

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Μιχάλης Σκουμιάς

**Εφαρμοσμένη Διδακτική των Φυσικών
Επιστημών**

Σημειώσεις

Ρόδος 2012

A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ως αυτόνομης επιστημονικής περιοχής διεθνώς, συνοδεύτηκε από μια αύξηση των προσδοκιών για τη βελτίωση της διδασκαλίας σε όλες τις βαθμίδες του εκπαιδευτικού συστήματος, προσδοκίες οι οποίες, μέχρι σήμερα τουλάχιστον, δεν φαίνεται να εκπληρώνονται σε ικανοποιητικό βαθμό. Την τελευταία όμως εικοσαετία σημειώθηκαν σημαντικές και ενδιαφέρουσες εξελίξεις στην περιοχή της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Πράγματι, πέραν των αρχικών ερευνητικών προσπαθειών οι οποίες στρέφονταν προς την ανίχνευση και την καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα της σχολικής εκδοχής της φυσικο-επιστημονικής γνώσης, ένα μεγάλο φάσμα πρωτοβουλιών στο πλαίσιο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών σχετίζεται με το σχεδιασμό και την υλοποίηση διδακτικού έργου σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες. Ειδικότερα, συνειδητοποιήθηκε η ανάγκη διαμόρφωσης νέων περιβαλλόντων μάθησης με παράλληλη σχεδίαση νέων καινοτομικών διδακτικών προσεγγίσεων και άρχισαν να ερευνώνται με συστηματικό τρόπο τόσο η μαθησιακή διαδικασία όσο και το αποτέλεσμα της στη πράξη, στο περιβάλλον της σχολικής τάξης.

Οι επόμενες ενότητες διαπραγματεύονται ζητήματα που σχετίζονται με τη στοχοθεσία, τις διδακτικές προσεγγίσεις και τα διδακτικά εργαλεία για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

B. Ο ΕΓΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Στις σύγχρονες κοινωνίες οι Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.) και η τεχνολογία παίζουν όλο και πιο σημαντικό ρόλο, επομένως είναι αναγκαία η οικοδόμηση βασικών επιστημονικών γνώσεων και η ανάπτυξη ανάλογων ικανοτήτων και στάσεων οι οποίες θα επιτρέψουν στους μαθητές να αντιμετωπίζουν με αποτελεσματικότητα προβλήματα της καθημερινής ζωής και να συμμετέχουν στην κοινωνία ως ενεργοί πολίτες. Για να περιγραφεί το σύνολο αυτών των επιθυμητών γνώσεων, ικανοτήτων και στάσεων, εισάγεται η έννοια εγγραμματισμός στις Φ.Ε.

Ο εγγραμματισμός στις Φ.Ε., αναφέρεται¹:

- Στην επιστημονική γνώση του μαθητή και στην ικανότητά του να χρησιμοποιεί αυτήν τη γνώση για να αναγνωρίζει τα επιστημονικά ζητήματα, να αποκτά νέα γνώση, να εξηγεί φαινόμενα με επιστημονικό τρόπο και να οδηγείται σε συμπεράσματα βασισμένα σε επιστημονικά τεκμήρια για θέματα σχετικά με τις Φ.Ε.
- Στην κατανόηση της επιστήμης ως μιας μορφής ανθρώπινης γνώσης και διερεύνησης.
- Στην επίγνωση τού πώς η επιστήμη και η τεχνολογία διαμορφώνουν το υλικό, πνευματικό και πολιτισμικό περιβάλλον.
- Στην προθυμία του για ενασχόληση και συμμετοχή ως ενεργού πολίτη σε ζητήματα που σχετίζονται με τις Φ.Ε.

¹ OECD, 2006

Γ. ΣΤΟΧΟΘΕΣΙΑ²

Γ1. ΣΚΟΠΟΙ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

- Να βοηθήσουμε τους μαθητές να αποκτήσουν μερικά στοιχεία επιστημονικής μεθόδου.
- Να βοηθήσουμε τους μαθητές να αναπτύξουν μια επιστημονική στάση απέναντι στο φυσικό και τεχνητό περιβάλλον τους.
- Να βοηθήσουμε τους μαθητές να αποκτήσουν ορισμένες δεξιότητες επιστημονικής και τεχνικής φύσης.
- Να μυήσουμε τους μαθητές σ' έναν ορισμένο αριθμό εννοιών.

Γενικές παρατηρήσεις

- Η απόκτηση της επιστημονικής μεθόδου προϋποθέτει ότι η πειραματική δραστηριότητα πραγματοποιείται από τους ίδιους τους μαθητές.
- Η επιλογή των συγκεκριμένων πειραματικών καταστάσεων στις οποίες θα επικεντρωθεί η μελέτη των μαθητών οφείλει να λαμβάνει υπόψη της το οικείο περιβάλλον των μαθητών.
- Η εννοιολογική κατάκτηση θα είναι σταδιακή. Στο επίπεδο της παρατήρησης, θα ξεκινάμε πάντα από τα δεδομένα των αισθήσεων και της άμεσης παρατήρησης και το επίπεδο της αφαίρεσης θα παραμείνει στοιχειώδες.

Γ2. ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΣΤΟΧΩΝ

- Αποτελούν τα πιο βασικά κριτήρια για την επιλογή και τον προγραμματισμό του περιεχομένου και των μεθόδων διδασκαλίας.
- Κατευθύνουν τη διδασκαλία.
- Εστιάζουν την προσοχή των μαθητών σ' αυτά που πρόκειται να μάθουν.
- Προσανατολίζουν το μαθητή σε συγκεκριμένες ενέργειες τέτοιες ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι.
- Αποτελούν τη βάση για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της διδασκαλίας.

ΤΑΞΙΝΟΜΙΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΣΤΟΧΩΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

- Στόχοι που αφορούν σε επιστημονικές μεθόδους
- Στόχοι που αφορούν σε επιστημονικές στάσεις
- Στόχοι που αφορούν σε δεξιότητες
- Στόχοι που αφορούν σε γνώσεις

ΣΤΟΧΟΙ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΕ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

- Αναγνώριση ενός προβλήματος
 - Να αναγνωρίζουν όταν βρίσκονται αντιμέτωποι μ' ένα αντικείμενο ή μ' ένα φαινόμενο ότι υπάρχει ένα πρόβλημα να διατυπώσουν ή κάποια ερωτήματα να θέσουν.
- Παρατήρηση
 - Να αναζητούν αντικειμενικές πληροφορίες, με ή χωρίς όργανα, αλλά πάντα ξεκινώντας από ένα ή περισσότερα ερωτήματα, ή με σκοπό να καταλήξουν σ' ένα ερώτημα.

