

1. Σκοποί της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών

Οι Φυσικές Επιστήμες είναι ο τρόπος με τον οποίο εξερευνούμε το φυσικό κόσμο για να ανακαλύψουμε το πώς, γιατί, πότε και που των πραγμάτων. Αποτελούν μέθοδο, δεν είναι όμως μόνο μέθοδος· αποτελούν γνώση, χωρίς να είναι μόνο γνώση, θα λέγαμε ότι οι Φ.Ε. είναι και μέθοδος και γνώση.

Η διδασκαλία των Φ.Ε. στο σχολείο αποτελεί το πεδίο έρευνας της Διδακτικής των Φ.Ε.

Οι σκοποί της διδασκαλίας των Φ.Ε. καθορίζονται με βάση τους σκοπούς της εκπαίδευσης. Βασικός σκοπός της εκπαίδευσης είναι αφ' ενός να δημιουργήσει πολίτες που να μπορούν να παίξουν ένα ενεργό ρόλο σε μια δημοκρατική κοινωνία με το να είναι επινοητικοί και εφευρετικοί και αφ' ετέρου να «πλάσει μυαλά» που να είναι κριτικά.

Με βάση τα παραπάνω η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μπορεί να πρωτοστατήσει σ' αυτή την κατεύθυνση σκοπεύοντας στο:

1. Να κατανοήσουν οι μαθητές τον κόσμο μέσα στον οποίο ζουν.
2. Να αποκτήσουν τη μεθοδολογία που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες ώστε να γίνουν ικανοί να μαθαίνουν μόνοι τους.
3. Να αποκτήσουν την επιστημονική νοοτροπία.
4. Να διαπιστώσουν ότι η γνώση είναι προϊόν συνεργατικής προσπάθειας.
5. Να αναγνωρίσουν την κοινωνική χρησιμότητα πολλών επιστημονικών ιδεών.
6. Να αποκτήσουν άποψη για το ρόλο της Τεχνολογίας στη σύγχρονη κοινωνία.

2. Οι ιδέες των μαθητών

«Ο πιο σπουδαίος απλός παράγοντας που επηρεάζει τη μάθηση είναι αυτό που ο μαθητής ήδη γνωρίζει. Εξακρίβωσε το και δίδαξε τον συμφωνά με αυτό». (Ausubel, 1968)

Σημείωση: Για συντομία, στο βιβλίο για το δάσκαλο οι φράσεις, «ο μαθητής ο δάσκαλος, ο εκπαιδευτικός, ο επιστήμονας» χρησιμοποιούνται για να δηλώσουν και τα δυο φύλα.

2.1 Τι είναι οι ιδέες των μαθητών

Θα μπορούσε να υποστηρίξει κανείς ότι από τα μέσα της δεκαετίας του '70 και μετά παρατηρείται στο χώρο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών μια έντονη ερευνητική δραστηριότητα σε παγκόσμια κλίμακα που τείνει να επηρεάσει αποφασιστικά το οικοδόμημα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Φ. Ε.) που είχε στηριχθεί στις απόψεις των Piaget, Bruner και λοιπών για τη μάθηση.

Συμφωνά με τη νέα θεώρηση των πραγμάτων, κυρίαρχο ρόλο στη μάθηση παίζουν οι ιδέες που έχουν τα παιδιά για τα φυσικά φαινόμενα πριν καν τα διδαχτούν στο σχολείο. Π. χ. πριν ο μαθητής διδαχτεί στο σχολείο τι είναι το φως έχει διαμορφώσει

κάποια δική του άποψη για την έννοια αυτή.

Η αναγνώριση του ρόλου των μαθητών στη διδασκαλία και τη μάθηση μας είναι γνωστή πριν από τη δεκαετία του '50. Οι εργασίες του Piaget ακόμα και από τις αρχές της δεκαετίας του '20 επηρέασαν πολλούς θεωρητικούς της παιδείας και της εκπαίδευσης οι οποίοι ανέπτυξαν μαθητοκεντρικές προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φ. Ε. στις οποίες αναγνωριζόταν η αξία των ιδεών των μαθητών.

Τα παιδιά μέσω των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων και μέσα από την κοινωνική επαφή και τη γλώσσα αρχίζουν να οικοδομούν ένα ευρύ φάσμα ιδεών για το πώς λειτουργεί ο κόσμος. Οι ιδέες αυτές χρησιμοποιούνται για να προβλέψουν και να ερμηνεύσουν ό,τι υποπίπτει στην αντίληψη τους.

Οι απόψεις των μαθητών για τα φαινόμενα ομαδοποιούνται και συγκροτούν ερμηνευτικά πρότυπα που καταγράφονται συνήθως ως **εναλλακτικές ιδέες των παιδιών ή παρανοήσεις, προϋπάρχουσες ιδέες, αυθόρμητες αντιλήψεις, διαισθητικές ιδέες, επιστήμη των παιδιών, αναπαραστάσεις ή ως νοητικά μοντέλα.**

Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών έχουν γενικότητα και διαχρονική ισχύ, παρόλο που μερικές από αυτές διαφοροποιούνται με την ανάπτυξη του μαθητή ή την επίδραση της διδασκαλίας. Οι ιδέες αυτές είναι επαρκείς για τους μαθητές για την ερμηνεία των φαινομένων και συγκροτούν μια αυτοσυνεπή ως ένα βαθμό γνωστική δομή με περιορισμένη ισχύ. Πολλές φορές επηρεάζονται ελάχιστα από την παραδοσιακή ή την πειραματική διδασκαλία (Ψύλλος κ.ά., 1993).

Οι ιδέες των παιδιών δεν είναι απλές παρανοήσεις που οφείλονται σε κακή πληροφόρηση, αλλά δημιουργούνται από τους μηχανισμούς που αυτά διαθέτουν και με τους οποίους αντιλαμβάνονται ό,τι συμβαίνει γύρω τους. Αλλά και ο τρόπος που οι μαθητές παρατηρούν και καταλήγουν σε συμπεράσματα επηρεάζεται από τα διαφορετικά ερμηνευτικά σχήματα που έχουν δημιουργήσει.

Οι παρατηρήσεις π.χ. γίνονται αποδεκτές ή απορρίπτονται αν είναι σε αρμονία ή όχι με τις προσδοκίες τους. Ακόμα και οι ερωτήσεις που κάνουν και κατ' επέκταση ο τρόπος που ερμηνεύουν τα αποτελέσματα στα οποία καταλήγουν φαίνεται να επηρεάζονται από τα νοητικά σχήματα που διαθέτουν (Driver, 1983),

Οι ιδέες τους φαίνονται στους ίδιους τους μαθητές ευλογοφανείς παρόλο που οι ενήλικες συχνά δε συμφωνούν. Η χρήση της γλώσσας δεν είναι ακριβής. Παιδιά διαφορετικής ηλικίας αλλά και κουλτούρας είναι δυνατό να έχουν παρόμοιες ιδέες. Οι ιδέες δε χρησιμοποιούνται σταθερά σε σχέση με αυτό που οι επιστήμονες ονομάζουν «παρόμοιες περιπτώσεις». Η φύση αυτού που τα παιδιά θεωρούν ως εξήγηση διαφέρει επίσης από την επιστημονική άποψη.

Μερικές από τις ιδέες που χρησιμοποιούν τα παιδιά για το φυσικό κόσμο είναι τόσο εδραιωμένες που δεν αλλάζουν με τη διδασκαλία. Έτσι, παρόλο που μερικά παιδιά μπορούν να εφαρμόσουν τις επιστημονικές ιδέες σε προβλήματα των εξετάσεων, αποτυγχάνουν να τις εφαρμόσουν εκτός του σχολείου για να ερμηνεύσουν μερικά φαινόμενα.

Όπως θα φανεί στα επόμενα κεφάλαια ο τρόπος με τον οποίο τα παιδιά αναπτύσσουν τις προσωπικές τους θεωρίες ή εποικοδομήσεις που βασίζονται στην άμεση εμπειρία από το φυσικό κόσμο και τις άτυπες κοινωνικές αλληλεπιδράσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη διδασκαλία.

Οι ιδέες των παιδιών είναι δυνατό να παραμένουν όχι μόνο μετά τη διδασκαλία, αλλά και μετά την ενηλικίωσή τους (Viennot, 1979).

Πολλοί ερευνητές (Gilbert, Osborn & Fensham, 1982) υποστηρίζουν ότι οι εναλλακτικές ιδέες των παιδιών, τις οποίες αποκαλούν και επιστήμη των μαθητών, δεν αποτελούν τα συνηθισμένα λάθη χωρίς ιδιαίτερη σημασία, αλλά νοητικές κατασκευές τις οποίες τα παιδιά χρησιμοποιούν για να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα. Με αυτή την έννοια, οι ιδέες των παιδιών αποτελούν αυτοδύναμα σχήματα που όμως διαφέρουν από το επιστημονικό πρότυπο στο ότι ερμηνεύουν διαφορετικά τα φαινόμενα.

Από τ»ς έρευνες που έγιναν σε διάφορες χώρες σχετικά με τις ιδέες των παιδιών προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- 1. Τα παιδιά πριν ακόμα φοιτήσουν στο σχολείο έχουν απόψεις για μια ποικιλία θεμάτων των Φ.Ε.**
- 2. Οι αντιλήψεις τους είναι δυνατό να επηρεαστούν από τη διδάσκαλο με τρόπους που δε γνωρίζουμε ή να παραμείνουν ανεπηρέαστες από αυτή.**
- 3. Οι διαισθητικές ιδέες τους ασκούν ισχυρή επιρροή στη μεταγενέστερη μάθηση.**
- 4. Οι αντιλήψεις των παιδιών είναι συχνά διαφορετικές από το επιστημονικό πρότυπο, όπως αυτό παρουσιάζεται στα σχολικά εγχειρίδια. Ωστόσο οι αντιλήψεις αυτές είναι χρήσιμες και λογικές επειδή αποτελούν το σκελετό της ερμηνείας των σχετικών φαινομένων.**

2.2 Πώς δημιουργούνται οι ιδέες των μαθητών

Πώς άραγε αναπτύσσονται οι ιδέες ή οι -παρανοήσεις των παιδιών;

Ποιοι παράγοντες είναι περισσότερο ευνοϊκοί;

Οι ιδέες αναπτύσσονται στην προσπάθεια των παιδιών να δώσουν νόημα στον κόσμο μέσα στον οποίο ζουν με αναφορά στις εμπειρίες τους, τις τρέχουσες γνώσεις τους και τη γλώσσα που χρησιμοποιούν. Τα παιδιά, όπως οι επιστήμονες, χρησιμοποιούν τις ομοιότητες και τις διαφορές για να οργανώσουν τα φαινόμενα και τα γεγονότα, και κατά τη διάρκεια της παρατήρησης των γεγονότων και των φαινομένων ψάχνουν για στοιχεία και για σχέσεις μεταξύ αυτών των στοιχείων ώστε να οικοδομήσουν δομές σχέσεων. Ο εγκέφαλος δεν είναι ένας παθητικός καταναλωτής πληροφοριών, αλλά εποικοδομεί ενεργά τις δικές του ερμηνείες των πληροφοριών και βγάζει συμπεράσματα από αυτές (Driver & Oldham, 1986). Όπως οι επιστήμονες, έτσι και τα παιδιά συγκεντρώνουν στοιχεία και χτίζουν μοντέλα για να ερμηνεύσουν τα γεγονότα και να κάνουν προβλέψεις.

Πολλές ιδέες των παιδιών φαίνεται να αναπτύσσονται καθώς αυτά προσπαθούν να ερμηνεύσουν το φυσικό τους περιβάλλον.

Οι ιδέες των παιδιών διαμορφώνονται με την επίδραση των αντιλήψεων των μεγάλων, των μέσων επικοινωνίας, την αλληλεπίδραση με άλλα παιδιά από τη διδασκαλία, τα σχολικά εγχειρίδια κ.τ.λ.

Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση εναλλακτικών ιδεών παίζει η γλώσσα που χρησιμοποιείται από τους μεγάλους. Εκφράσεις π.χ. όπως «κλείσε την πόρτα για να μη φύγει η ζέστη» ή «να μη μπει το κρύο» οδηγούν στην άποψη ότι υπάρχουν δύο διαφορετικά φυσικά μεγέθη, η ζέστη και το κρύο. Όπως όμως γνωρίζουμε, αυτό που υπάρχει είναι η ενέργεια, η οποία μπορεί να μεταφερθεί από ένα σώμα σε άλλο, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. Ανάλογες αντιλήψεις δημιουργούνται στα παιδιά από τα μέσα μαζικής επικοινωνίας, όταν αναφέρονται σε επιστημονικά ή τεχνολογικά θέματα. Π. χ. συχνά ακούγεται η έκφραση: «η κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος...». Στα παιδιά δημιουργείται η εσφαλμένη εντύπωση ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι κάτι που καταναλώνεται.

