

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης

Μιχάλης Σκουμιός

Εφαρμοσμένη Διδακτική των Φυσικών

Επιστημών II

(Πρακτικές Ασκήσεις Γ΄ Φάσης)

Σημειώσεις

Ρόδος 2015

ΕΝΟΤΗΤΑ Α. ΤΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Σχέδιο διδασκαλίας είναι η δομημένη, πλήρης και λεπτομερειακή περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθείται σε μια διδασκαλία που:

- εστιάζει το ενδιαφέρον της σε συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο
- έχει καθορισμένους -ειδικούς και γενικότερους- εκπαιδευτικούς στόχους
- εφαρμόζει διδακτικές και παιδαγωγικές αρχές
- χρησιμοποιεί πρακτικές ανάμεσα στις οποίες περιλαμβάνεται πιθανόν και η χρήση των ΤΠΕ

Το σχέδιο διδασκαλίας περιλαμβάνει:

- έναν οδηγό οργάνωσης της διδασκαλίας, μέρος που αφορά στους διδάσκοντες
- φύλλα εργασίας και δραστηριότητες, μέρος που απευθύνεται στους μαθητές

Συνήθως η διάρκειά του αφορά μία ή περισσότερες από μία διδακτικές ώρες.

ΤΟ ΜΕΡΟΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ

- ▶ **A. Ταυτότητα**
- ▶ **B. Ανάπτυξη του σχεδίου διδασκαλίας**
 - ▶ B1. Στοχοθεσία και διδακτική προσέγγιση
 - ▶ B2. Πορεία της διδασκαλίας
- ▶ **Γ. Αξιολόγηση**
- ▶ **Δ. Βιβλιογραφία**

A. Ταυτότητα

- ▶ Τοποθετείται στην αρχή του σεναρίου, επιτρέπει στον πιθανό αναγνώστη να διαπιστώσει άμεσα αν το θέμα τον ενδιαφέρει και περιλαμβάνει:
 - τίτλο
 - διευκρίνιση αν αποτελεί πρόταση διδασκαλίας ή έχει ήδη δοκιμαστεί στην τάξη
 - τάξη/εις στις οποίες θα μπορούσε να υλοποιηθεί
 - διδακτικό αντικείμενο και διδακτική ενότητα
 - χρονική διάρκεια που απαιτείται για την ολοκλήρωσή του
 - προϋποθέσεις υλοποίησης για δάσκαλο και μαθητή.

B. Ανάπτυξη του σχεδίου διδασκαλίας

B1. Στοχοθεσία και διδακτική προσέγγιση

- ▶ Περιεχόμενο του μαθήματος (συνοπτική παρουσίαση σε λίγες γραμμές)
- ▶ Αντιλήψεις μαθητών (με βάση τη συναφή ερευνητική βιβλιογραφία)
- ▶ Παρουσιάζει σύντομα τη γενική ιδέα που διέπει το σενάριο και εξηγεί τα πλεονεκτήματα της προσέγγισης αυτής. Πρέπει να διευκρινίζει:
 - τον γενικό σκοπό
 - τους διδακτικούς στόχους που θέτει
 - το είδος της διδακτικής προσέγγισης
 - τα πλεονεκτήματα της πρότασης του σεναρίου.

B2. Πορεία της διδασκαλίας

- ▶ Λεπτομερής περιγραφή της διδακτικής διαδικασίας με άξονα τη χρονική διαδοχή των ενεργειών. Περιλαμβάνει:
 - την αφετηρία (έναυσμα ενδιαφέροντος)
 - τη διδακτική διαδικασία
- ▶ Ειδικότερα πρέπει να γίνεται αναφορά:
 - στο πρόβλημα-θέμα που θα διερευνηθεί
 - σε κάθε είδους υλικό που θα χρησιμοποιηθεί (εγχειρίδια, άλλο έντυπο υλικό, λογισμικό, διαδίκτυο)
 - στη μεθοδολογία της διδασκαλίας (ατομική ή ομαδική εργασία, κριτήρια χωρισμού των ομάδων, πορεία εξέλιξης των δραστηριοτήτων στην τάξη/εργαστήριο)
 - στα εργαλεία-πηγές που θα χρησιμοποιηθούν
 - στις δραστηριότητες που θα αναπτύξουν οι μαθητές και το υλικό που πρέπει να παραχθεί από αυτές
 - στον τρόπο παρουσίασης του υλικού αυτού στην τάξη
 - στην κατανομή του χρόνου που απαιτεί η κάθε φάση
 - στο ρόλο του διδάσκοντα
 - στο ρόλο των μαθητών
 - σε τυχόν προαπαιτούμενες γνώσεις και υλικοτεχνική υποδομή.

Γ. Αξιολόγηση

- ▶ Αξιολόγηση των μαθητών και του έργου τους
 - αναλυτική αναφορά στο είδος αξιολόγησης των μαθητών
 - κριτήρια αξιολόγησης των προϊόντων (γραπτά κείμενα, παρουσιάσεις, δημιουργικό υλικό κ.α.)
 - φύλλα αξιολόγησης
- ▶ αξιολόγηση και κριτική αποτίμηση της διαδικασίας και της διδακτικής προσέγγισης
 - τι είναι δύσκολο να γίνει
 - ποια μέρη μπορεί να δυσκολέψουν
 - θέματα σχέσης με το ισχύον αναλυτικό πρόγραμμα
 - δυνατότητες τροποποίησης ή επέκτασης
- ▶ αν το σενάριο έχει υλοποιηθεί, καταγράφονται
 - η εμπειρία
 - τυχόν δυσκολίες και ιδιαιτερότητες,
 - τεκμήρια από την εφαρμογή (π.χ. κείμενα παιδιών)
 - στοιχεία ανατροφοδότησης

Δ. Βιβλιογραφία

- ▶ Παράθεση της βιβλιογραφίας που υποστηρίζει
 - τις θεωρητικές αναφορές στις παιδαγωγικές θεωρίες
 - το περιεχόμενο της θεματικής ενότητας που διδάχτηκε
- ▶ Παράθεση των λογισμικών και ιστοτόπων που χρησιμοποιήθηκαν.

ΤΟ ΜΕΡΟΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΑΘΗΤΗ

Περιλαμβάνει τα ατομικά φύλλα εργασίας και τα φύλλα εργασίας κάθε ομάδας.

ΕΝΟΤΗΤΑ Β. ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ (ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ)

1. ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

- Η γνώση των Φυσικών Επιστημών αντιμετωπίζεται ως «πακέτο» το οποίο είναι δυνατό να μεταφερθεί από το διδάσκοντα στους μαθητές.
- Ο διδάσκων θεωρείται κάτοχος ενός συνόλου γνώσεων και δεξιοτήτων, τις οποίες επιχειρεί να μεταφέρει στους μαθητές («μοντέλο μεταφοράς της γνώσης»).
- Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών βασίζεται, εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων, στο βιβλίο του μαθητή και τις διαλέξεις που πραγματοποιεί ο διδάσκοντας, και όχι τόσο σε εργαστηριακές πρακτικές.
- Κριτήριο επιτυχίας αποτελεί η ποσότητα πληροφοριών που έχουν απομνημονεύσει οι μαθητές μέχρι το πέρας της διδασκαλίας.

ΦΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

- Προετοιμασία ή προπαρασκευή
- Προσφορά ή παρουσίαση
- Σύγκριση
- Εφαρμογή ή άσκηση
- Αξιολόγηση.

2. ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

- Οι μαθητές είναι δυνατό να οδηγηθούν μόνοι τους στη γνώση των Φυσικών Επιστημών, να την «ανακαλύψουν», αν τους δοθούν τα κατάλληλα μέσα και τους υποβληθούν οι κατάλληλες καθοδηγητικές ερωτήσεις.
- Ο μαθητής αποτελεί πλέον το επίκεντρο της διδακτικής διαδικασίας, ενώ αποδίδεται μεγάλη σημασία στην αλληλεπιδραστική του σχέση με τα υλικά που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία.

ΦΑΣΕΙΣ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

- **Προσανατολισμός (Εναυσμα Ενδιαφέροντος)**

Ο εκπαιδευτικός πραγματοποιεί ερωτήσεις οι οποίες συνδέονται με το μάθημα που θα ακολουθήσει, με στόχο να κινήσει το ενδιαφέρον των μαθητών και να τους προσανατολίσει στο μάθημα που θα διδάξει.

- **Διατύπωση Υποθέσεων**

Ο εκπαιδευτικός προκαλεί συζήτηση και προβληματίζει τους μαθητές για το – προς μελέτη– φυσικό φαινόμενο / θέμα, προτρέποντάς τους να διατυπώνουν υποθέσεις.

- **Έρευνα - Πειραματισμός**

Ο εκπαιδευτικός, μετά τη διατύπωση των υποθέσεων των μαθητών του για το φυσικό φαινόμενο / θέμα, ενεργοποιεί τους μαθητές να σχεδιάσουν μια έρευνα –βάση καθοδηγούμενου φύλλου εργασίας– ώστε με αποδεικτικά (επιβεβαιωτικά ή απορριπτικά) πειράματα, να διατυπωθούν και να αξιολογηθούν οι παρατηρήσεις τους.

- **Διατύπωση / Καταγραφή Συμπερασμάτων**

Ο εκπαιδευτικός, μετά την εκτέλεση των πειραμάτων από τους μαθητές του και την καταγραφή/αξιολόγηση των παρατηρήσεών τους, βοηθά τους μαθητές να διατυπώσουν τα συμπεράσματά τους.

- **Εφαρμογές / Γενίκευση**

Ο εκπαιδευτικός ζητά από τους μαθητές του να εφαρμόσουν τη νέα γνώση

προκειμένου να διαπιστώσουν την αποτελεσματικότητά της.

- **Αξιολόγηση της νέας γνώσης**

Ο εκπαιδευτικός θέτει στους μαθητές του ερωτήσεις για να ελέγξει το επίπεδο κατανόησης της νέας γνώσης.

3. ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Σε κάθε προσπάθεια διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών εμπλέκονται τα παρακάτω τρία διακριτά σώματα γνώσης: η φυσικο-επιστημονική γνώση, η σχολική της εκδοχή και η καθημερινή-βιωματική γνώση των μαθητών (αντιλήψεις μαθητών) (Κουλαϊδής, 1994, 2001).

Η καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών για τις βασικότερες περιοχές της διδασκόμενης φυσικο-επιστημονικής γνώσης, απετέλεσε το αντικείμενο μελέτης ενός εκτεταμένου αριθμού εμπειρικών ερευνών τα τελευταία σαράντα χρόνια (Driver, Guesne & Tiberghien, 1985; Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 1994; Pfundt & Duit, 2004). Από τις έρευνες αυτές διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές πριν έρθουν στο σχολείο, έχουν διαμορφώσει αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών διαφέρουν από τις απόψεις της επιστημονικής γνώσης και της σχολικής της εκδοχής. Οι αντιλήψεις των μαθητών συχνά αντιστέκονται σε οποιαδήποτε προσπάθεια τροποποίησής τους και τους ακολουθούν μέχρι την ενηλικίωσή τους, ενώ ελάχιστα επηρεάζονται από την παραδοσιακή διδασκαλία και συνήθως το οποιοδήποτε μαθησιακό αποτέλεσμα δεν έχει χρονική διάρκεια. Τέτοιου τύπου προβλήματα φαίνεται να μπορούν να ξεπεραστούν αν η διδασκαλία επικεντρωθεί στην επεξεργασία των αντιλήψεων των μαθητών, μέσα από μια διδακτική προσέγγιση εποικοδομητικού τύπου.

Σύμφωνα με το εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης, οι μαθητές κατασκευάζουν οι ίδιοι μια καινούργια γνώση για τα φυσικά φαινόμενα μέσα από μια διαδικασία αλληλεπίδρασης βιωματικών ιδεών που έχουν ήδη δημιουργήσει για αυτά και του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος (Κολιόπουλος, 2001; Widolo, Duit, & Muller, 2002). Στο πλαίσιο αυτό έχουν προταθεί διάφορα μοντέλα διδασκαλίας εποικοδομητικού τύπου.

Μοντέλο της εποικοδομητικής διδασκαλίας των Driver και Oldham (1986)



Η φάση του προσανατολισμού

- Είναι η παραδοσιακή φάση της αφόρμησης που περιέχει δύο στάδια:
 - ο το στάδιο πρόκλησης της περιέργειας
 - ο την έναρξη διαδικασίας αναγνώρισης ιδεών με αφορμή το εποπτικό υλικό.
- Το ξεκίνημα μπορεί να περιέχει παρατηρήσεις, επίδειξη μιας εικόνας, αφήγηση μιας σύντομης ιστορίας, απόσπασμα από την Ιστορία των ΦΕ, κ.ά.
- Ο ρόλος του δασκάλου πρέπει να είναι ενθαρρυντικός ως προς την έρευνα.

Φάση της ανάδειξης των ιδεών των μαθητών

- Η ανάδειξη των ιδεών μπορεί να επιτευχθεί μέσα από την συζήτηση, με ερωτηματολόγια, ατομικές εργασίες, με υποθετικά πειράματα (όπου ζητάμε από τα παιδιά να κάνουν πρόβλεψη των αποτελεσμάτων), με εννοιολογικούς χάρτες κλπ.
- Οι μαθητές χωρίζονται σε μικρές ομάδες και εργάζονται στην αρχή ατομικά κι έπειτα σε επίπεδο ομάδας. Καταγράφουν τις απόψεις τους, ο δάσκαλος τις συγκεντρώνει και τις κατηγοριοποιεί.
- Ο δάσκαλος πρέπει να εκφράζεται τόσο λεκτικά όσο και μη λεκτικά με αποδοχή και φιλικά προς τους μαθητές, απορρίπτοντας κάθε διάθεση ειρωνείας ή κριτικής.

Φάση της αναδόμησης των ιδεών των μαθητών

- Στη φάση αυτή οι μαθητές καλούνται να ελέγξουν τις ιδέες τους, με σκοπό να τις επεκτείνουν, να αναπτύξουν ιδέες αν δεν είχαν πριν, ή να τις αντικαταστήσουν.
- Σημαντικό ρόλο παίζει η σύγκριση των αποτελεσμάτων του πειράματος με τις προβλέψεις.
- Τα παιδιά εργάζονται σε μικρές ομάδες και εκτελούν πειράματα. Τέλος, προσπαθούν να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα.
- Στόχος μας είναι να οδηγηθούν τα παιδιά σε «αδιέξοδο» και να αναρωτηθούν γιατί δεν ταιριάζουν οι ιδέες τους με τα αποτελέσματα των πειραμάτων. Αυτό ίσως τα οδηγήσει σε εννοιολογική αλλαγή και υιοθετήσουν τις ιδέες που είναι σύμφωνες με το επιστημονικό πρότυπο.

Φάση εφαρμογής των ιδεών

- Στη φάση αυτή τα παιδιά ελέγχουν το κατά πόσο οι νέες γνώσεις που απόκτησαν είναι εφαρμόσιμες και τις συσχετίζουν με εμπειρίες της καθημερινής ζωής. Μόνο έτσι θα συνειδητοποιήσουν ότι είναι παραγωγικότερες από τις παλιές και θα τις υιοθετήσουν.

Φάση της ανασκόπησης

- Εδώ οι μαθητές αναγνωρίζουν τη σπουδαιότητα αυτών που ανακάλυψαν και αναδαψιλεύουν τον τρόπο με τον οποίο τα κατάφεραν. Συγκρίνουν τη νέα γνώση με την παλαιά και συνειδητοποιούν με ποια διαδικασία αποκτήθηκε. Είναι το μέσον του αυτοελέγχου και της συνειδητοποίησης της γνωστικής πορείας (μεταγνώση).

Το μαθησιακό μοντέλο 5Ε του Bybee (1997, 2006)

Ένα διδακτικό μοντέλο για την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού αποτελεί το μαθησιακό μοντέλο 5Ε του Bybee (1997, 2006).

Πιο συγκεκριμένα το διδακτικό μοντέλο περιλαμβάνει τις ακόλουθες πέντε φάσεις:

- (α) ενεργοποίηση (φάση I),
- (β) εξερεύνηση (φάση II),
- (γ) εξήγηση (φάση III),
- (δ) εφαρμογή (φάση IV) και
- (ε) αξιολόγηση (φάση V).

Κατά τη φάση I (ενεργοποίηση μαθητών), οι μαθητές επεξεργάζονται ένα πρόβλημα που τους ζητά προβλέψεις και εξηγήσεις. Αρχικά, οι μαθητές εργάζονται ατομικά και καταγράφουν τις προβλέψεις και τις εξηγήσεις. Στη συνέχεια, συζητούν με τους συμμαθητές της ομάδας τους. Η φάση αυτή ολοκληρώνεται με συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης και τη διατύπωση από πλευράς μαθητών ερωτημάτων για έρευνα.

Κατά τη φάση της εξερεύνησης (φάση II), οι μαθητές σχεδιάζουν και πραγματοποιούν έρευνα, με σκοπό να απαντήσουν στα ερευνητικά ερωτήματα που διατύπωσαν.

Κατά τη φάση III (εξήγηση), οι μαθητές επεξεργάζονται τα δεδομένα, εξάγουν από αυτά τα συμπεράσματα και τα συγκρίνουν με τις αρχικές τους προβλέψεις. Στη φάση αυτή επιδιώκεται οι μαθητές να συγκροτήσουν τεκμηριωμένες εξηγήσεις (εξηγήσεις βασισμένες στα αποδεικτικά στοιχεία που συνέλεξαν).

Κατά τη φάση IV (εφαρμογή), οι μαθητές επεξεργάζονται προβλήματα διαφορετικά σε σχέση με αυτά που είχαν αρχικά διαπραγματευτεί.

Στη φάση V (αξιολόγηση), ζητείται από τους μαθητές να συγκρίνουν τις αρχικές τους απαντήσεις με τις τρέχουσες απαντήσεις τους.

Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται επίσης ο μαθησιακός κύκλος των White et al. (1999), τα μαθησιακό μοντέλο 7E του Eisenkraft (2003), το διδακτικό πλαίσιο EIMA των Schwarz και Gwekwerere (2007), το μοντέλο 4EX2 των Marshall et al. (2009) και το πλαίσιο των Minner et al. (2010).

Διδακτικό μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί στις Πρακτικές Ασκήσεις Γ φάσης

Στο πλαίσιο αυτού του μαθήματος η οργάνωση των διδασκαλιών θα πραγματοποιηθεί με βάση το ακόλουθο μοντέλο.

Φάση 1: Προσανατολισμός, ανάδειξη και αποσαφήνιση αντιλήψεων

Πρόκληση ενδιαφέροντος, ανάπτυξη περιέργειας. Η ανάδειξη των αντιλήψεων μπορεί να επιτευχθεί μέσα από την συζήτηση, με ερωματολογία, ατομικές εργασίες, με υποθετικά πειράματα, με εννοιολογικούς χάρτες κλπ. Οι μαθητές χωρίζονται σε μικρές ομάδες και εργάζονται στην αρχή ατομικά (καταγράφοντας τις αντιλήψεις τους) κι έπειτα σε επίπεδο ομάδας (συζητούν τις απόψεις τους). Ο εκπαιδευτικός τις συγκεντρώνει και τις κατηγοριοποιεί σε συνεργασία με τους μαθητές.

Φάση 2: Δημιουργία γνωστικής αποσταθεροποίησης και αναδόμηση αντιλήψεων

Οι μαθητές καλούνται να ελέγξουν τις αντιλήψεις τους, με σκοπό να τις επεκτείνουν, να τις αντικαταστήσουν ή να αναπτύξουν νέες αντιλήψεις. Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν πειραματικές δραστηριότητες, αναλογίες, καταστάσεις γνωστικής σύγκρουσης, εννοιολογικοί χάρτες κλπ. Στη φάση αυτή μπορούν να χρησιμοποιηθούν διδακτικές καταστάσεις μάθησης μέσα από έρευνα (διερευνήσεις).

Φάση 3: Εξήγηση

Κατά τη φάση αυτή, οι μαθητές επεξεργάζονται τα δεδομένα, εξάγουν από αυτά τα συμπεράσματα και τα συγκρίνουν με τις αρχικές τους προβλέψεις. Στη φάση αυτή επιδιώκεται οι μαθητές να συγκροτήσουν τεκμηριωμένες εξηγήσεις (εξηγήσεις βασισμένες στα αποδεικτικά στοιχεία που συνέλεξαν).

Φάση 4: Εφαρμογή σε νέες καταστάσεις και ανατροφοδότηση

Οι μαθητές ελέγχουν το κατά πόσο οι νέες γνώσεις είναι εφαρμόσιμες σε νέα προβλήματα και τις συσχετίζουν με εμπειρίες της καθημερινής ζωής.

Φάση 5: Αναστοχασμός πάνω στη διαδικασία μάθησης

Οι μαθητές συγκρίνουν τη νέα γνώση με την αρχική (αρχικές αντιλήψεις) και συνειδητοποιούν με ποια διαδικασία αποκτήθηκε. Μπορεί να επιτευχθεί με τεχνικές όπως αυτές που αναφέρονται στη φάση 1.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ

1. ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ

Τίτλος: Ανάβοντας ένα λαμπάκι

Τάξη στην οποία θα υλοποιηθεί: Ε΄ Δημοτικού

Διδακτικό αντικείμενο: Ερευνών και Ανακαλύπτω

Διδακτική ενότητα: Ηλεκτρισμός

B. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

B1. Στοχοθεσία και διδακτική προσέγγιση

Προαπαιτούμενη γνώση

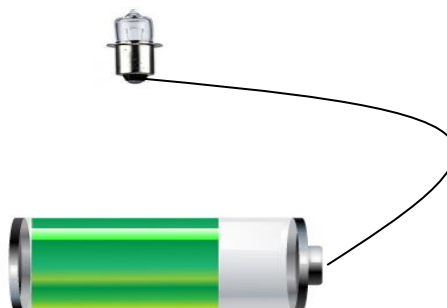
Επειδή η συγκεκριμένη ενότητα που παρουσιάζεται στο σχέδιο διδασκαλίας είναι εισαγωγική για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, δεν είναι αναγκαίο οι μαθητές να έχουν εξοικειωθεί με έννοιες από την περιοχή του ηλεκτρισμού.

Η επιστημονική γνώση

Ηλεκτρικό κύκλωμα είναι κάθε διάταξη που αποτελείται από κλειστούς αγωγίμους «δρόμους» μέσω των οποίων μπορεί να διέλθει ηλεκτρικό ρεύμα. Ως απλό ηλεκτρικό κύκλωμα αναφέρεται η διάταξη που περιλαμβάνει μια ηλεκτρική πηγή, ένα λαμπτήρα και δύο αγωγούς συνδεδεμένους κατάλληλα. Για τη συγκρότηση του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος είναι αναγκαία η ύπαρξη δύο τουλάχιστον αγωγών όπου: (α) ο ένας θα συνδέεται με τον ένα πόλο της ηλεκτρικής πηγής και ο άλλος με τον δεύτερο πόλο της και (β) οι ακροδέκτες θα συνδέονται με τους δύο πόλους του λαμπτήρα ώστε να σχηματίζεται κλειστός βρόχος. Τότε, ο λαμπτήρας φωτοβολεί και το ρεύμα ρέει από τον ένα πόλο της ηλεκτρικής πηγής στον λαμπτήρα και από εκεί στον άλλο πόλο της ηλεκτρικής πηγής.

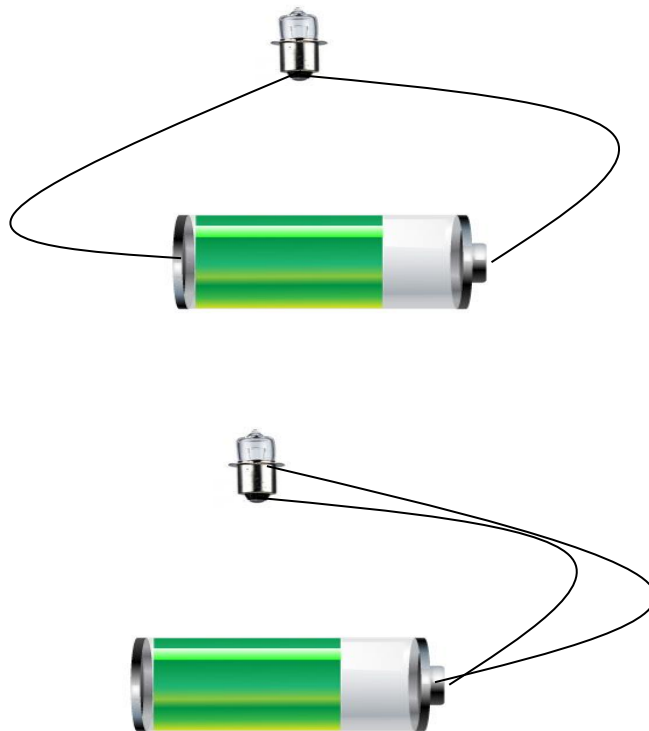
Οι αντιλήψεις των μαθητών και ο επιδιωκόμενος στόχος

Μια από τις αντιλήψεις που εντοπίστηκαν στους μαθητές για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα συνεχούς ρεύματος αφορά στον τρόπο σύνδεσης της μπαταρίας με τη λάμπα. Συγκεκριμένα, ορισμένοι μαθητές θεωρούν ότι για να ανάψει μια λάμπα αρκεί να συνδεθεί ένας πόλος της μπαταρίας με τον ένα πόλο της λάμπας. Στη συναφή ερευνητική βιβλιογραφία η αντίληψη αυτή αναφέρεται και ως «μονοπολικό μοντέλο» για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα (Κουμαράς, 1989; Shipstone, 1988) (βλ. Σχήμα 1).



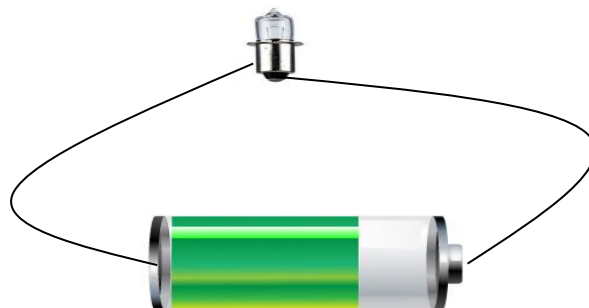
Σχήμα 1: Το «μονοπολικό μοντέλο» για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα.

Επισημαίνεται, ότι η λάμπα δεν ανάβει αν συνδεθούν με καλώδια οι δύο πόλοι της μπαταρίας με τον ένα πόλο της λάμπας ή ο ένας πόλος της μπαταρίας με τους δύο πόλους της λάμπας («ημι – διπολικό μοντέλο») (βλ. Σχήμα 2).



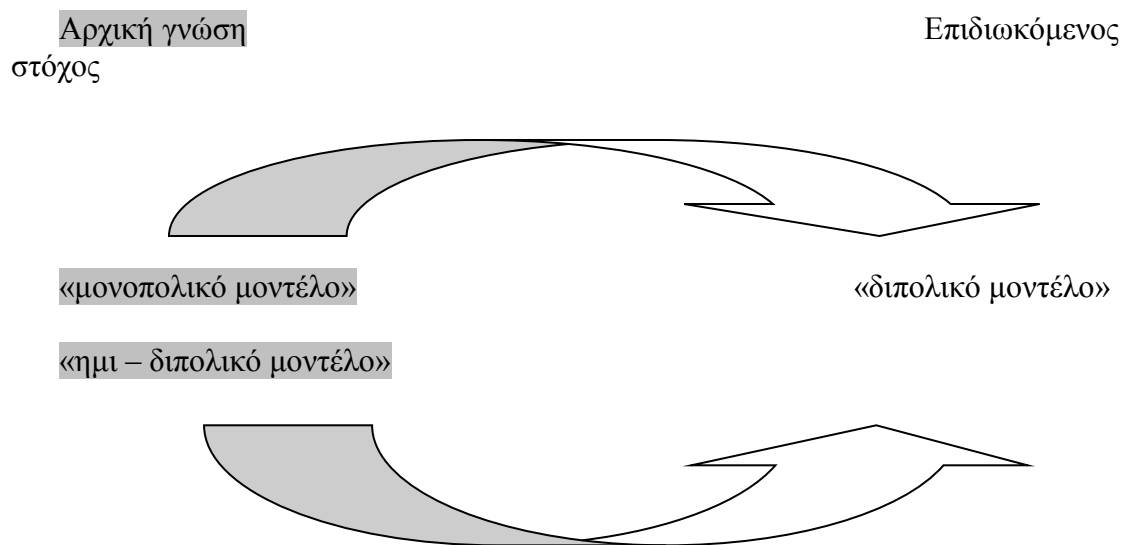
Σχήμα 2: Το «ημι – διπολικό μοντέλο» για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα.

Απαιτείται οι μαθητές να οικοδομήσουν την αντίληψη ότι για ανάψει η λάμπα συνδέονται με καλώδια ο ένας πόλος της μπαταρίας με τον ένα πόλο της λάμπας και ο δεύτερος πόλος της μπαταρίας με τον δεύτερο πόλο της λάμπας («διπολικό μοντέλο») (βλ. Σχήμα 3). Αυτός είναι και ο επιδιωκόμενος στόχος της συγκεκριμένης διδασκαλίας.



Σχήμα 3: Το «διπολικό μοντέλο» για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα.

Η διδακτικής στρατηγική που θα ακολουθηθεί περιλαμβάνει την «μετάβαση» των μαθητών από το «μονοπολικό μοντέλο» ή το «μονοπολικό – διπολικό μοντέλο» (αρχική γνώση) στο «διπολικό μοντέλο» (επιδιωκόμενος στόχος) (βλ. Σχήμα 4).



Σχήμα 4: Αρχική γνώση και επιδιωκόμενος στόχος της προτεινόμενης διδακτικής στρατηγικής.

Σκοπός & Στόχοι του Σχεδίου Διδασκαλίας

Γενικός Σκοπός: Επιδιώκεται η διδακτική επεξεργασία του «μονοπολικού μοντέλου» των μαθητών για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα συνεχούς ρεύματος («για ανάψει η λάμπα συνδέεται με καλώδιο ο ένας πόλος της μπαταρίας με τον ένα πόλο της λάμπας») προκειμένου οι μαθητές να οικοδομήσουν το «διπολικό μοντέλο» για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα συνεχούς ρεύματος («για ανάψει η λάμπα συνδέονται με καλώδια ο ένας πόλος της μπαταρίας με τον ένα πόλο της λάμπας και ο δεύτερος πόλος της μπαταρίας με τον δεύτερο πόλο της λάμπας»).