² Από το Χατζηνικήτα Β. (1995). *Εφαρμοσμένη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Υλικά εργασίας*. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Ρόδος.

- Βιβλιογραφία
 - Να αναζητούν πληροφορίες από προφορικές ή γραπτές πηγές σε συνάρτηση με τα ερωτήματα που έχουν διατυπωθεί ή με τη διευκρίνιση κάποιου ερωτήματος.
- Εφεύρεση
 - Να αναζητούν διατάξεις που επιτρέπουν τη λύση ενός προβλήματος που έχει ήδη διατυπωθεί.
- Διατύπωση υποθέσεων
 - Να εκφέρουν υποθέσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σ' ένα συλλογισμό και προορισμένες να ελεγχθούν με πειράματα, με παρατήρηση,...
- Έλεγχος μεταβλητών
 - Να αναγνωρίζουν πιθανές μεταβλητές και να απομονώνουν μία μεταβλητή από τις άλλες ώστε να μελετούν τα αποτελέσματα της.
- Μέτρηση
 - Να αναζητούν ποσοτικά δεδομένα για να αποσαφηνίζουν μία ιδιότητα ή μία σχέση, χρησιμοποιώντας κατάλληλες διαδικασίες και όργανα.
- Παρουσίαση αποτελεσμάτων
 - Παρουσίαση αποτελεσμάτων με σκοπό τη χρησιμοποίησή τους και τη μετάδοσή τους.
- Ερμηνεία αποτελεσμάτων
 - Ερμηνεία αποτελεσμάτων για να γίνει φανερή μία σχέση, μία διατήρηση ή η ταυτότητα ενός φαινομένου.

Παρατηρήσεις σχετικά με σκοπούς που αφορούν σε επιστημονικές μεθόδους

- Οι σκοποί μεθόδου είναι αδύνατον να επιτευχθούν εάν δεν δοθεί στους ίδιους τους μαθητές η ευκαιρία να ασκήσουν οι ίδιοι τις διάφορες προτεινόμενες διαδικασίες.
- Ο μαθητής παρακινείται, πάντα μέσα στα πλαίσια του δυνατού, να πραγματοποιεί πειράματα για να απαντήσει σε ερωτήματα που πηγάζουν από την κοινή συζήτηση των μαθητών με το διδάσκοντα.
- Η γενική μεθόδευση κατευθύνεται από το διδάσκοντα σε συνάρτηση με τους στόχους που έχει θέσει και τις έννοιες που μελετούνται.
- Οι κανόνες ασφαλείας που αφορούν στην πραγματοποίηση πειραμάτων οφείλουν να παρουσιασθούν με ιδιαίτερη σαφήνεια από το διδάσκοντα και να εκτελούνται με φροντίδα και κατανόηση από τους μαθητές.
- Οι σκοποί μεθόδου περιγράφουν δραστηριότητες που θα πραγματοποιηθούν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.
- Οι σκοποί μεθόδου δεν έχουν πραγματικά επιτευχθεί παρά μόνον όταν οι μαθητές, συγκρίνοντας τις διαδικασίες που αποδείχθηκαν επιτυχείς σε διαφορετικά αντικείμενα μελέτης, συνειδητοποιούν τις κύριες πλευρές των διαδικασιών και στη συνέχεια αναζητούν να τις εφαρμόσουν ξανά.

ΣΤΟΧΟΙ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΕ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΣΤΑΣΕΙΣ

Εκτός από τους στόχους που αφορούν σε γενικές στάσεις (όπως για παράδειγμα συνεργασία, αυτονομία, οργάνωση) ο διδάσκοντας θα φροντίσει να αναπτύξει:

- Περιέργεια
 - Να απορούν και να θέτουν ερωτήσεις όταν βρίσκονται απέναντι σ' ένα αντικείμενο ή ένα φαινόμενο.
- Εργασία στα πλαίσια της ομάδας

- Να αποδέχονται την κατανομή εργασιών, να παίρνουν υπόψη τους τη γνώμη των άλλων - κυρίως με συχνές ανταλλαγές -, να αναλαμβάνουν τις ευθύνες τους.
- Αντικειμενικότητα
 - Να αναζητούν να στηριχθούν σε δεδομένα που επιδέχονται έλεγχο (όπως για παράδειγμα η χρήση μετρήσεων).
- Δημιουργικότητα
 - Να προτείνουν ποικίλες υποθέσεις και να φαντάζονται καινούργιες λύσεις.
- Αποτελεσματικότητα
 - Να παρακολουθούν μία εργασία μέχρι το τέλος της και να αναζητούν την ποιότητα.
- Προσοχή στους κανόνες ασφάλειας
 - Να προβλέπουν τις συνέπειες μιας πράξης τους και να τις παίρνουν υπόψη τους κατά την προετοιμασία αυτής της πράξης.

Παρατηρήσεις σχετικά με σκοπούς που αφορούν σε επιστημονικές στάσεις

- Εμφανίζονται δυσκολίες στο επίπεδο της αξιολόγησης των σκοπών στάσεων.
- Ο ρόλος του διδάσκοντα συνίσταται στο να ευνοεί την ανάπτυξη αυτών των στάσεων αφιερώνοντας αρκετά μεγάλα χρονικά διαστήματα για την επίτευξη τους.
- Οι σκοποί που αφορούν σε στάσεις, αντιστοιχούν σε δραστηριότητες που θα πραγματοποιηθούν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.

ΣΤΟΧΟΙ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΕ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ

- Συναρμολόγηση και λύση
 - Συναρμολόγηση και λύση της πειραματικής διάταξης.
- Χρησιμοποίηση απλών τεχνικών και οργάνων
 - Χρησιμοποίηση απλών τεχνικών και οργάνων όπως για παράδειγμα: θέρμανση, δειγματοληψία, διαχωρισμός των συστατικών ενός μείγματος, μετάγγιση υγρών, συλλογή αερίων, σύνδεση μπαταριών και λαμπών.
- Χρήση οργάνων μέτρησης
 - Χρήση οργάνων μέτρησης όπως για παράδειγμα: όργανα μέτρησης του βάρους, μέτρησης της θερμοκρασίας, μέτρησης του όγκου στερεών και υγρών.
- Ακριβής περιγραφή
 - Ακριβής περιγραφή (προφορική - γραπτή, λεξιλόγιο, σύνταξη) ενός πειράματος που έχει πραγματοποιηθεί και παρατηρηθεί.
- Γραφική παράσταση
 - Να αναπαραστούν μία παρατήρηση, να πραγματοποιούν τη συναρμολόγηση μίας διάταξης ακολουθώντας ένα σχήμα.
- Εφαρμογή των κανόνων ασφαλείας και συντήρησης
 - Να αποφεύγουν τους κινδύνους από έκρηξη, ανάφλεξη, ηλεκτροπληξία, κ.α.