Όταν ο μαθητής ακούσει ή διαβάσει μια επιστημονική πρόταση για να την κατανοήσει πρέπει να χρησιμοποιήσει την καθημερινή ερμηνεία των χρησιμοποιούμενων λέξεων. Είναι όμως πολύ πιθανό η ερμηνεία που ο μαθητής δίνει στις λέξεις να μην είναι (δια με αυτή που είχε στο μυαλό του ο δάσκαλος ή ο συγγραφέας του σχολικού εγχειριδίου (Gilbert, Osborne & Fenham, 1982).

Η λέξη π.χ. σωματίδιο στην επιστήμη σημαίνει άτομο, μόριο ή ιόν. Στην καθημερινή γλώσσα σημαίνει μικρό κομμάτι στέρεου που είναι ορατό με γυμνό μάτι.

Παρανοήσεις δημιουργούνται και κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, λόγω έλλειψης καλής επικοινωνίας μεταξύ δασκάλων και μαθητών. Όταν ο δάσκαλος επικοινωνεί με την τάξη αυτό που πετυχαίνει συνήθως είναι να περάσουν στους μαθητές οι λέξεις και οι χειρονομίες που χρησιμοποιεί και οχ» το νόημα αυτό καθεαυτό. Όπως γράφουν οι Osborn και Freyberg (1985), ο δάσκαλος έχει κάποιες ιδέες τις οποίες προσπαθεί να μεταδώσει στους μαθητές μεταφράζοντάς τες σε λέξεις, σχήματα, διαγράμματα ή σύμβολα. Ο μαθητής μπορεί να τα προσέξει όλα αυτά, αλλά πρέπει να βρει και ένα νόημα για να τους αποδώσει. Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα το νόημα που θα δώσει ο μαθητής να μην είναι το ίδιο με εκείνο που ήθελε να αποδώσει ο δάσκαλος. Η πιθανότητα αυτή γίνεται μάλιστα μεγαλύτερη αν η γλώσσα που χρησιμοποιείται δεν του είναι οικεία.

Όσον αφορά στα σχολικά εγχειρίδια ο τρόπος που οι μαθητές κατανοούν ό,τι διαβάζουν σ' αυτά επηρεάζεται από τα ερμηνευτικά τους σχήματα. Κατασκευάζουν δηλαδή ερμηνείες, συσχετίζοντας αυτό που ήδη γνωρίζουν με αυτό που διαβάζουν και γι' αυτό είναι δυνατό να δίνουν ερμηνείες διαφορετικές από εκείνες στις οποίες αποβλέπει ο συγγραφέας του εγχειριδίου.

Αναλυτικά οι παράγοντες που επηρεάζουν ή διαμορφώνουν τις ιδέες των ατόμων φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί (Καρανίκας, 1996) υπάρχει για τους μαθητές όταν είναι πολύ έντονο ώστε να δημιουργεί αισθητά αποτελέσματα. Το νερό όταν γίνεται ατμός παύει να υπάρχει γιατί δεν είναι ορατό.

Η μετάβαση από τον κόσμο των αισθήσεων στον κόσμο της φαντασίας είναι διαδικασία δύσκολη, ωστόσο αυτήν επιδιώκουμε με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, για να «δουν» οι μαθητές τα μόρια, τα άτομα, τα ηλεκτρόνια και γενικώς τα σωματίδια, υποατομικά και μη, πρέπει να χρησιμοποιήσουν «τα μαγικά γυαλιά των επιστημόνων», τις διόπτρες της φαντασίας τους. Αυτό τους υποχρεώνει στην κατασκευή νοητικών μοντέλων για τις οντότητες εκείνες που δε γίνονται ορατές π.χ. το ηλεκτρικό ρεύμα, τη θερμότητα και τη θερμοκρασία, το φως κ.τ.λ.

β) Περιορισμένη εστίαση

Τα παιδιά εστιάζουν συνήθως την προσοχή τους σε ορισμένα μόνο χαρακτηριστικά που αυτά είναι τα πλέον κυρίαρχα, τα πλέον εμφανή. Δε σκέφτονται τα προβλήματα από την άποψη της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα σώματα και το περιβάλλον. Όταν π.χ. προσπαθούν να εξηγήσουν γιατί η πορτοκαλάδα ανεβαίνει όταν ρουφάμε με το καλαμάκι, πιστεύουν ότι αυτό οφείλεται στο ότι ρουφάμε δυνατά και όχι στη διαφορά της πίεσης μέσα και έξω από το καλαμάκι.

γ) Εστίαση της προσοχής σε αλλαγές και όχι σε σταθερές κατά· στάσεις

Σε ένα κινούμενο σώμα αναγνωρίζουν την ύπαρξη δύναμης, θεωρούν δηλαδή ότι η κίνηση, που αντιπροσωπεύει αλλαγή, οφείλεται σε κάποια δύναμη. Ωστόσο σε ένα σώμα που ισορροπεί δύσκολα δέχονται ότι δρουν δυνάμεις.

δ) Γραμμικός αιτιακός συλλογισμός

Συνδέουν πάντοτε ένα αποτέλεσμα με ένα αίτιο. Δέχονται π.χ. πως όταν μια δύναμη (αίτιο) δρα σε σώμα (αντικείμενο) παράγει ένα αποτέλεσμα. Ωστόσο δε μπορούν να αντιληφθούν την αλληλεπίδραση των σωμάτων. Το αξίωμα λοιπόν της δράσης και αντίδρασης γίνεται κατανοητό μόνο λεκτικά, αφού δεν εμπίπτει στο παραπάνω γραμμικό σχήμα. Γενικά οι αντιστρεπτές μεταβολές κατανοούνται δυσκολότερα λόγω ακριβώς της ίδιας αιτίας.

ε) Μη διαχωρισμός των εννοιών

Τα -παιδιά δεν είναι σε θέση να διαχωρίζουν βασικές έννοιες. Για να περιγράψουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα χρησιμοποιούν την έννοια «ηλεκτρισμός» ως έννοια «ομπρέλα» κάτω από την οποία κρύβονται οι έννοιες ηλεκτρικό ρεύμα, ηλεκτρικό φορτίο, ισχύς, ηλεκτρική ενέργεια. Κατά ανάλογο τρόπο κάτω από την έννοια «βάρος» υπονοούν και τις έννοιες μάζα, πυκνότητα.

Οι ιδέες των παιδιών παρουσιάζονται περισσότερο περιεκτικές και σφαιρικές από εκείνες των επιστημόνων, γεγονός που σημαίνει ότι τα παιδιά μεταπηδούν από τη μια έννοια στην άλλη, χωρίς να το συνειδητοποιούν.

στ) Εξάρτηση από το πλαίσιο

Με τον όρο «πλαίσιο» εννοούμε όλους εκείνους τους παράγοντες που επιδρούν στη μάθηση.

Οι ιδέες των μαθητών εξαρτώνται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κατάστασης

με την οποία τίθεται το πρόβλημα μάθησης. Μια πρώτη μεταβλητή του πλαισίου είναι το κατά πόσο η τιθέμενη κατάσταση έχει ή όχι τα χαρακτηριστικά ενός σχολικού προβλήματος. Στην περίπτωση που οι μαθητές δεν αναγνωρίζουν ότι για την επίλυση του προβλήματος πρέπει να εφαρμοστούν οι τύποι του βιβλίου, οικοδομούν τη δική τους αναπαράσταση για τη συγκεκριμένη κατάσταση και επιστρέφουν ξανά στις ιδέες που είχαν πριν από το μάθημα. Μια δεύτερη μεταβλητή του πλαισίου είναι ο τύπος του προς επίλυση προβλήματος. Υποστηρίζεται π.χ. ότι υπάρχει αντιστοιχία ανάμεσα στην τυπολογία των προβλημάτων της Μηχανικής και στα μοντέλα σκέψης που ενεργοποιούν οι μαθητές κατά την επίλυση αυτών των προβλημάτων (Viennot, 1979). Μια τρίτη μεταβλητή του πλαισίου είναι το κατά πόσο η κατάσταση ή το πρόβλημα είναι οικείο στους μαθητές. Όσο λιγότερο οικείο είναι το πρόβλημα που προσεγγίζουν τόσο περισσότερο ανατρέχουν στον αναλογικό συλλογισμό (Χατζηνικήτα, 1995).

ζ) Εγωκεντρική και ανθρωποκεντρική άποψη

Έρευνες έδειξαν ότι τα παιδιά έως την ηλικία των δέκα ετών έχουν εγωκεντρική αντίληψη για τον κόσμο. Από την ηλικία αυτή και μετά προκειμένου να εξηγήσουν τα φαινόμενα εγκαταλείπουν τον εγωκεντρισμό και υιοθετούν μια ευρύτερη ανθρωποκεντρική άποψη, όπου οι ερμηνείες αναζητούνται στην ανθρώπινη εμπειρία π.χ. αν ρωτήσουμε το παιδί ποια είναι η διαφορά μεταξύ παγωμένου νερού και νερού θερμοκρασίας περιβάλλοντος, η απάντηση είναι ότι το παγωμένο νερό δεν πίνεται εύκολα, η απάντηση δηλαδή είναι ανθρωποχρηστική.

η) Στα αντικείμενα αποδίδονται χαρακτηριστικά ανθρώπων ή ζώων

Πολλά παιδιά αποδίδουν στα αντικείμενα θέληση, αισθήματα ή σκοπό. Ένας λόγος που συντελεί σ' αυτό είναι το γεγονός ότι η μεταφορά χρησιμοποιείται τόσο στην καθημερινή γλωσσά, όσο και στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Αυτό δημιουργεί συχνά παρανοήσεις. Π.χ. ο καθηγητής των Φυσικών λέει ότι ένα αρνητικό φορτίο αναζητεί ένα θετικό για να ενωθεί μαζί του. Αυτή η αναζήτηση που σκοπό έχει την ένωση, δηλώνει ότι και τα άψυχα έχουν θέληση και κάνουν πράγματα προσχεδιασμένα.

β) Στα αντικείμενα αποδίδεται ορισμένο ποσό μιας φυσικής οντότητας

Πολλά παιδιά αποδίδουν σε ένα αντικείμενο ένα ορισμένο ποσό μιας φυσικής οντότητας π.χ. δύναμη. Αν ρωτήσουμε τα παιδιά ποιες δυνάμεις ασκούνται επάνω σ' ένα σώμα που ρίξαμε στον αέρα και κινείται προς τα πάνω, αυτά θα αναφέρουν μόνο τη δύναμη που δώσαμε στο σώμα όταν ξεκίνησε. Άλλο παράδειγμα: «Η κρύοτητα του πάγου κάνει το νερό να παγώνει». Τα παιδιά δηλαδή θεωρούν ότι το κρύο έχει φυσική οντότητα.

3. Η επιστημολογία της γνώσης

Η επιστημολογία πραγματεύεται τη φύση της επιστημονικής γνώσης καθώς και το πώς αυτή παράγεται. Σήμερα αμφισβητείται το μονοσήμαντο της επιστημονικής γνώσης. Ο Kuhn, στο βιβλίο του Δομή των επιστημονικών επαναστάσεων, απορρίπτει τη μονιμότητα της επιστημονικής γνώσης. Υποστηρίζει ότι αυτή συνεχώς μεταβάλλεται. Η πορεία της εξέλιξης των ιδεών δεν είναι γραμμική και η απόκτηση της

δεν έχει συσσωρευτικό χαρακτήρα. Η αντικειμενική πραγματικότητα δε συλλαμβάνεται μέσα από τις επιστημονικές έννοιες μεμιάς και για πάντα.

Σύμφωνα με τη θεωρία του κονστρουκτιβισμού, που είναι ένα σύνολο πίστεων περί τη γνώση, η γνώση αρχίζει με την αποδοχή της θέσης ότι η πραγματικότητα υπάρχει αλλά δεν μπορεί να γνωσθεί ως ένα σύνολο από αλήθειες (Osborne 1996). Κατά τον Glasserfeld (1987) η γνώση δεν αντανακλά μια αντικειμενική πραγματικότητα αλλά αποτελεί αποκλειστικά τη διάταξη και οργάνωση ενός κόσμου αποτελούμενου από τις εμπειρίες μας.

Συνεπώς, ποτέ δεν είμαστε βέβαιοι ότι κατέχουμε την αλήθεια.

Παρόμοια αντίληψη ισχύει και για την απόκτηση της γνώσης από τους μαθητές.

Ο μαθητής ή, γενικότερα, το άτομο κατασκευάζει τη δική του προσωπική γνώση, σύμφωνα με την εποικοδομητική υπόθεση, ερμηνεύει με το δικό του τρόπο την πραγματικότητα που εξαρτάται από τις δικές του ιδέες και τις νοητικές του δομές.