Διδακτικοί στόχοι

Στόχοι που αφορούν σε γνώσεις

Οι μαθητές:

- (α) να διαπιστώσουν πειραματικά ότι μια λάμπα δεν ανάβει αν συνδεθεί με καλώδιο ο ένας πόλος της με τον ένα πόλο μιας μπαταρίας
- (β) να διαπιστώσουν πειραματικά ότι μια λάμπα δεν ανάβει αν συνδεθούν με καλώδια ο ένας πόλος της με τους δύο πόλους μιας μπαταρίας ή οι δύο πόλοι της μπαταρίας με τον ένα πόλο της λάμπας
- (γ) να διαπιστώσουν πειραματικά ότι μια λάμπα ανάβει αν συνδεθεί με καλώδια ο ένας πόλος της με τον ένα πόλο μιας μπαταρίας και ο δεύτερος πόλος της με τον δεύτερο πόλο της μπαταρίας
- (δ) να αναφέρουν ότι ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα αποτελείται από την μπαταρία, τη λάμπα και δύο καλώδια
- (ε) να εξηγούν ότι για να ανάψει μια λάμπα σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα χρειάζονται δύο καλώδια για τη σύνδεσή της με την μπαταρία.

Στόχοι που αφορούν σε δεξιότητες

Για το πρόβλημα που αφορά στον τρόπο σύνδεσης μιας λάμπας με μια μπαταρία ώστε να ανάβει, οι μαθητές:

- (α) να αναγνωρίζουν επιστημονικά ερωτήματα και να εκφέρουν υποθέσεις
- (β) να αναγνωρίζουν πιθανές μεταβλητές που υπεισέρχονται σε αυτό το πρόβλημα και να απομονώνουν μία μεταβλητή από τις άλλες ώστε να μελετούν τα αποτελέσματά της
- (γ) να αναζητούν πειραματικές διατάξεις που επιτρέπουν τη λύση αυτού του προβλήματος
- (δ) να χρησιμοποιούν τα δεδομένα που έχουν συλλέξει για να διατυπώνουν μια εξήγηση
- (ε) να παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της έρευνάς τους
- (στ) να αναστοχάζονται πάνω σε ιδέες τους και να εξηγούν την παραγωγή λανθασμένων απαντήσεων
- (ζ) να χρησιμοποιούν ορθά την μπαταρία, τη λάμπα και τα καλώδια προκειμένου να κατασκευάσουν ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα στο οποίο η λάμπα ανάβει.

Στόχοι που αφορούν σε στάσεις

Οι μαθητές

- (α) να αποκτήσουν ενδιαφέρον για τα ηλεκτρικά κυκλώματα
- (β) να αποκτήσουν θετική στάση απέναντι στην επιστημονική έρευνα
- (γ) να συνεργάζονται και να ανταλλάσσουν απόψεις με τα άλλα μέλη της ομάδας τους προκειμένου να καταλήξουν σε κοινά συμπεράσματα.

Είδος διδακτικής προσέγγισης: εποικοδομητική προσέγγιση.

B2. Πορεία της διδασκαλίας

Περιγραφή δραστηριοτήτων

Η διδασκαλία χωρίζεται σε 5 φάσεις με δραστηριότητες οι οποίες περιλαμβάνονται σε φύλλο εργασίας (Φ.Ε.) και παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Φάση 1: Προσανατολισμός, ανάδειξη και αποσαφήνιση αντιλήψεων

Δραστηριότητα 1: Σχεδίαση ηλεκτρικού κυκλώματος και συνειδητοποίηση ασυμφωνιών μεταξύ μαθητών

Οι μαθητές, αρχικά, ενώ είναι οργανωμένοι σε ομάδες (3-4 ατόμων), εργάζονται ατομικά και απαντούν στις ερωτήσεις ενός προβλήματος στο οποίο ζητείται να σχεδιαστεί πως θα πρέπει να συνδεθεί με τη βοήθεια καλωδίων ένα λαμπάκι με μια μπαταρία ώστε να ανάψει και να αιτιολογηθεί ο τρόπος σύνδεσης. Στο Φ.Ε. περιλαμβάνεται η εικόνα μιας μπαταρίας και μιας λάμπας (Φ.Ε.: πρόβλημα 1).

Πραγματοποιείται συζήτηση ανάμεσα στους μαθητές κάθε ομάδας, με στόχο τη συνειδητοποίηση των μεταξύ τους διαφωνιών. Οι μαθητές-αντιπρόσωποι των ομάδων εργασίας, ομαδοποιούν τις απαντήσεις των συμμαθητών τους και τις ανακοινώνουν στο σύνολο της τάξης (Φ.Ε.: πρόβλημα 1). Τα σχήματα των μαθητών είναι πιθανόν να παραπέμπουν στο «μονοπολικό», «ημι – διπολικό» ή και στο «διπολικό μοντέλο» για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα. Στη συζήτηση που ακολουθεί σε επίπεδο τάξης με το συντονισμό του δασκάλου, οι μαθητές, διατυπώνουν τις διαφορετικές αντιλήψεις που έχουν προκύψει σχετικά με τον τρόπο σύνδεσης μπαταρίας και λάμπας ώστε να

ανάβει, και το πρόβλημα προς διερεύνηση. Αναμένεται να προκύψει ως ερώτημα για περαιτέρω διερεύνηση ο τρόπος σύνδεσης της μπαταρίας με το λαμπάκι ώστε αυτό να ανάψει.

■ Πρόβλημα 1

Στην παρακάτω εικόνα υπάρχει μια μπαταρία και ένα λαμπάκι.



⌚ Σχεδιάσε πώς θα πρέπει να συνδεθεί με τη βοήθεια καλωδίου ή καλωδίων η μπαταρία με το λαμπάκι ώστε να ανάψει. Το καλώδιο μπορείς να το σχεδιάσεις με μια γραμμή με το μολύβι σου.

⌚ Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;

.....

⌚ Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

⌚ Υπάρχουν ομοιότητες ανάμεσα στα σχήματα που έχετε σχεδιάσει σχετικά με το πώς συνδέεται η μπαταρία με το λαμπάκι; Αν ναι ποιες είναι αυτές;

.....

⌚ Υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στα σχήματα που έχετε σχεδιάσει σχετικά με το πώς συνδέεται η μπαταρία με το λαμπάκι; Αν ναι ποιες είναι αυτές;

.....

⌚ Προσπάθησε να πείσεις τους συμμαθητές για το σχήμα που έχεις προτείνει. Παρουσίασε τους λόγους για τους οποίους υποστηρίζεις τη δική σου άποψη.

⌚ Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου, υποστηρίζεις την ίδια άποψη; Γιατί;

ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΟΜΑΔΑΣ

Σαν ομάδα αποφασίσαμε να ασχοληθούμε με τα παρακάτω ερωτήματα:

.....

Φάση 2: Δημιουργία γνωστικής αποσταθεροποίησης και αναδόμηση αντιλήψεων

Δραστηριότητα 2: Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας για έλεγχο αντιλήψεων

Εργαζόμενοι συνεργατικά, οι μαθητές σχεδιάζουν και εκτελούν έρευνα, με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων που υπάρχουν στο Φ.Ε., με σκοπό να εξετάσουν

πως πρέπει να συνδεθεί ένα λαμπάκι με μια μπαταρία ώστε να ανάψει (Φ.Ε.: έρευνα). Αφού αναγνωρίσουν το ερευνητικό ερώτημα, εκφέρουν υποθέσεις, συμπληρώνουν τον πίνακα των μεταβλητών και σχεδιάζουν πείραμα. Προτείνουν και συγκεντρώνουν τα υλικά (που τους παρέχει ο εκπαιδευτικός), εκτελούν το πείραμα και εξάγουν συμπεράσματα. Μέσα από διαδικασίες κοινωνικογνωστικής σύγκρουσης οι μαθητές είναι πιθανόν να οδηγηθούν σε αλλαγή των αντιλήψεών τους (Ραβάνης, 2001; Skoumios & Hatzinikita, 2005).

■ Έρευνα:

Σχεδίαση της έρευνας

⌚ Τι πρόκειται να ερευνήσω;

.....

⌚ Ποια είναι η άποψη μου;

.....

⌚ Γιατί το πιστεύω αυτό;

.....

⌚ Τι θα κάνω για να το ερευνήσω;

.....

Τι αλλάζω;	Τι κρατώ ίδιο;	Τι ελέγχω;

Πραγματοποίηση της έρευνας

Τι κάνω;

.....

Τι βρήκα;

.....

Φάση 3: Εξήγηση

Δραστηριότητα 3: Συγκρότηση εξήγησης

Με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων που υπάρχουν στο Φ.Ε., οι μαθητές συγκρίνουν τις διαπιστώσεις τους (πειραματικά αποτελέσματα) με τις αρχικές προβλέψεις τους και συγκροτούν εξηγήσεις.

Διαπιστώσεις - Συμπληρώσεις

⌚ Τι διαπίστωσα από την έρευνα που έκανα;

.....

⌚ Αυτό που διαπίστωσα ήταν αυτό που περίμενα; Γιατί;

.....

⌚ Γράψε μια εξήγηση για αυτό που έχεις ερευνήσει.

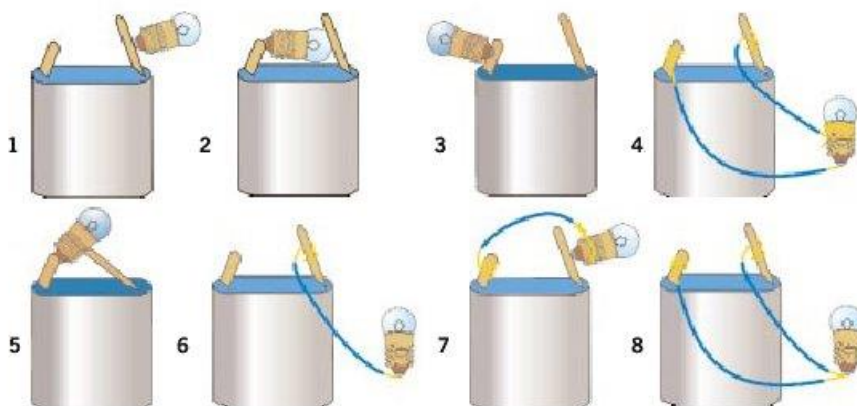
.....

Φάση 4: Εφαρμογή σε νέες καταστάσεις και ανατροφοδότηση

Δραστηριότητα 4: Εφαρμογή σε μπαταρία (πλακέ) με λαμπάκι

Δίνεται στους μαθητές μια εικόνα που περιλαμβάνει οκτώ μπαταρίες συνδεδεμένες με λαμπάκια και ζητείται να επιλέξουν σε ποια ή σε ποιες περιπτώσεις ανάβει το λαμπάκι και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους. (Φ.Ε.: πρόβλημα 2). Το πρόβλημα αυτό διαφοροποιείται σε σχέση με τα προηγούμενα γιατί σε αυτό οι μπαταρίες δεν είναι κυλινδρικές αλλά είναι τύπου πλακέ και επίσης σε ορισμένες περιπτώσεις το λαμπάκι συνδέεται με την μπαταρία χωρίς καλώδιο. Οι μαθητές εργάζονται αρχικά ατομικά και στη συνέχεια συζητούν με τους συμμαθητές της ομάδας τους.

■ Πρόβλημα 2



Στο παραπάνω σχήμα υπάρχουν οκτώ μπαταρίες με λαμπάκια. Να κυκλώσεις τους αριθμούς των εικόνων στις οποίες πιστεύεις ότι ανάβει το λαμπάκι.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

⌚ Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

⌚ Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου, υποστηρίζεις την ίδια άποψη; Γιατί;

.....

Δραστηριότητα 4: Εφαρμογή σε μπαταρία με δύο λαμπάκια στη σειρά

Ζητείται από τους μαθητές να συνδέσουν μια μπαταρία με δύο λαμπάκια σε σειρά ώστε να ανάψουν και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους (Φ.Ε.: πρόβλημα 3). Το πρόβλημα αυτό διαφοροποιείται σε σχέση με τα προηγούμενα γιατί στο ηλεκτρικό κύκλωμα δεν υπάρχει μόνο ένα λαμπάκι αλλά δύο στη σειρά. Οι μαθητές εργάζονται αρχικά ατομικά και στη συνέχεια συζητούν με τους συμμαθητές της ομάδας τους. Στη συνέχεια καλούνται, εργαζόμενοι συνεργατικά, να κατασκευάσουν το ηλεκτρικό κύκλωμα με μπαταρία, καλώδια και λαμπάκια.

Πρόβλημα 3

Στο παρακάτω σχήμα υπάρχουν μια μπαταρία και δύο λαμπάκια.



⌚ Σχεδιάσε πώς θα πρέπει να συνδεθεί με τη βοήθεια καλωδίων η μπαταρία με τα δύο λαμπάκια στη σειρά ώστε να ανάψουν (το καλώδιο μπορείς να το σχεδιάσεις με μια γραμμή με το μολύβι σου).

⌚ Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;

.....

⌚ Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου. Προχωρήστε στην κατασκευή του ηλεκτρικού κυκλώματος.

⌚ Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου, και την κατασκευή του ηλεκτρικού κυκλώματος, υποστηρίζεις τις ίδιες απόψεις; Γιατί;

.....

⌚ Σχεδιάσε το κύκλωμα με τα δύο λαμπάκια στη σειρά.



Φάση 5: Αναστοχασμός πάνω στη διαδικασία μάθησης

Δραστηριότητα 5: Εκ νέου επεξεργασία αρχικού ερωτήματος και εξήγηση της παραγωγής των αρχικών αντιλήψεων

Οι μαθητές απαντούν εκ νέου σε ερωτήσεις τις οποίες είχαν ήδη απαντήσει με αφορμή το πρόβλημα 1 του Φ.Ε. Στη συνέχεια, οι μαθητές καλούνται να συγκρίνουν τις αρχικές τους αντιλήψεις με τις αντιλήψεις που έχουν δομήσει (Φ.Ε.: πρόβλημα 4). Τέλος τους ζητείται να αναλογιστούν, τι τους είχε δυσκολέψει, τι ήταν αυτό που τους εμπόδιζε να καταλάβουν και τι ήταν αυτό που τους βοήθησε να καταλάβουν την ορθή διαδικασία σύνδεσης ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος (Φ.Ε.: πρόβλημα 4). Οι μαθητές εργάζονται αρχικά ατομικά και στη συνέχεια συζητούν με τους συμμαθητές της ομάδας τους.

■ Πρόβλημα 4

🔗 **Στην ερώτηση:** «Πώς θα πρέπει να συνδεθεί με τη βοήθεια καλωδίου ή καλωδίων η μπαταρία με ένα λαμπάκι ώστε να ανάψει;».

✓ Σχεδίασε τι απάντηση έδωσες στο Πρόβλημα 1;

✓ Σχεδίασε τι απάντηση θα δώσεις τώρα;

Αν δώσεις διαφορετική απάντηση στις παραπάνω ερωτήσεις, τι νομίζεις ότι ήταν εκείνο που σου έκανε να αλλάξεις γνώμη;

.....

Τι σε εμπόδιζε να κάνεις μια σύνδεση της μπαταρίας με το λαμπάκι ώστε να ανάψει;

.....

Τι σε βοήθησε να καταλάβεις τον ορθό τρόπο σύνδεσης μιας μπαταρίας με ένα λαμπάκι;

.....

.....

Πίνακας δραστηριοτήτων, χρονικής διάρκειας, μεθόδου και διδακτικού υλικού

α/α	Δραστηριότητα	Χρόνος	Εκπ/κή μέθοδος – Τεχνική	Διδακτικό - εποπτικό υλικό
1	Σχεδίαση ηλεκτρικού κυκλώματος και συνειδητοποίηση ασυμφωνιών μεταξύ μαθητών	10'	Ανάδειξη και αποσαφήνιση αντιλήψεων (παραγωγή σχεδίου για αποτύπωση αρχικών αντιλήψεων). Εργασία αρχικά ατομική, στη συνέχεια ομαδοσυνεργατική με συζήτηση ανάμεσα στους μαθητές και τέλος, σε επίπεδο τάξης με συζήτηση ανάμεσα σε μαθητές και εκπαιδευτικό.	Φ.Ε.: πρόβλημα 1
2	Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας για έλεγχο αντιλήψεων	15'	Δημιουργία γνωστικής αποσταθεροποίησης και αναδόμηση αντιλήψεων. Έλεγχος αρχικών αντιλήψεων μαθητών μέσω διερεύνησης. Πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης. Εργασία ομαδοσυνεργατική.	Φ.Ε.: έρευνα. Υλικά για την κατασκευή απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.
3	Εφαρμογή σε μπαταρία (πλακέ) με λαμπάκι	5'	Εφαρμογή της νέας γνώσης σε νέο πρόβλημα. Εργασία αρχικά ατομική και στη συνέχεια ομαδοσυνεργατική.	Φ.Ε.: πρόβλημα 2
4	Εφαρμογή σε μπαταρία με δύο λαμπάκια στη σειρά	5'	Εφαρμογή της νέας γνώσης σε νέο πρόβλημα. Εργασία αρχικά ατομική και στη συνέχεια ομαδοσυνεργατική.	Φ.Ε.: πρόβλημα 3. Υλικά για την κατασκευή ηλεκτρικού κυκλώματος με μπαταρία και δύο λαμπάκια.
5	Εκ νέου επεξεργασία αρχικού ερωτήματος και εξήγηση της παραγωγής των αρχικών αντιλήψεων	10'	Αναστοχασμός πάνω στη διαδικασία μάθησης. Εργασία αρχικά ατομική και στη συνέχεια ομαδοσυνεργατική.	Φ.Ε.: πρόβλημα 4

Σχολιασμός

Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ)

Στο συγκεκριμένο σχέδιο διδασκαλίας δεν έχουν αξιοποιηθεί λογισμικά. Ωστόσο, υπάρχει δυνατότητα αξιοποίησης τους (ως εναλλακτική πρόταση). Ενδεικτικά, θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν: (α) το λογισμικό ΜΑΘΗΜΑ και συγκεκριμένα το πεδίο «Πειράματα Ηλεκτρισμού» όπου -μεταξύ των άλλων- υπάρχει η δυνατότητα συγκρότησης απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, (β) η προσομοίωση του ηλεκτρικού κυκλώματος συνεχούς ρεύματος PhET του Πανεπιστημίου Κολοράντο (<http://phet.colorado.edu/en/simulation/circuit-construction-kit-dc>).

Έναυσμα ενδιαφέροντος

Επειδή το παρόν σχέδιο διδασκαλίας σχεδιάστηκε για μια διδακτική ώρα δεν έχει συμπεριληφθεί στις φάσεις διδασκαλίας η φάση του «προσανατολισμού». Ως δραστηριότητα σε αυτή τη φάση, ενδεικτικά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το ακόλουθο πρόβλημα: «Βαδίζετε σε ένα δρόμο το βράδυ που δεν φωτίζεται. Τι θα μπορούσατε να χρησιμοποιήσετε ώστε να φωτίσετε τον δρόμο;».

Γ. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΑΘΗΣΙΑΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων από την εφαρμογή του σχεδίου διδασκαλίας, μπορεί να πραγματοποιηθεί με ανάλυση του προφορικού λόγου των μαθητών (συζητήσεις ανάμεσα στους μαθητές και ανάμεσα στους μαθητές και στον εκπαιδευτικό) και του γραπτού λόγου των μαθητών (γραπτές απαντήσεις μαθητών στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας) κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Επιδιώκεται να αξιολογηθούν όχι μόνο οι γνώσεις, αλλά και οι δεξιότητες και οι στάσεις που ανέπτυξαν οι μαθητές.

Εναλλακτικά, θα μπορούσε να αξιοποιηθεί ένα γραπτό ερωτηματολόγιο (στο τέλος της διδασκαλίας ή μετά από κάποιο χρονικό διάστημα).

Ενδεικτικό φύλλο αξιολόγησης

Ερώτηση 1

Να γράψετε ακριβείς οδηγίες για τον τρόπο κατασκευής ενός κυκλώματος με λαμπάκι που να απευθύνονται σε κάποιον άλλο ο οποίος δεν γνωρίζει.

.....
.....

Ερώτηση 2

Κάποιοι μαθητές ψάχνουν πώς θα πρέπει να συνδεθεί μια λάμπα με μια μπαταρία ώστε να ανάψει. Σύνδεσαν με καλώδια τον ένα πόλο της λάμπας με τον ένα πόλο μιας μπαταρίας και τον δεύτερο πόλο της με τον δεύτερο πόλο της μπαταρίας. Οι μαθητές που έκαναν αυτό το πείραμα σύνδεσαν επίσης με καλώδια τους δύο πόλους της λάμπας με τον ένα πόλο μιας μπαταρίας. Να εξηγήσεις γιατί οι μαθητές συμπεριέλαβαν αυτό το βήμα στο πείραμά τους.

.....
.....

Ερώτηση 3

Πόσο ενδιαφέρεσαι να γνωρίσεις τι είναι εκείνο που κάνει το λαμπάκι να ανάβει σε ένα κύκλωμα;

☐ Ενδιαφέρομαι πολύ

- ☐ Ενδιαφέρομαι λίγο
- ☐ Δεν ενδιαφέρομαι

Ερώτηση 4

Πόσο ενδιαφέρεσαι να μάθεις που χρησιμοποιούνται τα ηλεκτρικά κυκλώματα;

- ☐ Ενδιαφέρομαι πολύ
- ☐ Ενδιαφέρομαι λίγο
- ☐ Δεν ενδιαφέρομαι

Βιβλιογραφικές πηγές σχεδίου διδασκαλίας

- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes. Open University Press.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). "A constructivist approach to curriculum development in science," *Studies in Science Education*, 18, 105-122.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science—research into children's ideas*. London: Routledge.
- Κολιόπουλος, Δ. (2001). Από την πρακτικο-βιωματική γνώση στη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης: η εποικοδομητική αντίληψη στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Στο Bliss J., Cooper G., Κολιόπουλος Δ., Κουλαϊδής Β., Ραβάνης Κ., Solomon J., Τσατσαρώνη Α., Χατζηνικήτα Β., Χρηστίδου Β., *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, (τόμος Α, σελ. 217-251), Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.
- Κουλαϊδής, Β. (1994). Επιστημολογία και κατασκευή Αναλυτικών Προγραμμάτων: Η επιλογή περιεχομένου για την διδασκαλία των ΦΕ, Σύγχρονη Εκπαίδευση, 75, 22-29.
- Κουλαϊδής, Β. (2001). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: αντικείμενο και αναγκαιότητα, Στο Bliss J., Cooper G., Κολιόπουλος Δ., Κουλαϊδής Β., Ραβάνης Κ., Solomon J., Τσατσαρώνη Α., Χατζηνικήτα Β., Χρηστίδου Β., *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, (τόμος Α, σελ. 25-50), Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.
- Κουμαράς, Π. (1989). *Μελέτη της εποικοδομητικής προσέγγισης στην πειραματική διδασκαλία του ηλεκτρισμού*, Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή, Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Ραβάνης, Κ. (2001) Η γνωστική σύγκρουση ως διδακτικό εργαλείο. Στο Bliss J., Cooper G., Κολιόπουλος Δ., Κουλαϊδής Β., Ραβάνης Κ., Solomon J., Τσατσαρώνη Α., Χατζηνικήτα Β., Χρηστίδου Β., *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, (τόμος Α, σελ. 253-274), Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.
- Pfundt, H. & Duit, R. (2004) Bibliography: Students' and teachers' conceptions and science education. Kiel: IPN.
- Shipstone, D.M. (1988). Students' understanding of simple electrical circuits. *Physics Education*. 23 (2), 92-96.
- Scott, P., Asoko, H., & Driver, R. (1992). Teaching for conceptual change: A review of strategies. In R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer (Eds.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies* (pp. 310-329). Kiel, Germany: University of Kiel.
- Skoumios, M. & Hatzinikita, V. (2005). The role of cognitive conflict in science concept learning, *The International Journal of Learning*, 12 (7), 185-194.
- Yager, R. E. (1991). The Constructivist Learning Model. *Science Teacher*, 58(6), 52-57.

ΕΝΟΤΗΤΑ Γ. ΜΑΘΗΣΗ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΕΡΕΥΝΑ (ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΕΙΣ)

Οι «έρευνες» είναι διδακτικές καταστάσεις κατά τις οποίες οι μαθητές προσπαθούν να βρουν απάντηση σε ένα ερώτημα (Jones et al. 1992). Το ερώτημα τίθεται από τους μαθητές σε συνεργασία με το διδάσκοντα. Απαιτεί από τους μαθητές να σχεδιάσουν μια σειρά δραστηριοτήτων, να πραγματοποιήσουν τις δραστηριότητες και να συλλέξουν τα απαραίτητα δεδομένα, να οργανώσουν και να ερμηνεύσουν τα δεδομένα και τέλος να φτάσουν σε ένα συμπέρασμα (Garnett et al. 1995, Krajcik et al. 1998). Οι νέες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών αναγνωρίζουν τις «έρευνες» ως ουσιαστικό μέρος της διδασκαλίας για τη μάθηση των φυσικών επιστημών (AAAS 1993, Brown & Campione 1994, Roth 1995, NRC 1996, Lunetta 1998, Hackling 1998, Krajcik et al. 2000).

Στον παρακάτω πίνακα κατηγοριοποιούνται οι έρευνες σε επίπεδα.

επίπεδο	πρόβλημα	υλικά	πορεία	απάντηση	ονομασία
0	δίνεται	δίνεται	δίνεται	δίνεται	επαλήθευση
1	δίνεται	δίνεται	δίνεται	ανοιχτή	καθοδηγούμενη έρευνα
2α	δίνεται	δίνεται	ανοιχτή	ανοιχτή	ανοιχτή καθοδηγούμενη έρευνα
2β	δίνεται	ανοιχτά	ανοιχτή	ανοιχτή	ανοιχτή καθοδηγούμενη έρευνα
3	ανοιχτό	ανοιχτά	ανοιχτή	ανοιχτή	ανοιχτή έρευνα

Οι μαθητές που έχουν συνηθίσει να είναι παθητικοί δέκτες των γνώσεων του δασκάλου, θα εμφανίσουν σημαντικές δυσκολίες στο να σχεδιάσουν και να πραγματοποιήσουν μια έρευνα. Θα χρειαστούν λοιπόν εξοικείωση και υποστήριξη για τη διεξαγωγή της.

Τα φύλλα εργασίας της έρευνας είναι εργαλεία που καθοδηγούν τους μαθητές καθώς αυτοί σχεδιάζουν και εκτελούν την έρευνα, αναλύουν τα δεδομένα και εξάγουν συμπεράσματα. Στον Πίνακα 1, παρουσιάζονται ορισμένες ερωτήσεις που μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές στη διεξαγωγή μιας έρευνας (Hackling 1998).

Πίνακας 1. Ερωτήσεις κατάλληλες για διεξαγωγή έρευνας και σκοπιμότητά τους (Hackling 1998)

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΩΤΗΣΗΣ
Τι πρόκειται να ερευνήσω;	Οι μαθητές εστιάζονται στο πρόβλημα και σχηματίζουν μια ερώτηση που απαιτεί έρευνα.
Τι νομίζω ότι θα συμβεί;	Οι μαθητές κάνουν μια πρόβλεψη.
Γιατί νομίζω ότι θα συμβεί αυτό;	Οι μαθητές δικαιολογούν την πρόβλεψή τους χρησιμοποιώντας τις υπάρχουσες γνώσεις τους, τις πεποιθήσεις τους και τις εμπειρίες τους.
Τι πρόκειται να κάνω;	Οι μαθητές σχεδιάζουν την πορεία της έρευνας.
Τι θα χρειαστώ;	Οι μαθητές αναφέρουν τα υλικά και τα όργανα που θα χρησιμοποιήσουν.
Πως θα κάνω τον πρώτο έλεγχο;	Οι μαθητές σκέφτονται το σχέδιό τους για να βεβαιωθούν ότι οι δραστηριότητες που προτείνουν είναι εφικτές και ότι ελέγχουν τις μεταβλητές.
Ποιο το αποτέλεσμα;	Οι μαθητές καταγράφουν τις παρατηρήσεις και τις μετρήσεις τους.
Ήταν αυτό που περίμενα;	Οι μαθητές συγκρίνουν το αποτέλεσμα με την πρόβλεψή τους. Εντοπίζουν διαφορές μεταξύ των προβλέψεων και των δεδομένων που έχουν συλλέξει.
Γιατί συνέβη αυτό;	Οι μαθητές προσπαθούν να εξηγήσουν τα δεδομένα τους.
Τι ήταν δύσκολο για μένα σε αυτή την έρευνα;	Οι μαθητές ξανασκέφτονται τι έκαναν, πως το έκαναν, τι ήταν δύσκολο για αυτούς και ίσως τι δεν πήγε καλά.
Πως θα μπορούσα να επεκτείνω την έρευνά μου;	Οι μαθητές αναγνωρίζουν τις αδυναμίες της έρευνάς τους και προτείνουν βελτιώσεις.

Οι μαθητές επίσης, χρειάζονται επιπλέον υποστήριξη και βοήθεια στη διαμόρφωση ενός ερωτήματος για έρευνα, στο σχεδιασμό ή στη πραγματοποίηση μιας έρευνας. Προς αυτή την κατεύθυνση μπορούν να βοηθήσουν τα εξής επιπρόσθετα υποστηρικτικά εργαλεία όπως ο αλγόριθμος των ερωτήσεων και ο πίνακας των μεταβλητών.

- Ο αλγόριθμος των ερευνητικών ερωτήσεων.

Η γενική μορφή μιας ερευνητικής ερώτησης, με δύο κενά που πρέπει να συμπληρωθούν από τους μαθητές, έχει τη μορφή (Hackling 1998):

Τι συμβαίνει στην _____ όταν μεταβάλλουμε την _____;

Τα δύο κενά αντιστοιχούν στην εξαρτημένη μεταβλητή και στην ανεξάρτητη μεταβλητή αντίστοιχα. Αυτό το υποστηρικτικό εργαλείο, χωρίς να κατονομάζουμε στους μαθητές τους τύπους των μεταβλητών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να βοηθήσει τους μαθητές να διατυπώνουν ερωτήματα-προβλήματα.

Εναλλακτικά, η ερευνητική ερώτηση θα μπορούσε να έχει την ακόλουθη μορφή:

To _____ επηρεάζει το _____;

- Πίνακας μεταβλητών.

