεγγίζει και τις παραμέτρους αυτές των δεξιοτήτων, συνεπώς η συμμετοχή της εξέλιξής τους στην αξιολόγηση του μαθητή είναι αναγκαία.

Τα τεστ μπορούν να ελέγξουν τη γνωστική πρόοδο και να δώσουν στοιχεία για την αξιολόγηση του μαθητή. Σε ειδικό τεύχος με τίτλο «Φύλλα αξιολόγησης» δίνεται ένα τέτοιο τεστ για κάθε κεφάλαιο. Ο δάσκαλος ζητά από τους μαθητές να φέρουν και το τεύχος αυτό στο σχολείο στην αρχή της χρονιάς, όπου και αυτό φυλάσσεται. Μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας του κεφαλαίου ο δάσκαλος δίνει στους μαθητές το τεύχος αυτό και τους ζητά να απαντήσουν στις ερωτήσεις του αντίστοιχου φύλλου αξιολόγησης. Τα τεστ διορθώνονται από τον δάσκαλο, δίνοντάς του στοιχεία για την αξιολόγηση των μαθητών. Το προτεινόμενο φύλλο αξιολόγησης δεν πρέπει να δρα περιοριστικά. Ο δάσκαλος μπορεί προφανώς να το αγνοήσει σχεδιάζοντας άλλο φύλλο αξιολό-

γησης, προσαρμοσμένο στις ειδικές ανάγκες των μαθητών της τάξης του. Όποιος μορφής τεστ αξιολόγησης και να προτιμηθεί, πρέπει να είναι σαφές ότι η επίδοση στο τεστ αυτό αποτελεί μόνο ένα από τα στοιχεία που πρέπει να συναξιολογούνται. Η συμμετοχή των μαθητών στην κατασκευή των διατάξεων και στην εκτέλεση των πειραμάτων, η προθυμία και συμμετοχή στις συζητήσεις στην τάξη, η συνεπής συμπλήρωση των εργασιών για το σπίτι και η εν γένει στάση τους απέναντι στο μάθημα είναι μερικά από τα στοιχεία που πρέπει επίσης να συναξιολογούνται συνεχώς.

Σε μια τάξη που λειτουργεί με τη στενή σχέση δασκάλου – μαθητή, όπως αυτή περιγράφηκε στο κεφάλαιο 1, ο δάσκαλος καθημερινά αντλεί στοιχεία αξιολόγησης. Παρακολουθώντας τη συμμετοχή των μαθητών στις συζητήσεις στην τάξη, την εργασία τους κατά την εκτέλεση των πειραμάτων και την πληρότητα με την οποία απαντούν στις εργασίες εμπέδωσης κάθε ενότητας, μπορεί να εξάγει στοιχεία για την αξιολόγηση χωρίς οι μαθητές να το αντιλαμβάνονται άμεσα, οπότε θα υπήρχε ο κίνδυνος να «ηγοκρίνουν» τις απόψεις τους από τον φόβο του βαθμού.

### 2.3 Ισότιμη αντιμετώπιση των δύο φύλων

Σημαντικό μειονέκτημα πολλών βιβλίων θετικών επιστημών αποτελεί η διαφορετική αντιμετώπιση αγοριών και κοριτσιών (Hoffmann 1991, Hoffmann 1992, Χαλκιά 1998). Η διαφορετική αυτή αντιμετώπιση συντελεί στην εδραίωση αρνητικών στερεότυπων σχετικά με την επίδοση των κοριτσιών στις θετικές επιστήμες. Στο προτεινόμενο βιβλίο έχει γίνει ιδιαίτερα συστηματική προσπάθεια για την ισότιμη αντιμετώπιση των δύο φύλων:

- Όπου στο κείμενο γίνεται αναφορά στους μαθητές ή στον δάσκαλο, αναφέρονται με αλφαβητική σειρά και τα δύο φύλα (μαθητής ή μαθήτρια, δασκάλα ή δάσκαλος).
- Οι εργασίες για το σπίτι, καθώς και τα μη διδακτέα ένθετα, καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα θεμάτων και ανταποκρίνονται έτσι τόσο στα ενδιαφέροντα των αγοριών όσο και των κοριτσιών, που, όπως τεκμηριώνεται και από τη βιβλιογραφία, είναι διαφορετικά.