Η γνώση ως προσωπικό κατασκεύασμα δεν μπορεί να είναι αντικειμενική αλλά προσωπικά και κοινωνικά προσδιορισμένη. Το κόρος της είναι προσωρινό και αξιολογείται από τους μαθητευόμενους σε βαθμό που ταιριάζει με την εμπειρία τους και το πόσο είναι χρήσιμη και το βαθμό στον οποίο εναρμονίζεται με τις γνωστικές τους δομές.

Η γνώση εποικοδομείται ενεργά από τα υποκείμενα, δε μεταβιβάζεται αλλά ούτε γίνεται αποδεκτή παθητικά (Driver 1989, Wheatley 1991).

Κατά την Driver, η διαδικασία της εποικοδόμησης της γνώσης από το υποκείμενο είναι «αυτοαναφερομένη διαδικασία», όπου γνωστικά σχήματα φέρονται στο προσκήνιο και διευθετούνται σε σχέση με το πόσο ταιριάζουν στην εμπειρία του ατόμου.

4. Θεωρίες μάθησης και Διδακτικές προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φ.Ε.

Κατά την άποψη μας, για να δομηθεί μια διδακτική προσέγγιση είναι απαραίτητο να στηρίζεται σε μια θεωρία μάθησης. Οι κυρίαρχες θεωρίες μάθησης και συνεπώς οι αντίστοιχες διδακτικές προσεγγίσεις που στηρίχτηκαν σε αυτές, είναι: του μιχεβιορισμού ή συμπεριφορισμού, η ανακα-λυπτική μάθηση και η θεωρία της εποικοδόμησης της γνώσης ή του κον-στρουκτιβισμού.

4.1 Ο μιχεβιορισμός · Η παραδοσιακή προσέγγιση της διδασκαλίας των Φ.Ε.

Ο μιχεβιορισμός ή συμπεριφορισμός υποστηρίζει την άποψη ότι παρατηρώντας τη συμπεριφορά είναι δυνατό να καταλήξουμε σε συμπεράσματα για το φαινόμενο της μάθησης. Η μάθηση είναι αλλαγή της συμπεριφοράς λόγω των εμπειριών του υποκειμένου. Η επιστημολογία του μιχεβιορισμός είναι εμπειρική και θετικιστική. Τα πειράματα των Pavlov και Thorndike ενίσχυσαν την αξία της εμπειρίας στη μάθηση.

Κατά τους εμπειριστές, η γνώση αποτελείται από ιδέες που πρέπει να μπουν κατά κάποιο τρόπο στο μυαλό του ανθρώπου, μάλιστα αυτό μπορεί να γίνει ευκολότερα αν περάσουν μέσα από τις αισθήσεις.

Κατά τους μιχεβιοριστές, το μυαλό του μαθητή είναι άγραφο χαρτί, *tabula rasa*, πάνω στο οποίο ο δάσκαλος μπορεί να εγγράψει τη γνώση. Κατ' αυτούς, η μάθηση είναι παθητική, ληπτική και αναπαραγωγική διαδικασία. Η γνώση μεταδίδεται από το δάσκαλο και το εγχειρίδιο στο μαθητή. Είναι στατική και αντικειμενική. Η έμφαση δίνεται στην ποσότητα και το εύρος της γνώσης. Η αποτελεσματικότητα της μάθησης ελέγχεται με τεστ προόδου που δίνουν έμφαση στην κατοχή του περιεχομένου.

Το διδακτικό μοντέλο που στηρίζεται στη θεωρία του μιχεβιορισμού είναι δασκαλοκεντρικό. Ο δάσκαλος θεωρείται αυθεντία και οι μαθητές οφείλουν να αναπαράγουν τη γνώση όπως αυτή υπάρχει στα σχολικά εγχειρίδια και μεταδίδεται από αυτόν στην τάξη.

4.2 Η ανακαλυπτική μάθηση · Η ανακαλυπτική προσέγγιση της διδασκαλίας των Φ.Ε.

Η ανακαλυπτική θεωρία της μάθησης βασίζεται στην αρχή ότι για να μάθει το υποκείμενο πρέπει να δράσει σε συγκεκριμένα αντικείμενα. Αποτέλεσμα αυτής της δράσης είναι η κατάκτηση του αφηρημένου ή η ανακάλυψη της γνώσης. Η μάθηση συντελείται μέσω συνεργατικών δραστηριοτήτων, επίλυση προβλημάτων και ανώτερων λειτουργιών της σκέψης. Άλλα χαρακτηριστικά στοιχεία είναι η αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών και η παραγωγική ομιλία. Το ανακαλυπτικό μοντέλο μάθησης αγνοεί τις ιδέες των μαθητών, θεωρώντας το μυαλό τους ως άγραφο χαρτί.

Η γνώση ανακαλύπτεται μέσω της αλληλοεπίδρασης και του πλαισίου στο οποίο συντελείται. Είναι δυναμική και ζωντανή. Στηρίζεται στην εκμάθηση στρατηγικών και στην άσκηση στις επιστημονικές διαδικασίες. Η άσκηση στις διαδικασίες με την καθοδήγηση του διδάσκοντα μπορεί να οδηγήσει στην ανακάλυψη του περιεχομένου, δηλαδή στην ερμηνεία των φαινομένων, στην κατανόηση των εννοιών και των νόμων της φύσης. Η γνώση διακρίνεται για τον ποιοτικό της χαρακτήρα και όχι για την ποσοτική της διάσταση.

Η διδακτική προσέγγιση είναι μαθητοκεντρικά προσανατολισμένη, με το δάσκαλο στο ρόλο του καθοδηγητή και του οργανωτή καταστάσεων μάθησης. Οι μαθητές με τη βοήθεια του φύλλου εργασίας παρατηρούν, κάνουν μετρήσεις, καταγράφουν και συγκρίνουν δεδομένα. Με τον τρόπο αυτό μετέχουν ενεργά στην οικοδόμηση της δικής τους γνώσης, ανακαλύπτοντας πράγματα για τον εαυτό τους. Το γεγονός ότι εργάζονται σε ομάδες, τους δίνει τη δυνατότητα της αλληλεπίδρασης μεταξύ ισοτίμων, η οποία είναι αποτελεσματικότερη στη μάθηση, από την καταλυτική παρουσία ακόμα και του ικανότερου δάσκαλου.

4.3 Εποικοδομητισμός (Constructivism) · Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας των Φ.Ε.

Στην υπόθεση της εποικοδόμησης της γνώσης κυρίαρχο ρόλο παίζουν οι ιδέες των μαθητών. Η γνώση είναι μεταβαλλόμενη και οικοδομείται από τον καθένα χωριστά γι' αυτό είναι υποκειμενική. Συνεπώς δεν μπορεί να μεταδοθεί από τον έχοντα και κατέχοντα στους μη έχοντες και μη κατέχοντες. Η μάθηση είναι συνήθως προϊόν της εννοιολογικής αλλαγής που επέρχεται στους μαθητές λόγω της γνωστικής σύγκρουσης στην οποία υποβάλλονται.

Η μάθηση θεωρείται ως εποικοδόμηση που γίνεται στο πλαίσιο της κοινωνίας της ομάδας.

Οι Driver και Oldham (1986) πρότειναν ένα μοντέλο της εποικοδομητικής προσέγγισης στη μάθηση και στη διδασκαλία που περιλαμβάνει τη φάση του **προσανατολισμοί, της ανάδειξης των ιδεών των μαθητών, της αναδόμησης των ιδεών, της εφαρμογής των νέων ιδεών και της ανασκόπησης.**

Η φάση του -προσανατολισμού

Αφορά το ξεκίνημα της διδασκαλίας που είναι απαραίτητο να είναι καλά οργανωμένο, ώστε να τραβήξει την προσοχή και το ενδιαφέρον των μαθητών.

Ο δάσκαλος εξηγεί με την έναρξη του μαθήματος τι πρόκειται να επακολουθήσει ώστε να αφοσιωθούν καλύτερα στις δραστηριότητες που θα διεξάγουν οι ίδιοι. Πρέπει με κάθε τρόπο να προκαλέσει το ενδιαφέρον και την περιέργεια των μαθητών.

Αυτό μπορεί να γίνει με την παρατήρηση ενός φαινομένου ή την παρουσίαση μιας συλλογής αντικειμένων, με την παρατήρηση μιας διαφάνειας στον ανακλαστικό προβολέα ανάλογα με τη διδακτική έννοια κ,τ.λ.

Η φάση της ανάδειξης των ιδεών

Σ' αυτή τη φάση οι μαθητές εκφράζουν προφορικά ή γραπτά τις ιδέες τους. Εδώ οι μαθητές εξωτερικεύουν τις ιδέες τους, ενώ ο δάσκαλος ανακαλύπτει τι σκέπτονται και τι μπορεί ο ίδιος να πράξει ώστε να προγραμματίσει τις διδακτικές στρατηγικές που προσφέρονται σε κάθε περίπτωση.

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι με τους οποίους μπορούμε να πετύχουμε ανάδειξη των ιδεών των μαθητών. Ο πιο απλός είναι να παρακολουθήσουμε τι λένε ή να κάνουμε διάλογο μαζί τους. Αυτό μπορεί να γίνει άτυπα σε εξατομικευμένη βάση κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων στην τάξη ή, πιο συστηματικά, σε συζήτηση μικρών ομάδων. Οι πρακτικές δραστηριότητες, τα ερωτηματολόγια, οι ατομικές εργασίες είναι τρόποι ανάδειξης των ιδεών. Ένας άλλος τρόπος είναι τα υποθετικά πειράματα, που ζητάμε από τους μαθητές να προβλέψουν τα αποτελέσματα κάποιων πειραμάτων που περιγράφουμε. Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες δυο ή περισσότερων ατόμων, ο δάσκαλος τους δίνει τα κατάλληλα έργα, αυτοί εργάζονται στην αρχή ατομικά και στη

συνέχεια συζητούν σε επίπεδο ομάδας. Οι μαθητές καταγράφουν τις απόψεις τους σε χαρτί που τις συγκεντρώνει ο δάσκαλος, ακολουθεί η κατηγοριοποίηση των απαντήσεων και έτσι βγαίνουν τα σημαντικότερα μοντέλα των ιδεών των μαθητών.

Η ύπαρξη των διαφορετικών μοντέλων είναι ένα πρόβλημα που πρέπει να επιλυθεί ώστε να επιλεγεί ένα μοντέλο, το επιστημονικό. Η υιοθέτηση του επιδιώκεται στην επόμενη φάση.

Η φάση της αναδόμησης των ιδεών

Στη φάση αυτή οι μαθητές ενθαρρύνονται να ελέγξουν τις ιδέες τους με σκοπό να τις επεκτείνουν, να αναπτύξουν ιδέες στην περίπτωση που δεν έχουν άποψη, ή να αντικαταστήσουν τις προϋπάρχουσες με άλλες. Επιδίωξη του διδάσκοντα είναι η αυτόβουλη και οικειοθελής μετατόπιση των παιδιών από τις δικές τους σε άλλες ιδέες, που είναι πλησιέστερα στο επιστημονικό πρότυπο. Αν στην προηγούμενη φάση είχαμε ζητήσει να προβλέψουν τα αποτελέσματα κάποιου «υποθετικού» πειράματος, σ' αυτή τη φάση τους ζητάμε να εκτελέσουν το πείραμα. Αν τα αποτελέσματα του πειράματος συμπίπτουν με την πρόβλεψη, τότε έχουμε επιβεβαίωση της υπάρχουσας γνώσης. Σε διαφορετική περίπτωση, έχουμε γνωστική σύγκρουση. Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες των δυο ή τριών ατόμων και ακολουθούν γραπτές οδηγίες για το πώς θα εκτελέσουν συγκεκριμένα έργα, τα αποτελέσματα των οποίων προσπαθούν να ερμηνεύσουν. Στόχος των έργων αυτών είναι να οδηγηθούν οι μαθητές σε αδιέξοδο, βλέποντας τη διάσταση ανάμεσα στο αναμενόμενο από αυτούς και το πειραματικό αποτέλεσμα, θα οδηγηθούν μ' αυτόν τον τρόπο σε ενδο-προσωπική σύγκρουση. Αυτή η σύγκρουση θα τους κάνει να νιώθουν δυσαρεστημένοι, γεγονός που θα τους ωθήσει πιθανόν σε εννοιολογική αλλαγή. Αναλυτικότερα, θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο δάσκαλος καθοδηγεί τους μαθητές να συγκρίνουν τις εναλλακτικές ιδέες τους με τρόπο συστηματικό, ώστε να είναι σε θέση να αναγνωρίσουν αποτελέσματα που δεν ταιριάζουν με την ιδέα που ερευνούν, ακόμα και αν αυτή είναι δική τους. Πάντως απαιτείται μεγάλη προσοχή όσον αφορά την επιλογή των κατάλληλων έργων, π.χ. πειράματα επίδειξης, που μπορεί να φαίνονται πολύ πειστικά στο δάσκαλο, είναι δυνατόν όμως να μην προκαλούν καμία εντύπωση στους μαθητές, αν οι τελευταίοι δεν έχουν κατανοήσει το σκοπό για τον οποίο γίνονται.