Ο πίνακας των μεταβλητών (Hackling & Faibrother 1996) αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για να βοηθήσει τους μαθητές να σχεδιάσουν πειράματα και να κατανοήσουν τους τρεις τύπους των μεταβλητών που χρειάζεται να εξετάζουν στη φάση της σχεδίασης μιας έρευνας.

Πίνακας 2. Πίνακας ελέγχου μεταβλητών (Hackling & Faibrother 1996)

Τι κρατώ ίδιο;	Τι αλλάζω;	Τι ελέγχω (τι μετρώ);
.....		
.....		
.....		

Με βάση τις ερωτήσεις σχεδίασης μιας έρευνας και τον πίνακα των μεταβλητών, διαμορφώθηκε ένα φύλλο εργασίας με το οποίο οι μαθητές καθοδηγούνται στη διεξαγωγή των ερευνών τους. Αυτό το φύλλο εργασίας της ομάδας για την διεξαγωγή μιας έρευνας, περιλαμβάνει τρία μέρη.

Το πρώτο μέρος του φύλλου εργασίας αφορά στη σχεδίαση της έρευνας και περιλαμβάνει ερωτήσεις που αναφέρονται στην αποσαφήνιση του ερωτήματος προς διερεύνηση, σε προβλέψεις των μαθητών γι' αυτό, στα υλικά που απαιτούνται και στα πειράματα που κατά τη γνώμη των μαθητών πρέπει να πραγματοποιηθούν.

Το δεύτερο μέρος του φύλλου εργασίας σχετίζεται με την πραγματοποίηση της έρευνας και περιλαμβάνει για κάθε προτεινόμενο πείραμα ένα πίνακα ελέγχου των μεταβλητών και ερωτήσεις που αναφέρονται σε προβλέψεις και εξηγήσεις για την έκβαση του πειράματος, στο αποτέλεσμα όπως προκύπτει από την εκτέλεση του πειράματος και στο συμπέρασμα που προκύπτει από αυτό.

Το τρίτο μέρος του φύλλου εργασίας αφορά στα συμπεράσματα που προκύπτουν από την πραγματοποίηση της έρευνας και περιλαμβάνει ερωτήσεις που αναφέρονται στις διαπιστώσεις των μαθητών από την πραγματοποίηση της έρευνας, στη σύγκριση των διαπιστώσεων και των προβλέψεων των μαθητών καθώς επίσης και σε πιθανές επεκτάσεις της έρευνας.

Σε ό,τι αφορά την πορεία διεξαγωγής της έρευνας, συνήθως ακολουθείται μια ορισμένη διαδικασία στις διδασκαλίες. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές:

- με τη βοήθεια του διδάσκοντα διατυπώνουν το πρόβλημα που θα ερευνηθεί,
- εργάζονται ατομικά με σκοπό να σχεδιάσουν την έρευνα και στη συνέχεια καταγράφουν την πορεία της έρευνας στα φύλλα εργασίας,
- συζητούν τις διαφορές προσεγγίσεις που έχουν προταθεί αρχικά με τους συμμαθητές της ομάδας εργασίας τους και στη συνέχεια με το σύνολο των συμμαθητών της τάξης και επιλέγεται η πορεία πραγματοποίησης της έρευνας,
- εργάζονται σε ομάδες για να εκτελέσουν τις πειραματικές δραστηριότητες, να συλλέξουν δεδομένα, να τα αναλύσουν και τέλος να εξάγουν συμπεράσματα,
- συγκρίνουν τις διαπιστώσεις τους από την πραγματοποίηση της έρευνας με τις αρχικές προβλέψεις τους.

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Σχεδίαση της έρευνας

🔧 Τι πρόκειται να ερευνήσω;

.....

.....

.....

🔧 Ποια είναι η άποψη μου;

.....

.....

.....

🔧 Γιατί το πιστεύω αυτό;

.....

.....

.....

.....

🔧 Ποιες μεταβλητές εμπλέκονται σε αυτό που θα ερευνήσω;

.....

.....

.....

.....

Τι αλλάζω;	Τι κρατώ ίδιο;	Τι ελέγχω;

Πραγματοποίηση της έρευνας

Τι χρειάζομαι;

.....

.....

.....

Τι θα κάνω;

.....

.....

.....

Μπορώ τα αποτελέσματα να τα παρουσιάσω σε ένα πίνακα;

Μπορώ τα αποτελέσματα να τα παρουσιάσω σε ένα διάγραμμα;

Συμπεράσματα

🔔 Τι διαπίστωσα από την έρευνα που έκανα;

🔔 Αυτό που διαπίστωσα ήταν αυτό που περίμενα;

🔔 Τι δυσκολίες συνάντησα σε αυτή την έρευνα;

🔔 Πως μπορώ να βελτιώσω την έρευνα αυτή;

🔔 Τι άλλο θέλω να ερευνήσω;

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΗΣ ΣΕ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ (1)

Σχεδίαση της έρευνας

⌋ Τι πρόκειται να ερευνήσω;

Η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει το χρόνο που χρειάζεται για να διαλυθεί η ζάχαρη σε αυτό;

⌋ Ποια είναι η άποψη μου;

Η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει το χρόνο που χρειάζεται για να διαλυθεί η ζάχαρη σε αυτό. Όσο πιο υψηλή είναι η θερμοκρασία του νερού τόσο πιο γρήγορα διαλύεται η ζάχαρη.

⌋ Γιατί το πιστεύω αυτό;

...

⌋ Ποιες μεταβλητές εμπλέκονται σε αυτό που θα ερευνήσω;

θερμοκρασία νερού
ποσότητα νερού
ποσότητα ζάχαρης
τρόπος που αναδεύω
χρόνος που χρειάζεται η ζάχαρη για να διαλυθεί

Τι αλλάζω;	Τι κρατώ ίδιο;	Τι μετρώ;
θερμοκρασία νερού	ποσότητα νερού ποσότητα ζάχαρης τρόπος που αναδεύω	χρόνο που χρειάζεται η ζάχαρη για να διαλυθεί

Πραγματοποίηση της έρευνας

Τι χρειάζομαι;

...

Τι θα κάνω;

- (α) Παίρνω τρία ίδια ποτήρια που περιέχουν την ίδια ποσότητα νερού διαφορετικών θερμοκρασιών (20°C, 40°C και 100°C).
(β) Σε κάθε ποτήρι διαλύω 10 γραμμάρια ζάχαρης αναδεύοντας με τον ίδιο τρόπο.
(γ) Μετρώ το χρόνο διάλυσης της ζάχαρης κάθε φορά.



20°C



40°C



100°C

Μπορώ τα αποτελέσματα να τα παρουσιάσω σε ένα πίνακα;

Θερμοκρασία του νερού (°C)	Χρόνος διάλυσης της ζάχαρης στο νερό (σε δευτερόλεπτα)
20	26
40	17
100	6

Συμπεράσματα

⌚ Τι διαπίστωσα από την έρευνα που έκανα;

Η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει το χρόνο που χρειάζεται για να διαλυθεί η ζάχαρη σε αυτό. Όσο πιο ψηλή είναι η θερμοκρασία του νερού τόσο πιο μικρός είναι ο χρόνος που χρειάζεται η ζάχαρη για να διαλυθεί σε αυτό.

⌚ Αυτό που διαπίστωσα ήταν αυτό που περίμενα;

...

⌚ Τι δυσκολίες συνάντησα σε αυτή την έρευνα;

...

⌚ Πως μπορώ να βελτιώσω την έρευνα αυτή;

...

⌚ Τι άλλο θέλω να ερευνήσω;

...

Η ποσότητα του νερού επηρεάζει το χρόνο που χρειάζεται για να διαλυθεί η ζάχαρη σε αυτό;

...

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΗΣ ΣΕ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ (2)

Σχεδίαση της έρευνας

🔍 Τι πρόκειται να ερευνήσω;

Το χρώμα του περιτυλίγματος επηρεάζει το χρόνο που λιώνει το παγωτό;

🔍 Ποια είναι η άποψη μου;

...

🔍 Γιατί το πιστεύω αυτό;

...

🔍 Ποιες μεταβλητές εμπλέκονται σε αυτό που θα ερευνήσω;

*χρώμα περιτυλίγματος
είδος και μέγεθος παγωτών,
αρχική θερμοκρασία,
συνθήκες περιβάλλοντος,
είδος περιτυλίγματος
χρόνος που χρειάζεται για να λιώσει το παγωτό*

Τι αλλάζω;	Τι κρατώ ίδιο;	Τι μετρώ;
<i>χρώμα περιτυλίγματος</i>	<i>είδος και μέγεθος παγωτών, αρχική θερμοκρασία, συνθήκες περιβάλλοντος, είδος περιτυλίγματος</i>	<i>χρόνο που χρειάζεται για να λιώσει το παγωτό</i>

Πραγματοποίηση της έρευνας

Τι χρειάζομαι;

...

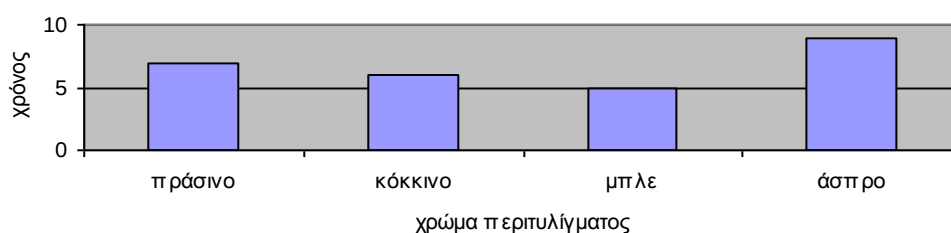
Τι θα κάνω;

*(α) Παίρνω τρία όμοια παγωτά με περιτυλίγματα από το ίδιο υλικό αλλά διαφορετικού χρώματος.
(β) Τα αφήνω στον ίδιο χώρο.
(γ) Παρατηρώ τα παγωτά και σημειώνω το χρόνο που χρειάστηκε να λιώσει κάθε ένα.*

Μπορώ τα αποτελέσματα να τα παρουσιάσω σε ένα πίνακα;

χρώμα περιτυλίγματος	χρόνος που χρειάζεται για να λιώσει το παγωτό
πράσινο	7'
κόκκινο	6'
μπλε	5'
άσπρο	9'

Μπορώ τα αποτελέσματα να τα παρουσιάσω σε ένα διάγραμμα;



Συμπεράσματα

🔍 Τι διαπίστωσα από την έρευνα που έκανα;

Το χρώμα του περιτυλίγματος επηρεάζει το χρόνο που λιώνει το παγωτό. Το παγωτό με το μπλε περιτύλιγμα έλιωσε πιο γρήγορα...

🔍 Αυτό που διαπίστωσα ήταν αυτό που περίμενα;

...

🔍 Τι δυσκολίες συνάντησα σε αυτή την έρευνα;

...

🔍 Πως μπορώ να βελτιώσω την έρευνα αυτή;

...

🔍 Τι άλλο θέλω να ερευνήσω;

...

Η ποσότητα του παγωτού επηρεάζει το χρόνο που αυτό λιώνει;

...

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ 1

Για τα παρακάτω προβλήματα να διατυπώσετε το ερευνητικό ερώτημα, να κάνετε μια υπόθεση, να συμπληρώσετε τον πίνακα ελέγχου των μεταβλητών και να περιγράψετε το πείραμα που θα προτείνατε.

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 1: Ο Κώστας παρατήρησε ότι ήταν δύσκολο να ψήνει καφέδες στα παλιά μπρίκια που δεν είχαν πλαστικό χερούλι, γιατί καιγόταν. Υπέθεσε ότι η θερμότητα διαδίδεται εύκολα μέσα από τα μεταλλικά χερούλια. Με ποιο τρόπο μπορείτε να εξετάσετε την υπόθεση του Κώστα;

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 2: Η Ρένα παρατήρησε ότι το αυτοκίνητό της δεν σταματά εύκολα όταν βρέχει. Υπέθεσε ότι στους βρεγμένους δρόμους μειώνεται η τριβή με αποτέλεσμα να μην σταματά εύκολα το αυτοκίνητο. Με ποιο τρόπο μπορείτε να εξετάσετε αν είναι σωστή η υπόθεσή της;

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 3: Ο Φώτης έχει γεμίσει το σπίτι με κεριά. Έχει παρατηρήσει ότι όταν καλύπτει ένα κερί με ένα βάζο το κερί μένει αναμμένο για λίγο και μετά σβήνει. Διερωτήθηκε αν βάζοντας μεγαλύτερο βάζο θα έμενε περισσότερη ώρα αναμμένο το κερί. Ποια διερεύνηση έπρεπε να οργανώσει;

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 4: Ο Μανώλης προσπαθούσε να επιλέξει ποιο χρώμα πουκαμίσου να αγοράσει, ώστε αυτό να απορροφά όσο το δυνατό λιγότερη θερμότητα όταν το φορά το καλοκαίρι. Ποια διερεύνηση έπρεπε να οργανώσει για να αποφασίσει;

ΘΕΜΑ 2

Για τα παρακάτω ερωτήματα να συμπληρώσετε ένα φύλλο διερεύνησης:

- (α) Ο αριθμός των μπαταριών επηρεάζει τη δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη;
- (β) Η σύσταση του καρφίου επηρεάζει τη δύναμη έλξης ενός ηλεκτρομαγνήτη;
- (γ) Ο αριθμός των σπειρών επηρεάζει τη δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη;

ΘΕΜΑ 3

Η Ελένη έφτιαξε κιθάρες. Διερεύνησε αν το μήκος των χορδών επηρεάζει την ένταση του ήχου που παράγεται. Πήρε δύο όμοια χάρτινα κουτιά. Έφτιαξε χορδές από μαλλί και κλωστή και τις στερέωσε με τρόπο που αυτές να έχουν διαφορετικό μήκος.

Πιστεύεις ότι είναι «δίκαιο» το πείραμά της; Γιατί;

ΕΝΟΤΗΤΑ Δ. ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΜΠΟΔΙΩΝ

Εμπόδια και αντιλήψεις

Είναι αποδεκτό ότι τα παιδιά έχουν και χρησιμοποιούν αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (Driver, Guesne & Tiberghien 1985). Καθώς οι αντιλήψεις αφορούν μια συγκεκριμένη εννοιολογική περιοχή των Φυσικών Επιστημών, έχουν έναν τοπικό χαρακτήρα. Αντίθετα, η έννοια του εμποδίου, αν και συνδέεται στενά με αυτή των αντιλήψεων, εντούτοις μπορεί να χαρακτηριστεί ως πλέον γενική και εγκάρσια έννοια. Το εμπόδιο δηλαδή έχει ένα περισσότερο γενικό χαρακτήρα, συγκρινόμενο με τις αντιλήψεις, εφόσον άπτεται πιο γενικών τρόπων σκέψης και έχει ένα περισσότερο εγκάρσιο χαρακτήρα καθώς είναι δυνατό να αφορά σε διάφορες εννοιολογικές περιοχές των Φυσικών Επιστημών. Με άλλα λόγια, από το ίδιο δηλαδή εμπόδιο είναι δυνατό να απορρέουν ποικίλες αντιλήψεις για διάφορες έννοιες. Σύμφωνα λοιπόν με αυτή τη θεώρηση, «οι αντιλήψεις συνιστούν περισσότερο εκδηλώσεις ενός εμποδίου, παρά αυτό καθαυτό το εμπόδιο» και το εμπόδιο συνιστά ένα είδος «σκληρού πυρήνα» των αντιλήψεων (Peterfalvi 1995, σελ. 133). Έτσι, η επεξεργασία ενός εμποδίου επιφέρει τροποποίηση των συνδεόμενων με αυτό αντιλήψεων, ενώ δεν ισχύει πάντα το αντίστροφο. Η συγκρότηση δηλαδή διδακτικών καταστάσεων που αποσκοπούν στη σημειακή υπέρβαση καθεμιάς από τις αντιλήψεις, δεν συνεπάγεται και την υπέρβαση των εμποδίων από τις οποίες πηγάζουν. Είναι δυνατό να τροποποιηθούν ορισμένες από τις αντιλήψεις μολονότι το σχετιζόμενο εμπόδιο παραμένει ενεργό.

Ένα συστατικό χαρακτηριστικό των αντιλήψεων είναι η αντίσταση που παρουσιάζουν σε κάθε προσπάθεια ιδιοποίησης της γνώσης. Οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί πάνω στις αντιλήψεις έχουν καταδείξει ότι: «ακόμα και στην περίπτωση που τα παιδιά αποδέχονται τις επεξηγήσεις του ενήλικα, αυτό δε συμβαίνει παρά ένα ελάχιστο χρονικό διάστημα, πριν τις ξεχάσουν και ξαναγυρίσουν στις αρχικές τους αντιλήψεις... Αν οι αντιλήψεις των παιδιών έγιναν ένα προνομιούχο αντικείμενο έρευνας, είναι όχι μόνο γιατί θεωρούνται ως αυθεντικές παραγωγές της παιδικής σκέψης, αλλά επίσης διότι οι αντιλήψεις αντιστέκονται στις προτεινόμενες απ' έξω τροποποιήσεις» (Henriques 1987, σελ. 57-58). Επίσης, οι Johsua και Dupin (1987) επισημαίνουν ότι: «η αντίσταση αυτού του είδους των αντιλήψεων πρέπει να μας απασχολήσει πάνω στο τι δημιουργεί αυτή τη σταθερότητα» (σελ. 33). Αυτή η σταθερότητα των αντιλήψεων θα μπορούσε να αποδοθεί στην ύπαρξη των εμποδίων, που, όπως έχει αναφερθεί, συνιστούν το «σκληρό πυρήνα» των αντιλήψεων που τις υποβαστάζουν.

Επίσης, οι αντιλήψεις είναι περισσότερο «κοντά» στις απαντήσεις των παιδιών και κατά συνέπεια έχουν ένα περισσότερο συγκεκριμένο χαρακτήρα συγκρινόμενες με τα εμπόδια. Αντίθετα, τα εμπόδια σχετίζονται περισσότερο με την οπτική γωνία κάτω από την οποία τα προσεγγίζει ο ερευνητής. Ως εκ τούτου τα εμπόδια έχουν ένα περισσότερο υποθετικό χαρακτήρα σε σύγκριση με τις αντιλήψεις.

Διδακτική προσέγγιση της έννοιας του εμποδίου κατά Bachelard

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται συνοπτικά, έτσι όπως τα προσδιορίζει ο Fabre (1995), τα κύρια συστατικά χαρακτηριστικά της έννοιας του εμποδίου κατά Bachelard, τα οποία ενέχουν ένα διδακτικό ενδιαφέρον, και οι επιπτώσεις αυτών των χαρακτηριστικών στη διδακτική επεξεργασία των εμποδίων. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται: (α) η εσωτερικότητα του εμποδίου, (β) η θετικότητα του εμποδίου, (γ) ο επαμφοτερίζων χαρακτήρας του εμποδίου, (δ) η εκ των υστέρων αναγνώριση του εμποδίου και (ε) η πολυμορφία του εμποδίου.

(α) Η εσωτερικότητα του εμποδίου

Η έννοια του εμποδίου ποικίλλει, ανάλογα με την οπτική γωνία που εξετάζεται. Στη συνήθη περίπτωση που η νοητική εξέλιξη θεωρείται ως απλή συσσωρευτική διαδικασία γνώσεων αποδίδεται στο εμπόδιο ένας περισσότερο εξωτερικός χαρακτήρας. Είναι αυτό που αντιτίθεται ή που παρεμποδίζει την επίτευξη ενός σκοπού και οφείλεται κυρίως στην πολυπλοκότητα και στον εφήμερο χαρακτήρα των φαινομένων ή στην αδυναμία των αισθήσεων.

Σύμφωνα όμως με τον Bachelard, τα εμπόδια εμφανίζονται ως λειτουργική αναγκαιότητα στο εσωτερικό της ίδιας της πράξης του γινώσκειν: «Δεν πρόκειται να θεωρηθούν τα εξωτερικά εμπόδια, όπως η πολυπλοκότητα ή η ολιγάρκεια των φαινομένων, ούτε να ενοχοποιηθεί η αδυναμία των ανθρώπινων αισθήσεων και πνεύματος: είναι στην ίδια τη δραστηριότητα της γνώσης, ενδόμυχα, όπου εμφανίζονται, από ένα είδος λειτουργικής αναγκαιότητας, βραδύτητες και διαταραχές» (Bachelard 1986, σελ. 13-14). Συνεπώς, ο Bachelard αποδίδει στο εμπόδιο ένα περισσότερο εσωτερικό χαρακτήρα.

Αυτή η θεώρηση του εσωτερικού χαρακτήρα του εμποδίου έχει συνέπειες στο επίπεδο της διδακτικής επεξεργασίας του. Εφόσον το εμπόδιο εμφανίζεται στο εσωτερικό της ίδιας της πράξης του γινώσκειν, η διδακτική στρατηγική που θα ακολουθηθεί κατά τη διδακτική επεξεργασία του είναι απαραίτητο να στοχεύει στην εμφάνιση του εμποδίου και να μην αποσκοπεί στην αποφυγή του.

(β) Η θετικότητα του εμποδίου

Στην παραδοσιακή παιδαγωγική, η έννοια του εμποδίου τείνει να είναι φορτισμένη αρνητικά καθώς εκλαμβάνεται περισσότερο ως ένα κενό γνώσεων. Στην περίπτωση αυτή, το λάθος εξομοιώνεται με έλλειψη και ως στόχος τίθεται η αποφυγή του εμποδίου.

Αν και ο Bachelard χαρακτηρίζει καταρχήν τα εμπόδια ως αρνητικά, ταυτόχρονα αναγνωρίζει μια θετική διάσταση στην αρνητική λειτουργία τους. Σύμφωνα με αυτόν, το εμπόδιο δεν αποτελεί αποτέλεσμα της άγνοιας, της αβεβαιότητας, της τύχης, ή έλλειψη αυτού που το διαπράττει. Αντίθετα το εμπόδιο είναι κατάμεστο από εμπειρικές γνώσεις και αποτελεί μάρτυρα των διαδικασιών σκέψης του ατόμου. «Οι διαισθήσεις είναι πολύ χρήσιμες: χρησιμεύουν στο να καταρριφθούν. Καταρρίπτοντας τις πρώτες εικόνες της, η επιστημονική σκέψη ανακαλύπτει τους οργανικούς νόμους της» (Bachelard 1983, σελ. 139).

Η θετική διάσταση στη λειτουργία του εμποδίου σηματοδοτεί ορισμένες συνέπειες στο επίπεδο της διδακτικής επεξεργασίας του. Η διδακτική στρατηγική που θα ακολουθηθεί δε θα πρέπει να στοχεύει τόσο στην προσθήκη νέων γνώσεων, όσο στην επεξεργασία των γνώσεων που ήδη κατέχουν οι μαθητές, στο πλαίσιο μιας διαδικασίας αποδόμησης αυτών των γνώσεων. Το εμπόδιο δεν αποτελεί τόσο μια νοητική «δυσκολία», όσο μια νοητική «ευκολία» στη σκέψη του μαθητή. Κατά τη διδακτική επεξεργασία του εμποδίου απαιτείται, λοιπόν, να εισαχθεί μια νοητική «δυσκολία» εκεί που κατά κανόνα υπάρχει νοητική «ευκολία».

(γ) Ο «επαμφοτερίζων» χαρακτήρας του εμποδίου (εργαλείο/εμπόδιο)

Στο βαθμό που το εμπόδιο δεν είναι κενό, αλλά γεμάτο από γνώσεις, υπάρχει ο κίνδυνος να θεωρηθεί ως ένα παγιωμένο «αντικείμενο», το οποίο αποτελεί ένα τρόπο σκέψης που πρέπει να απορριφθεί από μόνος του.

Η θεώρηση του εμποδίου ως παγιωμένου «αντικειμένου» αποσιωπά μια σημαντική διάσταση του εμποδίου, τη λειτουργία του. Σύμφωνα με τον Bachelard, για την κατανόηση της έννοιας του εμποδίου απαιτείται μια μετάβαση από την ουσιοκρατική θεώρησή του στη λειτουργία του (νοητικά παγιωμένα αντικείμενα που συχνά παραθέτουμε σε καταλόγους), στη διαλεκτική σχέση εργαλείου-εμποδίου (Fabre 1995). Συγκεκριμένα, μια αντίληψη που λειτουργεί ως εργαλείο για την επίλυση προβλημάτων σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο μπορεί ταυτόχρονα να λειτουργεί ως εμπόδιο σε ένα διαφορετικό πλαίσιο. Συνεπώς, η έννοια του εμποδίου παύει να έχει ένα μονολεκτικό χαρακτήρα, γίνεται διαλεκτική (εργαλείο/εμπόδιο).

Αυτή η διαλεκτική θεώρηση του εμποδίου (εργαλείο/εμπόδιο) επιφέρει ορισμένες συνέπειες στο επίπεδο της διδακτικής επεξεργασίας του. Η διδακτική στρατηγική που θα ακολουθηθεί επιβάλλεται να στοχεύει στον προσδιορισμό των ορίων εφαρμογής των γνώσεων του μαθητή και στην εμφάνιση μιας νοητικής «δυσκολίας» στη σκέψη του, προκειμένου να αρχίσει η διαδικασία της εννοιολογικής αναδόμησης του εμποδίου.

(δ) Η εκ των υστέρων αναγνώριση του εμποδίου

Το εμπόδιο δεν αναγνωρίζεται παρά μόνο εκ των υστέρων. Σύμφωνα με τον Bachelard (1998): «Το επιστημονικό πνεύμα αποτελεί κατ' ουσίαν διόρθωση της γνώσης, διεύρυνση των γνωστικών πλαισίων. Αυτό κρίνει την παρελθούσα ιστορία του καταδικάζοντάς την. Δομή του είναι η συνείδηση των ιστορικών λαθών του» (σελ. 173). Το παρελθόν λοιπόν, αξιολογείται υπό το φως του παρόντος και, την ίδια στιγμή, αυτή η αξιολογική εξιστόρηση συμβάλλει στην παρούσα σκέψη και την κατανόησή της. «Επανερχόμενοι σε ένα παρελθόν λαθών, βρίσκουμε την αλήθεια μέσα από μια αληθινή νοητική μεταμέλεια» (Bachelard 1986, σελ. 13). Μόνο λοιπόν μια εκ των υστέρων μελέτη των λαθών του παρελθόντος μπορεί να μας επιτρέψει να τα αναγνωρίσουμε ως λάθη.

Η διδακτική στρατηγική που θα ακολουθηθεί λοιπόν κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των εμποδίων είναι απαραίτητο να αφιερώνει ικανό χρόνο στη διαδικασία αναγνώρισης του εμποδίου από τους μαθητές. Αυτό που είναι αναγκαίο να επιδιωχθεί είναι να αναπτυχθεί η ικανότητα του μαθητή, να αναγνωρίζει το εμπόδιο εκ των υστέρων. Να αναγνωρίζει δηλαδή ότι πρόκειται για εμπόδιο και να το αποφεύγει, όποτε αυτό επανεμφανίζεται.

(ε) Η πολυμορφία του εμποδίου

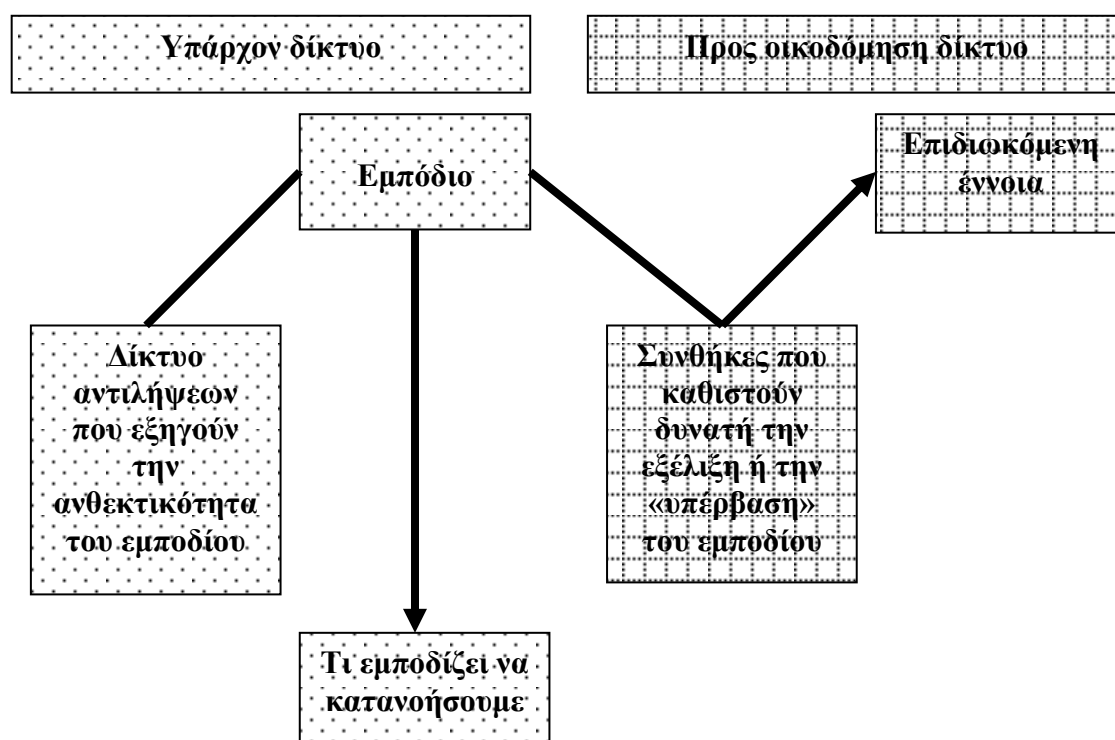
Η συγκρότηση των εμποδίων δεν περιορίζεται αποκλειστικά στο γνωστικό πεδίο, αλλά επιπλέον δέχεται πιθανώς επιρροές και άλλων πεδίων, όπως το συναισθηματικό, το μυθικό και το κοινωνικό. Με άλλα λόγια, τα εμπόδια είναι συμβολικά φορτισμένα (Orange 1993, σελ. 15).