Παρατηρήσεις σχετικά με σκοπούς που αφορούν σε επιστημονικές δεξιότητες

- Οι σκοποί που αφορούν σε δεξιότητες, περιγράφουν δραστηριότητες που θα πραγματοποιηθούν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.
- Οι σκοποί που αναφέρονται σε δεξιότητες δεν μπορούν πραγματικά να επιτευχθούν παρά μόνο στα πλαίσια των συνθηκών που υποδείξαμε για τους σκοπούς μεθόδου

ΣΤΟΧΟΙ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΕ ΓΝΩΣΕΙΣ

- Γνώση
 - Γνώση στοιχείων και πληροφοριών
 - Γνώση ορολογίας
 - Γνώση χρονικής εξέλιξης γεγονότων
 - Γνώση ταξινομήσεων και κατηγοριών
 - Γνώση κριτηρίων
 - Γνώση αρχών και γενικεύσεων
- Κατανόηση
 - Η συμβολική απόδοση, η συνοπτική παρουσίαση (π.χ. να εκφράζει με λόγια μια διαδικασία που αναπαρίσταται με συμβολικό τρόπο)
 - Η ερμηνεία, η διευκρίνιση, η επεξήγηση (π.χ. να ερμηνεύει το αποτέλεσμα ενός πειράματος)
 - Η προέκταση, η διατύπωση υποθέσεων και προβλέψεων (π.χ. να διατυπώνει επιστημονικά ελέγξιμες υποθέσεις)
- Εφαρμογή
 - Χρήση γνώσεων για επίλυση νέων προβλημάτων
- Ανάλυση
 - Η ανάλυση σχέσεων (π.χ. να αναλύει τις διαφορές ανάμεσα σε αγωγούς και μονωτές)
 - Η ανάλυση οργανωτικών αρχών (π.χ. να συνδυάζει διάφορα κριτήρια για να προβαίνει σε διακρίσεις των μερών ενός συστήματος)
- Σύνθεση
 - Η παραγωγή μιας πρωτότυπης κατασκευής (π.χ. να φτιάξει μια συνθετική εργασία με θέμα «οι ενεργειακοί πόροι του νησιού μου»)
 - Η κατάστρωση ενός σχεδίου δράσης (π.χ. τρόποι μείωσης του προβλήματος του φαινομένου του θερμοκηπίου)
 - Η παραγωγή ενός συνόλου αφαιρετικών σχέσεων (π.χ. να προτείνει τα χαρακτηριστικά των ζώων και των φυτών που αποτελούν τα κοινά χαρακτηριστικά της ζωής)
- Αξιολόγηση
 - Κρίσεις με βάση το εσωτερικό του γνωστικού πεδίου (π.χ. να κρίνουν κατά πόσο μια διαδικασία είναι ενεργειακά αποδοτική και ταυτόχρονα φιλική προς το περιβάλλον)
 - Κρίσεις με βάση εξωτερικά κριτήρια (π.χ. να κρίνουν αν η κλωνοποίηση είναι ηθικά επιτρεπτή).

ΣΠΟΝΔΥΛΩΣΗ ΤΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΣΤΟΧΩΝ

Ένας στόχος μπορούμε να πούμε ότι περιγράφεται ικανοποιητικά και είναι χρήσιμος όταν έχει επεξεργαστεί έτσι ώστε να δίνονται απαντήσεις στις ερωτήσεις:

- Τι πρέπει να μπορούν να κάνουν οι μαθητές.
- Ποιες είναι οι πιο σημαντικές συνθήκες ή περιορισμοί, κάτω από τους οποίους πρέπει να το κάνουν.
- Πόσο καλή πρέπει να είναι η εκτέλεση, ώστε να είμαστε ικανοποιημένοι.

Δ. ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΦΕ

Δ1. ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

- Επιδιώκεται η εφαρμογή κατάλληλων διδακτικών μεθόδων (ερέθισμα), η οποία μπορεί να οδηγήσει στα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα (αντίδραση).
- 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 Η΄ ΜΕΤΑΔΟΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

- Προετοιμασία ή προπαρασκευή
- Προσφορά ή παρουσίαση
- Σύγκριση
- Σύλληψη ή γενίκευση
- Εφαρμογή ή άσκηση

Δ2. ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

- Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών αλλάζει προσανατολισμό:
 - ♦ αποδίδει ιδιαίτερη έμφαση στο μαθηματικό φορμαλισμό,
 - ♦ βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε εργαστηριακές δραστηριότητες,
 - ♦ είναι βασισμένη σε μια φιλοσοφία επίλυσης προβλημάτων σχεδιασμένη να ενθαρρύνει τους μαθητές να συμπεριφέρονται σαν επιστήμονες.
- Βασίζεται σε θεωρίες της γνωστικής ψυχολογίας που αποδίδουν κεντρικό ρόλο στις δυνατότητες της ενεργητικής μάθησης.
- 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

• Έναυσμα Ενδιαφέροντος

Προτείνεται να γίνεται μέσω προτάσεων δραστηριοτήτων.

• Διατύπωση Υποθέσεων

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

• Πειραματισμός

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

Τα πειράματα (με απλά μέσα) εκτελούνται –απαραίτητα– από τους μαθητές, σε ομάδες.

- **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. Έτσι, μία από τις υποθέσεις, οι οποίες έχουν διατυπωθεί, αναγορεύεται σε «θεωρία».

- **Εφαρμογές / Γενίκευση**

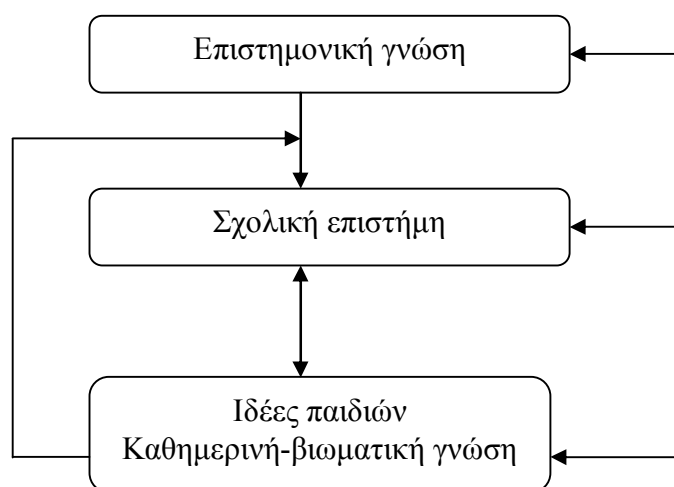
Η αναφορά σε εφαρμογές και η γενίκευση του υπό μελέτη φυσικού φαινομένου / θεματικής ενότητας προτείνεται να γίνεται κατά βάση μέσω προτάσεων δραστηριοτήτων.