Η φάση της εφαρμογής

Στη φάση αυτή τα παιδιά συσχετίζουν αυτό που έμαθαν με τις εμπειρίες της καθημερινής ζωής. Θα πρέπει να τους δοθεί η ευκαιρία να βρουν πώς οι νέες ιδέες που απέκτησαν μπορούν να εφαρμοστούν στη λύση πραγματικών προβλημάτων. Η δυνατότητα που αποκτούν με τις καινούριες ιδέες να ερμηνεύουν φαινόμενα που δεν μπορούσαν πριν να τα ερμηνεύσουν, κατοχυρώνει την υιοθέτηση των απόψεων αυτών, επειδή ακριβώς αναγνωρίζουν την αξία τους και τη λειτουργικότητα τους.

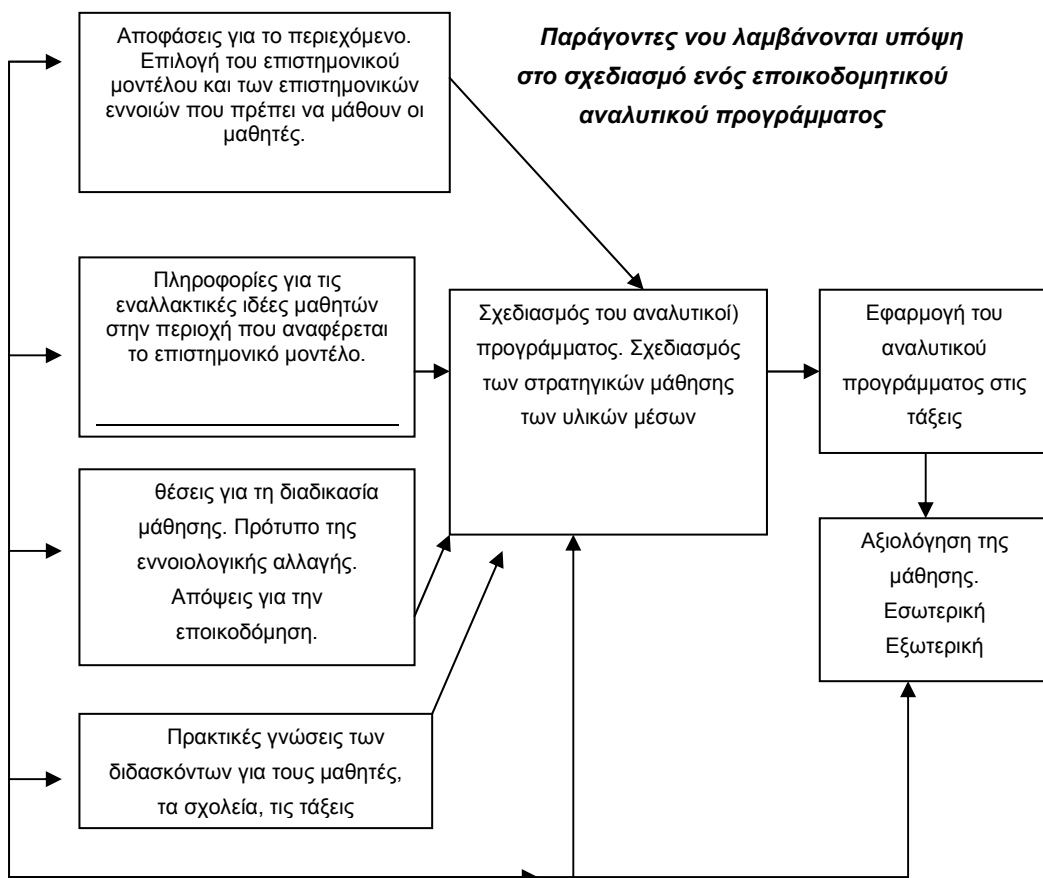
Η φάση της ανασκόπησης

Σ' αυτή τη φάση οι μαθητές πρέπει να αναγνωρίσουν τη σπουδαιότητα αυτών που ανακάλυψαν. Οι μαθητές θα πρέπει να συγκρίνουν τις αρχικές με τις νέες απόψεις τους.

Συνειδητοποιούν την προηγούμενη με την τωρινή κατάσταση, καθώς και τη γνωστική πορεία της αλλαγής. Αυτό αποτελεί μέσο αυτοελέγχου και είναι αυτό που ονομάζουμε μεταγνώση.

5. Εποικοδομητισμός και Αναλυτικά Προγράμματα στη διδασκαλία των Φ.Ε.

Ένα πρότυπο σχεδιασμού αναλυτικού προγράμματος εποικοδομητικού χαρακτήρα έδωσαν οι Driver & Oldham (1986) Το πρότυπο αυτό φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



Από το διάγραμμα αυτό προκύπτουν τα τέσσερα βασικά συστατικά του αναλυτικού προγράμματος της εποικοδόμησης της γνώσης:

1) Η επιστημονική γνώση που θα πρέπει να αποκτήσουν οι μαθητές .

Εμείς θεωρούμε ως τέτοια όλη εκείνη τη γνώση που χωράει κάτω αϊτό την ομπρέλα «επιστημονικός και τεχνολογικός αλφαριθμητισμός».

2) Οι ιδέες των μαθητών για τις συγκεκριμένες έννοιες των Φυσικών Επιστημών.

3) Οι επικρατούσες απόψεις για την εποικοδόμηση της γνώσης και την ενοσιολογική αλλαγή.

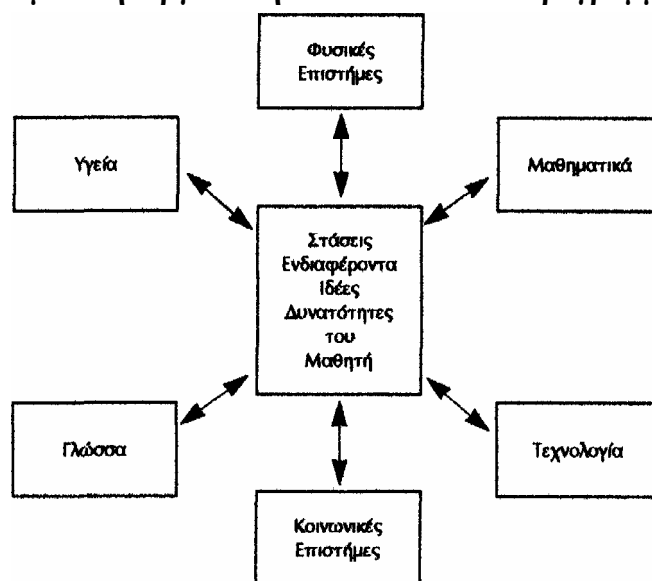
4) Ο δάσκαλος που θα εφαρμόσει το νέο αναλυτικό πρόγραμμα πρέπει να έχει γενικότερες παιδαγωγικές θέσεις για τους μαθητές, την τάξη ως κοινωνική ομάδα και το σχολείο γενικότερα.

Το αναλυτικό πρόγραμμα οργανώνεται με βάση τους σκοπούς τους οποίους καλείται να υπηρετήσει και τα μέσα που θα χρησιμοποιηθούν για την επίτευξη του.

Η οργάνωση του νέου αναλυτικού προγράμματος είναι η διαθεματική που αφορά την οργάνωση του περιεχομένου και αποτελεί την προοπτική του ερχόμενου αιώνα.

Η διαθεματική οργάνωση του αναλυτικού προγράμματος φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.

Διαθεματική Οργάνωση του Αναλυτικού Προγράμματος



Το κύριο στοιχείο της νέας οργάνωσης του περιεχομένου του αναλυτικού προγράμματος είναι ότι οι ιδέες των μαθητών για τον κόσμο είναι αυτό που πρέπει να αλλάζει μέσα από τη διδασκαλία και να πλησιάσει αυτό που θεωρούμε ότι πρέπει να είναι στο τέλος της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Τα στοιχεία του αναλυτικού προγράμματος που έχουν μια παγκοσμιότητα είναι οι Φυσικές Επιστήμες, τα Μαθηματικά, η Τεχνολογία και η Μελέτη του Φυσικού Περιβάλλοντος.

Αν τα παραπάνω μαθήματα προσαρμοστούν στο πολιτισμικό και κοινωνικό περιβάλλον των διαφόρων χωρών, τότε δημιουργείται ένα αναλυτικό πρόγραμμα του οποίου το περιεχόμενο δομείται πάνω σε τρεις άξονες Επιστήμη, Τεχνολογία, Κοινωνία (Science, Technology, Society).

Ο κύριος σκοπός ενός τέτοιου αναλυτικού προγράμματος είναι ο λεγόμενος Επιστημονικός κα» Τεχνολογικός Αλφαριθμητισμός.

Η διαθεματική οργάνωση του νέου αναλυτικού προγράμματος διαφέρει από τη θεματική οργάνωση που αφορά το παραδοσιακό πρότυπο του αναλυτικού προγράμματος. Σ' αυτήν την οργάνωση το κάθε μάθημα δομείται και διδάσκεται

ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα.

Στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση η θεματική προσέγγιση της οργάνωσης του αναλυτικού προγράμματος δεν κρίνεται ικανοποιητική π.χ. η διδασκαλία είναι αναποτελεσματική και τα μαθησιακά έργα περιορισμένης εμβέλειας.

Η γλώσσα που διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο όχι μόνο στην κατανόηση αλλά και στην ανάπτυξη της σκέψης των παιδιών διδάσκεται και καλλιεργείται μόνο στο γλωσσικό μάθημα ενώ η διδασκαλία της θα μπορούσε να είναι αποτελεσματικότερη αν γινόταν και μέσω των Φυσικών Επιστημών.

Η θεματική προσέγγιση της σχολικής γνώσης οδηγεί στον κατακερματισμό της, στη δημιουργία στεγανών μεταξύ των διαφόρων μαθημάτων και ως εκ τούτου η παρεχόμενη εκπαίδευση δεν ικανοποιεί τις κοινωνικές ανάγκες των μαθητών αφού ο διδάσκων υποχρεώνεται να παρακολουθεί πιστά το σχολικό εγχειρίδιο και να λειτουργεί ως αναμεταδότης του περιεχομένου του.

Οι γνώσεις που ο μαθητής κερδίζει είναι περιορισμένες με αποτέλεσμα ο λειτουργικός αναλφαβητισμός μεταξύ των αποφοίτων της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης να είναι υψηλός.

Στην πολυθεματική προσέγγιση, πρόκειται για μια άλλη οργάνωση του αναλυτικού προγράμματος στηριγμένη στην ενεργό συμμετοχή του υποκειμένου, δεν καταργείται η θεματική δομή. Το περιεχόμενο του κάθε μαθήματος εμπλουτίζεται με παραδείγματα και διαδικασίες από τα άλλα μαθήματα.

Ο συνεργατικός και ανακαλυπτικός χαρακτήρας της μάθησης οδηγεί στη μείωση της πληροφοριακής μορφής περιεχομένου των διαφόρων μαθημάτων επιτρέποντας στους μαθητές να δώσουν έμφαση στις επιστημονικές διαδικασίες και να αποκτήσουν γνώση χρήσιμη και λειτουργική. Το γεγονός ότι οι διάφορες επιστήμες δεν θεωρούνται ανεξάρτητες μεταξύ τους, αλλά ανθρώπινα κατασκευάσματα που αλλάζουν με το χρόνο, δίνει την ευκαιρία στους μαθητές να αποκτήσουν μια σφαιρικότητα για τη σχολική γνώση που τους βοηθάει να αποκτήσουν τη δική τους φιλοσοφία για τον κόσμο και τον τρόπο που αυτός λειτουργεί.

Τα μειονεκτήματα της πολυθεματικής οργάνωσης αφορούν την περιορισμένη δυνατότητα των μαθητών να μεταφέρουν τις γνωστικές δεξιότητες από ένα τομέα γνώσης σ' ένα άλλο και την μερική μόνο επιτυχία στο θέμα του λειτουργικού αναλφαβητισμού.