Στο πλαίσιο μιας διδακτικής προσέγγισης του εμποδίου θα περιοριστούμε στο γνωστικό πεδίο, γιατί δεν είναι εφικτό να λάβουμε υπόψη τα άλλα πεδία, όταν διαμορφώνουμε διδακτικές καταστάσεις για τη σχολική τάξη. Είναι όμως δυνατό να επικαλεστούμε τις άλλες διαστάσεις του εμποδίου προκειμένου να ερμηνεύσουμε την πιθανώς περιορισμένη αποτελεσματικότητα των διδακτικών καταστάσεων που στόχευαν στην επεξεργασία του εμποδίου.

Δυναμικά δίκτυα εμποδίων

Το δυναμικό δίκτυο ενός εμποδίου περιλαμβάνει (Astolfi & Peterfalvi 1993, σελ. 111-113) το υπάρχον εννοιολογικό δίκτυο μέσα στο οποίο εντάσσεται το εμπόδιο και το προς οικοδόμηση δίκτυο (βλ. Σχήμα 1).

- Το υπάρχον εννοιολογικό δίκτυο συνίσταται στα εξής:
 - Το εμπόδιο, που αντιστέκεται στη μάθηση.
 - Το δίκτυο των αντιλήψεων που συνδέονται με αυτό το εμπόδιο και εξηγούν την ανθεκτικότητά του. Πρόκειται για τις σχετιζόμενες αντιλήψεις, οι οποίες ενέχουν μια ερμηνευτική θετική λειτουργία για το μαθητή και επιτρέπουν την οικονομία της σκέψης (Peterfalvi 2001).
 - Τι παρεμποδίζει να κατανοήσουμε το εμπόδιο. Πρόκειται για τον προσδιορισμό εκείνων ακριβώς των εννοιολογικών στοιχείων που η πρόσληψή τους παρακωλύεται από τη λειτουργία του εμποδίου.
- Το προς οικοδόμηση δίκτυο συνίσταται στα εξής:
 - Η επιδιωκόμενη έννοια, η οποία αναπαριστά τη νοητική πρόοδο που έχει ως στόχο η διδασκαλία.
 - Οι συνθήκες δυνατότητας για την εξέλιξη του εμποδίου και την «υπέρβασή» του. Στο πλαίσιο του, ο εκπαιδευτικός συγκροτεί τις διδακτικές καταστάσεις που θα μπορούσαν να επιτρέψουν μια νοητική εξέλιξη στους μαθητές.



Σχήμα 1. Δυναμικό δίκτυο ενός εμποδίου

Πηγή: Astolfi J. P., Peterfalvi B., (1993), σελ. 112.

Φάσεις διδακτικής επεξεργασίας εμποδίων

Η διδακτική επεξεργασία του εμποδίου, που προτείνουν οι Astolfi και Peterfalvi (1997), περιλαμβάνει μια φάση αποσταθεροποίησης του εμποδίου, μια φάση εννοιολογικής αναδόμησης και μια φάση αναγνώρισης του εμποδίου από τον μαθητή.

α. Φάση «αποσταθεροποίησης» του εμποδίου

Η φάση αυτή έχει ως στόχο να ανασυρθούν οι αντιλήψεις των μαθητών και να συνειδητοποιηθούν από τους μαθητές οι διαφωνίες που υπάρχουν ανάμεσά τους.

Στον Πίνακα 3, διακρίνουμε έναν αριθμό δυναμικών αρχών (που αντιστοιχούν στις νοητικές διαδικασίες που προσπαθούμε να προκαλέσουμε ή να συνάγουμε) και μια σειρά ενδεικτικών στοιχείων διδακτικών διατάξεων (που πριμοδοτούν αυτές τις νοητικές διαδικασίες) κατά τη φάση της αποσταθεροποίησης του εμποδίου.

Πίνακας 3. Αρχές και τρόποι διδακτικής επεξεργασίας των εμποδίων κατά τη φάση της αποσταθεροποίησής του

ΑΠΟΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΕΜΠΟΔΙΟΥ	
ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ
1. <i>Παροδική ενίσχυση του εμποδίου</i>	- Δημιουργία ομάδων μαθητών με αποκλίνουσες απόψεις
2. <i>Επισήμανση και αποσαφήνιση των αντιλήψεων</i>	- Ζητείται γραπτή έκφραση των ιδεών των μαθητών - Ζητούνται προβλέψεις συνοδευόμενες από τις αιτιολογήσεις τους - Ζητείται η κατασκευή μακετών ή αναλογικών μοντέλων
3. <i>Συνειδητοποίηση ασυμφωνιών</i>	- Εισαγωγή ετερογενών δεδομένων από άλλες τάξεις - Παρουσίαση ενός μοντέλου σε ρήξη με τις ιδέες που εκφράστηκαν προηγουμένως - Εισαγωγή ιστορικών κειμένων που προκαλούν έκπληξη - Πρόταση ενός πειράματος που εκπλήσσει - Πρόταση παιχνιδιού-ρόλων όπου ο καθένας επιχειρηματολογεί μια άποψη διαφορετική από τη δική του - Δημιουργία διαφόρων ομάδων, όπου η κάθε μία διαθέτει διαφορετικά υλικά, για τη διεκπεραίωση ενός έργου που απαιτεί τη συνεργασία τους - Δημιουργία ενός πάνελ αντιπροσώπων των ομάδων με αποκλίνουσες απόψεις - Δημιουργία ομάδων μαθητών με αποκλίνουσες απόψεις που να διαδέχονται τις ομάδες με συγκλίνουσες απόψεις

Πηγή: Astolfi J. P., Peterfalvi B., (1997), σελ. 210-212.

β. Φάση «εννοιολογικής αναδόμησης» του εμποδίου

Σκοπός αυτής της φάσης είναι η κατασκευή εκ μέρους των μαθητών μιας εναλλακτικής αντίληψης προς την κατεύθυνση της επιθυμητής γνώσης, τουλάχιστον το ίδιο εύχρηστης όσο και η προηγούμενη αντίληψή τους.

Στον Πίνακα 4, διακρίνουμε έναν αριθμό δυναμικών αρχών και μια σειρά ενδεικτικών στοιχείων διδακτικών διατάξεων κατά τη φάση της εννοιολογικής αναδόμησης του εμποδίου (Astolfi & Peterfalvi 1997).

Πίνακας 4. Αρχές και τρόποι διδακτικής επεξεργασίας των εμποδίων κατά τη φάση της εννοιολογικής αναδόμησής τους

ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ Ή ΑΝΑΔΟΜΗΣΗ	
1. <i>Θεμελίωση της εγκυρότητας της εννοιολογικής κατασκευής</i>	- Συσχέτιση των πειραματικών αποτελεσμάτων - Επικύρωση μιας ιδέας μέσω ενός «κρίσιμου» πειράματος που αποβλέπει στην απόδειξή της - Συσχέτιση διαφόρων στοιχείων στο πλαίσιο ενός ορισμένου «τύπου», είτε δοσμένου είτε προς ανεύρεση (μέσω επικοινωνίας με άλλους)
2. <i>Δυνατότητα στοχασμού της εννοιολογικής κατασκευής</i>	- Επεξεργασία ενός ή περισσότερων μοντέλων και συστηματική χρήση τους - Κατασκευή ενός συνθετικού σχήματος - Σαφής χρήση μεταφορών και αναλογιών, μέσω συγκρίσεων όρου προς όρου με την έννοια
3. <i>Κατάκτηση «εύχρηστης» διαθεσιμότητας της νέας έννοιας (ή του τρόπου σκέψης)</i>	- Πρόταση πραγματοποίησης ποικίλων ασκήσεων που ενεργοποιούν την έννοια ώστε να γίνει διαθέσιμη - Παραλλαγή των διατυπώσεων και των συμβολικών κωδικοποιήσεων - Πραγματοποίηση πολλαπλών δραστηριοτήτων που απαιτούν την επιλογή ενός κατάλληλου μοντέλου - Μετά από ένα χρονικό διάστημα, επεξεργασία εκ νέου παλαιότερης άσκησης ή παρόμοιάς της - Επίλυση ενός προβλήματος όπου εμπλέκονται άτακτα ήδη μελετημένες έννοιες - Χρήση της έννοιας για την κατανόηση μιας «εκτός εργαστηρίου» κατάστασης - Προφορική ή γραπτή επεξήγηση του τι έχει κατανοηθεί σε άλλους - Πραγματοποίηση προβλέψεων χρησιμοποιώντας τον νέο τρόπο σκέψης - Παραλλαγή των διατυπώσεων αλλάζοντας τα επίπεδα ανάλυσης

Πηγή: Astolfi J. P., Peterfalvi B., (1997), σελ. 210-212.

γ. Φάση «αναγνώρισης» του εμποδίου από τους μαθητές

Η φάση αυτή, έχει ως στόχο την ανάπτυξη, στους μαθητές, της ικανότητας αναγνώρισης των εκδηλώσεων των εμποδίων με σκοπό την αποφυγή τους σε περιπτώσεις επανεμφάνισής τους.

Τα εμπόδια συνήθως, αποδεικνύονται ιδιαίτερα ανθεκτικά, παρά την διδακτική επεξεργασία τους κατά τις δύο προηγούμενες φάσεις (αποσταθεροποίηση και εννοιολογική αναδόμηση). Φαίνεται ότι δεν καταργούνται εντελώς, αλλά τις περισσότερες φορές επανέρχονται και επομένως αυτό που μπορούμε να επιδιώξουμε είναι να αναπτύξουμε την ικανότητα στο μαθητή να αναγνωρίζει το εμπόδιο: «Τα εμπόδια δεν καταργούνται και δε θα καταργηθούν ποτέ. Εξ ορισμού, υποκύπτουμε, επανερχόμαστε, αρεσκόμαστε. Το εμπόδιο είναι μια συνεχής επανάληψη...Το πέρας της επεξεργασίας του εμποδίου (αν μπορεί να υπάρξει πέρας), δεν μπορεί να είναι η υπερπήδησή του, εφόσον ποτέ δεν ξεπερνιέται στα σίγουρα. Αυτό που λογικά μπορούμε να επιδιώξουμε, είναι να αναπτύξουμε την ετοιμότητα κάποιου ούτως ώστε να αναγνωρίζει με διαύγεια το παιχνίδι του εμποδίου (έστω και εκ των υστέρων). Ακόμα, να αναγνωρίζει ότι πρόκειται για εμπόδιο, όταν αυτό παρουσιάζεται τυχαία, με χαμόγελο έστω προσποιητό» (Astolfi & Peterfalvi 1997, σελ. 194).

Η φάση της αναγνώρισης του εμποδίου, δεν υποκαθιστά την εννοιολογική δόμηση η οποία παραμένει ο τελικός σκοπός της εκπαίδευσης, αλλά συμβάλλει στη σταθεροποίηση της έννοιας. Η έννοια κτίζεται «ενάντια σε κάτι», και η διατύπωση αυτού του «κάτι» είναι καθοριστική για τον ορισμό της (Peterfalvi 1997).

Διάφορες καταστάσεις ή προϋποθέσεις πριμοδοτούν την διαδικασία αναγνώρισης των εμποδίων από τους μαθητές. Σε αυτές συμπεριλαμβάνονται (Peterfalvi 1997):

(α) *Στοχαστική αποστασιοποίηση.* Στην αναγνώριση του εμποδίου συμβάλλει η στοχαστική αποστασιοποίηση του μαθητή από αυτό. Το να αναφέρεται ο μαθητής στο εμπόδιο μέσα από μια πρόταση που διατυπώνει, αποτελεί ένα δείκτη της αποστασιοποίησης αυτής. Η αποστασιοποίηση μπορεί να αφορά τον ίδιο το μαθητή στο παρελθόν, ή κάποιο άλλο πρόσωπο ή σύνολο προσώπων. Είναι μια «δεύτερη ματιά» που επιτρέπει στο πρόσωπο που μιλάει να διαχωριστεί από τη διατυπωμένη ιδέα.

(β) *Μετακινήσεις από το τοπικό προς το εγκάρσιο.* Μια και οι διατυπώσεις των μαθητών τοποθετούνται περισσότερο στην πλευρά του τοπικού, ενδιαφέρον παρουσιάζει να προκαλέσουμε μετακινήσεις προς το εγκάρσιο, ή να αναζητήσουμε πολλαπλά παραδείγματα ικανά να ενεργοποιήσουν τη μετακίνηση αυτή. Αυτού του είδους η μετακίνηση ευνοεί την αναγνώριση των εμποδίων από τους μαθητές.

(γ) *Αιτιολόγηση λανθασμένων προτάσεων.* Μια άλλη δυναμική όψη της λειτουργίας της σκέψης παρουσιάζεται όταν αιτιολογούμε ή επεξηγούμε προτάσεις που αναγνωρίζονται ως εσφαλμένες. Αυτές οι θεωρήσεις σχετικά με τη διαδικασία που αιτιολογεί το «λάθος» είναι τόσο σημαντικές για την κατανόηση της δυναμικής της λειτουργίας του εμποδίου όσο και αυτές που αναφέρονται σ' αυτό που το εμπόδιο παρεμποδίζει.

(δ) *Χρήση συμβολικών στηριγμάτων.* Τα συμβολικά στηρίγματα που χρησιμοποιούνται διαδραματίζουν έναν ειδικό ρόλο στη δυναμική της αναγνώρισης των εμποδίων (Vérin 1995). Η πρωταρχική λειτουργία μερικών από αυτά, είναι να επεξηγούν την ιδέα που «προκαλεί το εμπόδιο». Σε άλλες περιπτώσεις, πρωταρχική λειτουργία τους είναι να υπενθυμίζουν την ιδέα «εμπόδιο», σε καινούργιες καταστάσεις. Το όφελος της χρησιμοποίησης εικόνων ή σχημάτων σ' αυτήν τη διαδικασία έγκειται κυρίως στο γρήγορο συνειρμικό χαρακτήρα τους. Μπορούν να διαδραματίσουν ένα σημαντικό ρόλο στην ενεργοποίηση και την αναγνώριση της ιδέας-εμπόδιο και στην επιλογή καταγραφών της σκέψης που αποφεύγουν το

εμπόδιο. «Το να μιλάει κανείς γι' αυτό που γράφει, το να γράφει γι' αυτό που λέει, το να σχηματοποιεί το λόγο, το να επεξηγεί ένα σχήμα, και γενικότερα, το πέρασμα από ένα συμβολικό στήριγμα σε ένα άλλο, ευνοεί την αποστασιοποίηση» (Peterfalvi 1997, σελ. 183).

(ε) *Προετοιμασία διδασκαλίας από μαθητές προς άλλους μαθητές.* Μια άλλη δραστηριότητα, που μπορεί να εφαρμοστεί στο τέλος των διδασκαλιών, και που είναι δυνατόν να βοηθήσει προς την κατεύθυνση της αναγνώρισης των εμποδίων, είναι να ανακοινώσουμε στους μαθητές ότι θα πρέπει να διδάξουν σε κάποια άλλη τάξη αυτά που έχουν μάθει: «Τους προσκαλούμε να εξερευνήσουν τις αρχικές προσωπικές τους ιδέες και τα προβλήματα που συνάντησαν, επειδή είναι πιθανό οι συμμαθητές σας να έχουν τις ίδιες ιδέες, να συναντήσουν τα ίδια προβλήματα, και πρέπει να τους βοηθήσετε να καταλάβουν» (Peterfalvi 1997, σελ. 191). Έτσι, η αναζήτηση των προσωπικών τους εμποδίων που κατάφεραν να υπερβούν, αναφέρεται σ' αυτά που θα συναντήσουν άλλοι μαθητές, χωρίς να γίνεται αναφορά στο υλικό των προσωπικών τους λανθασμένων παραγωγών. Μ' αυτόν τον τρόπο αποφεύγουμε την αυτο-υποτίμηση. Η δυναμική αυτή ενισχύεται από τη μορφή της γραπτής εργασίας: «οι μαθητές γράφουν όλοι μαζί ένα μοναδικό κείμενο και ο καθένας διατυπώνει τα εμπόδια που έχει εντοπίσει στον εαυτό του και στους άλλους» (Peterfalvi 1997, σελ. 180).

Στον Πίνακα 5, διακρίνουμε έναν αριθμό δυναμικών αρχών (που αντιστοιχούν στις νοητικές διαδικασίες που προσπαθούμε να προκαλέσουμε ή να συνάγουμε) και μια σειρά ενδεικτικών στοιχείων διδακτικών διατάξεων (που πριμοδοτούν αυτές τις νοητικές διαδικασίες) κατά τη φάση της αναγνώρισης του εμποδίου από τους μαθητές (Astolfi & Peterfalvi 1997).

Πίνακας 5. Αρχές και τρόποι διδακτικής επεξεργασίας των εμποδίων κατά τη φάση της αναγνώρισής τους από τους μαθητές

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΟΥ ΕΜΠΟΔΙΟΥ	
1. Αποσαφήνιση και απόδοση ονόματος στο εμπόδιο	- Ανάλυση «κειμένων με λάθη» με την οδηγία να επισημανθούν σ' αυτά τα εμπόδια - Συσχετίσεις ανάμεσα σε μια παρούσα παραγωγή τους και ένα ιστορικό κείμενο, παραγωγές άλλων μαθητών, προηγούμενη παραγωγή τους για το ίδιο θέμα, ή παραγωγές σχετικές με άλλες έννοιες, ώστε να συνειδητοποιηθεί ο εγκάρσιος χαρακτήρας του εμποδίου. - Αναστοχασμός σχετικά με το «γιατί» προτείνεται μια ορισμένη διάταξη στην τάξη - Ανασύσταση ενός συλλογισμού που οδήγησε σε ένα λάθος (παιχνίδι ρόλων)
2. Συμβολισμός του εμποδίου	- Γραφική αναπαράσταση του εμποδίου ή σύντομη διατύπωσή του
3. Κατάκτηση της δεξιότητας αναγνώρισης του εμποδίου	- Ορισμός ορισμένων μαθητών στη θέση «επιβλέποντα των εμποδίων» - «Σπρώξιμο» άλλων μαθητών στην «παγίδα» του εμποδίου - Επανεμφάνιση του εμποδίου σε νέες καταστάσεις - Μετά τον εντοπισμό του εμποδίου, ανάθεση στο μαθητή μιας θέσης διορθωτή

Πηγή: Astolfi J. P., Peterfalvi B., (1997), σελ. 210-212.

Τίτλος

Θερμοκρασία σωμάτων: από το «σώμα» στο σύστημα «σώμα – περιβάλλον»

Σκοπός & Στόχοι

Γενικός Σκοπός: Επιδιώκεται η διδακτική επεξεργασία του εννοιολογικού εμποδίου των μαθητών: «η θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο στο ίδιο περιβάλλον εξαρτάται από ορισμένα χαρακτηριστικά του σώματος» προκειμένου οι μαθητές να οικοδομήσουν την αντίληψη: «η θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο στο ίδιο περιβάλλον καθορίζεται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντός του». Δηλαδή, «μετάβαση» των μαθητών από τις αντιλήψεις για τη θερμοκρασία με όρους «σώματος» στην αντίληψη με όρους συστήματος («σώμα – περιβάλλον»).

Επιμέρους Στόχοι

Στόχοι που αφορούν σε γνώσεις

Οι μαθητές να διαπιστώσουν πειραματικά ότι η θερμοκρασία που αποκτούν τα σώματα όταν βρίσκονται σε θερμική ισορροπία με ένα περιβάλλον σταθερής θερμοκρασίας:

- (α) δεν εξαρτάται από τη μάζα τους και από τη σύστασή τους
- (β) είναι ίση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντός τους.

Στόχοι που αφορούν σε δεξιότητες

Για το πρόβλημα που αφορά στους παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία των σωμάτων που βρίσκονται σε θερμική ισορροπία με ένα περιβάλλον σταθερής θερμοκρασίας, οι μαθητές:

- (α) να αναγνωρίζουν επιστημονικά ερωτήματα και να εκφέρουν υποθέσεις
- (β) να αναγνωρίζουν πιθανές μεταβλητές που υπεισέρχονται σε αυτό το πρόβλημα και να απομονώνουν μία μεταβλητή από τις άλλες ώστε να μελετούν τα αποτελέσματά της
- (γ) να αναζητούν διατάξεις που επιτρέπουν τη λύση αυτού του προβλήματος
- (δ) να χρησιμοποιούν τα δεδομένα που έχουν συλλέξει για να διατυπώνουν μια εξήγηση
- (ε) να παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της έρευνάς τους
- (στ) να αναστοχάζονται πάνω σε ιδέες τους, να αποστασιοποιούνται από αντιλήψεις τους, να παράγουν προτάσεις που περιλαμβάνουν γενικότερες έννοιες και αναφορές σε γενικούς τρόπους σκέψης και να εξηγούν την παραγωγή λανθασμένων απαντήσεων
- (ζ) να χρησιμοποιούν ορθά ένα θερμόμετρο οινόπνευματος, ένα ψηφιακό θερμόμετρο ή ένα θερμόμετρο «ταινία» για τη μέτρηση τη θερμοκρασία των σωμάτων.

Στόχοι που αφορούν σε στάσεις

Οι μαθητές

- (α) να αποκτήσουν ενδιαφέρον για τη θερμοκρασία των σωμάτων
- (β) να αποκτήσουν θετική στάση απέναντι στην επιστημονική έρευνα

(γ) να συνεργάζονται και να ανταλλάσσουν απόψεις με τα άλλα μέλη της ομάδας τους προκειμένου να καταλήξουν σε κοινά συμπεράσματα.

Γενική Περιγραφή

Για τη διδασκαλία της θερμοκρασίας έχει αναπτυχθεί και εφαρμοστεί ένας περιορισμένος αριθμός διδακτικών παρεμβάσεων που λαμβάνουν υπόψη τις προϋπάρχουσες συναφείς αντιλήψεις των μαθητών. Αυτές όμως οι διδακτικές παρεμβάσεις συνίστανται σε μια περισσότερο «σημειακή» αντιμετώπιση των αντιλήψεων των μαθητών η οποία, όπως υποστηρίζει η συναφής βιβλιογραφία, συνεπάγεται μάλλον πρόσκαιρα αποτελέσματα καθώς υπάρχουν αρκετές πιθανότητες ο μαθητής να επανέλθει σε μια προϋπάρχουσα αντίληψή του με αφορμή τη μελέτη μιας νέας κατάστασης. Τέτοιου τύπου προβλήματα φαίνεται να μπορούν να ξεπεραστούν αν η διδασκαλία επικεντρωθεί στην επεξεργασία των εμποδίων των μαθητών και όχι των μεμονωμένων αντιλήψεών τους, καθώς τα εμπόδια συνιστούν ένα είδος «σκληρού πυρήνα» των αντιλήψεων που εξηγούν την παραγωγή και τη σταθερότητά τους. Τα εμπόδια, σε αυτήν την προσέγγιση, αναδεικνύονται σε θεμελιώδη δομικά συστατικά της διδασκαλίας και της μάθησης καθώς συνιστούν ένα σύστημα αναφοράς για τον καθορισμό, από ένα σύνολο πιθανών στόχων, αυτών που είναι ιδιαίτερα βασικοί για τη μάθηση της σχολικής φυσικο-επιστημονικής γνώσης.

Στο πλαίσιο αυτό η διδακτική επεξεργασία του εμποδίου περιλαμβάνει τις ακόλουθες τρεις φάσεις:

(α) «αποσταθεροποίηση εμποδίου»: ανάδυση των αντιλήψεων των μαθητών και την συνειδητοποίηση, από πλευράς τους, των διαφωνιών που υπήρχαν μεταξύ τους,

(β) «εννοιολογική αναδόμηση εμποδίου»: συγκρότηση, από πλευράς μαθητών, εναλλακτικών αντιλήψεων προς την κατεύθυνση της επιθυμητής γνώσης, τουλάχιστον το ίδιο εύχρηστων όσο και οι πρότερες αντιλήψεις τους και

(γ) «αναγνώριση εμποδίου»: ανάπτυξη, στους μαθητές, της ικανότητας αναγνώρισης των εκδηλώσεων των εμποδίων με σκοπό την αποφυγή τους σε περιπτώσεις επανεμφάνισής τους.

Επιπλέον, χαρακτηριστικά συστατικά στοιχεία των διδακτικών καταστάσεων που συγκροτούνται για την επεξεργασία του εμποδίου είναι: (α) οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις που συνιστούν κινητήριο δύναμη της νοητικής προόδου των μαθητών και (β) η «ευελιξία» των διδακτικών καταστάσεων σε σχέση με τις ιδέες και προτάσεις των μαθητών – καθώς η «επένδυση» των μαθητών στις διδακτικές καταστάσεις αποτελεί βασική προϋπόθεση της επεξεργασίας του εμποδίου.

Ένα από τα εμπόδια που εντοπίστηκαν, μεταξύ άλλων, στους μαθητές για την εννοιολογική περιοχή της θερμότητας και της θερμοκρασίας αφορά στη θερμοκρασία των σωμάτων που βρίσκονται σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον τους. Συγκεκριμένα, οι μαθητές προκειμένου να αποφανθούν για τη θερμοκρασία που αποκτούν τα σώματα, εστιάζονται αποκλειστικά στα σώματα και θεωρούν ότι η θερμοκρασία τους θα καθορίζεται από ορισμένα χαρακτηριστικά των σωμάτων, όπως το μέγεθος, η σύσταση, η σκληρότητα και η πυκνότητά τους. Δεν λαμβάνουν δηλαδή υπόψη τους το περιβάλλον των σωμάτων και κατά συνέπεια δεν θεωρούν ότι η θερμοκρασία που αποκτούν τα σώματα εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντός τους. Ο καθορισμός λοιπόν της θερμοκρασίας ενός σώματος που βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον του αποκλειστικά από ορισμένα χαρακτηριστικά αυτού καθ' εαυτού του σώματος, συνιστά ένα εμπόδιο για τους μαθητές. Απαιτείται μια αποκέντρωση των μαθητών από το σώμα και εστίαση της προσοχής τους στο σύστημα «σώμα – περιβάλλον», ώστε οι μαθητές να οικοδομήσουν την αντίληψη ότι η θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα –που

βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με ένα περιβάλλον σταθερής θερμοκρασίας—καθορίζεται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντός του και όχι από ορισμένα χαρακτηριστικά του (επιδιωκόμενος στόχος).

Η διδακτική επεξεργασία αυτού του εμποδίου, περιλαμβάνει οκτώ στάδια με δραστηριότητες που περιλαμβάνονται σε φύλλο εργασίας (Φ.Ε.) και παρουσιάζονται στη συνέχεια. Τα δύο πρώτα στάδια ανήκουν στη φάση της αποσταθεροποίησης του εμποδίου, τα επόμενα δύο στη φάση της εννοιολογικής αναδόμησης του εμποδίου και τα τρία τελευταία στη φάση της αναγνώρισης του εμποδίου από τους μαθητές.

Διδακτικό στάδιο 1: Ανάδυση αντιλήψεων μαθητών

Οι μαθητές, αρχικά, ενώ είναι οργανωμένοι σε ομάδες, εργάζονται ατομικά και απαντούν στις ερωτήσεις ενός προβλήματος στο οποίο ζητούνται προβλέψεις και εξηγήσεις αναφορικά με τη σχέση των θερμοκρασιών δύο κέικ και δύο μεταλλικών ταψιών που έχουν διαφορετικά μεγέθη και βρίσκονται για αρκετό χρόνο σε ένα ράφι ενός δωματίου σταθερής θερμοκρασίας (Φ.Ε.: πρόβλημα 1).

Διδακτικό στάδιο 2: Συνειδητοποίηση ασυμφωνιών μεταξύ μαθητών

Πραγματοποιείται συζήτηση ανάμεσα στους μαθητές κάθε ομάδας, με στόχο τη συνειδητοποίηση των μεταξύ τους διαφωνιών. Οι μαθητές-αντιπρόσωποι των ομάδων εργασίας, ομαδοποιούν τις απαντήσεις των συμμαθητών τους και τις ανακοινώνουν στο σύνολο της τάξης. Στη συζήτηση που ακολουθεί σε επίπεδο τάξης με το συντονισμό του δασκάλου, οι μαθητές, διατυπώνουν τα προβλήματα προς διερεύνηση.

Διδακτικό στάδιο 3: Θεμελίωση εγκυρότητας εννοιολογικής κατασκευής

Οι μαθητές σχεδιάζουν και εκτελούν έρευνες, με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων που υπάρχουν στο Φ.Ε., με σκοπό να εξετάσουν αν η θερμοκρασία δύο κέικ που βρίσκονται σε οποιοδήποτε χώρο για αρκετό χρόνο εξαρτάται από το μέγεθός τους (1^η έρευνα) και αν η θερμοκρασία ενός κέικ και ενός μεταλλικού ταψιού που βρίσκονται σε οποιοδήποτε χώρο για αρκετό χρόνο εξαρτάται από τη σύστασή τους (2^η έρευνα). Αφού πραγματοποιήσουν τα πειράματα που προτείνουν, μετρούν με τη βοήθεια θερμομέτρων οινόπνευματος ή ψηφιακών θερμομέτρων τις θερμοκρασίες των κέικ και με θερμομέτρα «ταινίες» τις θερμοκρασίες των μεταλλικών ταψιών, συγκρίνουν τη θερμοκρασία των σωμάτων με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντός τους και εξάγουν συμπεράσματα. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων που υπάρχουν στο Φ.Ε., συγκρίνουν τις διαπιστώσεις τους (πειραματικά αποτελέσματα) με τις αρχικές προβλέψεις τους.

Διδακτικό στάδιο 4: Εφαρμογή σε νέες καταστάσεις

Οι μαθητές επεξεργάζονται προβλήματα διαφορετικά από αυτά που έχουν προηγουμένως επεξεργαστεί και ερωτήματα που είχαν διαπραγματευτεί στο παρελθόν. Πιο συγκεκριμένα, ζητείται από τους μαθητές να συγκρίνουν τις θερμοκρασίες που θα αποκτήσουν μετά από αρκετό χρόνο σώματα διαφορετικών θερμοκρασιών, που τοποθετούνται σε ένα ψυγείο (Φ.Ε.: πρόβλημα 2). Στη συνέχεια, ζητείται από τους μαθητές η θερμοκρασία μιας ποσότητας νερού που περιέχεται σε ένα δοχείο το οποίο βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε φούρνο σταθερής θερμοκρασίας, καθώς και οι θερμοκρασίες των δύο ποσοτήτων νερού που προκύπτουν από το μίγμα σε δύο δοχεία της αρχικής ποσότητας του νερού (Φ.Ε.: πρόβλημα 3).