Δ3. ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Τα σώματα της γνώσης που εμπλέκονται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

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 (Κουλαϊδής 1994, 2001).

Η φυσικο-επιστημονική γνώση είναι εκείνη με την οποία ασχολούνται οι επιστημονικές κοινότητες των Φυσικών Επιστημών όταν προσπαθούν να προωθήσουν ή να αλλάξουν τη γνώση. Η σχολική εκδοχή της φυσικο-επιστημονικής γνώσης έχει ως φορείς της τους διδάσκοντες και τα σχολικά βιβλία. Ο χειρισμός της γίνεται κυρίως στην τάξη. Η πρακτικο-βιωματική γνώση των παιδιών πηγάζει από την καθημερινή εμπλοκή τους με τη ζωή και με το γεγονός ότι χρησιμοποιούν ορισμένους γλωσσικούς κώδικες. Στη σχετική βιβλιογραφία το τρίτο αυτό σώμα γνώσης αναφέρεται με όρους όπως «πρώτες ιδέες», «αναπαραστάσεις», «εναλλακτικά εννοιολογικά πλαίσια», «παρανοήσεις», «αντιλήψεις» κ.ά. Στα επόμενα θα χρησιμοποιηθεί ο όρος αντιλήψεις.



Σχήμα 1. Τα σώματα της γνώσης που εμπλέκονται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Αντιλήψεις μαθητών: συμπεράσματα από έρευνες

Η καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών για τις βασικότερες περιοχές της διδασκόμενης φυσικο-επιστημονικής γνώσης, απετέλεσε το αντικείμενο μελέτης ενός εκτεταμένου αριθμού εμπειρικών ερευνών την τελευταία εικοσιπενταετία (Driver et al. 1985, Driver et al. 1994, Pfundt & Duit 2004).

Τα κυριότερα συμπεράσματα, κοινά σε μεγάλο αριθμό αυτών των ερευνών, είναι τα εξής:

- Οι μαθητές πριν έρθουν στο σχολείο, έχουν διαμορφώσει αντιλήψεις με βάση τις αισθητηριακές τους εμπειρίες από το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον, 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.
- Ορισμένες αντιλήψεις που καταγράφονται από την έρευνα φαίνεται να είναι αρκετά διαδεδομένες ανάμεσα στους μαθητές.
- Σε ορισμένες περιπτώσεις οι μαθητές μπορεί να διατηρούν μετά τη διδασκαλία τόσο την εξήγηση του δασκάλου από τη «σχολική επιστήμη», όσο και τις δικές τους προϋπάρχουσες αντιλήψεις. Είναι δυνατόν επίσης να προκύψει ένα είδος συγχώνευσης ή αλληλεπίδρασης των δύο συστημάτων αντιλήψεων.
- Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών παίζει το πολιτιστικό πλαίσιο μέσα στο οποίο ζουν και κυρίως η γλώσσα μέσω της οποίας επικοινωνούν.

Κοινά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των μαθητών

Οι εμπειρικές έρευνες, σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών όλων των βαθμίδων, για μια ποικιλία θεμάτων της φυσικο-επιστημονικής γνώσης, έχουν δείξει ότι οι αντιλήψεις των μαθητών έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά (Driver et al. 1985, Driver et al. 1994, Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001), ανεξάρτητα από τον τόπο καταγωγής και την ηλικία των μαθητών, που παρουσιάζονται, με συνοπτικό σχολιασμό, στα επόμενα.

- **Κυριάρχηση της σκέψης από τα αντιληπτικά δεδομένα.** Όταν οι μαθητές βρίσκονται αντιμέτωποι με ένα πρόβλημα, τότε τείνουν να προβαίνουν σε μια «ανάγνωση» της κατάστασης που στηρίζεται αρχικά σε δεδομένα που γίνονται αντιληπτά μέσω των αισθήσεων. Ως παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί η διάλυση της ζάχαρης στο νερό. Μετά την διάλυση της τα παιδιά εκδηλώνουν την αντίληψη ότι το βάρος της δεν μπορεί να υπολογίζεται στο όλο σύστημα, εφόσον αυτή δεν είναι πλέον ορατή (Driver, 1993).
- **Περιορισμένη εστίαση.** Οι μαθητές εμφανίζουν την τάση να επικεντρώνουν την προσοχή τους και να λαμβάνουν υπόψη τους ορισμένες μόνο όψεις των καταστάσεων που μελετούν, αγνοώντας κάποιες άλλες. Ως παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί η αντίληψη που εκδηλώνουν τα παιδιά όταν ερωτηθούν για την θερμοκρασία που έχουν ένα μεγάλο και ένα μικρό παγάκι μέσα στην κατάψυξη. Θεωρούν ότι η θερμοκρασία στα δύο παγάκια εξαρτάται από το μέγεθος τους αγνοώντας το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται (Skoumios & Hatzinikita, 2005).
- **Εξάρτηση αντιλήψεων από το πλαίσιο χρήσης τους.** Οι μαθητές συχνά ενεργοποιούν διαφορετικές αντιλήψεις προκειμένου να ερμηνεύσουν

καταστάσεις που θεωρούνται ισοδύναμες σύμφωνα με την επιστημονική γνώση. Στο βαθμό που οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται την αναγκαιότητα για συνεπή θεώρηση, διαμορφώνουν, για πανομοιότυπες καταστάσεις, διαφορετικά ή ακόμα και αντιφατικά μεταξύ τους νοήματα, ανάλογα με το εκάστοτε πλαίσιο συμφραζομένων. Ως παράδειγμα στα παραπάνω μπορεί να αναφερθεί η περίπτωση επαφής δύο σωμάτων με διαφορετική θερμοκρασία. Ανάλογα με την θερμική κατάσταση των σωμάτων, οι μαθητές εκδηλώνουν διαφορετικές αντιλήψεις. Έτσι, αν έχουμε ένα θερμό σώμα σε επαφή με ένα λιγότερο θερμό, για τους μαθητές υπάρχει μεταφορά θερμότητας, αν έχουμε ένα ψυχρό σώμα και ένα λιγότερο ψυχρό, για τους μαθητές υπάρχει μεταφορά ψύχους, ενώ αν έχουμε ένα θερμό σώμα και ένα ψυχρό για τους μαθητές συμβαίνουν και τα δύο (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2003).