- Στις φωτογραφίες των πειραμάτων έχει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή για την ισότιμη συμμετοχή αγοριών και κοριτσιών αλληλά και για την κατανομή των ρόλων (κορίτσια ασχολούνται με τεχνολογικές κατασκευές, αγόρια ασχολούνται με την καθαριότητα κ.ο.κ.). Αποτελεί στόχο της συγγραφικής ομάδας το βιβλίο αυτό να συντελέσει, στον βαθμό που είναι δυνατό, στην κατάρριψη των αρνητικών στερεότυπων.
- Οι βασικοί χαρακτήρες του βιβλίου είναι δύο, ένα αγόρι και ένα κορίτσι. Οι δύο αυτοί χαρακτήρες παρουσιάζονται στην εισαγωγή και σε όλη την έκταση του βιβλίου, «συνεργάζονται», καθοδηγούν τον μαθητή και δίνουν το μήνυμα για την ομαδικότητα που πρέπει να διακρίνει την ερευνητική προσπάθεια.

Για λόγους οικονομίας κειμένου η αναφορά σε μαθητές / μαθήτριες και δασκάλους / δασκάλες δεν ακολουθήθηκε και στο βιβλίο για τον δάσκαλο. Είναι προφανές ότι, όπου στο βιβλίο αυτό γίνεται αναφορά στον δάσκαλο ή στον μαθητή, ο όρος αναφέρεται και στα δύο φύλα.

### 2.4 Απαιτήσεις σε υλικοτεχνική υποδομή

Η επιλογή των πειραμάτων έγινε με την παραδοχή ότι δεν υπάρχουν ειδικά όργανα και ειδικές αίθουσες στα Δημοτικά σχολεία. Η επιλογή αυτή εξασφαλίζει τη δυνατότητα εφαρμογής του προτεινόμενου βιβλίου σε όλα τα σχολεία της χώρας. Τα όργανα και υλικά που απαιτούνται για τα πειράματα μπορούν να συγκεντρωθούν εύκολα. Τα περισσότερα από αυτά αποτελούν υλικά και όργανα καθημερινής χρήσης. Η απλότητα των υλικών για τα πειράματα, πέρα από το ότι εξασφαλίζει τη δυνατότητα της άμεσης εφαρμογής της πρότασής μας στο σύνολο των σχολείων της χώρας, προσφέρει κατά την άποψή μας δύο ακόμη σημαντικά πλεονεκτήματα:

- Η χρήση απλών οργάνων και υλικών για τα πειράματα εξασφαλίζει σε κάθε μαθητή τη δυνατότητα της αυτόνομης άσκησης στο σπίτι. Κάθε μαθητής μπορεί να επαναλάβει τα πειράματα στο σπίτι και να διευρύνει αυτόνομα το πεδίο των πειραματικών του εμπειριών. Χωρίς την πίεση των στενών χρονικών ορίων της σχολικής ώρας κάθε μαθητής έχει τη δυνατότητα να επιλέξει την έκταση του χρόνου που θα αφιερώσει στον πειραματισμό. Αν για παράδειγμα ένα πείραμα προκαλέσει την έκπληξη

του, έχει τη δυνατότητα να το επαναλάβει περισσότερες φορές.