Διδακτικό στάδιο 5: Εκ νέου επεξεργασία ερωτημάτων

Οι μαθητές απαντούν εκ νέου σε ερωτήσεις τις οποίες είχαν ήδη απαντήσει με αφορμή το πρόβλημα 1 του Φ.Ε. Στη συνέχεια, οι μαθητές καλούνται να συγκρίνουν τις αρχικές τους αντιλήψεις με τις αντιλήψεις που έχουν δομήσει (Φ.Ε.: πρόβλημα 4).

Διδακτικό στάδιο 6: Συμβολική αναπαράσταση του εμποδίου – Συγκρότηση ερωτήσεων

Ακολουθεί η επεξεργασία προβλημάτων, από τους μαθητές, με σκοπό την ανάπτυξη της δεξιότητας της συμβολικής αναπαράστασης του εμποδίου. Για παράδειγμα, ζητείται από τους μαθητές να δικαιολογήσουν με ποια από δύο εικόνες (Α, Β), που τους προτείνονται, μοιάζει ο τρόπος που σκέφτονταν πριν τις διδασκαλίες για να αποφανθούν για τη θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα (Φ.Ε.: πρόβλημα 5). Στην εικόνα Α υπάρχει ένα σώμα, ενώ στην εικόνα Β υπάρχει το ίδιο σώμα και επιπλέον έχει σχεδιαστεί ο χώρος που βρίσκεται γύρω από αυτό. Οι μαθητές επίσης, καλούνται να συμπληρώσουν κατάλληλα δύο προτάσεις, ώστε η πρώτη να εκφράζει αυτό που θεωρούσαν ότι ισχύει πριν τις διδασκαλίες και η δεύτερη αυτό που αποδέχονται μετά τις διδασκαλίες που έχουν προηγηθεί. Η πρώτη πρόταση βρίσκεται μέσα σε ένα κόκκινο κύκλο με μια διαγώνιο γραμμή και η δεύτερη μέσα σε ένα μπλε κύκλο (Φ.Ε.: πρόβλημα 6). Στη συνέχεια, οι μαθητές επινοούν ερωτήσεις, που αφορούν στη θερμοκρασία που αποκτούν διάφορα σώματα, τις οποίες υποβάλλουν τους συμμαθητές τους με σκοπό να τους παρασύρουν στην «παγίδα» του εμποδίου (Φ.Ε.: πρόβλημα 7).

Διδακτικό στάδιο 7: Σχεδίαση διδασκαλιών από τους μαθητές

Οι μαθητές εμπλέκονται σε μια διαδικασία σχεδίασης «μαθημάτων» για τη θερμοκρασία που αποκτούν τα σώματα, με σκοπό να τα «διδάξουν» σε κάποια άλλη τάξη. Οι μαθητές καλούνται να αναλογιστούν, τι πίστευαν πριν τις διδασκαλίες για τους παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία που αποκτούν τα σώματα που βρίσκονται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον, τι ήταν αυτό που τους εμπόδιζε να καταλάβουν, τι ήταν αυτό που τους βοήθησε να καταλάβουν, καθώς επίσης και να προτείνουν πειραματικές καταστάσεις οι οποίες θα βοηθήσουν τους «μαθητές» τους να ξεπεράσουν αυτές τις δυσκολίες (Φ.Ε.: πρόβλημα 8).

Εκτιμώμενη διάρκεια

Η έναρξη της διδακτικής πρακτικής δεν σχετίζεται με άλλες προαπαιτούμενες δραστηριότητες. Η χρονική διάρκειά της εξαρτάται από το επίπεδο ανάπτυξης των δεξιοτήτων των μαθητών που σχετίζονται με επιστημονικές διερευνήσεις και την τυχόν προηγούμενη εμπειρία των μαθητών σε καταστάσεις συνεργατικής μάθησης. Υπολογίζεται ότι θα απαιτηθούν 4 διδακτικές ώρες.

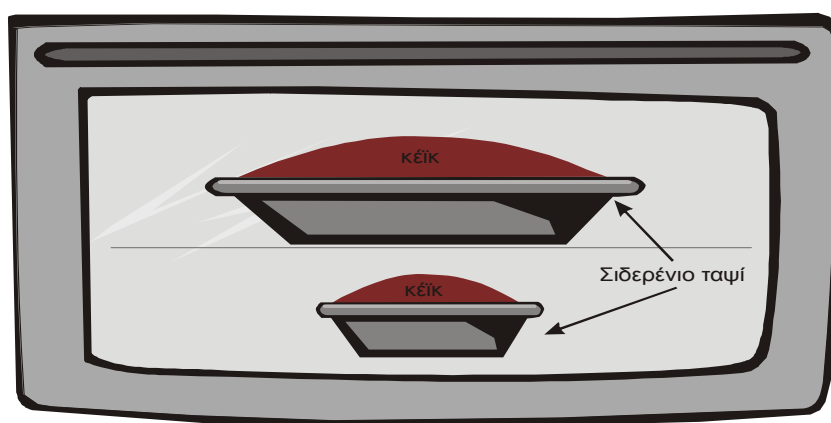
Υλικοτεχνική Υποδομή

Απαιτούμενα υλικά και όργανα για μια ομάδα μαθητών: δύο διαφορετικού μεγέθους κέικ με τα μεταλλικά ταινιά τους, δύο θερμόμετρα οينوπνεύματος ή ψηφιακά θερμόμετρα, δύο θερμόμετρα «ταινίες».

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

■ Πρόβλημα 1

Η μητέρα της Άννας αγόρασε ένα κέικ. Από το κέικ έκοψε ένα μικρό κομμάτι. Τοποθέτησε τα δύο κέικ μέσα σε σιδερένια ταψιά και τα έβαλε σε ένα ράφι της κουζίνας για δύο ώρες.



⌚ Τα κέικ και τα σιδερένια ταψιά θα έχουν ίσες ή διαφορετικές θερμοκρασίες;

.....
.....

⌚ Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;

.....
.....

⌚ Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

⌚ Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου, υποστηρίζεις την ίδια άποψη;

.....
.....

⌚ Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;

.....

ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΟΜΑΔΑΣ

Σαν ομάδα αποφασίσαμε να ασχοληθούμε με τα παρακάτω ερωτήματα:

.....

.....

.....

.....

■ **1^η έρευνα:**

Σχεδίαση της έρευνας

⌚ Τι πρόκειται να ερευνήσω;

.....

.....

⌚ Ποια είναι η άποψη μου;

.....

.....

⌚ Γιατί το πιστεύω αυτό;

.....

.....

⌚ Τι θα κάνω για να το ερευνήσω;

.....

.....

⌚ Τι θα χρειαστώ;

.....

.....

.....

Πραγματοποίηση της έρευνας

Τι ελέγχω;	Τι κρατώ ίδιο;	Τι αλλάζω;

Τι κάνω;

.....

.....

.....

Τι βρήκα;

.....

.....

.....

Διαπιστώσεις - Συμπληρώσεις

⌋ Τι διαπίστωσα από την έρευνα που έκανα;

.....

.....

.....

⌋ Αυτό που διαπίστωσα ήταν αυτό που περίμενα; Γιατί;

.....

.....

.....

⌋ Τι ήταν δύσκολο για μένα σε αυτή την έρευνα;

.....

.....

.....

.....

.....

■ 2^η έρευνα:

Σχεδίαση της έρευνας

⌚ Τι πρόκειται να ερευνήσω;

.....
.....

⌚ Ποια είναι η άποψη μου;

.....
.....

⌚ Γιατί το πιστεύω αυτό;

.....
.....

⌚ Τι θα κάνω για να το ερευνήσω;

.....
.....

⌚ Τι θα χρειαστώ;

.....
.....
.....

Πραγματοποίηση της έρευνας

Τι ελέγχω;	Τι κρατώ ίδιο;	Τι αλλάζω;

Τι κάνω;

.....

.....

.....

Τι βρήκα;

.....

.....

.....

Διαπιστώσεις - Συμπληρώσεις

⌋ Τι διαπίστωσα από την έρευνα που έκανα;

.....

.....

.....

⌋ Αυτό που διαπίστωσα ήταν αυτό που περίμενα; Γιατί;

.....

.....

.....

⌋ Τι ήταν δύσκολο για μένα σε αυτή την έρευνα;

.....

.....

.....

.....

.....

■ Πρόβλημα 2

Τα παρακάτω αντικείμενα τοποθετούνται σε ψυγείο σταθερής θερμοκρασίας και αφήνονται για οκτώ ώρες.

- ✓ Μεταλλικό πηρούνι
- ✓ Πλαστικό κουτάλι
- ✓ Αλουμινένιο κουτάκι με παγωμένο αναψυκτικό
- ✓ Χάρτινη σακούλα με αλεύρι
- ✓ Φλιτζάνι που περιέχει ζεστή σοκολάτα
- ✓ Ξύλινο πιάτο
- ✓ Μήλο
- ✓ Κομμάτι φενιζόλ



Πρόβλεψε στο τέλος των οκτώ ωρών αν οι θερμοκρασίες των αντικειμένων θα είναι ίσες ή διαφορετικές.

.....

.....

.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

.....

⌚ Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

⌚ Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου, υποστηρίζεις την ίδια άποψη;

.....

.....

⌚ Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;

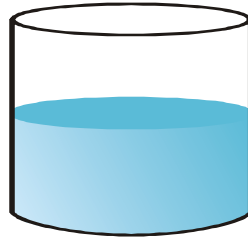
.....

.....

.....

■ Πρόβλημα 3

Ένα δοχείο με νερό βρίσκεται σε δωμάτιο σταθερής θερμοκρασίας 20 °C.

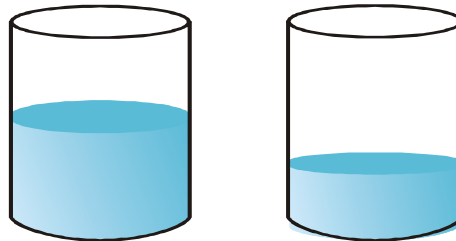


α) Ποια είναι η θερμοκρασία του νερού μετά από αρκετές ώρες; Γιατί;

.....

.....

β) Ρίχνουμε το νερό σε δύο δοχεία με τέτοιο τρόπο ώστε στο ένα δοχείο να περιέχεται περισσότερη ποσότητα νερού.

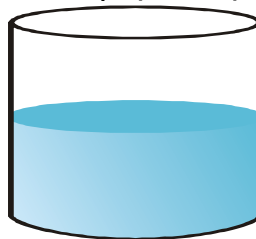


Το νερό στα δύο δοχεία θα έχει ίσες ή διαφορετικές θερμοκρασίες; Γιατί;

.....

.....

γ) Ρίχνουμε το νερό των δύο δοχείων σε ένα μεγαλύτερο δοχείο.



Ποια θα είναι η θερμοκρασία του νερού; Γιατί;

.....

.....

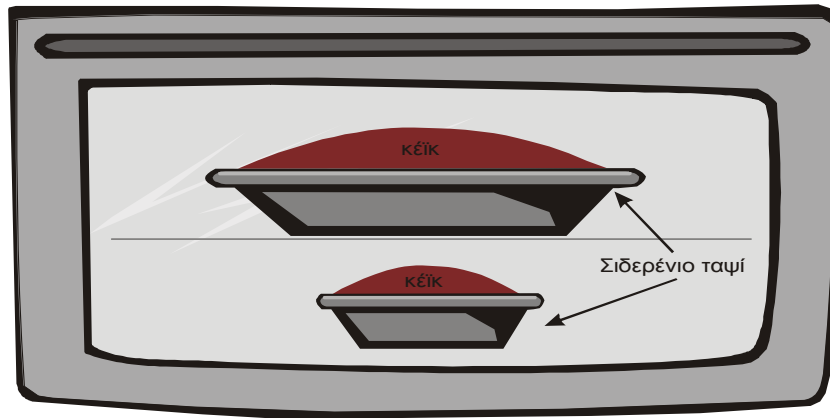
⌘ Συζήτησε τις απαντήσεις σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

⌘ Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου, υποστηρίζεις τις ίδιες απόψεις;

.....

■ Πρόβλημα 4

- ⌚ Στην ερώτηση: «Ένα σιδερένιο ταψί που περιέχει δύο κομμάτια κέικ βρίσκεται σε ένα ράφι της κουζίνας για αρκετές ώρες. Ποιο θα έχει υψηλότερη θερμοκρασία, το ταψί, ένα μικρού μεγέθους κέικ ή ένα με μεγαλύτερο μέγεθος;».



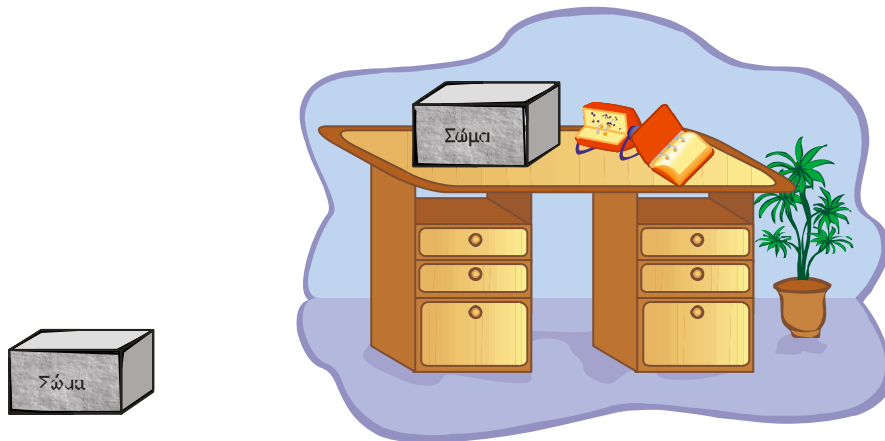
- ✓ Τι απάντηση έδωσες πριν τη διδασκαλία;
.....
.....
.....
 - ✓ Τι απάντηση θα δώσεις τώρα;
.....
.....
.....
 - ✓ Αν δώσεις διαφορετική απάντηση στις παραπάνω ερωτήσεις, τι νομίζεις ότι ήταν εκείνο που σου έκανε να αλλάξεις γνώμη;
.....
.....
 - ✓ Με ποιο πείραμα που έκανες μέσα στην ομάδα σου διαπίστωσες ότι οι ιδέες που είχες ήταν λανθασμένες;
.....
- ⌚ Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

■ Πρόβλημα 5

Με ποια από τις δύο παρακάτω εικόνες μοιάζει ο τρόπος που σκεφτόσουν πριν τη διδασκαλία για την εκτίμηση της θερμοκρασίας ενός σώματος;

.....

.....



Εικόνα Α

Εικόνα Β

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

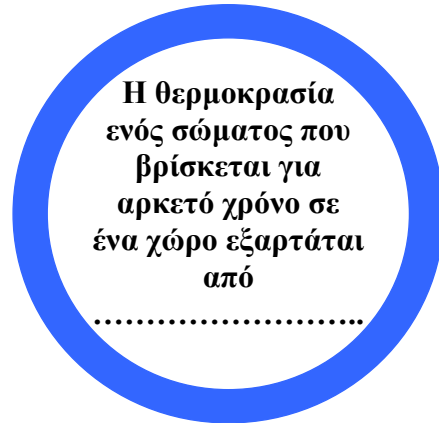
.....

⌘ Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

#

■ Πρόβλημα 6

- ⌚ Συμπλήρωσε τις προτάσεις ώστε η πρώτη να δηλώνει αυτό που πίστευες πριν τις διδασκαλίες και η δεύτερη αυτό που πιστεύεις τώρα.



- ⌚ Τι νομίζεις ότι ήταν αυτό που σου έκανε να σκέφτεσαι όπως στην πρόταση που είναι στον κόκκινο κύκλο;

.....

.....

.....

.....

- ⌚ Συζήτησε τις απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

#

Πρόβλημα 7

Σκέψου μια ερώτηση, σχετική με τη θερμοκρασία διαφόρων σωμάτων που βρίσκονται σε κάποιο χώρο, την οποία θα μπορούσες να κάνεις στο συμμαθητή σου, ώστε να τον μπερδέψεις.

.....

.....

.....

.....

.....

#

■ Πρόβλημα 8

Πείτε ότι έχετε να διδάξετε σε κάποια άλλη τάξη αυτά που μάθατε για τη θερμοκρασία. Σκεφτείτε τις ιδέες που είχατε και τα προβλήματα που συναντήσατε. Είναι πολύ πιθανόν οι συμμαθητές σας να έχουν τις ίδιες ιδέες, να συναντήσουν τα ίδια προβλήματα.

Οι παρακάτω ερωτήσεις θα σας βοηθήσουν να σχεδιάσετε τα μαθήματα. Απαντήστε όσο πιο αναλυτικά μπορείτε.

Τι πιστεύατε για τη θερμοκρασία που αποκτούν τα σώματα που βρίσκονται για αρκετές ώρες μέσα σε ένα χώρο;

.....

.....

.....

.....

Τι σας δυσκόλεψε;

.....

.....

.....

.....

Τι σας εμπόδιζε να καταλάβετε;

.....

.....

.....

.....

Τι σας βοήθησε να καταλάβετε;

.....

.....

.....

.....

Σχεδίαση διδασκαλίας

Δυσκολία

.....

.....

.....

.....

Να προτείνετε δραστηριότητες οι οποίες θα βοηθήσουν τους «μαθητές» σας να ξεπεράσουν αυτή τη δυσκολία.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ΕΝΟΤΗΤΑ Ε. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΕΞΗΓΗΣΕΙΣ

Η παραγωγή εξηγήσεων από τους μαθητές βασισμένων σε αποδείξεις αποτελεί ουσιώδη στόχο της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1993; National Research Council [NRC], 2000).

Η ποιότητα μιας εξήγησης καθορίζεται από τη δομή και το περιεχόμενό της.

Αναφορικά με τη δομή για να είναι μία επιστημονική εξήγηση πλήρης πρέπει να περιέχει τρία στοιχεία

- Τον Ισχυρισμό
- Τις Αποδείξεις
- Το Συλλογισμό

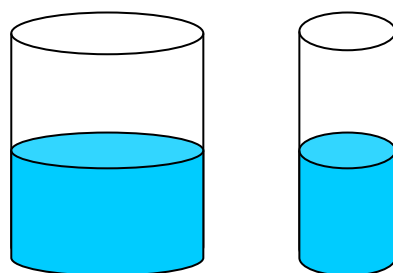
Ο ισχυρισμός είναι ένα συμπέρασμα που αναφέρεται σε μια ερώτηση ή ένα πρόβλημα. Οι αποδείξεις υποστηρίζουν τον ισχυρισμό χρησιμοποιώντας δεδομένα. Ο συλλογισμός συνδέει τον ισχυρισμό με τις αποδείξεις και φανερώνει το λόγο για τον οποίο τα δεδομένα θεωρούνται ως αποδείξεις που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό.

Σε ό,τι αφορά το περιεχόμενο μιας εξήγησης αυτό σχετίζεται με την ακρίβεια ή επάρκεια των συστατικών της εξήγησης όταν αυτά αξιολογούνται από την επιστημονική άποψη.

Οι μαθητές εμφανίζουν δυσκολία στην άρθρωση και την υποστήριξη ισχυρισμών. Επίσης, έχουν δυσκολία στο να προτείνουν επαρκείς αποδείξεις για να τεκμηριώσουν τους ισχυρισμούς τους και στο να χρησιμοποιούν συλλογισμούς που συνδέουν τις αποδείξεις με τους ισχυρισμούς (Kuhn, 1993; McNeill & Krajcik, 2006; Sandoval & Reiser, 1997). Συνηθίζουν να προτείνουν ισχυρισμούς χωρίς να τους αιτιολογούν (Jiménez-Aleixandre, Rodríguez & Duschl, 2000) και αγνοούν δεδομένα ειδικότερα όταν αυτά είναι σε αντίθεση με τις εξηγήσεις τους (Chinn & Brewer, 2001). Η συνήθης σχολική πρακτική δεν εμπλέκει τους μαθητές με διαδικασίες αιτιολόγησης των ισχυρισμών τους (Kuhn, 1993; Newton, Driver & Osborne, 1999).

Παραδείγματα

Ερώτηση 1: Το νερό στα δύο ποτήρια έχει την ίδια θερμοκρασία. Σε ποιο από τα δύο ποτήρια μπορούμε να διαλύσουμε περισσότερο αλάτι; Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;



Ποτήρι 1

Ποτήρι 2

Ενδεικτική πλήρης εξήγηση:

Στο ποτήρι 1. Στα ποτήρια 1 & 2 η στάθμη του νερού έχει το ίδιο ύψος. Ο όγκος του νερού στο ποτήρι 1 είναι μεγαλύτερος. Γνωρίζουμε ότι «Η ποσότητα μιας ουσίας που μπορεί να διαλυθεί σε ένα διαλύτη εξαρτάται από τον όγκο και τη θερμοκρασία του διαλύτη. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του διαλύτη τόσο μεγαλύτερη είναι και η ποσότητα της ουσίας που μπορεί να διαλυθεί σε αυτόν». Αφού η θερμοκρασία του

νερού στα ποτήρια 1 & 2 είναι η ίδια και ο όγκος του νερού στο ποτήρι 1 είναι μεγαλύτερος τότε μεγαλύτερη ποσότητα αλατιού θα διαλυθεί στο ποτήρι 1.

Συστατικά της εξήγησης:

- Ισχυρισμός: Στο ποτήρι 1
- Αποδείξεις: Στα ποτήρια 1 & 2 η στάθμη του νερού έχει το ίδιο ύψος. Ο όγκος του νερού στο ποτήρι 1 είναι μεγαλύτερος.
- Συλλογισμός: Γνωρίζουμε ότι «Η ποσότητα μιας ουσίας που μπορεί να διαλυθεί σε ένα διαλύτη εξαρτάται από τον όγκο και τη θερμοκρασία του διαλύτη. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του διαλύτη τόσο μεγαλύτερη είναι και η ποσότητα της ουσίας που μπορεί να διαλυθεί σε αυτόν». Αφού η θερμοκρασία του νερού στα ποτήρια 1 & 2 είναι η ίδια και ο όγκος του νερού στο ποτήρι 1 είναι μεγαλύτερος τότε μεγαλύτερη ποσότητα αλατιού θα διαλυθεί στο ποτήρι 1.

Ερώτηση 2: Το λίπος και το σαπούνι είναι ίδια ουσία ή δύο διαφορετικές ουσίες; Γιατί;

Ενδεικτική πλήρης εξήγηση:

Το λίπος και το σαπούνι είναι διαφορετικές ουσίες. Έχουν διαφορετικό χρώμα. Το λίπος είναι μαλακό ενώ το σαπούνι είναι σχετικά πιο σκληρό. Το λίπος και το σαπούνι έχουν διαφορετικές διαλυτότητες. Το λίπος διαλύεται στο λάδι αλλά το σαπούνι όχι. Το σαπούνι διαλύεται στο νερό αλλά το λίπος όχι. Το λίπος έχει σημείο τήξης τους 47°C και το σαπούνι έχει πάνω από τους 100°C . Το λίπος έχει πυκνότητα 0.92 g/cm^3 και το σαπούνι 0.84 g/cm^3 . Αυτά όλα είναι ιδιότητες. Επειδή το λίπος και το σαπούνι έχουν διαφορετικές ιδιότητες θα είναι διαφορετικές ουσίες. Οι διαφορετικές ουσίες έχουν διαφορετικές ιδιότητες.

Συστατικά της εξήγησης:

- Ισχυρισμός: Το λίπος και το σαπούνι είναι διαφορετικές ουσίες.
- Αποδείξεις: Έχουν διαφορετικό χρώμα. Το λίπος είναι μαλακό ενώ το σαπούνι είναι σχετικά πιο σκληρό. Το λίπος και το σαπούνι έχουν διαφορετικές διαλυτότητες. Το λίπος διαλύεται στο λάδι αλλά το σαπούνι όχι. Το σαπούνι διαλύεται στο νερό αλλά το λίπος όχι. Το λίπος έχει σημείο τήξης τους 47°C και το σαπούνι έχει πάνω από τους 100°C . Το λίπος έχει πυκνότητα 0.92 g/cm^3 και το σαπούνι 0.84 g/cm^3 .
- Συλλογισμός: Αυτά όλα είναι ιδιότητες. Επειδή το λίπος και το σαπούνι έχουν διαφορετικές ιδιότητες θα είναι διαφορετικές ουσίες. Οι διαφορετικές ουσίες έχουν διαφορετικές ιδιότητες.

Ο παρακάτω πίνακας κατηγοριοποιεί σε επίπεδα τις εξηγήσεις των μαθητών.

Συστατικά	Επίπεδο		
	0	1	2
Ισχυρισμός	Δεν προτείνει ισχυρισμό ή προτείνει έναν λανθασμένο ισχυρισμό	Προτείνει ένα ακριβή αλλά ελλιπή ισχυρισμό	Προτείνει ένα ακριβή και πλήρη ισχυρισμό
Αποδείξεις	Δεν προτείνει αποδείξεις ή προτείνει μη κατάλληλες αποδείξεις (αποδείξεις που δεν υποστηρίζουν τον ισχυρισμό).	Προτείνει κατάλληλες αλλά ανεπαρκείς αποδείξεις. Μπορεί να υπάρχουν και μη κατάλληλες αποδείξεις	Προτείνει κατάλληλες και επαρκείς αποδείξεις
Συλλογισμός	Δεν προτείνει συλλογισμό ή προτείνει συλλογισμό που δεν συνδέει τις αποδείξεις με τον ισχυρισμό	Προτείνει συλλογισμό που συνδέει τις αποδείξεις με τον ισχυρισμό. Επαναλαμβάνει τις αποδείξεις και εμπλέκει αρχές όχι απαραίτητα επαρκείς	Προτείνει συλλογισμό που συνδέει τις αποδείξεις με τον ισχυρισμό. Εμπλέκει τις κατάλληλες και τις επαρκείς αρχές

Άσκηση 1

Να κατατάξετε σε επίπεδα τον ισχυρισμό, τις αποδείξεις και τον συλλογισμό των παρακάτω εξηγήσεων, που αφορούν στο ερώτημα: «Το λίπος και το σαπούνι είναι ίδια ουσία ή δύο διαφορετικές ουσίες; Γιατί;».

Εξήγηση 1

Το λίπος και το σαπούνι είναι διαφορετικές ουσίες

Εξήγηση 2

Το λίπος και το σαπούνι είναι διαφορετικές ουσίες. Έχουν διαφορετικό χρώμα

Εξήγηση 3

Το λίπος και το σαπούνι είναι διαφορετικές ουσίες. Το λίπος χρησιμοποιείται στη μαγειρική ενώ το σαπούνι για πλύσιμο. Χρησιμοποιούνται και τα δύο καθημερινά.

Εξήγηση 4

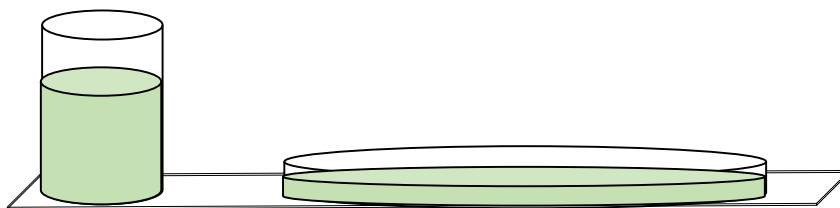
Το λίπος και το σαπούνι είναι διαφορετικές ουσίες. Έχουν διαφορετικό χρώμα. Το λίπος είναι μαλακό ενώ το σαπούνι είναι σκληρό. Το λίπος διαλύεται στο λάδι αλλά το σαπούνι όχι. Το λίπος έχει σημείο τήξης τους 47°C και το σαπούνι έχει πάνω από τους 100°C. Το λίπος έχει πυκνότητα 0.92 g/cm³ και το σαπούνι 0.84 g/cm³. Επειδή το χρώμα, η σκληρότητα, η διαλυτότητα, το σημείο τήξης και η πυκνότητα είναι διαφορετικά, το λίπος και το σαπούνι είναι διαφορετικές ουσίες.

Άσκηση 2

Να κατατάξετε σε επίπεδα τον ισχυρισμό, τις αποδείξεις και τον συλλογισμό των παρακάτω εξηγήσεων, που αφορούν στην παρακάτω ερώτηση.

Ερώτηση

Το φλυτζάνι και το πιάτο βρίσκονται στον ίδιο χώρο και περιέχουν καυτό τσάι ίδιας θερμοκρασίας, ίδιας σύστασης και ίδιας ποσότητας.



Το τσάι θα κρυώσει πιο γρήγορα στο πιάτο ή στο φλυτζάνι; Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

Εξήγηση 1

«Στο πιατάκι το τσάι θα κρυώσει πιο γρήγορα, γιατί εκεί το τσάι έχει μεγαλύτερη επιφάνεια».

Εξήγηση 2

«Το τσάι θα κρυώσει πιο γρήγορα στο φλυτζάνι. Η επιφάνεια του τσαγιού στο φλυτζάνι δεν είναι ίδια όπως στο πιάτο. Το τσάι εξατμίζεται πιο γρήγορα όταν έχει μικρή επιφάνεια. Επειδή η επιφάνεια του τσαγιού είναι πιο μικρή στο φλυτζάνι εκεί θα κρυώσει πιο γρήγορα το τσάι».

Εξήγηση 3

«Το τσάι θα κρυώσει πιο γρήγορα στο πιατάκι. Τα δύο δοχεία (πιατάκι και φλυτζάνι) περιέχουν τσάι ίδιας σύστασης, όπως και θερμοκρασίας. Το πιατάκι και το φλυτζάνι βρίσκονται επίσης στον ίδιο χώρο. Η ελεύθερη επιφάνεια του τσαγιού στο πιατάκι είναι μεγαλύτερη από αυτήν στο φλυτζάνι (όπως προκύπτει από το σχήμα). Όταν η σύσταση και η θερμοκρασία είναι ίδια, όσο μεγαλύτερη είναι η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα εξατμίσεώς του. Επειδή η ελεύθερη επιφάνεια του τσαγιού στο πιατάκι είναι μεγαλύτερη από αυτήν στο φλυτζάνι, η ταχύτητα εξατμίσεως του τσαγιού στο πιατάκι θα είναι μεγαλύτερη και έτσι το τσάι θα κρυώσει πιο γρήγορα στο πιατάκι».