- **Έννοιες που δεν διαχωρίζονται.** Οι μαθητές συνήθως χρησιμοποιούν αδιακρίτως έννοιες, οι οποίες έχουν διαφορετική σημασία σύμφωνα με την επιστημονική γνώση. Η μετάβαση μάλιστα από τη μια σημασία στην άλλη γίνεται χωρίς οπωσδήποτε να το συνειδητοποιούν οι μαθητές. Για παράδειγμα, οι μαθητές συγχέουν την έννοια της θερμοκρασίας με την έννοια της θερμότητας (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2000).
- **Γραμμικός αιτιακός συλλογισμός.** Οι μαθητές, εξαιτίας της εφαρμογής μιας τοπικής και όχι ολικής θεώρησης των εξεταζόμενων συστημάτων, τείνουν να περιγράφουν και να ερμηνεύουν τις αλλαγές των συστημάτων με τη βοήθεια γραμμικών, χρονικών ή και τοπικών, αιτιακών αλυσίδων κάθε τμήμα των οποίων αναφέρεται σε ένα απλό φαινόμενο. Για παράδειγμα, σύμφωνα με έρευνες, οι μαθητές όταν εξηγούν τα θερμικά φαινόμενα χρησιμοποιούν στοιχεία του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού, θεωρώντας ότι επειδή ένα σώμα είναι θερμό αυτό εκπέμπει θερμότητα (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2000). Η Φυσική όμως, αναφέρει ότι επειδή υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δύο σωμάτων διαδίδεται θερμότητα από το ένα σώμα στο άλλο. Η παραπάνω άποψη έχει στοιχεία «συσχετιστικού αιτιακού συλλογισμού» (Grotzer, 2003).
- **Οι αντιλήψεις είναι ανθεκτικές στην αλλαγή.** Η εμπειρική έρευνα σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών όλων των βαθμίδων για μια ποικιλία θεμάτων της φυσικο-επιστημονικής γνώσης έχει αναδείξει τον ιδιαίτερο σταθερό και ανθεκτικό χαρακτήρα τους. η σταθερότητα και ανθεκτικότητα που χαρακτηρίζει τις αντιλήψεις συνάγεται επίσης και σε σχέση με την εννοιολογική αλλαγή, η οποία, όποτε λαμβάνει χώρα, συνιστά μια μακρόχρονη και βραδεία διαδικασία, που υπερβαίνει τις συνήθεις βραχύχρονες σχολικές διαδικασίες μάθησης.

Στρατηγικές αντιμετώπισης των αντιλήψεων των μαθητών

Θέτοντας το ζήτημα των τρόπων με τους οποίους οφείλουμε να αντιμετωπίσουμε τις αντιλήψεις των μαθητών, μπορούμε να διακρίνουμε τις ακόλουθες θέσεις (Giordan & de Vecchi 1987):

- (α) Αγνόηση ή αποφυγή των αντιλήψεων των μαθητών
- (β) Γνώση των αντιλήψεων των μαθητών.

(α) Αγνόηση ή αποφυγή των αντιλήψεων των μαθητών (λειτουργώντας χωρίς τις αντιλήψεις)

Η πρώτη θέση καταγράφει μια αρνητική στάση που εγγίζει την πλήρη απόρριψη. Σύμφωνα με αυτήν την θέση, οι αντιλήψεις που εκφράζουν οι μαθητές συνιστούν ένα «παρασιτικό φαινόμενο» στο πλαίσιο του οποίου ο μαθητής εκφράζει «ότι του κατέβει στο μυαλό». Επιπλέον, οι αντιλήψεις είναι μερικές φορές πολύπλοκες και

μπερδεμένες, ποικίλουν υπερβολικά και ενέχουν τον κίνδυνο να «μολύνουν» και τις αντιλήψεις των συμμαθητών του.

(β) Γνώση των αντιλήψεων των μαθητών

Αν και υπάρχει συναίνεση από την πλευρά των ερευνητών του χώρου της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών για την αναγκαιότητα της γνώσης των αντιλήψεων των μαθητών στο σχεδιασμό της διδασκαλίας, αυτό όμως δεν φαίνεται να αντανακλάται στην εκπαιδευτική πρακτική. Θα παρουσιάσουμε συνοπτικά τις εξής στρατηγικές αντιμετώπισης των αντιλήψεων των μαθητών.

- *Λειτουργώντας μαζί με τις αντιλήψεις.* Η θέση αυτή αποδέχεται την ύπαρξη μιας συνέχειας ανάμεσα στην πρακτικο-βιωματική και στη επιστημονική γνώση, και συνεπώς τη μετάβαση από τη μιας μορφής γνώσης στην άλλη χωρίς καμιά τομή.
- *Λειτουργώντας ενάντια στις αντιλήψεις.* Η θέση αυτή αποδέχεται την ύπαρξη μιας ασυνέχειας ανάμεσα στην πρακτικο-βιωματική και στη επιστημονική γνώση, και συνεπώς τη μετάβαση από τη μιας μορφής γνώσης στην άλλη με τομές.
- *Λειτουργώντας «μαζί» και «ενάντια» στις αντιλήψεις.* Η θέση αυτή αποδέχεται ότι είναι χρήσιμο ο εκπαιδευτικός να στηριχθεί αφενός στις υπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών, εφόσον αυτές αντιστοιχούν στα μοναδικά εργαλεία που διαθέτει ο μαθητής για την αποκωδικοποίηση και την προσέγγιση της πραγματικότητας, και αφετέρου να «συνταράξει», να αμφισβητήσει αυτό το οικοδόμημα των καθημερινών γνώσεων εφόσον αυτές συνιστούν ένα φίλτρο της πραγματικότητας. Αυτό που πρέπει να πραγματοποιηθεί είναι μια συνολική αλλαγή του πρωτοκόλλου ανάλυσης του περιβάλλοντος, μια τροποποίηση της οργάνωσης των ιδεών του με ριζικό τρόπο που ισοδυναμεί με την ανάληψη ενός είδους συνολικής αναδιοργάνωσης της σκέψης τους.