- Η χρήση οργάνων και υλικών καθημερινής χρήσης στα πειράματα βοηθά στη σύνδεση των φαινομένων που μελετώνται με την καθημερινή ζωή. Η χρήση πολύπλοκων πειραματικών διατάξεων, που τις περισσότερες φορές δε μοιάζουν με τα όργανα καθημερινής χρήσης, οδηγεί τους μαθητές πολλές φορές στην παρεξήγηση ότι τα φαινόμενα που μελετώνται στο σχολείο και συνεπώς και οι νόμοι που τα διέπουν δε σχετίζονται με τα φαινόμενα της καθημερινής ζωής. Αντίθετα, ο πειραματισμός με οικεία όργανα και υλικά βοηθά στην εδραίωση της αντίληψης ότι το μάθημα στο σχολείο δεν αποτελεί παρά μία νέα μεθοδολογικά προσέγγιση της μελέτης των φυσικών φαινομένων της καθημερινής ζωής.

Σύμφωνα και με τις οδηγίες του αναλυτικού προγράμματος προτιμυτέα είναι η πειραματική άσκηση των μαθητών σε ομάδες, έτσι ώστε να είναι η μαθησιακή διαδικασία συμμετοχική και βιωματική. Ωστόσο οι οδηγίες για τα πειράματα στο βιβλίο του μαθητή είναι γραμμένες με τρόπο τέτοιο, ώστε να είναι δυνατή και η εκτέλεση κάποιων πειραμάτων από

τον δάσκαλο σε μορφή επίδειξης, όπου η άσκηση σε ομάδες δεν είναι εύκολη.

Για την ευκολότερη υλοποίηση της πρότασης, ιδίως αν προκριθεί η άσκηση σε ομάδες, η προμήθεια κάποιων απλών, χαμηλού κόστους, οργάνων, όπως θερμομέτρων, φελλών με οπή, δυναμομέτρων, ρυθμιζόμενων κ.τ.λ., θα διευκόλυνε σημαντικά την προσπάθεια του δασκάλου στην τάξη. Στο βι-

βλίο του μαθητή περιγράφονται τα πειράματα με τα υλικά καθημερινής χρήσης (π.χ. πλαστελίνη αντί για φελλό με οπή, κατασκευή αυτοσχέδιας ρυθμιζομένης...). Είναι προφανές ότι σε όσα σχολεία υπάρχουν κάποια όργανα η χρήση τους θα προτιμηθεί, στον βαθμό βέβαια που να μην υπονομεύεται η σύνδεση των φαινομένων που μελετώνται με την καθημερινότητα.

## 2.5 Γλώσσα

Σημαντική έμφαση δόθηκε στη γλωσσική αρτιότητα του κειμένου και στην αντιστοιχία του βαθμού δυσκολίας του κειμένου με την ηλικία των μαθητών. Οι οδηγίες για τα πειράματα είναι γραμμένες σε δεύτερο ενικό πρόσωπο, με στόχο να δώσουν όσο το δυνατό μεγαλύτερη αμεσότητα στο κείμενο. Παράλληλα η επιλογή του δεύτερου ενικού υποδηλώνει έμμεσα την επιθυμία να γίνουν τα πειράματα από όλους τους μαθητές σε ομάδες, όπου αυτό είναι δυνατό, και όχι με τη μορφή της επίδειξης από τον δάσκαλο. Ο λόγος είναι μικροπερίοδος, ενώ έχουν αποφευχθεί οι πολυσύληθαβες και δύσκολες λέξεις. Το επίπεδο της γλωσσικής δυσκολίας είναι ανάλογο με αυτό των διδακτικών βιβλίων που χρησιμοποιούνται σήμερα στις τελευταίες τάξεις του Δημοτικού σχολείου. Η συγγραφική ομάδα είχε τη δυνατότητα να ελέγξει τον βαθμό δυσκολίας αναγνωσιμότητας των κειμένων κατά την πιλοτική εφαρμογή των βιβλίων σε 300 μαθητές της Ε' και Στ' τάξης του Δημοτικού σχολείου. Σε ποσοστό πάνω από 70% οι μαθητές χαρακτήρισαν το επίπεδο της γλώσσας «εύκολο». Παρ' όλη την προσοχή για την απλή και εύληπτη διατύπωση των κειμένων, δεν έχουν γίνει συμβιβασμοί στην επιστημονική εγκυρότητα της πληροφορίας που δίνεται στους μαθητές. Για την επιστημονική ορολογία έγινε προσπάθεια παραλληλισμού με τα διδακτικά βιβλία των προηγούμενων τάξεων του Δημοτικού, καθώς και των πρώτων τάξεων του Γυμνασίου (π.χ. γραφή της λέξης μίγματα με «ι» σύμφωνα με το βιβλίο «Χημεία» της Β' Γυμνασίου, κατηγοριοποίηση των φύλλων και βλαστών σύμφωνα με το βιβλίο «Μελέτη περιβάλλοντος» της Δ' Δημοτικού).