Το νέο αναλυτικό πρόγραμμα με βάση την εποικοδομητική προσέγγιση δε δίνει χωριστά έμφαση ούτε στις διαδικασίες ούτε στο περιεχόμενο αλλά αντιμετωπίζει τη μάθηση ως διαδικασία εποικοδόμησης στην οποία διαφορετικοί παρατηρητές θα μπορούσαν να καταγράψουν συσσωρευση, επαύξηση, ασυνέχειες ή ασυμμετρίες ή και διάφορους συνδυασμούς μεταξύ τους. Το γνωστικό περιεχόμενο που έχει ήδη αποκτήσει ο μαθητής αλληλεπιδρώντας με τον περιβάλλοντα κόσμο περιέχει διαδικασίες και περιεχόμενο το οποίο πρέπει να εξελιχθεί, να αλλάξει ή να τροποποιηθεί ώστε να μετατραπεί στο επιθυμητό. Στο πλαίσιο της εποικοδομητικής

πρότασης, το περιεχόμενο των αναλυτικών προγραμμάτων πρέπει να επιλεγεί και να δομηθεί με άξονα τα γνωστικά χαρακτηριστικά των μαθητών στις διάφορες τάξεις και τον τρόπο που η πρόταση θεωρεί ότι αυτός μαθαίνει αλλάζοντας τα μοντέλα και τις έννοιες που έχει.

Η δόμηση αναλυτικών προγραμμάτων που να εναρμονίζονται με τα αντίστοιχα άλλων μαθημάτων ή προγραμμάτων που να καλύπτουν όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης και να ακολουθούν τους παραπάνω άξονες δεν έχει ακόμα επιτευχθεί.

Ολοκληρωμένα προγράμματα για επιμέρους θέματα έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί με επιτυχία τόσο στα πλαίσια διδακτορικών διατριβών όσο και σε ευρύτερη έκταση, όπως τα προγράμματα CLIS, SPACE στην Αγγλία, 2061 στην Αμερική.

Κοινό χαρακτηριστικό αυτών των προγραμμάτων είναι ότι έχουν προκύψει από μια διαδικασία οικοδόμησης πάνω στα γνωστικά χαρακτηριστικά των μαθητών που αξιοποιεί στοιχεία από τη Γνωστική Ψυχολογία, την Ιστορία και τη Φιλοσοφία των Φυσικών Επιστημών.

Οι Φ.Ε. κατά τη γνώμη μας είναι ένα μάθημα με πολύ ισχυρή πρακτική συνιστώσα. Συνεπώς πρέπει να διδάσκεται κατά τρόπο που δίνει έμφαση σε πρακτικές, σε ερευνητικές και σε σχετικές με τη λύση προβλημάτων δραστηριότητες.

Η ισορροπία στην πρακτική εργασία πρέπει να βρίσκεται προς την κατεύθυνση της λύσης προβλημάτων και λιγότερο προς την επίδειξη της θεωρίας που προηγουμένως διδάχτηκαν οι μαθητές.

6. Η επιστημονική μέθοδος - οι διαδικασίες της επιστημονικής μεθόδου

Η επιστημονική μέθοδος θα λέγαμε ότι είναι μία σειρά καλά καθορισμένων διαδικασιών, μέσα από τις οποίες ο επιστήμονας γνωρίζει την πραγματικότητα, ανακαλύπτει τους νόμους της φύσης ή φτιάχνει θεωρίες για την εξήγηση των φαινομένων. Αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα των Φ.Ε, γιατί λειτουργεί ανεξάρτητα από τα άτομα που τη χρησιμοποιούν. Εφαρμόζεται παγκόσμια και βοηθάει τους επιστήμονες να απαλλαγούν από τις ανθρώπινες αδυναμίες τους και να είναι αντικειμενικοί στην αναζήτηση της γνώσης και της αλήθειας.

Στη σημερινή εποχή είναι απαραίτητο οι μαθητές να ασκηθούν στον τρόπο με τον οποίο σκέφτονται, εργάζονται και λύνουν τα προβλήματα οι επιστήμονες, στις διαδικασίες που ακολουθούν στις έρευνες τους. Η ανάπτυξη της γνώσης επιβάλλει ολοένα και περισσότερα καθήκοντα. Έτσι η χρησιμοποίησή τους σε τομείς όπως π.χ ιατρική, βιομηχανία, γεωργία απαιτεί από τους σημερινούς νέους να μάθουν τους τρόπους με τους οποίους αποκτιούνται οι γνώσεις και πώς εφαρμόζονται στην πράξη, επιπλέον το γεγονός ότι η επιστημονική γνώση εξελίσσεται ή κάποιες φορές αναθεωρείται επιβάλλει στα εκπαιδευτικά συστήματα όλων των χωρών να διδάξουν τους μαθητές πώς να μαθαίνουν.

Οι διαδικασίες της επιστημονικής μεθόδου είναι οι ακόλουθες:

1. Παρατήρηση
2. Ταξινόμηση
3. Μαθηματικές εκφράσεις
4. Μέτρηση
5. Χωροχρονικές σχέσεις
6. Επικοινωνία,
7. Προβλέψεις
8. Εξαγωγή συμπερασμάτων
9. Λειτουργικοί ορισμοί
10. Υποθέσεις
11. Ερμηνεία
12. Αναγνώριση και έλεγχο μεταβλητών
13. Διεξαγωγή πειραμάτων
14. Κατασκευή μοντέλων

Ο κατάλογος των διαδικασιών είναι ιεραρχημένος. Κάθε διαδικασία αντιπροσωπεύει ένα υψηλότερο επίπεδο δεξιότητας από τις προηγούμενες και τις περικλείει.

Στη συνέχεια περιγράφονται μόνο οι δραστηριότητες της επιστημονικής μεθόδου στις οποίες θα ασκηθούν οι μαθητές του Δημοτικού Σχολείου. Για παράδειγμα αποφεύγεται η χρήση των μαθηματικών εκφράσεων ή των χωροχρονικών σχέσεων στη διδασκαλία των Φ.Ε στο Δημοτικό Σχολείο. Σε αυτές τις δραστηριότητες ασκούνται οι μαθητές σε ανώτερες βαθμίδες.

Η παρατήρηση

Παρατηρώ σημαίνει εξετάζω προσεχτικά, ερευνώ. Η παρατήρηση προϋποθέτει την ενεργοποίηση και τη χρήση όλων των αισθήσεων- Από μόνες τους οι παρατηρήσεις δεν είναι τόσο σπουδαίες, γίνονται όμως σπουδαίες, με τις ερωτήσεις που ακολουθούν και την απορρηματική κατάσταση που δημιουργούν. Βέβαια αυτό που παρατηρούμε δεν θα πρέπει να ανάγεται σε απόλυτη αρχή μιας και ό,τι δεν είναι παρατηρήσιμο δε σημαίνει ότι δεν υπάρχει. Η παρατήρηση είναι μία σύνθετη διαδικασία που σχετίζεται άμεσα με τη θεωρητική γνώση διαφορετικά η αισθητηριακή γνώση θα ήταν άχρηστη. Για παράδειγμα, τι νόημα έχει να καταγράψει κανείς οτιδήποτε παρατηρεί χωρίς κάποιο σκοπό, χωρίς μία θεωρητική γνώση;

Η παρατήρηση επομένως είναι πάντοτε επιλεκτική (K. Popper·) δηλαδή προϋποθέτει ένα αντικείμενο προς παρατήρηση επιλεγμένο εκ των προτέρων, μία άποψη, ένα πρόβλημα. Είναι τέχνη και, όπως όλες οι τέχνες, μπορεί να διδαχθεί.

Για τη σχολική πράξη, η παρατήρηση σαν αφετηρία της γνώσης είναι μία διαδικασία πολύ σημαντική. Όταν οι μαθητές ασκούνται στην παρατήρηση μπορούν και συγκεντρώνουν περισσότερες ενδείξεις, μπορούν και περιγράφουν καλύτερα αυτό που συμβαίνει. Είναι λοιπόν σπουδαίοι οι μαθητές όχι μόνο να παρατηρούν αλλά και να περιγράφουν με κάθε λεπτομέρεια αυτό που παρατήρησαν. Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές γίνονται ολοένα και πιο ικανοί να διαχωρίζουν την παρατήρηση από την

ερμηνεία ή και από το συμπέρασμα. Η παρατήρηση και το πείραμα αποτελούν βασικές συνιστώσες της σύγχρονης μεθόδου έρευνας στις Φ.Ε. αρκεί να υπάρχει σαφής στόχος και προγραμματισμός.

Η ταξινόμηση

Η ταξινόμηση ομοειδών αντικειμένων είναι μία διαδικασία πολύ θεμελιώδης για τις Φ.Ε. και βοηθάει στο να μπει τάξη στις έρευνες των επιστημόνων για τη φύση. Συστήματα ταξινόμησης είναι π.χ η διάκριση φυτά / ζώα, σπονδυλωτά / ασπόνδυλα, καλοί και κακοί αγωγοί της θερμότητας. Η ομαδοποίηση βοηθάει στην ανακάλυψη ιδιοτήτων με τις οποίες γίνεται η ταξινόμηση και η περιγραφή. Ακόμα και οι παρατηρήσεις αποκτούν άλλο νόημα, όταν μπορούν να ταξινομηθούν. Η κατάλληλη ταξινόμηση δίνει την αίσθηση της ενότητας και την αναγνώριση της ποικιλίας.

Σε σχολικό επίπεδο η ταξινόμηση βοηθάει τους μαθητές να ανακαλύψουν ιδιότητες με τις οποίες μπορούν να περιγράψουν τα αντικείμενα που ομαδοποιούν. Για παράδειγμα η ταξινόμηση των χημικών ενώσεων σε οξέα, βάσεις και άλατα βοηθάει στην ανακάλυψη και την εμπέδωση της γνώσης. Στο κατώτερο επίπεδο οι μαθητές ασκούνται στην ταξινόμηση, γιατί έμμεσα μαθαίνουν και να παρατηρούν. Μπορούμε να τους δώσουμε π.χ φύλλα και να τους ζητήσουμε να τα ταξινομήσουν ανάλογα με το σχήμα, το χρώμα, το πάχος, τη νεύρωση κ.ά.

Η μέτρηση

Η εισαγωγή του πειράματος στη μελέτη των φαινομένων επέβαλλε την ποσοτική μελέτη τους. Η ποσοτική μελέτη στηρίζεται σε δεδομένα που προκύπτουν από μετρήσεις και εκφράζονται με αριθμούς.

Ειδικότερα, από την άποψη της σύνδεσης της διδασκαλίας των Φ.Ε με η ζωή και την πράξη, απαιτείται η ικανότητα των μαθητών να ενεργούν με μερικούς κανόνες π.χ ικανότητα μέτρησης μεγεθών. Ακόμη τόσο για τον καθορισμό αυτών που συμβαίνουν στη φύση και την τεχνική, όσο και για την εφαρμογή των γνωστών νομοτελειών, απαιτείται η διεξαγωγή μετρήσεων των αντίστοιχων μεγεθών.

Οι μετρήσεις γίνονται με όργανα όπως π.χ ζυγός, θερμομέτρο. Απαιτείται κάποια τεχνική που αποκτιέται με την άσκηση. Οι μετρήσεις είναι μετρήσεις προσέγγισης γιατί εξαρτώνται από τον τρόπο μέτρησης, τη συσκευή μέτρησης και την υποκειμενική συμπεριφορά αυτού που μετρά. Στη σημερινή εποχή επιβάλλεται η άσκηση των μαθητών στις μετρήσεις για να μπορούν να κάνουν μετρήσεις όποτε χρειάζεται στην καθημερινή τους ζωή.

Η επικοινωνία

Η επικοινωνία είναι βασικής σημασίας διαδικασία, γιατί επιτρέπει στον ερευνητή να ανακοινώνει τις σκέψεις του, τις ερευνητικές του προσπάθειες και τα συμπεράσματα του. Γίνεται γραπτά ή προφορικά.

Στη σχολική τάξη ο μαθητής προκειμένου να αναπτύξει την ικανότητα έκφρασης και επικοινωνίας πρέπει να έχει πολλές ευκαιρίες να εκφράζει τις σκέψεις του γραπτά ή προφορικά. Στην εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας η επικοινωνία

επιτυγχάνεται με την ανάδειξη των ιδεών των μαθητών και την ομαδική εργασία .

Οι προβλέψεις

Η πρόβλεψη είναι το έξυπνο μάντεμα. Έχει σχέση με τη διαίσθηση και τη φαντασία. Είναι ένα σημαντικό μέρος της δουλειάς του επιστήμονα, ο οποίος συχνά κάνει την ερώτηση : «Τι θα συμβεί αν»

Κάνει την πρόβλεψη και προχωρεί στον έλεγχο της. Για την πρόβλεψη στηρίζεται σε δεδομένα, γεγονός που κάνει την πρόβλεψη να διαφέρει από την υπόθεση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα πρόβλεψης είναι η πρόγνωση του καιρού. Οι επιστήμονες με δεδομένα διάφορες μετρήσεις όπως της ταχύτητας των ανέμων, της θερμοκρασίας, της πίεσης κατασκευάζουν ένα μοντέλο του καιρού που μοιάζει πολύ με τον καιρό που επικρατεί τις επόμενες μέρες.