Ενδεικτικά παραδείγματα αντιλήψεων μαθητών

Δύναμη και κίνηση

Οι αντιλήψεις των μαθητών για τη δύναμη και τη κίνηση μπορούν να συνοψιστούν ως ακολούθως (Driver et al. 1994, Bar et al. 1997, Viennot 1979):

- Κάθε κίνηση είναι αποτέλεσμα της δράσης μιας δύναμης κατά τη διεύθυνσή της,
- Η δύναμη που δρα σε ένα σώμα είναι ανάλογη με την ταχύτητα που προσδίδει σε αυτό,
- Αν ένα σώμα δεν κινείται δε δρα δύναμη πάνω του,
- Η κίνηση γίνεται στη διεύθυνση της εφαρμοζόμενης δύναμης.

Τα νοητικά μοντέλα που κατασκευάζουν παιδιά διαφορετικών ηλικιών μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής (Ioannides & Vosniadou, 2002):

- Εσωτερική δύναμη σε ακίνητα και κινούμενα αντικείμενα,
- Εσωτερική δύναμη σε ακίνητα αντικείμενα – Εσωτερική και επίκτητη δύναμη σε κινούμενα αντικείμενα,
- Εσωτερική δύναμη μόνο σε ακίνητα αντικείμενα,
- Επίκτητη δύναμη μόνο σε κινούμενα αντικείμενα,
- Δύναμη της βαρύτητας σε ακίνητα αντικείμενα και σε αντικείμενα που πέφτουν ελεύθερα – Δύναμη της βαρύτητας και επίκτητη δύναμη σε αντικείμενα που έχουν ριφθεί,
- Δεν υπάρχει δύναμη ούτε σε κινούμενα ούτε σε ακίνητα αντικείμενα,

- «Δύναμη υπό αναστολή» σε ακίνητα αντικείμενα – Επίκτητη δύναμη ή επίκτητη δύναμη και δύναμη υπό αναστολή» σε κινούμενα αντικείμενα.

Ενέργεια

Οι μαθητές αποδίδουν διάφορες σημασίες στην έννοια ενέργεια που μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής κατηγορίες (Becu-Robinault & Tiberghien 1998, Domenech 2000, Κολιόπουλος 1997, Kesidou & Duit 1993, Kruger 1990, Nicholls & Ogborn 1993, Trumper 1993):

- (α) σύνδεση της ενέργειας με έμβια όντα,
- (β) σύνδεση της ενέργειας με την κίνηση,
- (γ) σύνδεση της ενέργειας με τη δύναμη και δράση,
- (δ) απόδοση στην ενέργεια χαρακτηριστικών αποθήκευσης,
- (ε) θεώρηση της ενέργειας ως καυσίμου και
- (στ) θεώρηση της ενέργειας ως ρευστού.

Θερμότητα και θερμοκρασία

Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εννοιολογική περιοχή της θερμότητας – θερμοκρασίας ταξινομούνται στα ακόλουθα μοντέλα σκέψης των μαθητών (Σκουμιάς & Χατζηνικήτα, 2000, 2002):

MONTELO I: Η θερμότητα και το κρύο είναι ποιοτικά μεγέθη που εκπέμπονται ή απορροφώνται αυθόρμητα από τα σώματα και η θερμοκρασία είναι μέτρο της έντασης τους. Τα θερμικά φαινόμενα εξηγούνται με όρους ιδιοτήτων και δράσης του ενός σώματος πάνω στο άλλο. Η συνολική θερμοκρασία του συστήματος των σωμάτων δεν διατηρείται. Η θερμική ισορροπία είναι μια πιθανή κατάσταση στην οποία τα σώματα αποκτούν θερμότητες ίσων εντάσεων. Η τελική θερμοκρασία των σωμάτων εξαρτάται από ορισμένα χαρακτηριστικά τους (σύσταση, μέγεθος, πυκνότητα).

MONTELO II: Η θερμότητα και το κρύο είναι ποσοτικά μεγέθη που εκπέμπονται ή απορροφώνται αυθόρμητα από τα σώματα και η θερμοκρασία είναι μέτρο της ποσότητας τους. Τα θερμικά φαινόμενα εξηγούνται με όρους ιδιοτήτων και δράσης του ενός σώματος πάνω στο άλλο. Η συνολική θερμοκρασία του συστήματος των σωμάτων διατηρείται. Η θερμική ισορροπία είναι μια πιθανή κατάσταση στην οποία τα σώματα αποκτούν ίσες ποσότητες θερμότητας. Η τελική θερμοκρασία των σωμάτων εξαρτάται από ορισμένα χαρακτηριστικά τους (σύσταση, μέγεθος, πυκνότητα).

MONTELO III: Η θερμότητα είναι ποσοτικό μέγεθος, που μεταφέρεται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας από ένα σώμα υψηλότερης σε ένα άλλο χαμηλότερης θερμοκρασίας, μέχρι αυτά να φθάσουν σε κατάσταση θερμικής ισορροπίας. Η θερμοκρασία είναι ένα μέγεθος που δείχνει το πόσο θερμό ή ψυχρό είναι ένα σώμα και που καθορίζει αν δύο ή περισσότερα σώματα είναι σε θερμική ισορροπία ή όχι. Τα θερμικά φαινόμενα εξηγούνται με όρους αλληλεπίδρασης. Η συνολική θερμότητα του συστήματος των σωμάτων, διατηρείται. Η θερμική ισορροπία είναι μια αναγκαιότητα που χαρακτηρίζεται από εξίσωση των θερμοκρασιών των σωμάτων.

Μάζα – Όγκος - Πυκνότητα

Οι κυριότερες αντιλήψεις των μαθητών που αναφέρονται στην βιβλιογραφία θα μπορούσαν να συνοψιστούν στις ακόλουθες:

- Η μάζα συγχέεται με τον όγκο (Gennaro 1981).
- Αντικείμενα με μεγάλο όγκο έχουν μεγάλη μάζα (Snir et al. 1992).
- Η πυκνότητα είναι εκτατική ιδιότητα (Rowell & Dawson 1977).
- Η πυκνότητα εξαρτάται μόνο από τις αποστάσεις των μορίων (Hewson 1986).
- Η πυκνότητα σχετίζεται με την σκληρότητα του αντικειμένου (Hewson 1986).