Είναι προφανές ότι η ακρίβεια της ορολογίας στις θετικές επιστήμες και η αυστηρότητα των διατυπώσεων επιτρέπει ένα επίπεδο επικοινωνίας πέρα και πάνω από την καθημερινή γλώσσα. Δεν είναι όμως η ορολογία των θετικών επιστημών ανεξάρτητη από την καθημερινή γλώσσα. Επηρεάζεται απ' αυτήν αλληλά και επιδρά σε αυτή. Έτσι, όροι των θετικών επιστημών περνούν στο καθημερινό λεξιλόγιο και αντίστροφα, δυστυχώς όχι πάντα με ορθό τρόπο. Η καθημερινή σύγχυση βάρους και μάζας είναι ίσως το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα.

Η συσχέτιση της καθημερινής γλώσσας με την ορολογία των θετικών επιστημών επιδιώκεται συστηματικά στο προτεινόμενο

βιβλίο. Τα φαινόμενα εισάγονται με την καθημερινή τους ονομασία και, αφού αναλυθούν, η ορολογία των θετικών επιστημών συνδέεται με το φαινόμενο. Η ασφάλεια «τρίκεται», αφού γίνει σαφές ότι «λιώνει» το σύρμα λόγω της υπερθέρμανσης, τα στερεά «διαστέλλονται», αφού γίνει σαφές ότι «μεγαλώνουν» κ.ο.κ. Η πορεία συσχέτισης της καθημερινής γλώσσας με την ορολογία των θετικών επιστημών απαιτεί προσοχή και επιδεξιότητα. Η έλλειψη αυστηρότητας διατύπωσης στην καθημερινή γλώσσα εγκυμονεί τον κίνδυνο της παρανόησης των εννοιών και της εδραίωσης εσφαλμένων αντιλήψεων, ενώ η πρόωγη εισαγωγή στην αυστηρότητα της διατύπωσης με τη χρήση της ορολογίας των θετικών επιστημών εγκυμονεί τον κίνδυνο της αδυναμίας σύνδεσης με την καθημερινή γλώσσα. Η χρήση της απλής γλώσσας για την ερμηνεία των φαινομένων πρέπει να γίνεται χωρίς συμβιβασμούς στην πληρότητα της διατύπωσης όσον αφορά στην ορθότητα της ερμηνείας. Όταν η χρήση της απλής γλώσσας εγκυμονεί τον κίνδυνο της ελλιπούς ερμηνείας, πρέπει να χρησιμοποιείται το ειδικό φρασεολόγιο και να ερμηνεύεται με όσο το δυνατόν απλούστερο τρόπο, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η αφομοίωση και όχι η απομνημόνευση της ορολογίας των θετικών επιστημών.