Στη σχολική τάξη με ερωτήσεις του τύπου «Τι θα συνέβαινε αν...» δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να κάνουν -προβλέψεις και να προβαίνουν στη συνέχεια στον έλεγχο τους.

Τα συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα είναι αντικειμενικές εξηγήσεις των παρατηρήσεων. Είναι περισσότερο χρήσιμα από την παρατήρηση, γιατί ενώ ίσως την έχει αφετηρία φθάνει μέσω του συλλογισμού πολύ πιο πέρα από αυτή π.χ. ο επιστήμονας παρατηρώντας το φιτίλι που βγαίνει από τα δυο άκρα του κεριού μπορεί να συμπεράνει ότι είναι πιθανό να διαπερνάει όλο το κερί.

Οι υποθέσεις

Οι υποθέσεις παράγονται από κατά εικασία υπολογισμούς. Ίσως να προέρχονται από έμπνευση. Η ύπαρξη μερικών πειραματικών δεδομένων μπορεί να οδηγήσει στη διατύπωση μιας υπόθεσης. Ο σχηματισμός υποθέσεων είναι μια θεμελιωμένη διαδικασία και παρουσιάζεται σαν εξήγηση φαινομένων που μένουν ανεξήγητα σε ορισμένη στιγμή. Η ιστορία των επιστημών δείχνει ότι πάρα πολύ συχνά μια υπόθεση έγινε ένα εξαιρετικά παραγωγικό κίνητρο για την παραπέρα ανάπτυξη της γνώσης.

Η ερμηνεία των δεδομένων

Τα δεδομένα π.χ πληροφορίες, παρατηρήσεις, μετρήσεις κτλ., από μόνες τους έχουν πολύ λίγο ενδιαφέρον. Για να αποκτήσουν επιστημονική αξία πρέπει να φωτιστούν κατάλληλα, δηλαδή να ερμηνευτούν κατάλληλα, να οδηγήσουν σε γενικεύσεις και να συσχετιστούν με τις ερωτήσεις. Η συσσώρευση πληροφοριών χωρίς ερμηνεία είναι διαδικασία χωρίς αξία. Κατά συνέπεια μπορούμε να μιλήσουμε για μάθηση μόνο αν τα δεδομένα υποστούν την κατάλληλη επεξεργασία και οδηγήσουν στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

Ο πειραματισμός

Το πείραμα αποτελεί βασική συνιστώσα της επιστημονικής έρευνας, αποτελεί ένα μοντέλο διαλεκτικής διαμεσολάβησης ανάμεσα στον άνθρωπο και τη φύση. Οι λειτουργίες του πειράματος είναι συνοπτικά οι εξής;

- Δοκιμάζεται η αλήθεια μιας υπόθεσης
- Δοκιμάζεται συνολικά μια θεωρία

- Αναζητούνται νέα φαινόμενα που προβλέφθηκαν θεωρητικά.
- Δημιουργούνται νέα υλικά π.χ στη Χημεία
- Δημιουργούνται νέα αντικείμενα

Το πείραμα είναι πράξη και ως πράξη προϋποθέτει γνώση αλλά είναι και πηγή γνώσης.

Σύμφωνα με τον εποικοδομητισμό το πείραμα χρησιμοποιείται στη διδασκαλία των Φ. Ε για την αναδόμηση των ιδεών των μαθητών ή για την εισαγωγή μιας έννοιας στις περιπτώσεις που δεν υπάρχουν προϋπάρχουσες ιδέες. Στο ανακαλυπτικό μοντέλο διδασκαλίας το πείραμα χρησιμοποιείται για την ανακάλυψη της γνώσης και στο παραδοσιακό μοντέλο χρησιμοποιείται απλά για να επιβεβαιώσει μία θεωρία ή να επιβεβαιώσει τα όσα ελέγχθησαν από το δάσκαλο «αυθεντία».

Η αναγνώριση και ο διαχωρισμός των μεταβλητών

Οι ερευνητές είναι συχνά υποχρεωμένοι να αναζητούν όλες εκείνες τις παραμέτρους που υπεισέρχονται στα φαινόμενα. Για το σκοπό αυτό καταφεύγουν στο πείραμα. Κάθε χωριστή κατάσταση απομονώνεται και ελέγχεται με τη μεγαλύτερη δυνατή προσέγγιση. Αυτές οι απομονωμένες και ελεγχόμενες καταστάσεις αποτελούν τις μεταβλητές του πειράματος. Τέτοιες μεταβλητές μπορεί να είναι η θερμοκρασία, η υγρασία/ η πίεση, ο όγκος, η μάζα κτλ. Ο ερευνητής παρατηρεί και καταγράφει τις διαφορές σε δυο πειράματα, όταν αλλάξει η μεταβλητή σε ένα από αυτά.

Στη διδασκαλία των Φ.Ε. η ικανότητα κατανόησης της ανεύρεσης και του διαχωρισμού των μεταβλητών εξαρτάται από την εμπειρία του μαθητή. Βασική πάντως προϋπόθεση είναι η άσκηση στις παραπάνω διαδικασίες.

7. Τα εργαλεία των διδακτικών προσεγγίσεων

Για να επιτευχθεί καλύτερο μαθησιακό αποτέλεσμα στη διδασκαλία χρησιμοποιούνται συνήθως έξυπνα τεχνάσματα ή εργαλεία για τις διδακτικές προσεγγίσεις (Κόκκοτας-Βλάχος-Καρανίκας 1995).

Ως τέτοια εργαλεία μπορούν να θεωρηθούν οι ερωτήσεις, οι σωκρατικοί διάλογοι, οι μεταφορές, οι αναλογίες, η λύση των προβλημάτων, η γνωστική σύγκρουση, οι σχηματικές αναπαραστάσεις του πλέγματος των εννοιών (Concept Mapping), το δραματικό παιχνίδι, η προσομοίωση στον ηλεκτρονικό υπολογιστή κ.τ.λ.

Οι Ερωτήσεις

Οι ερωτήσεις στη διάρκεια της διδασκαλίας θεωρούνται εργαλεία για την επίτευξη των διδακτικών στόχων. Στα πλαίσια της εποικοδόμησης στοχεύουν στην αποκάλυψη του βαθύτερου πιστεύω του μαθητή με την έκφραση της προσωπικής και της αυθεντικής του γνώμης. Απευθύνονται σ' όλους τους μαθητές, και αποτελούν μια προέκταση της φάσης του προσανατολισμού.

Ακολουθούν ένα μικρό κείμενο, μια εικόνα ή μια σειρά από εικόνες, μια παρατήρηση ή ένα σχόλιο που ακούστηκε στη φάση του προσανατολισμού. Δομούνται συντακτικά κατά τέτοιο τρόπο ώστε να τονίζεται το προσωπικό στοιχείο, η έκφραση γνώμης και το κλίμα ελευθερίας μέσα στο οποίο θα γίνει η συζήτηση.

Οι σωκρατικοί διάλογοι

Ο Σωκράτης, στην προσπάθειά του να εκμαιεύσει τις απόψεις των μαθητών εισήγαγε το διάλογο. Άφηνε τους συνομιλητές του να ομιλούν και μετά ρωτούσε. Με τον τρόπο αυτό διευκόλυνε τη διαπίστωση των αντιφάσεων των συνομιλητών του. Υποστηρίζεται (Βοσνιάδου & Brewer 1988) ότι στο σχολικό επίπεδο, η αναδιοργάνωση των γνώσεων πρέπει να προκύπτει από τις προσπάθειες του δασκάλου να κατευθύνει το παιδί στην οικοδόμηση ενός νέου σχήματος. Στο σωκρατικό μοντέλο ο δάσκαλος κατανοεί τις απόψεις του μαθητή, μπορεί να δημιουργεί τον κατάλληλο προβληματισμό και να τον κατευθύνει στη δημιουργία εννοιολογικά συνετών θεωριών.

Ο δάσκαλος θέτει συνεχώς ερωτήσεις με τέτοιο τρόπο ώστε κάθε ερώτηση να στηρίζεται στις προηγούμενες, κι έτσι οι μαθητές να καταλήξουν στις απόψεις που επιδιώκει ο δάσκαλος. Σύμφωνα με τη γενική άποψη, η γνώση είναι μια σύνδεση ανάμεσα στις κατάλληλες ερωτήσεις και τις σωστές απαντήσεις. Αυτή η σύνδεση εδώ γίνεται από τον ίδιο το μαθητή και έτσι εξασφαλίζει την κατανόηση της γνώσης.

Η μεταφορά και η αναλογία στη διδασκαλία

Οι μαθητές, όταν προσεγγίζουν έναν τομέα που δεν τους είναι αρκετά οικείος, ανακαλούν στη μνήμη τους ένα πρόβλημα του οποίου γνωρίζουν τη λύση και που το θεωρούν ανάλογο με το προς επίλυση πρόβλημα, δηλαδή ανατρέχουν στον αναλογικό συλλογισμό.

Η μεταφορά μπορεί να θεωρηθεί ως μέσο επικοινωνίας και ως εργαλείο σκέψης αφού με τη χρήση του λόγου συμβάλλει στην επέκταση των δυνατοτήτων μας για επικοινωνία. Διευκολύνει τη δραστηριότητα κωδικοποίησης και ανάκλησης των πληροφοριών από τη μνήμη και βελτιώνει έτσι την ικανότητα του υποκειμένου να θυμάται.

Κατά τον (Ortony 1979), η μεταφορά στον προφορικό λόγο μεταφέρει τα επιπλέον μηνύματα που δεν κωδικοποιούνται στη γλώσσα. Στο γραπτό λόγο όμως, η χρήση της είναι δύσκολη και ίσως σε μερικές περιπτώσεις επικίνδυνη επειδή μπορεί να δημιουργήσει παρανοήσεις. Ο συγγραφέας όμως, εάν γνωρίζει σε ποιον αναγνώστη απευθύνεται, μπορεί να χρησιμοποιήσει μεταφορές που διευκολύνουν τη μάθηση.

Αλλά το πρόβλημα που τίθεται στη μεταφορά είναι αν οι μαθητές γνωρίζουν τη γνώση που υποδηλώνεται στη μεταφορά, δηλαδή όταν το εννοιολογικό πλαίσιο που χρησιμοποιείται παιδί για να ερμηνεύσει ένα φαινόμενο είναι διαφορετικό από αυτό του δασκάλου. Αν ο δάσκαλος όμως έχει μελετήσει το τι στοχεύει να μάθει ο μαθητής για κάποια συγκεκριμένη έννοια, τότε η μάθηση θα διευκολύνεται με τη μεταφορά.

Ο ρόλος της μεταφοράς είναι πολυδιάστατος στη διδασκαλία και στη μάθηση (Petrie 1986). Μεταφέρει μάθηση και κατανόηση από κάτι που είναι πολύ γνωστό σε κάποιο άλλο που είναι λιγότερο γνωστό, μεταφέρει νοήματα και κατανόηση μέσω της σύγκρισης (Slight 1987). Οι μεταφορές είναι απαραίτητες για τη μάθηση στην οποία η γνώση είναι αποτέλεσμα ριζοσπαστικής αναδιοργάνωσης, βοηθούν στην υπερνίκηση ορισμένων γνωστικών περιορισμών, η χρήση τους υποδηλώνει την ανακάλυψη

σχέσεων μεταξύ φαινομενικά ξεχωριστών περιοχών και εξερευνά το βαθμό που αυτές σχετίζονται.

Η επίλυση των προβλημάτων

Όσοι υποστηρίζουν τη θεωρία της εποικοδόμησης της γνώσης δέχονται ότι η μάθηση μέσω της επίλυσης των προβλημάτων είναι μια πολύ καλή προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Δεν εφαρμόζεται μόνο στις Φυσικές Επιστήμες αλλά και σε άλλα μαθήματα όπως στα Μαθηματικά. Τα προβλήματα που χρησιμοποιούνται είναι ανοικτού τύπου, υπάρχει δηλαδή η «καλύτερη» λύση και όχι η μοναδική σωστή λύση.

Η στρατηγική της μάθησης μέσω επίλυσης -προβλημάτων εφαρμόζεται σε ομάδες μαθητών και λιγότερο σε μεμονωμένα άτομα. Οι μαθητές είναι υποχρεωμένοι να βρουν μόνοι τους τον τρόπο με τον οποίο θα εργαστούν στα προβλήματα και επειδή αναφέρονται στην καθημερινή ζωή τους προκαλούν το άμεσο ενδιαφέρον. Ο ρόλος του δασκάλου είναι συμβουλευτικός. Αυτός δομεί το υλικό κατά τέτοιο τρόπο ώστε η επίλυση του προβλήματος να προκύπτει ως ένα φυσικό μέρος της διδασκαλίας.