Πλεύση και βύθιση σωμάτων

Ως αντιλήψεις των μαθητών για την πλεύση – βύθιση των σωμάτων εντοπίστηκαν οι ακόλουθες (Biddulph & Osborne 1984, Smith, Carey & Wiser 1985, Σκουμιός & Ψυχάρης 2008):

- Εξάρτηση της πλεύσης ή βύθισης ενός σώματος μέσα σε ένα υγρό από βάρος/μάζα σώματος
- Εξάρτηση της πλεύσης ή βύθισης ενός σώματος μέσα σε ένα υγρό από όγκο σώματος
- Εξάρτηση της πλεύσης ή βύθισης ενός σώματος μέσα σε ένα υγρό από σχήμα σώματος
- Εξάρτηση της πλεύσης ή βύθισης ενός σώματος μέσα σε ένα υγρό από όγκο υγρού
- Εξάρτηση της πλεύσης ή βύθισης ενός σώματος μέσα σε ένα υγρό από πυκνότητα σώματος ή υγρού
- Εξάρτηση της πλεύσης ή βύθισης ενός σώματος μέσα σε ένα υγρό από σχέση πυκνοτήτων σώματος και υγρού.

Βρασμός

- Η θερμοκρασία του νερού που βράζει, ανεβαίνει όταν αυξήσουμε απότομα την ποσότητα θερμότητας (φλόγα) ή συνεχίζουμε να το θερμαίνουμε για μερικά λεπτά ακόμα (Anderson 1980, Ραβάνης 1988)
- Το σημείο βρασμού του νερού εξαρτάται από την ποσότητα του νερού που θερμαίνεται, δηλ. μεγαλύτερη ποσότητα νερού θα βράσει σε μεγαλύτερη θερμοκρασία και το αντίστροφο (Anderson, 1980).

Πήξη

- Η θερμοκρασία του νερού που πήζει, κατεβαίνει όταν ελαττώσουμε απότομα την ποσότητα θερμότητας ή συνεχίζουμε να το ψύχουμε για μερικά λεπτά ακόμα (Anderson 1980, Ραβάνης 1988)
- Το σημείο πήξης του νερού εξαρτάται από την ποσότητα του νερού που ψύχεται, δηλ. μεγαλύτερη ποσότητα νερού θα πήξει σε μικρότερη θερμοκρασία και το αντίστροφο (Anderson, 1980).

Αέρας

- Τα παιδιά δεν αναγνωρίζουν στον αέρα και στα άλλα αέρια υλική υπόσταση
- Τα αέρια έχουν χαρακτήρα προσωρινό
- Ο αέρας δεν έχει όγκο, μάζα και βάρος.
- Ο αέρας δεν ασκεί πίεση.

Ηλεκτρικό κύκλωμα

Οι αντιλήψεις μαθητών ηλικίας από 12 ως 18 ετών για το πώς λειτουργεί ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα συγκροτούν νοητικά μοντέλα, μερικά από τα οποία είναι τα ακόλουθα (Κουμαράς 1989, Psillos, Koumaras & Valassiades, 1987, Shipstone, 1988):

- Μονοπολικό μοντέλο: προκειμένου να λειτουργήσει ένα απλό κύκλωμα με πηγή και λάμπα και να ανάψει η λάμπα χρειάζεται μόνο ένας αγωγός που να συνδέει την πηγή με τον καταναλωτή.
- Μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων: το κύκλωμα διαρρέεται από δύο ρεύματα, με αντίθετες φορές, τα οποία «συγκρούονται» στη λάμπα και προκαλούν τη φωτοβολία της.
- Μοντέλο της εξασθένισης του ρεύματος: το ηλεκτρικό κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα μίας, σταθερής φοράς. Ένα μέρος του ηλεκτρικού ρεύματος «καταναλώνεται» στο εσωτερικό της λάμπας.
- «Επιστημονικό» μοντέλο: Το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει στο κύκλωμα κατά μία σταθερή φορά και διατηρείται.

Αντιλήψεις των μαθητών για την τάση

- Η τάση δείχνει «τη δύναμη, την ισχύ ή την ποιότητα του ρεύματος»: άρα είναι ιδιότητα του ρεύματος (π.χ. ρεύμα υψηλής τάσης)
- «Ρεύμα» και «τάση» υπάρχουν πάντα μαζί. «Δεν υπάρχει τάση χωρίς ρεύμα».

Αντιλήψεις των μαθητών για την αντίσταση

- Η έννοια της αντίστασης δεν φαίνεται να υπάρχει μεταξύ των μαθητών. Μάλιστα, η λάμπα θεωρείται από την πλειοψηφία των ερωτηθέντων μαθητών ως καταναλωτής ρεύματος.

Φωτοσύνθεση

Αντιλήψεις μαθητών για την τροφή των φυτών

- Η τροφή των φυτών είναι το νερό.
- Η τροφή των φυτών είναι τα συστατικά του εδάφους
- Η τροφή των φυτών είναι το οξυγόνο
- Η τροφή των φυτών είναι το διοξείδιο του άνθρακα
- Η τροφή των φυτών είναι η γλυκόζη

Αντιλήψεις μαθητών για την προέλευση της τροφής των φυτών

- Η τροφή των φυτών προέρχεται από τα συστατικά του εδάφους
- Η τροφή των φυτών προέρχεται από τα συστατικά του νερού
- Η τροφή των φυτών προέρχεται από τα συστατικά του αέρα
- Τα φυτά φτιάχνουν την τροφή μόνα τους

Μεταβολές της ύλης

- Μια ουσία επιδρά σε μια άλλη: η ουσία που υφίσταται τη δράση αλλάζει – καταστρέφεται, ενώ αυτή που δρα μένει αμετάβλητη
- Καταστροφή, αλλοίωση ή εξαφάνιση ύλης
- Κατά τη διάρκεια ενός χημικού φαινομένου, οι ιδιότητες των ουσιών αλλάζουν αλλά η ταυτότητά τους διατηρείται
- Η ριζική αλλαγή των ιδιοτήτων δεν σημαίνει και τη δημιουργία νέων ουσιών. Τα νέα στοιχεία προϋπάρχουν στην αρχική κατάσταση και εμφανίζονται με μια μηχανική αλληλεπίδραση των αρχικών ουσιών

Σωματιδιακή φύση της ύλης

Τα παιδιά προβάλλουν μακροσκοπικές ιδιότητες πάνω στα άτομα και στα μόρια

(Andersson 1986, Driver 1985, Nakhleh 1992, Garnett et. al. 1995). Πιστεύουν λοιπόν ότι ο φώσφορος είναι κίτρινος, άρα και τα άτομά του είναι κίτρινα, το νερό είναι ζεστό, άρα και τα μόριά του είναι ζεστά, ο σίδηρος διαστέλλεται με θέρμανση άρα και τα μόριά του διαστέλλονται, μια μαλακή ουσία δε μπορεί να αποτελείται από σκληρά μόρια (de Vos & Vedonk 1987), τα άτομα του στερεού χαλκού βρίσκονται και αυτά σε στερεή κατάσταση (Ben Zvi et. al. 1986), τα μόρια του νερού είναι διαφορετικά στην υγρή και στην αέρια φάση (Kokkotas & Xatzinikita, 1994). Τα παιδιά προβάλλουν στο μικροσκοπικό επίπεδο αντιλήψεις προερχόμενες από το μακροσκοπικό επίπεδο, από τον κόσμο των αισθήσεων.