ΕΝΟΤΗΤΑ ΣΤ. ΔΙΑΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

1. Η δομή της διαλογικής επιχειρηματολογίας

Στη σχετικά πρόσφατη βιβλιογραφία, η διαλογική επιχειρηματολογία, μέσω της οποίας οι μαθητές «αρθρώνουν αιτιολογήσεις για να υποστηρίξουν ένα ισχυρισμό, προσπαθούν να πείσουν τους συμμαθητές τους, εκφράζουν αμφιβολίες, διατυπώνουν ερωτήσεις και συσχετίζουν διαφορετικές απόψεις» (Driver, Newton, & Osborne 2000, σ. 291), θεωρείται ως βασικό συστατικό της εκπαίδευσης των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες (ενδεικτικά: Driver, Newton, & Osborne 2000, Zohar & Nemet 2002, Osborne, Erduran, & Simon 2004, Sampson & Clark 2006, Naylor, Keogh & Downing 2007).

Οι Erduran, Simon και Osborne (2004) ανέπτυξαν ένα πλαίσιο αξιολόγησης της ποιότητας της δομής -δηλαδή των συστατικών των επιχειρημάτων- της διαλογικής επιχειρηματολογίας. Το πλαίσιο αυτό θεμελιώνεται στην εργασία του Toulmin (1958), ο οποίος θεώρησε τους ισχυρισμούς (claims), τα δεδομένα (data), τις εγγυήσεις (warrants) τις υποστηρίξεις (backings) και τις αντικρούσεις (rebuttals) ως τα βασικά συστατικά ενός επιχειρήματος. Οι ισχυρισμοί είναι συμπεράσματα χωρίς αιτιολόγηση. Τα δεδομένα είναι γεγονότα που υποστηρίζουν τους ισχυρισμούς. Οι εγγυήσεις συνδέουν τους ισχυρισμούς με τα δεδομένα. Οι υποστηρίξεις στηρίζουν τις εγγυήσεις. Οι αντικρούσεις είναι επιχειρήματα που επιδιώκουν να καταρρίψουν τα στοιχεία ενός επιχειρήματος. Επειδή στο λόγο των μαθητών δεν είναι πάντα εφικτή η αντικειμενική διάκριση των δεδομένων από τις εγγυήσεις και τις υποστηρίξεις, οι Erduran et al. (2004) προτείνουν τη χρήση του όρου «αιτιολογήσεις» (grounds) γι' αυτά τα τρία συστατικά του επιχειρήματος (δεδομένα, εγγυήσεις, υποστηρίξεις).

Το πλαίσιο των Erduran et al. (2004) επιτρέπει το χαρακτηρισμό του επιπέδου της αντιπαράθεσης μιας συζήτησης. Έτσι, οι συζητήσεις κατατάσσονται σε δύο ομάδες, στις συζητήσεις χωρίς αντιπαράθεση, που περιλαμβάνουν αποκλειστικά ισχυρισμούς (επίπεδο 0) και στις συζητήσεις με αντιπαράθεση στις οποίες εστιάζεται το πλαίσιο των Erduran et al. (2004) και οι οποίες κατηγοριοποιούνται στα ακόλουθα πέντε επίπεδα:

- Το **επίπεδο 1** περιλαμβάνει ισχυρισμούς και αντίθετους ισχυρισμούς (counterclaims), δηλαδή ισχυρισμούς που δεν εστιάζουν άμεσα σε κάποια άποψη του αρχικού ισχυρισμού, αλλά «προσφέρουν μια εντελώς διαφορετική ερμηνεία του φαινομένου» (Clark & Sampson 2008, σ. 299).
- Το **επίπεδο 2** έχει ισχυρισμούς και αντίθετους ισχυρισμούς με αιτιολογήσεις, αλλά όχι αντικρούσεις.
- Το **επίπεδο 3** περιλαμβάνει ισχυρισμούς ή αντίθετους ισχυρισμούς με αιτιολογήσεις και μια «ασθενή» αντίκρουση.
- Το **επίπεδο 4** συνίσταται από ισχυρισμούς με αιτιολογήσεις και μια αντίκρουση.
- Το **επίπεδο 5** χαρακτηρίζεται από ισχυρισμούς ή αντίθετους ισχυρισμούς με αιτιολογήσεις και περισσότερες της μιας αντικρούσεις.

Το πλαίσιο των Erduran et al. (2004) επικεντρώνεται στη δομή της διαλογικής επιχειρηματολογίας και όχι στο περιεχόμενό της δηλαδή στην ακρίβεια ή επάρκεια των συστατικών των επιχειρημάτων όταν αυτά αξιολογούνται από την επιστημονική άποψη. Σύμφωνα με αυτό το πλαίσιο, η διαλογική επιχειρηματολογία των μαθητών χαρακτηρίζεται ως χαμηλή (επίπεδα 1, 2) ή υψηλή (επίπεδα 3, 4, 5).

Οι συζητήσεις λοιπόν των μαθητών διακρίνονται σε 5 κατηγορίες.

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις συζητήσεις που περιέχουν αποκλειστικά ισχυρισμούς και αντίθετους ισχυρισμούς (Επίπεδο 1). Το ακόλουθο παράδειγμα συζήτησης μαθητών αναφέρεται στο ζήτημα της εξάρτησης των θερμοκρασιών που αποκτούν διάφορα σώματα από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντός τους ή από χαρακτηριστικά τους. Περιλαμβάνει στην αρχή ένα ισχυρισμό («η θερμοκρασία τους είναι όση της αίθουσας»). Ακολουθεί μια πρόταση («δεν νομίζω, όχι, δεν τα νιώθω το ίδιο») η οποία δεν αντιτίθεται άμεσα στον αρχικό ισχυρισμό ούτε προσφέρει κάποια αιτιολόγηση για την κατάρριψή του, αλλά συνιστά μια εντελώς διαφορετική προσέγγιση του υπό διαπραγμάτευση ζητήματος των θερμοκρασιών των σωμάτων. Πρόκειται λοιπόν για αντίθετο ισχυρισμό. Επιπλέον, επειδή ακολουθούν ισχυρισμοί χωρίς αιτιολογήσεις και δεν υπάρχουν αντικρούσεις, το επεισόδιο αυτό της συζήτησης των μαθητών κατατάσσεται στο Επίπεδο 1.

M1: Η θερμοκρασία τους είναι όση της αίθουσας.

M2: Δεν νομίζω, όχι, δεν τα νιώθω το ίδιο.

M3: Έτσι θα είναι.

M4: Θα είναι της αίθουσας.

M1: Ε, αυτό λέω και εγώ.

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τις συζητήσεις που περιέχουν ισχυρισμούς και αντίθετους ισχυρισμούς με αιτιολογήσεις και καθόλου αντικρούσεις (Επίπεδο 2). Στο ακόλουθο παράδειγμα υπάρχει αρχικά ένας ισχυρισμός («τα κέικ μέσα στο φούρνο θα έχουν ίδια θερμοκρασία, όσο και αν τα ζεσταίνουμε») και στη συνέχεια ένας αντίθετος ισχυρισμός («όχι, ποτέ δεν θα τα νιώθουμε το ίδιο») ο οποίος συνοδεύεται από αιτιολογήσεις («το ένα είναι μεγάλο και το άλλο μικρό»). Εφόσον λοιπόν η επιχειρηματολογία των μαθητών περιλαμβάνει ισχυρισμούς με αιτιολογήσεις κατατάσσεται στο Επίπεδο 2.

M6: Τι λέτε για τα κέικ;

M7: Τα κέικ μέσα στο φούρνο θα έχουν ίδια θερμοκρασία, όσο και αν τα ζεσταίνουμε.

M8: Όχι, ποτέ δεν θα τα νιώθουμε το ίδιο. Το ένα είναι μεγάλο και το άλλο μικρό.

M6: Ναι, συμφωνώ, το πιο μεγάλο θα το νιώθουμε πιο ζεστό.

Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει τις συζητήσεις που περιέχουν ισχυρισμούς ή αντίθετους ισχυρισμούς με αιτιολογήσεις και μια ασθενή αντίκρουση (Επίπεδο 3). Το ακόλουθο παράδειγμα ξεκινά με έναν ισχυρισμό («η σιδερένια ράβδος θα έχει πιο μεγάλη θερμοκρασία») για τον οποίο υπάρχει αιτιολόγηση («αφού νιώθουμε τη σιδερένια ράβδο πιο ζεστή από τη ξύλινη»). Μια μαθήτρια προτείνει μια αντίκρουση που περιλαμβάνει ένα ισχυρισμό («και οι δύο ράβδοι θα έχουν την ίδια θερμοκρασία») που τον αιτιολογεί («είναι και τα δύο πράγματα μέσα στο δωμάτιο»). Η εξήγηση που προτείνει αφενός δεν είναι επαρκής και αφετέρου δεν συνδέεται άμεσα με την εξήγηση του αρχικού ισχυρισμού. Πρόκειται λοιπόν για μια ασθενή αντίκρουση. Ως εκ τούτου η συζήτηση αυτή κατατάσσεται στο Επίπεδο 3.

M1: Η σιδερένια ράβδος θα έχει πιο μεγάλη θερμοκρασία, αφού νιώθουμε τη σιδερένια ράβδο πιο ζεστή από τη ξύλινη.

M2: Τι να πω. Πριν λέγαμε ότι τα πράγματα σε ένα χώρο έχουν την ίδια θερμοκρασία.

M3: Ναι αλλά πως γίνεται αυτό, αφού όταν τις αγγίζουμε θα είναι η σιδερένια πιο ζεστή.

M2: Ε, τότε και εγώ λέω ότι η σιδερένια ράβδος θα έχει πιο μεγάλη θερμοκρασία.

M4: Δεν συμφωνώ. Και οι δύο ράβδοι θα έχουν την ίδια θερμοκρασία. Είναι και τα δύο πράγματα μέσα στο δωμάτιο.

M5: Δεν ξέρω τι να πω. Μάλλον θα είναι έτσι.

Η τέταρτη κατηγορία περιλαμβάνει τις συζητήσεις που περιέχουν ισχυρισμούς με αιτιολογήσεις και μια σαφώς προσδιορισμένη αντίκρουση (επίπεδο 4). Στο ακόλουθο παράδειγμα, αρχικά υπάρχει ένας ισχυρισμός («η θερμοκρασία ενός κομματιού της πίτσας και ολόκληρη η άλλη πίτσα να έχουν ίδια θερμοκρασία και να έχουν πάρει και ίδιες θερμότητες») ο οποίος αιτιολογείται («θα έχουν την ίδια θερμοκρασία γιατί είναι μέσα στον ίδιο φούρνο. Θα έχουν ίδιες θερμότητες γιατί θα έχουν τη ίδια θερμοκρασία»). Ακολουθεί μια αντίκρουση που εμπεριέχει ένα ισχυρισμό («θα έχουν την ίδια θερμοκρασία αλλά το μικρότερο κομμάτι της πίτσας θα έχει μικρότερη θερμότητα») και αιτιολόγηση («η θερμότητα που έχει ένα πράγμα δεν είναι το ίδιο με τη θερμοκρασία αλλά εξαρτάται από το πόσο μεγάλο είναι»). Η αιτιολόγηση αυτή κάνει άμεση αναφορά στην αιτιολόγηση του αρχικού ισχυρισμού. Επιπλέον, υποστηρίζεται και από αιτιολόγηση που τίθενται υπό μορφή ερώτησης («πες ότι έχεις να ζεστάνεις ένα μεγάλο δωμάτιο και ένα μικρότερο, θα χρειαστείς την ίδια ποσότητα θερμότητας;») και από πρόσθετη αιτιολόγηση («όσο πιο μεγάλο είναι το κομμάτι τόσο περισσότερη θερμότητα παίρνει»). Εφόσον λοιπόν αυτό το απόσπασμα της συζήτησης περιλαμβάνει ένα αρχικό ισχυρισμό που αιτιολογείται και μια αντίκρουση, κατατάσσεται στο Επίπεδο 4.

M10: Πρέπει η θερμοκρασία ενός κομματιού της πίτσας και ολόκληρη η άλλη πίτσα να έχουν ίδια θερμοκρασία και να έχουν πάρει και ίδιες θερμότητες.

M12: Γιατί τι λες αυτό;

M10: Θα έχουν την ίδια θερμοκρασία γιατί είναι μέσα στον ίδιο φούρνο. Θα έχουν ίδιες θερμότητες γιατί θα έχουν τη ίδια θερμοκρασία.

M13: Μα το ένα κομμάτι πίτσα χρειάζεται λιγότερη θερμότητα γιατί είναι μικρότερο. Ε, θα έχουν την ίδια θερμοκρασία αλλά το μικρότερο κομμάτι της πίτσας θα έχει μικρότερη θερμότητα. Η θερμότητα που έχει ένα πράγμα δεν είναι το ίδιο με τη θερμοκρασία αλλά εξαρτάται από το πόσο μεγάλο είναι.

M10: Θα έχουν ίδιες θερμοκρασίες, γιατί να μην έχουν και ίδιες θερμότητες; Έτσι πρέπει.

M11: Πες ότι έχεις να ζεστάνεις ένα μεγάλο δωμάτιο και ένα μικρότερο, θα χρειαστείς την ίδια ποσότητα θερμότητας;

M10: Όχι. Άρα έχει σημασία το αν είναι μεγάλο ή μικρό.

M11: Ναι. Έτσι συμβαίνει και με την πίτσα. Όσο πιο μεγάλο είναι το κομμάτι τόσο περισσότερη θερμότητα παίρνει.

M10: Δηλαδή μπορεί να είναι οι θερμοκρασίες ίδιες και οι ποσότητες θερμότητας να είναι διαφορετικές.

Η πέμπτη κατηγορία περιλαμβάνει τις συζητήσεις που περιέχουν ισχυρισμούς με αιτιολογήσεις και περισσότερες της μιας αντικρούσεις (Επίπεδο 5). Στο ακόλουθο παράδειγμα αρχικά υπάρχει ένας ισχυρισμός («ο καφές θα ζεσταθεί») που συνοδεύεται από αιτιολόγηση («φεύγει το κρύο σιγά-σιγά από τον καφέ»). Ακολουθεί μια αντίκρουση που περιλαμβάνει έναν ισχυρισμό («δεν φεύγει κρύο») και αιτιολόγηση («ο καφές θα ζεσταθεί γιατί παίρνει θερμότητα. Το κρύο δεν υπάρχει είναι έλλειψη θερμότητας»). Αυτή η αιτιολόγηση αναφέρεται άμεσα στην αιτιολόγηση του

αρχικού ισχυρισμού. Στη συνέχεια, επαναλαμβάνεται ο αρχικός ισχυρισμός («ο παγωμένος καφές ζεσταίνεται») με νέες αιτιολογήσεις («ο αέρας δίνει θερμότητα στον καφέ - ο αέρας γύρω από τον καφέ είναι ζεστός»). Μια δεύτερη αντίκρουση εμφανίζεται στη συνέχεια, που περιλαμβάνει έναν ισχυρισμό («θα ζεσταθεί ο καφές») με αιτιολόγηση («πάει θερμότητα από τον αέρα που είναι γύρω από το ποτήρι στον καφέ, όχι επειδή ο αέρας είναι ζεστός αλλά επειδή η θερμοκρασία του είναι μεγαλύτερη από του καφέ») που αναφέρεται άμεσα στην αιτιολόγηση του αρχικού ισχυρισμού. Το παράδειγμα αυτό αποσπάσματος συζήτησης κατατάσσεται στο Επίπεδο 5 καθώς περιλαμβάνει δύο αντικρούσεις.

M14: Ο παγωμένος καφές θα ζεσταθεί γιατί φεύγει το κρύο σιγά-σιγά από τον καφέ.

M15: Όχι, δεν φεύγει κρύο. Ο καφές θα ζεσταθεί γιατί παίρνει θερμότητα. Το κρύο δεν υπάρχει είναι έλλειψη θερμότητας.

M14: Δηλαδή ο παγωμένος καφές ζεσταίνεται επειδή ο αέρας δίνει θερμότητα στον καφέ.

M16: Ναι, γιατί ο αέρας γύρω από τον καφέ είναι ζεστός.

M17: Όχι δεν συμφωνώ, θα ζεσταθεί ο καφές γιατί πάει θερμότητα από τον αέρα που είναι γύρω από το ποτήρι στον καφέ, όχι επειδή ο αέρας είναι ζεστός αλλά επειδή η θερμοκρασία του είναι μεγαλύτερη από του καφέ.

2. Η εμπλοκή των μαθητών στη διαλογική επιχειρηματολογία

Σημαντικό ρόλο στη διαλογική επιχειρηματολογία διαδραματίζει η εμπλοκή των μαθητών στις μεταξύ τους ομαδικές συζητήσεις. Ο βαθμός εμπλοκής των μαθητών στη διαλογική επιχειρηματολογία συνδέεται με τη μάθηση περιεχομένου, με την προαγωγή επιστημονικών στάσεων και δεξιοτήτων επικοινωνίας, καθώς επίσης και με την ανάπτυξη γνωστικών και μεταγνωστικών δεξιοτήτων (Berland & Reiser, 2009· Engle & Conant, 2002· Osborne, Erduran & Simon, 2004· Sampson, 2009). Η εμπλοκή των μαθητών στη διαλογική επιχειρηματολογία δεν συνδέεται αποκλειστικά με τη συχνότητα συμμετοχής των μαθητών στη συζήτηση. Η εμπλοκή των μαθητών εξετάζεται κάτω από το πρίσμα τριών αξόνων. Καταρχήν, η εμπλοκή των μαθητών στη διαλογική επιχειρηματολογία σχετίζεται με το αν όλα τα μέλη μιας ομάδας συμμετέχουν ισότιμα στη συζήτηση και καθορίζεται από τον αριθμό των σχολίων που συνεισφέρει κάθε μαθητής στη συζήτηση. Οι μαθητές με τη μεγαλύτερη συχνότητα διατύπωσης αριθμού σχολίων συμμετέχουν πιο ενεργά στη συζήτηση. Όμως, πέραν της συχνότητας στην εκφορά σχολίων, η εμπλοκή των μαθητών στη συζήτηση συνδέεται με το είδος των απαντήσεων των μαθητών και συγκεκριμένα με το αν οι μαθητές εστιάζουν την προσοχή τους ή όχι στις ιδέες που διατυπώνουν οι συμμαθητές τους και αν προτείνουν απαντήσεις λαμβάνοντας υπόψη αυτές τις ιδέες (Barron, 2003· Engle & Conant, 2002). Επιπρόσθετα, η εμπλοκή των μαθητών στη συζήτηση σχετίζεται με το ρόλο των σχολίων των μαθητών στη συζήτηση. Σύμφωνα με τον Sampson (2009), οι μαθητές που διατυπώνουν ερωτήσεις, αντικρούουν απόψεις, προτείνουν εναλλακτικές ιδέες, αιτιολογούν τις δικές τους απόψεις ή τις απόψεις των συμμαθητών τους και οργανώνουν τη συζήτηση, θεωρείται ότι εμπλέκονται πιο ενεργά στη διαλογική επιχειρηματολογία.

Προκειμένου να διερευνηθεί αν όλα τα μέλη μιας ομάδας συμμετέχουν στη συζήτηση ή αν μόνο ορισμένοι μαθητές μονοπωλούν τη συζήτηση, προσδιορίζεται ο αριθμός των σχολίων που συνεισφέρει κάθε μαθητής στη συζήτηση. Οι μαθητές που συνεισφέρουν περισσότερα σχόλια στη συζήτηση θεωρείται ότι εμπλέκονται περισσότερο ενεργά σε αυτήν.

Για να εξεταστεί αν οι μαθητές δίνουν προσοχή ή όχι στις ιδέες που διατυπώνουν οι συμμαθητές της ομάδας τους, χρησιμοποιείται η ταξινόμηση σε κατηγορίες των σχολίων των μαθητών που έχει προταθεί από την Barron (2003). Σύμφωνα με αυτήν, οι απαντήσεις των μαθητών ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες: «αποδοχή», «συζήτηση» και «απόρριψη ή αγνόηση» (βλ. Πίνακα 1). Η πρώτη κατηγορία («αποδοχή») εμπεριέχει τις αποκρίσεις των μαθητών που υποδηλώνουν συμφωνία με την άποψη που προτάθηκε από ένα μαθητή ή υποστήριξη σε αυτήν. Η δεύτερη κατηγορία («συζήτηση») περιλαμβάνει τις απαντήσεις των μαθητών που έχουν ως αποτέλεσμα την περαιτέρω συζήτηση μιας ιδέας που έχει προταθεί από κάποιο μαθητή. Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι ερωτήσεις που διατυπώνουν οι μαθητές, κάθε διαφωνία που εκφράζεται από ένα μαθητή η οποία συνοδεύεται από αιτιολόγηση, όπως επίσης και κάθε σχόλιο που παρέχει διευκρινήσεις αναφορικά με μια ιδέα που έχει προταθεί από ένα άλλο μαθητή. Η τρίτη κατηγορία («απόρριψη ή αγνόηση») εμπεριέχει τις απαντήσεις των μαθητών που υποδηλώνουν διαφωνία – χωρίς κάποια αιτιολόγηση– με την ιδέα που προτάθηκε από ένα μαθητή ή που περιλαμβάνουν έναν ισχυρισμό που δηλώνει ότι η ιδέα που προτάθηκε είναι λανθασμένη. Επίσης, όταν η απόκριση ενός μαθητή δεν υποδηλώνει απάντηση σε μια ιδέα που του προτείνεται αλλά αναφέρεται σε ένα άλλο ζήτημα, τότε εντάσσεται στην κατηγορία αυτή.

Πίνακας 1. Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών σε προτεινόμενες ιδέες συμμαθητών τους και ενδεικτικά παραδείγματα σχολίων μαθητών.

Κατηγορίες απαντήσεων μαθητών σε προτεινόμενες ιδέες συμμαθητών	Παραδείγματα
«Αποδοχή»	«Συμφωνώ. Ναι, έτσι είναι» «Ναι, γιατί ο αέρας είναι ζεστός»
«Συζήτηση»	«Τι σημασία έχει που το νερό είναι πιο ζεστό από τον αέρα;» «Γιατί το έλεγες αφού δεν ήσουν σίγουρη;»
«Απόρριψη ή Αγνόηση»	«Όχι, τα νιώθουμε διαφορετικά» «Δεν συμφωνώ. Και οι δύο ράβδοι θα έχουν την ίδια θερμοκρασία»

Κατά τη διάρκεια μιας διδασκαλίας, η αύξηση της συχνότητας εμφάνισης των σχολίων που επιδιώκουν περαιτέρω τη συζήτηση των ιδεών των μαθητών και η μείωση της συχνότητας εμφάνισης των σχολίων που απορρίπτουν χωρίς αιτιολόγηση μια ιδέα ή που δεν σχετίζονται με το ζήτημα που διαπραγματεύονται οι μαθητές, καταδεικνύει ότι η διδασκαλία πριμοδοτεί τη συζήτηση πάνω στις ιδέες των μαθητών.

Ο Sampson (2009) πρότεινε μια ταξινόμηση των ατομικών σχολίων των μαθητών σε κατηγορίες με βάση το ρόλο του κάθε σχολίου των μαθητών στη συζήτηση. Κάθε σχόλιο του μαθητή χαρακτηρίζεται σε σχέση με το σχόλιο ενός άλλου μαθητή στον οποίο απευθύνεται. Συγκεκριμένα, η ταξινόμηση σε κατηγορίες των σχολίων των μαθητών που συγκρότησε ο Sampson (2009) περιλαμβάνει τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες: «αναζήτηση πληροφορίας», «παράθεση», «αντίθεση» και «συν-οικοδόμηση» (βλ. Πίνακα 2). Στην κατηγορία «αναζήτηση πληροφορίας» εντάσσονται τα σχόλια που διατυπώνει ο μαθητής για να εκμαιεύσει περισσότερες πληροφορίες από άλλους συμμαθητές του. Τα σχόλια που ανήκουν στην κατηγορία

«παράθεση» είναι αυτά που εκφράζει ο μαθητής όταν αρθρώνει μια ιδέα, διευκρινίζει μια ιδέα συμμαθητή του που έρχεται ως απάντηση σε ένα σχόλιο ενός άλλου μαθητή, επεκτείνει μια ιδέα του ή την υποστηρίζει. Στην κατηγορία «αντίθεση» περιλαμβάνονται τα σχόλια του μαθητή που εναντιώνονται στις ιδέες που περιέχουν άλλα σχόλια συμμαθητών του. Τέλος, τα σχόλια των μαθητών που ανακεφαλαιώνουν, υποστηρίζουν ή προσθέτουν ιδέες σε άλλα σχόλια συμμαθητών τους, καθώς επίσης και τα σχόλια που σχετίζονται με την οργάνωση της συζήτησης στις ομάδες των μαθητών κατατάσσονται στην κατηγορία «συν-οικοδόμηση».

Πίνακας 2. Οι κατηγορίες των σχολίων των μαθητών με βάση το ρόλο τους στη συζήτηση και ενδεικτικά παραδείγματα.

Κατηγορίες σχολίων μαθητών αναφορικά με το ρόλο τους στη συζήτηση	Παραδείγματα
«Αναζήτηση πληροφορίας»	«Δεν το κατάλαβα, τι θέλεις να πεις;» «Τι σκέφτεσαι τώρα;»
«Παράθεση»	«Η θερμοκρασία του φούρνου μας λέει πόση θα είναι η θερμοκρασία στα ταψιά» «Ο παγωμένος καφές θα ζεσταθεί»
«Αντίθεση»	«Όχι, τα νιώθουμε διαφορετικά» «Όχι δεν συμφωνώ, θα ζεσταθεί ο καφές γιατί πάει θερμότητα από τον αέρα στον καφέ επειδή η θερμοκρασία του είναι μεγαλύτερη από του καφέ»
«Συν-οικοδόμηση»	«Και εγώ συμφωνώ, λέω ότι η θερμοκρασία θα είναι διαφορετική» «Βάλε το θερμόμετρο εδώ να δούμε τι θα δείξει»

Κατά τη διάρκεια μιας διδασκαλίας, η αύξηση της συχνότητας εμφάνισης των σχολίων που εναντιώνονται στις ιδέες που περιέχουν σχόλια συμμαθητών τους ή ανακεφαλαιώνουν, υποστηρίζουν και αιτιολογούν προσθέτοντας νέα στοιχεία στις ιδέες των συμμαθητών τους, φανερώνει ότι η διδασκαλία προάγει την εμπλοκή των μαθητών στη διαλογική επιχειρηματολογία.

ΕΝΟΤΗΤΑ Ζ. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

- Η παραδοσιακή αντίληψη θεωρεί τη σχολική γνώση ως απλοποίηση της αντίστοιχης επιστημονικής.
- Πρόσφατες θεωρήσεις τονίζουν ότι η σχολική γνώση δεν είναι μόνο απλοποίηση αλλά αποτελεί επιλεκτική αναπαραγωγή της επιστημονικής γνώσης (αναπλαισίωση) (Bernstein, 1996).
- Η διαδικασία της αναπλαισίωσης περιλαμβάνει επιλογή, απλούστευση, συμπύκνωση κι επεξεργασία μέσω της οποίας, η επιστημονική γνώση μετασχηματίζεται σε προς διδασκαλία ύλη (Κουλαϊδής, Δημόπουλος, Σκλαβενίτη & Χρηστίδου, 2002).

Την κατανόηση της αναπλαισίωσης διευκολύνουν οι έννοιες: «Ταξινόμηση», «Τυπικότητα» και «Περιχάραξη».

1. Ταξινόμηση

Σύμφωνα με τον Bernstein η ταξινόμηση (classification) ορίζει τη σχέση μεταξύ των συνόρων κατηγοριών. Αναφέρεται δηλαδή στο πόσο ισχυρή είναι η διάκριση μιας κατηγορίας από μία άλλη. Ισχυρή ταξινόμηση σημαίνει ισχυρά σύνορα μεταξύ κατηγοριών, δηλαδή τα περιεχόμενα των κατηγοριών είναι καλά διαχωρισμένα μεταξύ τους. Ασθενής ταξινόμηση σημαίνει ότι υπάρχει μειωμένη μόνωση μεταξύ των περιεχομένων των κατηγοριών (Τσατσαρώνη & Κουλαϊδής, 2001). Οι κατηγορίες αυτές μπορεί να είναι γνωστικά αντικείμενα, μορφές γνώσης, γλωσσικοί κώδικες, εικονικοί κώδικες, κοινωνικές ομάδες.

Η αρχή της ταξινόμησης μπορεί να εφαρμοσθεί στα γνωστικά αντικείμενα που συγκροτούν το αναλυτικό πρόγραμμα και παρουσιάζονται στα σχολικά βιβλία. Αν στο σχολικό εγχειρίδιο για παράδειγμα υπάρχει σαφής διάκριση ανάμεσα στις Φυσικές Επιστήμες και στη Γεωγραφία ή τα Μαθηματικά, η ταξινόμηση είναι ισχυρή ως προς αυτά τα γνωστικά αντικείμενα. Ενώ η ταξινόμηση είναι ασθενής όταν στο εγχειρίδιο υιοθετείται διαθεματική προσέγγιση (Κουλαϊδής, Δημόπουλος, Σκλαβενίτη & Χρηστίδου, 2002).

Ακόμη η αρχή της ταξινόμησης μπορεί να αναφέρεται στη διάκριση των συνόρων μεταξύ μορφών γνώσης όπως είναι η φυσικοεπιστημονική γνώση και η πρακτικοβιωματική γνώση. Αν η σχολική γνώση συγκροτείται με βάση την αντίληψη, ότι η φυσικοεπιστημονική και η πρακτικοβιωματική γνώση είναι απόλυτα διακριτές μορφές γνώσης, τότε η ταξινόμηση είναι ισχυρή. Αν η φυσικοεπιστημονική γνώση εμφανίζεται ως συνέχεια της πρακτικοβιωματικής η ταξινόμηση είναι ασθενής (Κουλαϊδής, Δημόπουλος, Σκλαβενίτη & Χρηστίδου, 2002).

Συγκεκριμένα, στα εγχειρίδια η σχολική γνώση υλοποιείται με το γραπτό κείμενο και την εικονογράφηση. Το γραπτό κείμενο και η εικονογράφηση, ως σημειωτικά συστήματα αποδίδουν αντίστοιχα γνωστικά περιεχόμενα το καθένα με το δικό του εκφραστικό μέσον. Αν το γνωστικό περιεχόμενο του κειμένου, αλλά και των εικόνων διακρίνεται σαφώς ότι είναι φυσικοεπιστημονική γνώση, τότε η ταξινόμηση είναι ισχυρή. Εάν τα σύνορα μεταξύ των δύο κατηγοριών γνώσης είναι χαλαρά, δεν είναι σαφές ότι το περιεχόμενο είναι επιστημονικά εξειδικευμένο αποτελεί μία μάλλον μία μείξη φυσικοεπιστημονικής και πρακτικοβιωματικής γνώσης και η ταξινόμηση είναι ασθενής

2. Τυπικότητα του εκφραστικού μέσου

Οι φυσικές επιστήμες έχουν αναπτύξει κάποιους ιδιαίτερους τρόπους έκφρασης σε σχέση με την καθημερινή γλώσσα. Πέραν της φυσικής γραπτής γλώσσας χρησιμοποιούν και άλλους κώδικες όπως είναι την συμβολική γλώσσα των μαθηματικών ή της χημείας. Επιπλέον μεταχειρίζονται επιστημονική ορολογία. Για αυτό και το γλωσσικό μέσον έκφρασης που χρησιμοποιούν παρουσιάζει μια ορισμένη τυπικότητα.