Η προσέγγιση που ακολουθεί είναι παρόμοια με αυτή της εποικοδομητικής μάθησης. Χρησιμοποιεί τις ιδέες των μαθητών και τις δεξιότητες τους, επιβάλλει συζήτηση των ιδεών της ομάδας, τις σκέψεις και τις γνώσεις τους. Η ευθύνη της μάθησης μετατίθεται στους μαθητές, αφού είναι δική τους απόφαση ποια θα επιλεγεί ως καλύτερη λύση.

Κατά τους Bentley και Watts 1992, η στρατηγική της επίλυσης προβλημάτων βοηθάει τους μαθητές να γίνουν κάτοχοι ενός έργου μάθησης. Είναι μια μορφή ενεργητικής και ανακαλυπτικής μάθησης στην οποία οι μαθητές μαθαίνουν αποτελεσματικά, όταν μετέχουν ενεργά σε ενδιαφέροντα έργα. Είναι μέσο για τη διδασκαλία πολλών επιστημονικών δεξιοτήτων και για τη διδασκαλία του περιεχομένου της επιστήμης. Παρέχει την ευκαιρία αντιμετώπισης πραγματικών προβλημάτων της ζωής κα» αποτελεί μία από τις υψηλότερες και πολυπλοκότερες μορφές της ανθρώπινης νοητικής δραστηριότητας.

Για την επίλυση ενός προβλήματος το άτομο έχει ένα σκοπό, που για να επιτευχθεί πρέπει να μετατοπίσει ένα «εμπόδιο» δηλαδή ισχύει η σχέση:

$$\text{Πρόβλημα} = \text{σκοπός} + \text{εμπόδιο}$$

Οι δραστηριότητες, πνευματικές ή φυσικές, στις οποίες προβαίνει κάποιος για την επίτευξη του σκοπού μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελούν τη λύση του προβλήματος. Τα στοιχεία, οι σχέσεις και οι συνθήκες αποτελούν τα δεδομένα του προβλήματος και συνθέτουν την αρχική του κατάσταση.

Το εμπόδιο που εξαρτάται από το λύτη και τη θέση του προβλήματος, τον δυσκολεύει να μετασχηματίσει την αρχική κατάσταση του προβλήματος σ' αυτή που επιθυμεί.

Επίλυση του προβλήματος είναι η ενεργή διαδικασία προσπάθειας να γίνει αυτός ακριβώς ο μετασχηματισμός. Η **μεταγνώση**, δηλαδή τι γνωρίζουμε για το πώς

γνωρίζουμε, τον καθοδηγεί στην επίλυση του προβλήματος. Είναι απαραίτητο ο λύτης να αναγνωρίσει και να καθορίσει το πρόβλημα. Αφού συμβεί αυτό, κάνει ένα «νοητικό χάρτη» των στοιχείων, των σχέσεων και των σκοπών του προβλήματος.

Η πληροφορία εισέρχεται νοητικά και ερμηνεύεται από την αρχική κατάσταση.

Οι εσωτερικές αναπαραστάσεις επιτρέπουν στα άτομα να κατανοήσουν ένα πρόβλημα και να σκεφτούν για τη λύση του. Η επίλυση προβλημάτων αφορά την κατασκευή ενός νοητικού μοντέλου που πολλές φορές αποτελεί τη διαδικασία της συγκεκριμενοποίησης.

Σχηματικές αναπαραστάσεις του πλέγματος των εννοιών των μαθητών

Οι σχηματικές αναπαραστάσεις των εννοιών και των διασυνδέσεων που υπάρχουν μεταξύ τους, είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για το δάσκαλο και αναφέρονται ως «χάρτης εννοιών». Οι έννοιες και η διαπλοκή τους σχετίζονται με τις απαντήσεις των μαθητών όταν περιγράφουν καταστάσεις ή μεταβολές. Η σύγκριση του χάρτη ιδεών των μαθητών και αυτού που στοχεύουμε να έχουν στο τέλος μιας σειράς μαθημάτων, μας επιτρέπει να σχεδιάσουμε τη διδακτική μας πορεία.

Δραματικό παιχνίδι

Ο όρος «δραματικό παιχνίδι» έχει διπλό χαρακτήρα. Από τη μια μεριά είναι «παιχνίδι» που εμπεριέχει τα στοιχεία του αυθορμητισμού, της έκφρασης, της δημιουργίας, της ομαδικότητας και από την άλλη, μια δραστηριότητα «βιωματικής πράξης και αγώνα» (Fare, U. Lascar, S. 1990, Γραμματάς Θ. 1996).

Αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως θεατρικό παιχνίδι, δημιουργικό δράμα, δημιουργική έκφραση και δραματοποίηση (Σέργη, Λ. 1987, Αλκηστις 1989).

Μέσα από το παιχνίδι και την πράξη η μάθηση αναδύεται αβίαστα, φυσιολογικά και ευχάριστα (Κουρετζής Λ. 1991). Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και το δραματικό παιχνίδι έχουν κοινά στοιχεία. Αυτές είναι η πρόσβαση στην εμπειρική βιωματική μάθηση, η ελευθερία για τις ερωτήσεις του τύπου «τι θα γίνει αν...», η επαφή με διαφορετικές απόψεις, η ενθάρρυνση για υπόθεση, πρόβλεψη, ανάλυση, σύνθεση, ανοχή για την αβεβαιότητα, η απουσία των «σωστών απαντήσεων», αν και οι Φυσικές Επιστήμες συχνά παρουσιάζονται να «έχουν τις απαντήσεις» (Farrow, S., Tate, M. 1992).

Το δραματικό παιχνίδι έχει μια πολύ σπουδαία διάσταση, το ρόλο. «Μέσα από αυτόν το παιδί παύει να υπάρχει και να λειτουργεί στη διάσταση του πραγματικού και εισέρχεται στον κόσμο του φανταστικού ή του διαφορετικού» (Γραμματάς 1996).

Προσφέρεται για τη διδασκαλία εννοιών, για τις οποίες οι μαθητές δεν έχουν εμπειρία. Τέτοιες έννοιες είναι π.χ. η έννοια της φωτοσύνθεσης, το μοντέλο του ατόμου κ.λ.π.

Οι προσομοιώσεις σε ηλεκτρονικό Υπολογιστή

Ο άνθρωπος στην προσπάθειά του να ερμηνεύσει τον κόσμο που τον περιβάλλει, να προβλέψει την αρχή και την εξέλιξη των γεγονότων και των φαινομένων, τη λειτουργία

συστημάτων, δημιουργεί νοητικές αναπαραστάσεις ή νοητικά μοντέλα. Με βάση αυτά τα μοντέλα κατασκευάζει ένα νέο τεχνητό κόσμο, που μιμείται, αναπαριστά, ή αναπαράγει την πραγματικότητα (Ράπτης 1997). Επιχειρείται με εικόνες, χάρτες, προπλάσματα κ.λ.π. μια αισθητοποίηση και οπτικοποίηση της πραγματικότητας με στατικό χαρακτήρα. Οι υπολογιστές όμως παρέχουν στο χρήστη πιο δυναμικά μοντέλα μέσα από ειδικά πακέτα λογισμικού, ηλεκτρονικά βιβλία, προγράμματα προσομοίωσης και κίνησης. Στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών ο υπολογιστής είναι ένα εργαλείο για να κατανοήσει ο μαθητής τους νόμους, τις αρχές, τα φαινόμενα της φύσης και πιο πολύ αυτά του μικρόκοσμου.

Με τη βοήθεια αισθητήρων και απτήρων που είναι συνδεδεμένοι με τον υπολογιστή, παρατηρεί και μελετά τη σταδιακή εξέλιξη ενός φαινομένου.

Είναι δυνατόν επίσης να μεταβάλλει κάποιες παραμέτρους, να εισάγει δεδομένα και να συγκρίνει το ίδιο φαινόμενο σε διαφορετικές καταστάσεις.

Τέτοια προγράμματα βοηθούν στην ενίσχυση των αντιλήψεων του μαθητή, την απόκτηση γνώσεων και τη δημιουργία σαφών αναπαραστάσεων.

Το σχολικό εγχειρίδιο

«Φυσικές Επιστήμες Ε΄ και ΣΤ΄ Δημοτικού»

Για τη συγγραφή των σχολικών εγχειριδίων λάβαμε υπόψη μας:

- 1) Το νέο Αναλυτικό Πρόγραμμα για τη διδασκαλία των Φ.Ε. στην Ε' και ΣΤ' Δημοτικού, όπως αυτό εκπονήθηκε από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- 2) Τις σύγχρονες απαιτήσεις για Τεχνολογικό και Επιστημονικό αλφαριθμητικό.
- 3) Τη θεωρία μάθησης της Εποικοδόμησης της γνώσης και το μοντέλο διδασκαλίας των Driver και Oldham.
- 4) Τις ιδέες των μαθητών για τις έννοιες των Φ.Ε. όπως αυτές καταγράφονται στην ελληνική και τη διεθνή βιβλιογραφία.
- 5) Τα αποτελέσματα των ερευνών για τη συνεργατική μάθηση.

Μια βασική καινοτομία του νέου Αναλυτικού Προγράμματος είναι η συγγραφή των σχολικών εγχειριδίων με την μορφή φύλλων εργασίας. Τα φύλλα εργασίας περιλαμβάνουν τα κατάλληλα μαθησιακά έργα και τις απαιτούμενες οδηγίες προκειμένου οι μαθητές να οικοδομήσουν τη γνώση της Φ.Ε.

Η εργασία των μαθητών σε ομάδες αποτελεί μια άλλη καινοτομία του Αναλυτικού Προγράμματος. Σύμφωνα και με την υπόθεση της εποικοδομητικής μάθησης όταν οι μαθητές εργάζονται ομαδικά:

- α) Έχουν την ευκαιρία να προτείνουν και να ανακοινώσουν τις ιδέες τους.
- β) Διεγείρονται από τις προκλήσεις που δέχονται οι ιδέες τους και κατά αυτόν τον τρόπο αναγνωρίζουν την ανάγκη να τις οργανώσουν ξανά και να τις αναθεωρήσουν.
- γ) Κατανοούν καλύτερα τις έννοιες όταν συνεργάζονται.
- δ) Ασκούνται στη διαδικασία της συζήτησης και του διαλόγου.

ε) Αποκτούν τη συνήθεια να επικοινωνούν και έτσι περιορίζεται η κοινωνική απομόνωση που είναι χαρακτηριστικό της σύγχρονης εποχής. Το βιβλίο του μαθητή περιλαμβάνει τρία μέρη:

1) Το εισαγωγικό μέρος

2) Τα φύλλα εργασίας που οργανώνονται σε θεματικές ενότητες

3) Το ένθετο με τίτλο «Φυσικές Επιστήμες και Τεχνολογία».

1. Το εισαγωγικό μέρος

Έχει σκοπό οι μαθητές:

1) Να ενημερωθούν για το «ταξίδι» τους στο χώρο των Φ. Ε.

2) Να ενημερωθούν για τους «σταθμούς» του «ταξιδιού» τους ή διαφορετικά τις θεματικές ενότητες του βιβλίου τους.

3) Να διαπιστώσουν το αντικείμενο μελέτης και τον τρόπο έρευνας των Φ. Ε.

Ειδικότερα στο φύλλο εργασίας «**Εισαγωγή 1**» αναφέρεται η εξέλιξη των επιστημονικών ιδεών.

Οι μαθητές μελετούν το κείμενο και συζητούν για την εξέλιξη των επιστημονικών ιδεών και τους παράγοντες που συντέλεσαν σ' αυτή την εξέλιξη.

Το κείμενο (σελ. 15) αποτελεί απόσπασμα της πρώτης διάλεξης του Feynman μετά την απονομή του βραβείου Nobel Φυσικής. Ουσιαστικά, το απόσπασμα αυτό αναδεικνύει τον άτυπο τρόπο άσκησης του Feynman στην επιστημονική μέθοδο.

Στο φύλλο εργασίας «**Εισαγωγή 2**» παρουσιάζεται μια σύντομη περιγραφή της επιστημονικής μεθόδου που έχει ως στόχο να διαπιστώσουν οι μαθητές τον τρόπο με τον οποίο εργάζονται οι επιστήμονες.

Οι μαθητές θα εργαστούν στα φύλλα εργασίας σύμφωνα με τον επιστημονικό τρόπο έρευνας σε κάθε θεματική ενότητα.

Συγκεκριμένα, όπως οι επιστήμονες οργανώνουν ένα σχέδιο (πλάνο) για την ερευνά τους έτσι και οι μαθητές θα χρησιμοποιούν τα φύλλα εργασίας για την εξερεύνηση του κάθε «σταθμού».