Το μάθημα πρέπει να εξελίσσεται στην απλή γλώσσα των μαθητών, τη γλώσσα της κατανόησης, στην οποία η ερμηνευτική προσέγγιση επιτυγχάνεται ευκολότερα. Αφού το φαινόμενο κατανοηθεί με βάση το καθημερινό φρασεολόγιο, έπεται η σύνδεση της καθημερινής γλώσσας με την ακριβή ορολογία των θετικών επιστημών. Η αγωγή για παράδειγμα του ηλεκτρικού ρεύματος σημαίνει ότι ρεύμα διαρρέει το κύκλωμα. Ο μαθητής κατανοεί το γεγονός ότι περνάει ρεύμα από τα καλώδια. Προτού υιοθετήσει την πρώτη διατύπωση, πρέπει να έχει κατανοήσει την ισοτιμία της με τη δεύτερη. «Η καθημερινή γλώσσα είναι η γλώσσα με την οποία καταλαβαίνουμε, η γλώσσα της κατανόησης, η ορολογία των θετικών επιστημών επισφραγίζει το γεγονός ότι καταλάβαμε ως γλώσσα του κατανοημένου» (Wagenschein 1988, σ. 137). Ενδιαφέρουσα είναι η προτροπή του Heisenberg: «Ξέρουμε ότι η κατανόηση πρέπει να βασίζεται στην κοινή γλώσσα, γιατί αυτή είναι η μόνη γλώσσα με την οποία είμαστε σίγουροι ότι προσεγγίζουμε την πραγματικότητα...» (Heisenberg 1959, σ. 196).

## 2.6 Εικονογράφηση

Για την εικονογράφηση των περισσότερων ελληνικών βιβλίων της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης μέχρι σήμερα χρησιμοποιούνται σε συντριπτική πλειοψηφία σκίτσα. Η επιλογή

αυτή προσφέρει σημαντικά πρακτικά πλεονεκτήματα, καθώς είναι πολύ απλούστερη και οικονομικότερη, ωστόσο έχει σημαντικά διδακτικά μειονεκτήματα. Το σκίτσο έχει από

τη φύση του ένα βαθμό αφαίρεσης. Αντίθετα η φωτογραφία είναι άμεση και απεικονίζει αυτή την ίδια την πραγματικότητα του φυσικού περιγύρου. Η προσπάθεια σύνδεσης του μαθήματος με την καθημερινή ζωή και τις εμπειρίες που αντλεί από αυτήν ο μαθητής εξυπηρετείται πολύ αποτελεσματικότερα με την πρόκριση της φωτογραφίας για την εικονογράφηση του βιβλίου. Παράλληλα η φωτογράφιση των πειραμάτων αντί της εικονογράφησής τους με σκίτσα πείθει ευκολότερα για τη δυνατότητα υλοποίησής τους. Με βάση τα παραπάνω θεωρούμε ένα από τα σημαντικότερα πλεο-

νεκτήματα του προτεινόμενου βιβλίου την πληρότητα και ποιότητα του φωτογραφικού υλικού.

Η εικονογράφηση με σκίτσα προκρίθηκε στα σημεία στα οποία η φωτογράφιση δεν ήταν εκ των πραγμάτων δυνατή (π.χ. εσωτερικές τομές ανθρώπινου σώματος) και σε σημεία στα οποία κρίθηκε ότι η καλλιτεχνική εκφραστική δύναμη του σκίτσου προσφέρει πλεονεκτήματα. Τα σκίτσα σχεδιάστηκαν με τη στενή συνεργασία του καλλιτέχνη με τη συγγραφική ομάδα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η επιστημονική ορθότητα της απεικόνισης.

## 2.7 Στοιχειοθεσία

Ιδιαίτερη επιμέλεια έχει δοθεί στη στοιχειοθεσία του βιβλίου του μαθητή, καθώς η αισθητική και η λειτουργικότητα ενός βιβλίου αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για τη θετική αποδοχή του από τους μαθητές. Έγινε προσπάθεια για την ι-

σορροπία κειμένου και εικόνων για κάθε σελίδα χωριστά, ενώ κατά την τελική επιλογή των εικόνων από μία ομάδα θεματικά παρόμοιων δόθηκε προσοχή στη χρωματική και γενικότερη αισθητική αρμονία των σελίδων.