Με την έννοια τυπικότητα, εννοούμε το βαθμό συγκρότησης, εξειδίκευσης και συνολικής οργάνωσης του εκφραστικού μέσου. Το γλωσσικό μέσο έκφρασης χαρακτηρίζεται ως υψηλής τυπικότητας όταν υπακούει σε επεξεργασμένους και πολύπλοκους κανόνες σύνταξης (Δημόπουλος, Κουλαϊδής & Σκλαβενίτη, 2009).

Η έννοια της τυπικότητας, όπως αναφέρεται παραπάνω αφορά στο γραπτό κείμενο, αλλά ισχύει και για την εικονογράφηση (Κουλαϊδής, Δημόπουλος, Σκλαβενίτη & Χρηστίδου, 2002). Η εικονογράφηση που χρησιμοποιείται στα εγχειρίδια για τις φυσικές επιστήμες περιλαμβάνει από κανονικές φωτογραφίες μέχρι διαγράμματα. Στα διαγράμματα ο τρόπος απεικόνισης είναι επεξεργασμένος, έχει δηλαδή υψηλή τυπικότητα. Αντίθετα οι απλές φωτογραφίες έχουν χαμηλή τυπικότητα γιατί σε αυτές, τα πράγματα απεικονίζονται με φυσικό τρόπο, χωρίς επεξεργασία, όπως τα βλέπουν τα μάτια μας και αντίστοιχα ο φωτογραφικός φακός.

Όταν η επιστημονική γνώση μετασχηματίζεται στα σχολικά εγχειρίδια, η γλώσσα με την οποία διατυπώνεται μπορεί να είναι επεξεργασμένη, μπορεί όμως και να μοιάζει με εκείνη της απλής καθημερινής γραφής. Δηλαδή η τυπικότητα είναι δυνατόν να μεταβάλλεται. Με ανάλογο τρόπο η τυπικότητα της εικονογράφησης είναι δυνατόν να είναι υψηλή αν το βιβλίο περιέχει μόνο αυστηρά επιστημονικά διαγράμματα ή αντίστοιχα να είναι χαμηλή αν χρησιμοποιούνται μόνο κανονικές φωτογραφίες. Παραθέτουμε παραδείγματα γραπτού κειμένου και εικόνων όπου το ίδιο θέμα διατυπώνεται με διαφορετική τυπικότητα.

Γραπτό κείμενο

Παράδειγμα 1

Όταν τα σώματα είναι ανυψωμένα, έχουν ενέργεια που τη λέμε δυναμική.

Φυσικά Ε΄ Τάξης Α΄ μέρος (1989) Ο Ε Δ Β Αθήνα σελ.46

Παράδειγμα 2

Η δυναμική ενέργεια ενός σώματος είναι ίση με το βάρος του επί το κατακόρυφο ύψος από τη γη.

$$E = B \cdot h$$

Βήματα στη Φυσική, Γ΄ Γυμνασίου, Λευκωσία 1992 σελ.141

Η γλώσσα έκφρασης στο δεύτερο παράδειγμα έχει υψηλότερη τυπικότητα από εκείνη στο πρώτο.

3. Σχηματισμός των πεδίων πρακτικής

Ο συνδυασμός της εξειδίκευσης του γνωστικού περιεχομένου και της τυπικότητας της γλώσσας έκφρασης παράγει τα Πεδία Πρακτικής (Dowling, 1998, Κουλαϊδής και Τσατσαρώνη, 2001) δηλαδή διάφορους τρόπους με τους οποίους προβάλλεται η επιστημονική γνώση στα διδακτικά βιβλία. Τα Πεδία Πρακτικής επιτρέπουν τη μελέτη της αναπλαισίωσης των φυσικών επιστημών στα σχολικά εγχειρίδια, αλλά και της θέσης που παρέχεται στο μαθητή ως υποκείμενο γνώσης.

Ταξινόμηση	ισχυρή	ασθενής
ΓΝΩΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΓΛΩΣΣΑ ΕΚΦΡΑΣΗΣ	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΟ (επιστημονική γνώση)	ΟΧΙ ΣΑΦΩΣ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΟ (χαλαρά σύνορα επιστημονικής και καθημερινής γνώσης)
ΥΨΗΛΗΣ ΤΥΠΙΚΟΤΗΤΑΣ	<i>εσωτερικό</i>	<i>μυθικό</i>
ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΥΠΙΚΟΤΗΤΑΣ	<i>μεταφορικό</i>	<i>δημόσιο</i>

Πίνακας 1. *Πεδία Πρακτικής*

Στον πίνακα 1 υπάρχουν δύο άξονες: το περιεχόμενο (σημαινόμενο) και η γλώσσα έκφρασης (σημαίνον). Όπως φαίνεται στον πίνακα στο *εσωτερικό πεδίο* η φυσικοεπιστημονική γνώση προβάλλεται ως εξειδικευμένο γνωστικό περιεχόμενο με γλώσσα έκφρασης υψηλής τυπικότητας. Το περιεχόμενο έχει ισχυρή ταξινόμηση και η γλώσσα έκφρασης έχει υψηλή τυπικότητα. Επειδή οι δραστηριότητες εκφράζονται με γλώσσα υψηλής τυπικότητας, διευκολύνεται η διατύπωση των επιστημονικών αρχών (αποκλείονται οι συνδηλώσεις). Αναγνωρίζει αμέσως κανείς ότι πρόκειται για φυσικές επιστήμες. Για παράδειγμα διατυπώνονται επιστημονικοί ορισμοί, γίνονται επιστημονικές ταξινομήσεις ή χρησιμοποιούνται παραδείγματα από την καθημερινή ζωή, στα οποία όμως οι γενικές επιστημονικές αρχές που τα διέπουν είναι φανερά διαθέσιμες. Έτσι διαμορφώνεται μία θέση κυρίαρχη για το υποκείμενο- μαθητή, με την έννοια ότι του προσφέρονται συγκεκριμένες δυνατότητες (αφού γνωρίζει τις επιστημονικές αρχές που ρυθμίζουν την πρακτική) που τον φέρνουν σε πλεονεκτική θέση για την είσοδό του στο πεδίο πειθαρχίας της επιστήμης.

εσωτερικό πεδίο

Παράδειγμα:

Ελεύθερη πτώση.

Πως κινείται ένα αντικείμενο υπό την επίδραση της δύναμης βαρύτητας; Ας υποθέσουμε ότι το αφήνουμε να πέσει. Η κίνησή του εξαρτάται από την ολική δύναμη που δρα επάνω του και από τη μάζα αδράνειάς του. Η ολική δύναμη F που δρα πάνω στο σώμα που πέφτει είναι το διανυσματικό άθροισμα της έλξεως βαρύτητας $F=m \cdot g$ (το βάρος του σώματος) και της *αντιστάσεως* του αέρα F . Είναι $F= F+ m \cdot g$
PSSC (1992) Φυσική Ίδρυμα Ευγενίδου, σελ. 74.

Αντίθετα στο *δημόσιο πεδίο* και το γνωστικό περιεχόμενο έχει ασθενή ταξινόμηση και η γλώσσα έκφρασης έχει χαμηλή τυπικότητα. Η σχολική γνώση δεν είναι σαφές ότι αποτελεί φυσικοεπιστημονική γνώση. Το περιεχόμενο αποτελεί ένα μείγμα επιστημονικής και

καθημερινής γνώσης και διατυπώνεται με μία γλώσσα που δεν είναι απλή καθημερινή αλλά δεν είναι και σαφώς επεξεργασμένη. Στο πεδίο αυτό περιγράφονται διαδικασίες χωρίς να δηλώνονται οι γενικές επιστημονικές αρχές που τις διέπουν ή χρησιμοποιούνται παραδείγματα από την καθημερινή ζωή που εξαρτώνται από το συγκεκριμένο πλαίσιο. Οι επιστημονικές αρχές που οργανώνουν το περιεχόμενο και τις δραστηριότητες δεν είναι φανερά διαθέσιμες, συνεπώς ο μαθητής βρίσκεται σε μειονεκτική θέση, γιατί δεν έχει πρόσβαση στην επιστημονική γνώση.

δημόσιο πεδίο

Παράδειγμα: Η θερμική αλληλεπίδραση

Ας υποθέσουμε ότι τα χέρια μας είναι παγωμένα και τα μαγουλά μας ζεστά. Φέρνουμε τα χέρια σε επαφή με τα μάγουλα. Αισθανόμαστε τότε τα χέρια μας να ζεσταίνονται και ταυτόχρονα τα μάγουλά μας να κρυώνουν. Έχουμε δηλαδή μια μεταβολή της θερμοκρασίας και στα χέρια και στα μάγουλα. Αντίθετα, ενώνοντας τις παλάμες μας μεταξύ τους δεν παρατηρούμε καμιά μεταβολή, καθώς έχουν την ίδια θερμοκρασία.

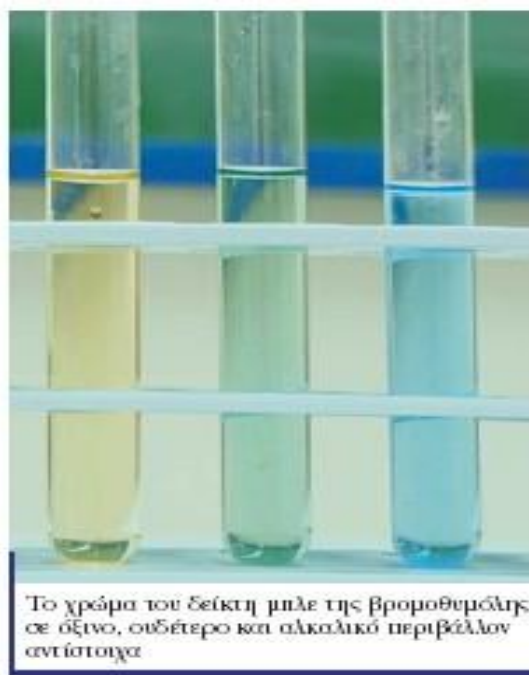
Αν πάλι στη σβηστή αλλά θερμή ακόμα πλάκα (μάτι) της ηλεκτρικής κουζίνας ακουμπήσουμε ένα βραστήρα με κρύο νερό, ύστερα από λίγο διαπιστώνουμε ότι ενώ η πλάκα κρυώνει, αυξάνεται η θερμοκρασία του νερού στο βραστήρα. Πάλι παρατηρούμε μεταβολή της θερμοκρασίας στο καθένα από τα δύο σώματα.

Φυσική Β' Γυμνασίου (1998), Ο Ε Δ Β Αθήνα, σελ. 66

Παρόμοιες αναπλαισιώσεις της φυσικο-επιστημονικής γνώσης για παιδαγωγικούς σκοπούς προβάλλουν στις Φυσικές Επιστήμες είτε ως μυθικό πεδίο (ασθενές περιεχόμενο/ισχυρός γλωσσικός κώδικας) είτε ως μεταφορικό πεδίο (ισχυρό περιεχόμενο και ασθενής γλωσσικός κώδικας). Το πρώτο χαρακτηρίζεται ως μυθικό γιατί μια εξειδικευμένη γλώσσα εισβάλλει, κατά κάποιο τρόπο, σε ένα πεδίο καθημερινών, βιωματικών πραγματικοτήτων. Η δεύτερη εκδοχή συγκροτείται από το συνδυασμό εκφραστικών μέσων χαμηλής επεξεργασίας και εξειδικευμένου περιεχομένου. Πρόκειται για το μεταφορικό πεδίο, όπου η ταξινόμηση είναι ισχυρή ως προς το περιεχόμενο, ενώ χαμηλή ως προς το γλωσσικό κώδικα (Κουλαϊδής και Τσατσαρώνη 2000, Τσατσαρώνη και Κουλαϊδής, 2001b).

Η διάκριση των τεσσάρων πεδίων πρακτικής αποτελεί βασικό εργαλείο ανάλυσης των σχολικών εγχειριδίων, καθώς είναι χρήσιμο όχι μόνο για την ανάλυση κειμένων, αλλά και για την ανάλυση των εικόνων τους.

Στην περίπτωση της εικόνας, το ειδικό νόημά της προσδιορίζεται από τη λεζάντα που τη συνοδεύει ή γραπτά σχόλια. Αν στο κείμενο της λεζάντας υπάρχουν προτάσεις με γενικούς επιστημονικούς όρους που επεκτείνουν και γενικεύουν το νόημα της εικόνας, τότε το περιεχόμενο έχει υψηλό βαθμό επιστημονικής εξειδίκευσης (ισχυρή ταξινόμηση) (βλ. εικόνα 1). Αν στη λεζάντα υπάρχουν μόνο καθημερινοί όροι, τα όρια μεταξύ της επιστημονικής και της καθημερινής γνώσης δεν διακρίνονται σαφώς και το περιεχόμενο της εικόνας έχει χαμηλό βαθμό επιστημονικής εξειδίκευσης (ασθενής ταξινόμηση) (βλ. εικόνα 2).



Εικόνα 1



Εικόνα 2

Επιπρόσθετα, ο κώδικας εικονογράφησης είναι επεξεργασμένος, όταν απεικονίζει την πραγματικότητα με τη χρήση μιας συμβατικής γλώσσας και μη επεξεργασμένος όταν την απεικονίζει με βάση την οπτική μας αντίληψη (Τσατσαρώνη και Κουλαϊδής, 2001). Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται ορισμένοι δείκτες τυπικότητας εικονογράφησης.

Δείκτες Τυπικότητας	Τυπικότητα του κώδικα εικονογράφησης		
	Υψηλή	Μέση	Χαμηλή
Στοιχεία του επιστημονικού κώδικα	Γεωμετρικά σχήματα και σειρές με γράμματα ή αριθμούς	Γεωμετρικά σχήματα ή σειρές με γράμματα ή αριθμούς	Απουσία γεωμετρικών σχημάτων και σειρών με γράμματα ή αριθμούς
Ποικιλία χρωμάτων	Ένα χρώμα	2-4 χρώματα (μαζί με το μαύρο)	Πέντε ή περισσότερα χρώματα
Διαβαθμίσεις χρώματος	Καμία διαβάθμιση	Μέχρι τρεις διαβαθμίσεις	Όλες οι διαβαθμίσεις που συλλαμβάνει ο φακός
Απεικόνιση φόντου	Φόντο στο ίδιο χρώμα με τη σελίδα	Φόντο μονόχρωμο ή φόντο με δύο χρώματα	Παρουσία φόντου όπως στη φωτογραφική λήψη

Πίνακας. Δείκτες τυπικότητας του κώδικα εικονογράφησης (Κουλαϊδής και συν., 2002, σ. 144).



Η παραπάνω εικόνα αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα της πρακτικής του εσωτερικού πεδίου διότι η τυπικότητά της είναι υψηλή, αλλά και η ταξινόμηση της είναι επίσης ισχυρή (στη λεζάντα της εικόνας χρησιμοποιούνται επιστημονικές έννοιες και εξειδικευμένοι χημικοί συμβολισμοί).



Η παραπάνω εικόνα είναι μια φωτογραφία, στην οποία απεικονίζονται δύο μνημεία. Είναι σύμφωνη με την ανθρώπινη οπτική αντίληψη, αφού απεικονίζει ακριβώς αυτό που συλλαμβάνει ο φωτογραφικός φακός και βλέπει το ανθρώπινο μάτι. Η λεζάντα της φωτογραφίας δεν περιέχει επιστημονικούς όρους. Η ταξινόμηση προκύπτει πως είναι ασθενής, και η τυπικότητα χαμηλή. Άρα πρόκειται για εικόνα του δημόσιου πεδίου.

3. Περιχάραξη

Η περιχάραξη (Framing) κατά τον Bernstein αναφέρεται στην παιδαγωγική σχέση. Συγκεκριμένα αναφέρεται στο βαθμό ελέγχου που κατέχουν ο δάσκαλος και ο μαθητής πάνω στους κανόνες που ρυθμίζουν τις επικοινωνιακές σχέσεις κατά την παιδαγωγική διαδικασία. Οι κανόνες αυτοί αφορούν αφενός την συμπεριφορά και την κοινωνική τάξη των πραγμάτων κατά την επικοινωνία (κανόνες ιεραρχίας) και αφετέρου τη διδακτική διαδικασία (διδασκτικοί κανόνες). Ισχυρή περιχάραξη σημαίνει ότι είναι φανερό ότι ο πομπός έχει τον έλεγχο των κανόνων αυτών. Αντίθετα όταν η περιχάραξη είναι χαλαρή, ο δέκτης φαίνεται να έχει μεγαλύτερη δυνατότητα ελέγχου των κανόνων. Για παράδειγμα ισχυρή περιχάραξη στους διδασκτικούς κανόνες μειώνει την εξουσία του μαθητή πάνω στο ποια γνώση, πότε και πως την προσλαμβάνει και αυξάνει αντίστοιχα την εξουσία του μεταδότη (Κουλαϊδής, Δημόπουλος, Σκλαβενίτη & Χρηστίδου, 2002).

Όπως αναφέρθηκε οι κανόνες ιεραρχίας αφορούν τη συμπεριφορά κατά την διάρκεια της παιδαγωγικής αλληλεπίδρασης, ενώ οι διδασκτικοί κανόνες αναφέρονται στα εξής στοιχεία: την επιλογή του περιεχομένου (ποιος φαίνεται να επιλέγει το περιεχόμενο της διδακτικής επικοινωνίας), την χρονική διαδοχή (ποιος φαίνεται να οργανώνει τι προηγείται και τι έπεται κατά τον διδασκτικό χρόνο), τον βηματισμό (ποιος φαίνεται να κανονίζει το ρυθμό διδασκαλίας) και την αξιολόγηση (είναι ρητά τα κριτήρια αξιολόγησης;). Η ισχύς της περιχάραξης μπορεί να ποικίλει για το καθένα από τα στοιχεία αυτά σε μια παιδαγωγική πρακτική.

Αν η σύνθεση των σελίδων του βιβλίου επιτρέπει περισσότερους από ένα τρόπους ανάγνωσης, δηλαδή ο μαθητής μπορεί να διαβάσει με τη σειρά που θα διαλέξει, τα περιεχόμενα της σελίδας, τότε ο έλεγχος του μεταδότη δεν είναι φανερός και η περιχάραξη είναι ασθενής ως προς το στοιχείο της χρονικής διαδοχής.

Η περιχάραξη ως προς τους κανόνες χρονικής διαδοχής μπορεί να είναι ισχυρή, για παράδειγμα σε ένα κείμενο όπου ο μαθητής καλείται να εκτελέσει με συγκεκριμένα βήματα μια πειραματική διαδικασία, διότι ο έλεγχος της συμπεριφοράς φαίνεται ότι ανήκει στο μεταδότη.

Τα παραδείγματα 1 και 2 αναφέρονται στα κριτήρια αξιολόγησης.

Παράδειγμα 1.

Παίξε με τη διάθλαση.

Βάλε ένα κέρμα μέσα σε ένα κύπελο. Ύστερα να Ποιο φαινόμενο σου θυμίζει ;
Φυσικά ΣΤ' Τάξης Β μέρος (1989) Ο Ε Δ Β Αθήνα , σελ. 44

Στο παράδειγμα 1 η περιχάραξη είναι χαλαρή ως προς τα κριτήρια αξιολόγησης, γιατί δεν είναι σαφές που πρέπει ο μαθητής να ψάξει για τη σωστή απάντηση. Το φαινόμενο που περιγράφεται μπορεί να του θυμίζει κάτι από την καθημερινή του ζωή.

Παράδειγμα 2.

Σε τι διαφέρουν οι συγκλίνοντες φακοί από τους αποκλίνοντες και σε τι μοιάζουν;

Φυσικά ΣΤ' Τάξης Β μέρος (1989) Ο Ε Δ Β Αθήνα σελ 48 ασκ.7 ερ. β.

Στο παράδειγμα 2 η περιχάραξη είναι ισχυρή ως προς τα κριτήρια αξιολόγησης, γιατί είναι σαφές ποια απάντηση περιμένουμε από το μαθητή, γιατί του λέμε ότι πρέπει να ψάξει στην αντίστοιχη επιστημονική γνώση για να βρει τη σωστή απάντηση.

ΕΝΟΤΗΤΑ Η. ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Η συναφής ερευνητική βιβλιογραφία έχει αποτυπώσει ένα ιδιαίτερα μεγάλο αριθμό αρχών σχετικά με την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Έχει επισημανθεί ότι η αναγνώριση ενός μικρού αριθμού βασικών αρχών, βασισμένων στα ευρήματα της έρευνας, μπορεί να διαδραματίσει πιο σημαντικό ρόλο στο να περιορίσει το χάσμα ανάμεσα στην υπάρχουσα κατάσταση του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας και σε αυτήν που είναι ανάγκη να υπάρχει (Roth, 2014).

Ως «βασικές αρχές ανάπτυξης αποτελεσματικού εκπαιδευτικού υλικού» θεωρούμε τις αρχές που αν ληφθούν υπόψη για το σχεδιασμό και τη διαχείριση του εκπαιδευτικού υλικού στη διδακτική πράξη μπορούν να υποστηρίξουν περισσότερο τη μάθηση του συνόλου των μαθητών. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης, δηλαδή της αναγνώρισης ενός μικρού αριθμού αρχών, είναι ότι αντί να γίνεται επιλογή από ένα ευρύ φάσμα αρχών, οι ερευνητές και οι εκπαιδευτικοί μπορούν να εστιάζουν σε αυτές τις ολιγάριθμες αρχές και να τις εφαρμόζουν αποτελεσματικά.

Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα της συναφούς ερευνητικής βιβλιογραφίας των τελευταίων δεκαετιών εντοπίστηκαν ορισμένες βασικές αρχές ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού για τις Φυσικές επιστήμες:

1. Το εκπαιδευτικό υλικό να αναπτύσσεται σύμφωνα με τις σύγχρονες θέσεις για τη μάθηση

Το εκπαιδευτικό υλικό προκειμένου να είναι αποτελεσματικό είναι αναγκαίο να αναπτύσσεται σύμφωνα με αυτά που είναι γνωστά για το πώς οι μαθητές μαθαίνουν. Οι σύγχρονες θέσεις για τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες θεωρούν ότι ο μαθητής οικοδομεί ενεργητικά τη γνώση μέσα από γνωστικές, κοινωνικές και πολιτισμικές διαδικασίες (NGSS Lead States, 2013).

Οι υποστηρικτές των παραδοσιακών θεωριών μάθησης, σχεδιάζουν τα εκπαιδευτικά υλικά με την «από πάνω προς τα κάτω» διαδικασία κατά την οποία το περιεχόμενο αναλύεται, απλοποιείται και ενσωματώνεται στο υλικό, με σκοπό τη «μεταφορά» του στον μαθητή. Αντίθετα, οι υποστηρικτές των θεωριών που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση αναπτύσσουν το εκπαιδευτικό υλικό με την «από κάτω προς τα πάνω» διαδικασία (Gravemeijer & Stephan, 2002). Αναζητούν μοντέλα τα οποία προέρχονται από τις αυθόρμητες δράσεις και στρατηγικές των μαθητών, καθώς και από την τρέχουσα γνώση τους και τα μετατρέπουν σε διδακτικά μοντέλα. Με αυτό τον τρόπο, μέσω της αναδυόμενης μοντελοποίησης εισάγονται οι μαθητές σε υψηλότερα επίπεδα κατανόησης.

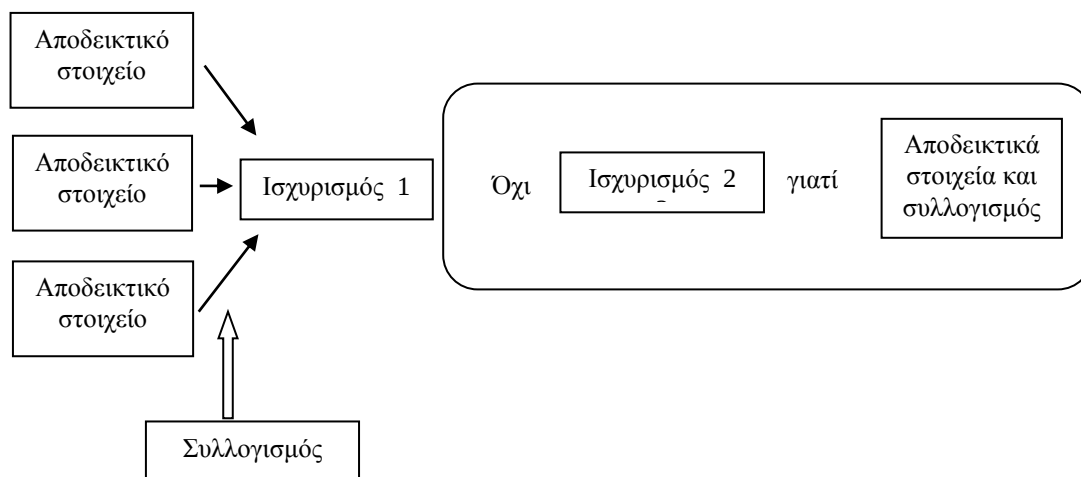
Με βάση αυτή την προσέγγιση έχουν προταθεί διάφορα διδακτικά μοντέλα για τη σχεδίαση του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας που αποσκοπούν στη μάθηση βασικών ιδεών και εννοιών των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών μέσω της χρήσης πρακτικών (Driver & Oldham, 1986; Bybee, 1997; Eisenkraft, 2003; Schwarz & Gwekwerere, 2007; Marshall et al. 2009, Minner et al. 2010).

Παρά τις διαφοροποιήσεις τους τα μοντέλα αυτά διαμορφώνουν μια βάση για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού, υποστηρίζουν τον εκπαιδευτικό και οργανώνουν τη διδακτική ακολουθία ώστε οι μαθητές να έχουν πολλαπλές ευκαιρίες

να κατανοήσουν τις ιδέες και τις έννοιες μέσω της πρακτικής, της ανατροφοδότησης, της αναθεώρησης και του αναστοχασμού.

2. Το εκπαιδευτικό υλικό να υποστηρίζει την επιχειρηματολογία των μαθητών

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



Πλαίσιο επιχειρημάτων (McNeill & Krajcik, 2013)

Το επιχείρημα, στο σχολικό πλαίσιο, σε μια απλοποιημένη του μορφή, συντίθεται από 4 συστατικά στοιχεία: ισχυρισμό, αποδεικτικά στοιχεία (αποδείξεις), συλλογισμό και αντίκρουση. Ο ισχυρισμός είναι ένα συμπέρασμα που απαντά σε μια ερώτηση ή ένα πρόβλημα. Τα αποδεικτικά στοιχεία είναι τα δεδομένα εκείνα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό. Ο συλλογισμός συνδέει τον ισχυρισμό με τα αποδεικτικά στοιχεία και φανερώνει το λόγο για τον οποίο τα δεδομένα θεωρούνται ως αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό χρησιμοποιώντας αρχές. Η αντίκρουση αιτιολογεί πως ή γιατί ένας εναλλακτικός ισχυρισμός είναι λανθασμένος (McNeill & Krajcik, 2012).

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

Όμως, ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι είναι δυνατή η ανάπτυξη της επιχειρηματολογίας μέσω κατάλληλα σχεδιασμένου εκπαιδευτικού υλικού, ακόμη και σε παιδιά μικρής ηλικίας και ότι η ανάπτυξη της επιχειρηματολογίας συνδέεται με την εννοιολογική κατανόηση.

3. Το εκπαιδευτικό υλικό να είναι επιμορφωτικό για τους εκπαιδευτικούς

Το εκπαιδευτικό υλικό για τους μαθητές δεν παραγνωρίζει το σημαντικό ρόλο του εκπαιδευτικού στη σχολική τάξη. Οι εκπαιδευτικοί εν τέλει σχηματοποιούν πως το εκπαιδευτικό υλικό θα παρουσιαστεί στη τάξη (Ball & Feiman-Nemser, 1988; Forbes & Davis, 2010). Επιλέγουν τα στοιχεία του υλικού που θα εμπλέξουν στη διδασκαλία και δίνουν έμφαση ή όχι σε εκείνες τις όψεις του εκπαιδευτικού υλικού με βάση αυτά που γνωρίζουν και τις πεποιθήσεις τους σχετικά με το τι θα είναι καλύτερο για τους μαθητές τους. Αν οι πεποιθήσεις του εκπαιδευτικού σχετικά με τη διδασκαλία συντάσσονται με τη φιλοσοφία συγκρότησης του εκπαιδευτικού υλικού τότε είναι πιο πιθανό ότι θα υπάρχει μια συνεργατική σχέση ανάμεσα στο υλικό και την πρακτική. Αντίθετα, μπορεί ένας εκπαιδευτικός να αντιλαμβάνεται τη διδασκαλία και έχει πεποιθήσεις διαφορετικές από τη φιλοσοφία του εκπαιδευτικού υλικού, δημιουργώντας ένα κενό ανάμεσα σε αυτά που οι δημιουργοί του εκπαιδευτικού υλικού επιδιώκουν και σε αυτά που οι εκπαιδευτικοί εφαρμόζουν στη σχολική τάξη (Ball & Cohen, 1996).

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

4. Το εκπαιδευτικό υλικό να υποστηρίζει τη χρήση πρακτικών των Φυσικών Επιστημών

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

Η ενεργός εμπλοκή των μαθητών με πρακτικές μπορεί να τους βοηθήσει να κατανοήσουν τη διαδικασία ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης, να οικοδομήσουν βασικές ιδέες και έννοιες, να προκαλέσει την περιέργεια και το ενδιαφέρον τους και να τους παρακινήσει σε περαιτέρω έρευνα (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007).

Συνεπώς το εκπαιδευτικό υλικό είναι αναγκαίο να παρέχει ευκαιρίες στους μαθητές να εμπλακούν και να χρησιμοποιούν αυτές τις πρακτικές.

Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί διάφορα πλαίσια με πρακτικές. Επιλέξαμε να παρουσιάσουμε το ακόλουθο πλαίσιο.

Πρακτικές Φυσικών Επιστημών (NGSS, 2013)
1. Υποβολή ερωτημάτων
2. Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων
3. Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας
4. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων
5. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης
6. Συγκρότηση εξηγήσεων
7. Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία
8. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών

5. Το εκπαιδευτικό υλικό να χαρακτηρίζεται από συνοχή

Έχει επισημανθεί ότι το εκπαιδευτικό υλικό, το οποίο συνήθως χρησιμοποιείται στα σχολεία, καλύπτει πολλά και ασύνδετα μεταξύ τους θέματα σε «επιφανειακό» επίπεδο (Krajcik et al., 2014).

Η έρευνα καταδεικνύει ότι μια τέτοια προσέγγιση επιτρέπει στους μαθητές να αποκτήσουν κατακερματισμένες γνώσεις και τους εμποδίζει να αντιληφθούν τις συνδέσεις μεταξύ των εννοιών και να κατανοήσουν τις βασικές (μεγάλες) ιδέες των Φυσικών Επιστημών.

Το αποτελεσματικό εκπαιδευτικό υλικό λοιπόν είναι αναγκαίο να έχει συνοχή. Η συνοχή μπορεί να έχει τρεις όψεις.

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

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

Εκπαιδευτικό υλικό αναπτυγμένο με βάση τη διαμορφωμένη υποθετική μαθησιακή πρόοδο ή μαθησιακή τροχιά των μαθητών κάθε ηλικίας μπορεί να επιφέρει θετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη των βασικών ιδεών των μαθηματικών και των φυσικών επιστημών.

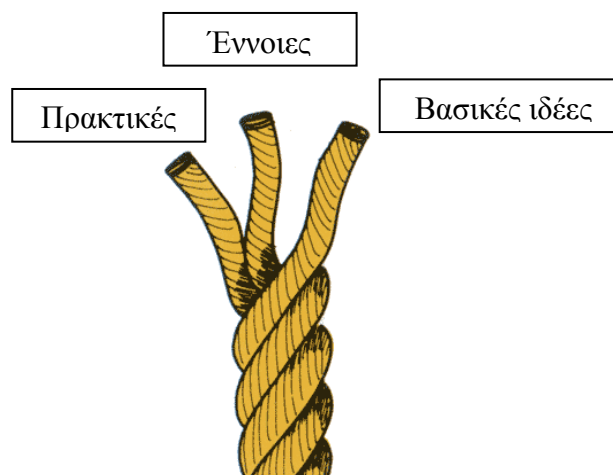
Η γνώση των «μαθησιακών προόδων» / «μαθησιακών τροχιών» παρέχει σημαντικά στοιχεία όχι μόνο για τη συγκρότηση του εκπαιδευτικού υλικού, αλλά κι για τη διαμόρφωση της διδακτικής διαδικασίας και για την αξιολόγηση των μαθητών.

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

Η δεύτερη όψη της συνοχής σχετίζεται με την εστίαση του εκπαιδευτικού υλικού σε ένα περιορισμένο αριθμό βασικών (πυρηνικών ή μεγάλων) ιδεών των Φυσικών Επιστημών που συνδέονται με ένα περιορισμένο αριθμό εγκάρσιων εννοιών. Ελαττώνοντας τον αριθμό των ιδεών και εννοιών που πρέπει να κατακτηθούν από τους μαθητές απομένει περισσότερος χρόνος για να εμπλακούν οι μαθητές με έρευνα και επιχειρηματολογία ώστε να επιτύχουν μια σε βάθος κατανόηση. Οι μαθητές χρειάζονται χρόνο και στοιχεία για να αλλάξουν την πρακτικο-βιωματική γνώση τους και χρειάζονται επίσης χρόνο για να διαπραγματευτούν τις νέες ιδέες, να τις εφαρμόσουν σε νέα πλαίσια πριν τις ενσωματώσουν στον τρόπο σκέψης τους (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007).

(γ) «Συνύφανση» γνώσης και πρακτικής

Η τρίτη όψη της συνοχής σχετίζεται με το ότι «η γνώση και η πρακτική πρέπει να συνυφαίνονται για να δημιουργήσουν μαθησιακές εμπειρίες στους μαθητές» (NRC, 2012, p. 11). Οι μαθητές δεν θα μπορούσαν να μάθουν για τις πρακτικές των Φυσικών Επιστημών χωρίς να μαθαίνουν για τις βασικές ιδέες και έννοιες και δεν θα μπορούσαν να μάθουν τις βασικές ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών χωρίς να χρησιμοποιούν τις αντίστοιχες πρακτικές.



«Μάθηση τριών διαστάσεων» (Krajcik, et al., 2014)

6. Το εκπαιδευτικό υλικό να κατασκευάζεται μετά από αποτίμηση της αναγκαιότητάς του (Romberg, 1992)

Για να θεωρηθεί απαραίτητος ο σχεδιασμός γενικά ενός νέου προϊόντος θα πρέπει να υπάρχει ανάγκη γι' αυτό το προϊόν, να υπάρχει τεκμηρίωση για την εκπλήρωση αυτής της ανάγκης και το νέο προϊόν να έχει προτερήματα σε σχέση με άλλα παρόμοια. Συνεπώς, αρχικά καθορίζεται η ανάγκη που δημιουργείται για την ανάπτυξη νέου εκπαιδευτικού υλικού. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται μελέτη για να εντοπιστεί τυχόν κατάλληλο υλικό, που υπάρχει ήδη, αξιολογείται αν μπορεί να καλύψει το στόχο που έχει τεθεί και αν όχι αναπτύσσεται νέο εκπαιδευτικό υλικό. Είναι απαραίτητη η αξιολόγηση της αναγκαιότητας για τη δημιουργία νέου εκπαιδευτικού υλικού, η διερεύνηση, η καταγραφή και η αξιολόγηση των χαρακτηριστικών παρόμοιων υφιστάμενων υλικών, των δυνατοτήτων και των ορίων χρήσης τους, αλλά και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του εκπαιδευτικού υλικού που σχεδιάζεται να αναπτυχθεί.

7. Να πραγματοποιείται για το εκπαιδευτικό υλικό διαμορφωτική και συνολική αξιολόγηση (Romberg, 1992)

Μέσω της διαμορφωτικής αξιολόγησης, αξιολογείται αν το εκπαιδευτικό υλικό πληροί τις κατασκευαστικές προδιαγραφές. Αν δηλαδή είναι υψηλής ποιότητας, αν επιτυγχάνονται με τη χρήση του τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα, αν τα μη επιδιωκόμενα αποτελέσματα είναι ελάχιστα ή ανύπαρκτα και αν παρέχονται υποστηρικτικές υπηρεσίες για τη χρήση του. Αξιολογείται η διαφάνεια, η αποτελεσματικότητα, η χρηστικότητα και η σαφήνιά του (Kilpatrick, Swafford & Findell, 2001), καθώς και η γνωστική και η παιδαγωγική του ακρίβεια (Zbiek, Heid, Blume & Dick, 2007). Στη συνολική αξιολόγηση αποτιμάται αν το υλικό είναι έτοιμο προς χρήση. Γίνεται δηλαδή σαφές σε τι διαφέρει από τα όμοιά του, σε τι διαφέρει το αποτέλεσμα της χρήσης του από τα όμοιά του, ποια διαφορά υπάρχει στο κόστος του νέου προϊόντος (αν πρόκειται να διατεθεί στην αγορά) από τα όμοιά του καθώς και αν υπάρχει επάρκεια τέτοιου υλικού, ώστε να εξασφαλίζεται η συνέχεια της χρήσης του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Adey, P., & Shayer, M. (1994). Really raising standards: Cognitive intervention and academic achievement. London: Routledge.
- Ames, G. J., & Murray, F. B. (1982). When two wrongs make a right: Promoting cognitive change by social conflict. *Developmental Psychology*, 18(6), 894-897.
- Anderson, B. (1980). Some aspects of children's understanding of boiling point. In Archenhold, W. F., Driver, R., Orton, A. & Wood-Robinson, C. (Eds), *Cognitive Research in Science and Mathematics*, Proceeding of an International Seminar, 17-21 September 1979, University of Leeds.
- Arca, M. & Caravita, S. (1993), Le constructivisme ne résoud pas tous les problèmes, *Aster*, 16, 77-101.
- Arnold, M. & Millar, R. (1996). Learning the scientific "story": a case study in the teaching and learning of elementary thermodynamics. *Science Education* 80 (3), 249-281.
- Arnold, M. & Millar, R. (1996a). Learning the scientific "story": a case study in the teaching and learning of elementary thermodynamics. *Science Education* 80 (3), 249-281.
- Arnold, M. and Millar, R. (1996b). Exploring the use of analogy in the teaching of heat, temperature and thermal equilibrium. In G. Welford, J. Osborne and P. Scott (eds) *Research in Science Education in Europe. Current Issues and Themes* (pp. 22-35). London: Falmer.
- Astolfi, J. P. & Peterfalvi B. (1997). Stratégies de travail des obstacles: Dispositifs et ressorts, *Aster*, 25, 193-216.
- Astolfi, J. P. & Peterfalvi, B. (1993), Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales, *Aster*, 16, 103-141.
- Astolfi, J-P. & Peterfalvi, B. (1997). Stratégies de travail des obstacles: Dispositifs et ressorts. *Aster*, 25, 193-216.
- Bar V., Zinn B. and Rubin E., (1997), Children's ideas about action at a distance, *International Journal of Science Education*, vol. 19(1), pp. 711-724.
- Barron, B. (2003). When smart groups fail. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(3), 307-359.
- Becu-Robinault, K. & Tiberghien, A. (1998). "Integrating stable experiments in energy teaching" *International Journal of Science Education*, 20 (1), 99-114.
- Bednarz, N. & Garnier, C. (eds), (1989), *Construction des savoirs, obstacles et conflits*. Ottawa: Girade / Agence d' Arc Inc.
- Berland, L., & Reiser, B. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93(1), 26-55.
- Biddulph, F. & Osborne, R. (1984). Children's Questions and Science Teaching: an alternative approach. *Learning in Science Project. Working Paper No 117*. Waikato University Science Education Research Unit, Hamilton, New Zealand.
- Blalock, H. M. (1987). Social statistics, Singapore: McGraw-Hill.
- Briggs, H. & Brook, A. (1984). Students' ideas of heat: A paper presented at the SSCR conference on learning, doing and understanding in science. *Children's learning in science project*. University of Leeds, Leeds, UK.
- Brook, A., Briggs, H., Driver, R. (1984). *Aspects of Secondary Students' understanding of the particulate nature of matter* *Children's Learning in Science Project* Leeds: University of Leeds.
- Bybee, R. W. (1997). Achieving scientific literacy: From purposes to practices. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Çalk, M. (2008). Facilitating students' conceptual understanding of boiling using a four-step constructivist teaching method. *Research in Science & Technological Education*, 26(1), 59-74.
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999): All Other Things Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70, 5, 1098-1120.
- Clark, D. & Sampson, V. (2006). Personally-seeded discussions to scaffold online argumentation. *International Journal of Science Education*, 29(3), 253-277.
- Clark, D. B., Sampson, V., Weinberger, A., and G. Erkens. (2007). Analytic frameworks for assessing dialogic argumentation in online learning environments. *Educational Psychology Review*, 19(3), 343-374.
- Coştu, B., Ayas, A., Niaz, M., Ünal, S., Çalik, M. (2007). Facilitating Conceptual Change in Students' Understanding of Boiling Concept. *J Sci Educ Technol* 16:524-536.
- De Jong T., Van Joolingen W.R. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research*, 68: 179-202.
- Dimopoulos, K., Koulaidis, V. and Sklaveniti, S. (2003). Towards an Analysis of Visual Images in School Science Textbooks and Press Articles about Science and Technology, *Research in Science Education* 33: 189-216.
- Dimopoulos, K., Koulaidis, V. and Sklaveniti, S. (2005). Towards a Framework of Socio-Linguistic Analysis of Science Textbooks: The Greek Case, *Research in Science Education* 35: 173-195.
- Doise, W. & Mugny, G. (1984). The social development of the intellect. Oxford: Pergamon Press.
- Doise, W., Mugny, G., & Perez, J. A. (1998). The social construction of knowledge: Social marking and socio-cognitive conflict. In U. Flick (Ed.), *The psychology of the social* (pp. 77-90). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Domènech, J.L. (2000). L'ensenyament de l'energia en l'educació secundària. Anàlisi de les dificultats i una proposta de millora. PhD Thesis. Universitat de València. Spain.
- Drekkers, P. J. J., & Thijj. G. D. (1998). Making productive use of students' initial conceptions in developing the concept of force. *Science Education*, 82, 31-51.
- Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Eliovitch, R. (1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change – some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74(5), 555-569.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). "A constructivist approach to curriculum development in science," *Studies in Science Education*, 18, 105-122.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes. Open University Press.
- Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1985). *Some features of children's ideas and their implications for teaching*. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science*. (pp. 193-201). Milton Keynes, UK: Open University Press.
- Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84 (3), 287-312.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science—research into children's ideas*. London: Routledge.
- Druyan, S. (1997). Effect of the Kinesthetic Conflict on Promoting Scientific Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 1083-1099.

- Duggan, S., & Gott, R. (2000). Intermediate general national vocational qualification (GNVQ) science: A missed opportunity for a focus on procedural understanding? *Research in Science and Technological Education*, 18(2), 201–214.
- Duit, R., (1991). Student' conceptual frameworks: consequences for learning science, In: Glynn, S.M., Yeany, R.H., and Britton, B.K., editors, *The Psychology of Learning Science*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum, 65-85.
- Harlen, W. (1999). *Effective teaching of science - A review of research*. Edinburgh, UK: SCRE.
- Hodson, D. (1991). Practical work in science: Time for a reappraisal. *Studies in Science Education*, 19, 175-184.
- Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32, 268-291.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.
- Elizabeth, L.L., & Galloway, D. (1996). Conceptual links between cognitive acceleration through science education and motivational style: A critique of Adey and Shayer. *International Journal of Science Education*, 18, 35-49.
- Elle, M. (1988). Transferring not transforming energy. *School Science Review*, 69(248), 427-437.
- Engle, R. A., & Conant, F. R. (2002). Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: Explaining an emergent argument in a community of learners classroom. *Cognition and Instruction*, 20(4), 399-483.
- Erduran, S., Simon, S. & Osborne, J. (2004). Tapping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88 (6), 915-933.
- Erickson, B. & Nosanchuk, T. (1985). *Understanding data*. Milton Keynes: Open University Press.
- Giordan, A. & De Vecchi, (1987). *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- Goossens, L. (1992). Training scientific thinking in children and adolescents: A critical commentary and quantitative integration. In A. Demetriou, M. Shayer, & A. Efklides (Eds.), *Neo-Piagetian theories of cognitive development: Implications and applications for education*, 160-179. London: Routledge.
- Grayson, D.J., Harrison, A.G. and Treagust, D.F. (1995). A multidimensional study of changes that occurred during a short course on heat and temperature. In A. Hendricks, (Ed), *SAARMSE 3rd Annual Meeting*, Vol 1, (pp.273-283). Cape Town, South Africa.
- Halford, G.S. (1993). *Children's understanding – The development of mental models*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Henriques, L. (1987). A study to define and verify a model of interactive-constructive elementary school science teaching. Unpublished Phd Dissertation, Iowa City, IA: University of Iowa.
- Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A.B. (1984). The Role of Conceptual Conflict in Conceptual Change and the Design on Science Instruction. *Instructional Science*, 13(1), 1–13
- Ioannides, C., & Vosniadou, S. (2002) The changing meanings of force. *Cognitive Science Quarterly*, 2 (1), 5-62.
- Johnson, P.M. (1998b). Children's understanding of state involving the gas state, Part 2. Evaporation and Condensation below boiling point. *International Journal of Science Education*, 20, 695-709.
- Joshua, S. & Dupin J.J. (1987). Taking into account student conceptions in instructional strategy: An example in physics. *Cognition and Instruction* 4: 117-135.
- Kariotogloy, P., Koumaras, P. & Psillos, D. (1993). A constructivist approach for teaching fluid phenomena. *Physics Education*, 28, 164-169.
- Kesidou, S., & Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics: An interpretive study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (1), 85-106.
- Khisife, R., & Lederman, N. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395–418.
- Kirbulut, D.M. & Beeth, M. E. (2011). *Consistency of Students' Ideas across Evaporation, Condensation, and Boiling*. Springer Science+Business Media B.V.
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004): The Equivalence of Learning Paths in Early Science Instruction. Effects of Direct Instruction and Discovery Learning. *Psychological Science* 15, 10, 661- 667.
- Koulaidis, V. & Tsatsaroni, A. (1995). A frame for reconsidering science teaching: experiment and experience. *Paper presented at the meeting "Science education research in Europe"*, Leeds, England.
- Koulaidis, V., & Tsatsaroni, A. (1996). A pedagogical analysis of science textbooks: how can we proceed? *Research in Science Education*, 26, 1, 55-71
- Kruger, C. (1990). Some primary teachers' ideas about energy. *Physics Education*, 25 (2), 86-91.
- Kwon, J. (1997). The necessity of cognitive conflict strategy in science teaching. A paper presented at the International Conference on Science Education: Globalization of Science Education, May 26-30, 1997, Seoul, Korea.
- Kyriazi, E. & Constantinou, C. (2005). The Science Fair as a Means for Developing Graphing Skills in Elementary School, in Michaelide, P. & Margetousaki, A. (eds). *Proceedings of the 2nd International Conference on Hands on Science: "Science in a Changing Education"*, 359-368, Rethymno: The Laboratory for Science Teaching, Department of Education, University of Crete, 13th – 16th July 2005.
- Lederman, N. G. (2007). *Nature of science: Past, present, and future*. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–879). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Lee, Y. J. (1998). The effect of cognitive conflict on students' conceptual change in Physics. Doctoral dissertation, Korea National University of Education.
- Marshall, J. C., Horton, B, Smart, J. (2009). 4E X 2 Instructional Model: Uniting Three Learning Constructs to Improve Praxis in Science and Mathematics Classrooms *Journal of Science Teacher Education*, 20, 501-516.
- Millar, R., Lubben, F., Gott, R. and Duggan, S. (1994). Investigating the school science laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance, *Research Papers in Education* 9(2) 207-248.
- Millar, R., Tiberghien, A. and Le Maréchal, J.F. (2002). Varieties of labwork: A way of profiling labwork tasks. In Psillos, D. and Niedderer, H. (eds.), *Teaching and Learning in the Science Laboratory* (pp. 9-20). Dordrecht: Kluwer Academic.
- Minner, D., Levy, A.J, Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction - What Is It and Does it Matter: Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. [Science Education]. *Journal of Research in Science Teaching* 47(4), 474-496.
- National Research Council (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. R. A. Duschl, H. A. Schweingruber, and A. W. Shouse, Eds. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Committee on Conceptual Framework for the New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.

- Naylor, S., Keogh, B. & Downing, B. (2007). Argumentation and primary science. *Research in Science Education*, 37, 17-39.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Niaz, M. (1995). Cognitive Conflict as a Teaching Strategy in Solving Chemistry Problems: A Dialectic-Constructivist Perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 959-970.
- Nicholls G., & Ogborn J., (1993). Dimensions of children's conceptions of energy. *International Journal of Science Education*, 15, 73-81.
- OECD (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A framework for PISA 2006*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2013). *PISA 2015 Draft Science Framework*. Retrieved from <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf>.
- Osborne, J., Erduran, S. & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argument in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 994-1020.
- Osborne, R.J. & Cosgrove, M.M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching* 20 (9), 825-838.
- Paik, S.H., Kim, H.N., Cho, B.K., Park, J.W. (2004). K-8th grade Korean students' conceptions of 'changes of state' and 'conditions for changes of state'. *International Journal of Science Education*, 26:2, 207-224.
- Peterfalvi, B. (1995). Activités réflexives d'élèves en classe de sciences: des compétences méthodologiques au travail sur les obstacles. In: A. Giordan, J. L., Martinand, D. Raichvarg (exd.), *Actes XVIIes Journales Internationales sur la Communication, l'Education et la Culture Scientifiques et Industrielles: Que savons – nous des savoirs scientifiques et techniques?*. France, 131-138.
- Peterfalvi, B. (1997). L'identification d'obstacles par les élèves. *Aster*, 24, 171-202.
- Peterfalvi, B. (2001). *Obstacles et situations didactiques en sciences: processus intellectuels et confrontations. L'exemple des transformations de la matière*. Thèse de Doctorat. Université de Rouen.
- Pfundt, H. & Duit, R. (2004) Bibliography: Students' and teachers' conceptions and science education. Kiel: IPN.
- Phillips, R. (1997). *The developer's handbook to interactive multimedia*. London: Kogan Page.
- Plé, E. (1997), Transformation de la matière à l'école élémentaire: des dispositifs flexibles pour franchir des obstacles, *Aster*, 24, 203-229.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227.
- Psillos, D., Koumaras, P. and Valassiades, O. (1987). Students' representations of electric current before, during and after instruction on DC circuits. *Journal of Research in Science and Technological Education*. Vol. 5 (2), pp. 185-189.
- Roth, W.-M., & Roychoudhury, A. (1993): The Development of Science Process Skills in Authentic Contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 2, 127-152.
- Sampson, V. (2009). The impact of Argument-Driven Inquiry on three scientific practices. Paper presented at the Annual International Conference of the National Association of Research in Science Teaching (NARST). Garden Grove, CA.
- Schneider, R. M., Krajcik, J., Marx, R.W., & Soloway, E. (2002): Performance of Studnets in Project-Based Science Classrooms on a National Measure of Science Achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 5, 410 – 422.
- Schwarz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, 91(1), 158-186.
- Shipstone, D.M. (1988). Students' understanding of simple electrical circuits. *Physics Education*. Vol.23 (2), pp.92-96.
- Skoumios, M. & Hatzinikita, V. (2004). Dealing with obstacles regarding heat and temperature. In D. Koliopoulos & A. Vavouraki (eds), *Science Education at Cross Roads: Meeting the Challenges of the 21th Century* (pp. 107-118), Athens: Association for Science Education.
- Skoumios, M. & Hatzinikita, V. (2005). The role of cognitive conflict in science concept learning, *The International Journal of Learning*, 12(7), 185-194.
- Skoumios, M. & Hatzinikita, V. (2006). Research-based teaching about science at the upper primary school level. *The International Journal of Learning*, 13 (5), 29-42.
- Skoumios, M. & Hatzinikita, V. (2007). Development of pupils' competences to identify obstacles during research-based science teaching, *The International Journal of Learning*, 14 (9), p. 237-247.
- Skoumios, M. (2008). Sociocognitive conflict processes in science learning: benefits and limits, *Journal of Baltic Science Education*, 7 (3), 165-174.
- Skoumios, M. (2009) The effect of sociocognitive conflict on students' dialogic argumentation about floating and sinking. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4 (4), 381-399.
- Smith, C., Carey, S. & Wiser, M. (1985). On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density. *Cognition*, 21, 177-237.
- Solomon, J. (1987). Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*, 14, 63-82.
- Stavy, R. (1990b). Pupils' problems in understanding conservation of matter International. *Journal of Science Education*, 12 (5), 501-512.
- Stavy, R., & Berkovitz, B. (1980). Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education*, 64, 679–692.
- Thorley, N. R., & Treagust, D. F. (1987). Conflict within dyadic interactions as a stimulant for conceptual change in Physics. *International Journal of Science Education*, 9 (2), 203-216.
- Tiberghien, A. (1985). Heat and Temperature, part B, In R. Driver, E. Guesnes & A. Tiberghien (Eds.), *Children's Ideas in Science*. (pp. 52-84). Milton Keynes: Open University Press.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. New York: Cambridge University Press.
- Trumper, R. (1993). Children's energy concepts: A cross-age study. *International Journal of Science Education*, 15, 139-148.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1(2):205-221.
- Warren, J. W. (1983). Energy and its carriers: a critical analysis, *Physics Education*, 18, 209-212.
- White, B., Shimoda, T, Frederiksen, J. (1999). Enabling Students to Construct Theories of Collaborative Inquiry and Reflective Learning: Computer Support for Metacognitive Development. *International Journal of Artificial Intelligence*, 10, 151-182.
- White, R. and Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*. Chapter 3. Prediction – Observation – Explanation (pp. 44-63). London: Falmer.
- Widolo, A., Duit, R. & Muller, C. (2002). Constructivist views of teaching and learning in practice: teachers' views and classroom behavior, *Paper presented at the Annual meeting of the national Association for Research in Science Teaching*,

- New Orleans.
- Wiser, M. (1986). The differentiation of heat and temperature: History of science and novice-expert shift. In S. Strauss (Ed.): *Ontogeny, Phylogeny & Historical Development*, Norwood, N.J., Ablex Publishing Company, 1-48.
- Zion, M., Slezak, M., Shapira, D.; Link, E.; Bashan, N.; Brumer, M.; Orian, T.; Nussinowitz, R.; Court, D.; Agrest, B.; Mendelovici, R., & Valanides, N. (2004): Dynamic, Open Inquiry in Biology Learning. *Science Education*, 88, 5, 875-894.
- Zohar, A. & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62.

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Arons, A. (1991), *Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής*, Εκδόσεις Τροχαλία, Αθήνα.
- Bernstein, B. (1991). *Παιδαγωγικοί Κώδικες και Κοινωνικός Έλεγχος*, (μτφ Σολομών Ιωσήφ). Αθήνα: Αλεξάνδρεια.
- Κολιόπουλος, Δ. (1997). *Επιστημολογικές και διδακτικές διαστάσεις των διαδικασιών συγκρότησης αναλυτικού προγράμματος: Η περίπτωση του διδακτικού μετασχηματισμού και της μάθησης της έννοιας της ενέργειας*. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Κουλαϊδής, Β. (1994). Επιστημολογία και κατασκευή Αναλυτικών Προγραμμάτων: Η επιλογή περιεχομένου για την διδασκαλία των ΦΕ, Σύγχρονη Εκπαίδευση, 75, 22-29.
- Κουλαϊδής, Β. (2001). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: αντικείμενο και αναγκαιότητα, Στο Β. Κουλαϊδής (επιστ. ευθ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, (τόμος Α, σελ. 25-50), Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.
- Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος, Κ., Σκλαβενίτη, Σ. και Χρηστίδου Β. (2002). *Τα Κείμενα της Τεχνο- Επιστήμης στον Δημόσιο Χώρο*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κουλαϊδής, Β. και Τσατσαρώνη, Α. (2000). Προς ένα πλαίσιο για την ανάλυση των σχολικών εγχειριδίων. Η περίπτωση των Φυσικών Επιστημών. Στο Π. Κόκκοτας (επιμ.), *Διδακτικές προσεγγίσεις στις Φυσικές επιστήμες* (σ. 285-309). Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Κουμαράς, Π. (1989). *Μελέτη της εποικοδομητικής προσέγγισης στην πειραματική διδασκαλία του ηλεκτρισμού*, Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή, Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Σκουμιός, Μ. & Χατζηνικήτα, Β. (2000). Θερμότητα – θερμοκρασία: αντιλήψεις μαθητών και εντοπισμός εννοιολογικών εμποδίων. Στο Ν. Βαλανιδής (επιμ.), *Πρακτικά του 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και την Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Τόμος Ι (σελ. 174-183). Πανεπιστήμιο Κύπρου - Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Λευκωσία.
- Σκουμιός, Μ. & Χατζηνικήτα, Β. (2000). Μοντέλα μαθητών για θερμότητα, θερμοκρασία και θερμικά φαινόμενα, *Επιθεώρηση Φυσικής*, 31, σελ. 58-71.
- Σκουμιός, Μ. & Χατζηνικήτα, Β. (2002). Μοντέλα μαθητών για θερμότητα και θερμοκρασία. Στο Α. Μαργετουσάκη & Π. Μιχαηλίδης (επιμ.), *Πρακτικά του 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου: «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»*. Πανεπιστήμιο Κρήτης, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Ρέθυμνο: Ίων, σελ. 316-324.
- Σκουμιός, Μ. & Ψυχάρης, Σ. (2008). Επεξεργασία αντιλήψεων μαθητών για την πλεύση και βύθιση των σωμάτων. Στο Π. Κουμαράς & Φ. Σέρογλου (επιμ.), *Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Ε.ΔΙ.Φ.Ε.): «Αναλυτικά Προγράμματα και Βιβλία Φυσικών Επιστημών: κριτική θεώρηση και προοπτικές»* (σελ. 444-452). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης – Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδης.
- Σκουμιός, Μ. (2005). *Διδακτική επεξεργασία εμποδίων για την εννοιολογική περιοχή της θερμότητας*, Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Ανθρωπιστικών Σπουδών του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου, σελ. 941.
- Σκουμιός, Μ., & Χατζηνικήτα, Β. (2003). Επιπτώσεις παραγόντων του πλαισίου στις αντιλήψεις μαθητών για τη θερμότητα. Στο: Π. Κόκκοτας, Ι. Βλάχος, Π. Πήλιουρας & Α. Πλακίτη (επιμ.), *Πρακτικά 1ου πανελληνίου συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή και θέμα: Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στην κοινωνία της πληροφορίας* (σελ. 743-747). Αθήνα: Γρηγόρης.
- Τσατσαρώνη, Α. και Κουλαϊδής, Β. (2001b). Τα χαρακτηριστικά των σχολικών εγχειριδίων και του παιδαγωγικού κειμένου. Στο Β. Κουλαϊδής κ.ά (επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (τομ. Β, σ. 267-292). Πάτρα: Ε.Α.Π.
- Τσατσαρώνη, Α. και Κουλαϊδής, Β. (2001c). Ταξινόμηση και περιχάραξη: ένα εννοιολογικό πλαίσιο για την εξέταση της σχολικής γνώσης. Στο Δ. Κολιόπουλος, Β. Κουλαϊδής, Α. Τσατσαρώνη, Β. Χατζηνικήτα, Β. Χρηστίδου και J. Ogborn, *Διδακτική των Φυσικών επιστημών* (τομ. Β, σ. 217-246). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Χατζηνικήτα, Β. & Χρηστίδου, Β. (2001). Πρακτικο-βιωματική γνώση μαθητών: γενικά χαρακτηριστικά, Στο Β. Κουλαϊδής (επιστ. ευθ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, (τόμος Α, σελ. 153-188), Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.