Οι μαθητές ενημερώνονται για τη δομή του φύλλου εργασίας. Τα σκίτσα-οδηγοί που περιλαμβάνει το φύλλο εργασίας αντιστοιχούν στις δραστηριότητες που οι μαθητές πραγματοποιούν κάθε φορά.

Σημείωση: περιγραφή της δομής του φύλλου εργασίας γίνεται παρακάτω.

Στη συνέχεια οι μαθητές συζητούν για τους **Κανόνες ασφαλείας** που πρέπει να ακολουθούν κατά την ενασχόληση τους με τις πειραματικές διαδικασίες.

Στο φύλλο εργασίας "**Εισαγωγή 3**" οι μαθητές συζητούν και αντιστοιχίζουν τις διαδικασίες της επιστημονικής μεθόδου με τις δικές τους δραστηριότητες στα φύλλα εργασίας.

2. Η δομή του φύλλου εργασίας

Κάθε **θεματική ενότητα («σταθμός»)** ξεκινά με τα βασικά ερωτήματα, στα οποία δίνουν απάντηση οι μαθητές μετά την ολοκλήρωση της.

Με βάση το διδακτικό μοντέλο των Driver και Oldham (1986) κάθε φύλλο εργασίας περιλαμβάνει:

A) Τον εισαγωγικό προσανατολισμό που αντιστοιχεί στη φάση του προσανατολισμού και της ανάδειξης των ιδεών. Πραγματοποιείται μέσα από:

- λογοτεχνικά αποσπάσματα τα οποία σχετίζονται με το υπό έρευνα φαινόμενο
- εικόνες
- υποθετικά πειράματα
- ιδέες άλλων προσώπων σχετικές με το φαινόμενο
- αποσπάσματα από την ιστορία των Φ.Ε.

Κάθε εισαγωγικός προβληματισμός θέτει ένα ερώτημα με σκοπό την ανάδειξη των ιδεών των μαθητών.

Οι ιδέες αυτές δεν αξιολογούνται από το δάσκαλο, αντιθέτως ο δάσκαλος δημιουργεί το κατάλληλο παιδαγωγικό κλίμα που επιτρέπει στους μαθητές να εκφράσουν ελεύθερα τη γνώμη τους χωρίς το φόβο του «λάθους».

Το «λάθος» σύμφωνα με την εποικοδόμηση της γνώσης θεωρείται ως μια άποψη του μαθητή με λειτουργική ισχύ για τον ίδιο αλλά που απέχει από την ισχύουσα επιστημονική άποψη.

Οι παρόμοιες ιδέες των μαθητών ταξινομούνται σε αντίστοιχες κατηγορίες. Οι κατηγορίες που θα προκύψουν είναι καλό να καταγράφονται στον πίνακα, σε διαφάνεια ή σε ένα χαρτόνι προκειμένου οι μαθητές να αναγνωρίζουν τα κοινά και τα διαφορετικά χαρακτηριστικά τους.

Λόγω της παγκοσμιότητας των ιδεών αναμένεται οι κατηγορίες που θα προκύψουν να είναι παρόμοιες μ' αυτές που καταγράφονται στη διεθνή βιβλιογραφία (βλέπε αντίστοιχες ενότητες στο βιβλίο του δασκάλου).

B). Τις δραστηριότητες για την αναδόμηση των ιδεών

Προκειμένου να ελέγξουν οι μαθητές την εγκυρότητα των απόψεων τους συζητούν, πειραματίζονται και πραγματοποιούν ανάλογες δραστηριότητες. Ως τέτοιες μπορούν να θεωρηθούν το δραματικό παιχνίδι και η κατασκευή αναλογικών μοντέλων. Οι δραστηριότητες αυτές χρησιμοποιούνται συνήθως για την προσέγγιση εννοιών όπου λείπει η εμπειρία. Για παράδειγμα οι μαθητές αναπαριστούν με το σώμα τους το ηλεκτρικό ρεύμα ή κατασκευάζουν το μοντέλο του αυτιού με απλά μέσα και υλικά.

Οι πειραματικές δραστηριότητες πραγματοποιούνται από τους ίδιους τους μαθητές σε επίπεδο ομάδας χρησιμοποιώντας απλά, ακίνδυνα υλικά της καθημερινής ζωής.

Τα πειράματα που είναι επικίνδυνα για τους μαθητές εκτελούνται από το δάσκαλο.

Προτείνεται να δημιουργηθεί στην τάξη μια «γωνιά για τις Φυσικές Επιστήμες» όπου θα υπάρχει ένα ερμάριο, για να φυλάσσονται τα πειραματικά υλικά καθώς και

πίνακας ανακοινώσεων όπου οι μαθητές θα παρουσιάζουν τις εργασίες τους.

Παράλληλα ασκούνται στις επιστημονικές διαδικασίες όπως παρατήρηση, μέτρηση, ταξινόμηση, πρόβλεψη, συμπέρασμα κ.α.

Γ). Τις δραστηριότητες με στόχο την εφαρμογή και την επέκταση της γνώσης

Με την επίλυση προβλημάτων οι μαθητές καλούνται να εφαρμόζουν τη νέα γνώση σε μια νέα κατάσταση. Έτσι δίνεται η ευκαιρία στους μαθητές να διαπιστώσουν ότι οι νέες ιδέες που απέκτησαν μπορούν να εφαρμοστούν στη λύση πραγματικών προβλημάτων.

Δ). Την ανασκόπηση των ιδεών

Στο τέλος κάθε φύλλου εργασίας προτείνεται οι μαθητές να συγκρίνουν τις αρχικές τους ιδέες με τις νέες και να εξηγήσουν τους λόγους που τους οδήγησαν στην εγκατάλειψη των αρχικών τους ιδεών.

3. Το ένθετο "Φυσικές Επιστήμες και Τεχνολογία"

Οι επιστημονικές ιδέες εφαρμόζονται και αξιοποιούνται από την τεχνολογία με σκοπό την καλύτερευση των συνθηκών της ανθρώπινης ζωής. Στο ένθετο παρουσιάζονται όμοιες περιπτώσεις ανά θεματική ενότητα π.χ. ο ηλεκτρομαγνητικός γερανός, οι υπέρηχοι, η ιχθυοκαλλιέργεια κ.α. Οι μαθητές μελετούν τα κείμενα που υπάρχουν στα ένθετα στο σπίτι τους και απαντούν σε ερωτήσεις που θέτει ο δάσκαλος.

4. Ο νέος ρόλος του δασκάλου στη διδασκαλία των Φ.Ε.

Ο ρόλος του δασκάλου στο πλαίσιο της εποικοδομητικής πρότασης είναι όχι να μεταδώσει τη γνώση ή να επιβάλει την προσαρμογή του μαθητή σε αυτή αλλά να σχεδιάσει και να υλοποιήσει στρατηγικές που θα εμπλέξουν ενεργητικά τους μαθητές σε διαδικασίες ικανές να προκαλέσουν την εννοιολογική αλλαγή. Επίσης ο δάσκαλος δεν λειτουργεί ως επιστημονική αυθεντία, ούτε ως κριτής των εναλλακτικών απόψεων. Ο ρόλος του δασκάλου είναι να προκαλέσει μέσα σε ένα κλίμα ελευθερίας και υπευθυνότητας τον διάλογο για αυτές τις απόψεις και να τον κατευθύνει με έμμεσες παρεμβάσεις και υποδείξεις είτε προς την επιθυμητή άποψη είτε στην αναζήτηση της κοινά αποδεκτής άποψης. Η άποψη αυτή θα προέλθει είτε από την εξέλιξη των ιδεών που έχουν οι μαθητές ή θα προκύψει από την αλλαγή τους.

5. Η αξιολόγηση των μαθητών στο μάθημα των Φ.Ε.

Συνοπτικά οι σκοποί του αναλυτικού προγράμματος των Φυσικών Επιστημών είναι να αποκτήσουν οι μαθητές γνώσεις, δεξιότητες και στάσεις. Επειδή στο μάθημα αυτό η διδασκαλία προχωρεί κυρίως μέσα από τις δραστηριότητες των ίδιων των μαθητών, είναι προφανές ότι η αξιολόγηση στις δραστηριότητες που κάνουν παρέχει την ευκαιρία να ελέγξουμε αν επιτυγχάνονται οι σκοποί του προγράμματος.

Συνήθως αξιολογούμε τις γνώσεις και τις δεξιότητες των παιδιών γιατί οι επιδόσεις τους σ' αυτές είναι εύκολο να καταγραφούν. Ο δάσκαλος μπορεί να αξιολογήσει τόσο τις γνώσεις όσο και τις δεξιότητες των μαθητών από τις ίδιες τις δραστηριότητες. Βέβαια, το είδος των πληροφοριών που απαιτείται είναι διαφορετικό, αλλά μπορεί να

αποκτηθεί συγχρόνους αν χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλες μέθοδοι.

Αξιολόγηση των γνώσεων

Για να αξιολογήσουμε π.χ. τις γνώσεις των μαθητών σχετικά με τη θερμότητα και τη θερμοκρασία θα πρέπει να τους εμπλέξουμε σε κάποιες δραστηριότητες που είναι σχετικές με τις έννοιες αυτές. Μπορούμε να τους ζητήσουμε να θερμάνουν νερό και να μετρήσουν πώς μεταβάλλεται η θερμοκρασία του με το χρόνο ή να θερμάνουν πάγο και να μελετήσουν το φαινόμενο της τήξης. Το παράδειγμα δείχνει ότι η αξιολόγηση των γνώσεων μπορεί να γίνει αν ζητήσουμε από τα παιδιά να τις εφαρμόσουν σε αντίθεση με το παραδοσιακό σχολείο όπου ζητάμε από τους μαθητές να απομνημονεύσουν τις νέες γνώσεις.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των γνώσεων των μαθητών είναι η συζήτηση, τα σχεδιαγράμματα των μαθητών, τα γραπτά τεστ, οι εννοιολογικοί χάρτες.

Αξιολόγηση των δεξιοτήτων

Για να αξιολογήσουμε τις δεξιότητες των μαθητών στις διαδικασίες της επιστημονικής μεθόδου και αναφορικά με ορισμένες από τις διαδικασίες αυτές έχουμε:

Παρατήρηση: Είναι ικανός ο μαθητής να κάνει λεπτομερείς παρατηρήσεις; Χρησιμοποιεί όλες τους τις αισθήσεις; Μπορεί να χρησιμοποιεί απλά όργανα για την υποβοήθηση της παρατήρησης; Π.χ. χρησιμοποιεί το μεγεθυντικό φακό ή το μικροσκόπιο;

Υπόθεση: Μπορεί να κάνει υποθέσεις; Προτείνει ερμηνείες, χρησιμοποιεί τις γνώσεις που έχει αποκτήσει για να ερμηνεύσει μια καινούργια κατάσταση;

Πρόβλεψη: Χρησιμοποιεί δεδομένα που υπάρχουν για να προβλέψει την εξέλιξη ενός φαινομένου;

Έλεγχος μεταβλητών: Είναι σε θέση να αναγνωρίσει τις μεταβλητές που υπεισέρχονται σε ένα φαινόμενο, να διατηρήσει όλες σταθερές πλην μιας και να μελετήσει την εξέλιξη του φαινομένου σε συνάρτηση με αυτή;

Μέτρηση: Ο μαθητής είναι ικανός να κάνει μετρήσεις; Να σχεδιάζει πειράματα;

Εξαγωγή συμπερασμάτων: Ο μαθητής πρέπει να είναι σε θέση να συλλέγει δεδομένα, να τα ταξινομεί και να βγάζει συμπεράσματα μέσα από τα δεδομένα αυτό.

Επικοινωνία: Είναι καλός συζητητής και ακροατής; κρατάει σημειώσεις κατά τη διάρκεια μιας έρευνας;

Αξιολόγηση των στάσεων ή της επιστημονικής νοοτροπίας

Για την αξιολόγηση των στάσεων συνήθως παρατηρούμε και καταγράφουμε ορισμένα χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς του μαθητή όπως παρακάτω:

Η περιέργεια: Ο μαθητής διαθέτει επιστημονική περιέργεια και δείχνει ενδιαφέρον για τα φαινόμενα. Κάνει ερωτήσεις και αναζητεί εξηγήσεις.

Σεβασμός στην απόδειξη: Αναφέρει αυτό που πιστεύει ότι πραγματικά συμβαίνει σε πείσμα των αντίθετων απόψεων, προκαταλήψεων ή παρανοήσεων; Δεν καταλήγει σε

κάποιο συμπέρασμα, όταν δεν υπάρχουν ικανές αποδείξεις.

Πρόθυμος για αλλαγή απόψεων: Είναι προετοιμασμένος να αλλάζει απόψεις υπό το φως των αποδείξεων;