ΤΟ ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΟ ΠΕΥΜΑ

Ο εποικοδομητισμός πρεσβεύει ότι η γνώση δεν λαμβάνεται παθητικά, αλλά οικοδομείται ενεργητικά από το υποκείμενο που μαθαίνει. 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. Η οικοδόμηση της γνώσης, λοιπόν, είναι μια δυναμική διαδικασία που απαιτεί την ενεργό συμμετοχή του υποκειμένου. Από τη σχετική βιβλιογραφία προκύπτουν οι ακόλουθες αρχές σχετικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση (Phillips 2000, Widolo, Duit & Muller 2002):

- Οι μαθητές έχουν σχηματίσει αντιλήψεις πριν από τη διδασκαλία.
- Οι μαθητές κατασκευάζουν ενεργητικά τη γνώση και η μάθηση είναι μια ενεργός διαδικασία οικοδόμησης νέας γνώσης που βασίζεται στην υπάρχουσα γνώση.
- Οι μαθησιακές εμπειρίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν γνωστικές συγκρούσεις στους μαθητές.
- Η μάθηση θεωρείται ως διαδικασία αλλαγής των αντιλήψεων των μαθητών.

Στο πλαίσιο της εκπαίδευσης έχουν διαμορφωθεί ποικίλες εκδοχές του εποικοδομητισμού (von Glasersfeld 1995). Εστιάζοντας στο υποκείμενο της μάθησης οι θεωρίες του προσωπικού και του ριζοσπαστικού εποικοδομητισμού φαίνεται να παραμελούν ή να αγνοούν τους τρόπους με τους οποίους οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις επηρεάζουν τη διαδικασία με την οποία οικοδομείται η γνώση.

Ο κοινωνικός εποικοδομητισμός για τη διδασκαλία και τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες, αναγνωρίζει ότι η μάθηση είναι μια κοινωνική δραστηριότητα κατά την οποία οι μαθητές εμπλέκονται σε μια κατασκευή εννοιών μέσω συζητήσεων και διαπραγματεύσεων με τους άλλους συμμαθητές τους και με τους διδάσκοντες (Solomon 1987). Η μάθηση των Φυσικών Επιστημών στο πλαίσιο του κοινωνικού εποικοδομητισμού, θεωρείται ως διαδικασία όπου οι μαθητές κατασκευάζουν γνώση, μέσω τόσο ατομικών όσο και κοινωνικών διαδικασιών (Driver et al. 1994).

ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

ΦΑΣΕΙΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ (Driver & Oldham 1986)

Η φάση του προσανατολισμού

- Είναι η παραδοσιακή φάση της αφόρμησης που περιέχει δύο στάδια:
 - ο το στάδιο πρόκλησης της περιέργειας και
 - ο την έναρξη διαδικασίας αναγνώρισης ιδεών με αφορμή το εποπτικό υλικό.

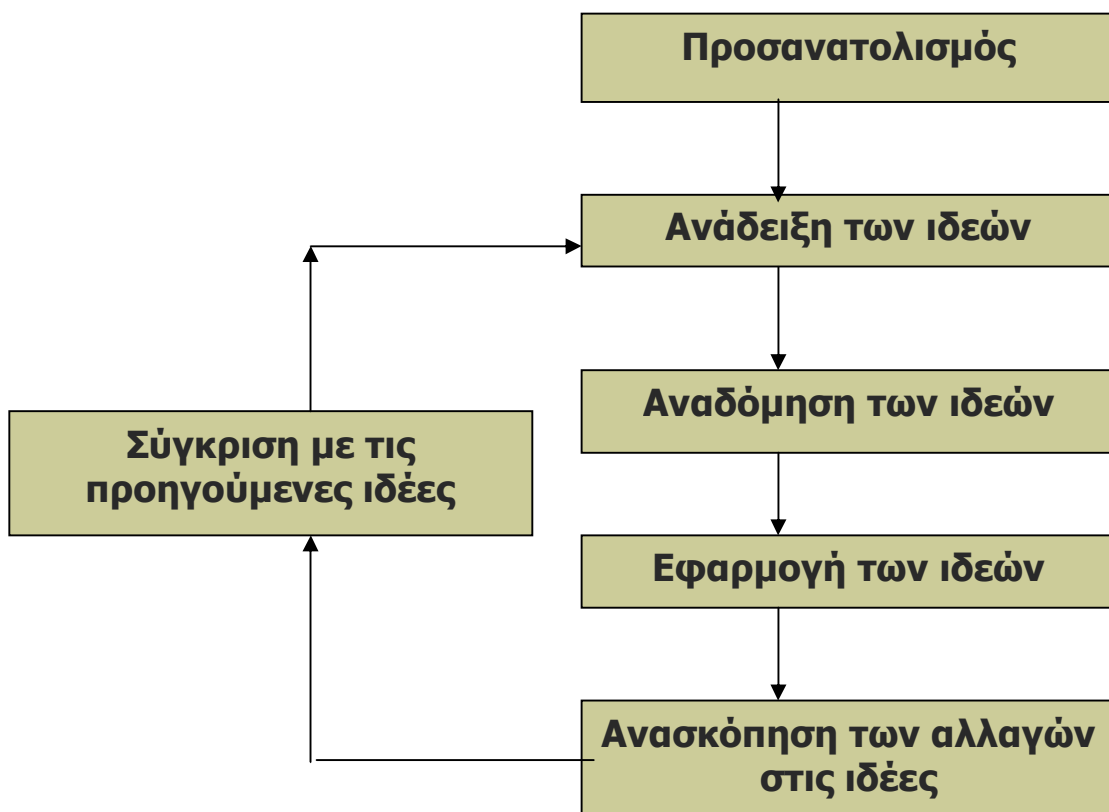
- Το ξεκίνημα μπορεί να περιέχει παρατηρήσεις, επίδειξη μιας εικόνας, αφήγηση μιας σύντομης ιστορίας, απόσπασμα από την Ιστορία των Φυσικών Επιστημών, κ.ά.
- Ο ρόλος του δασκάλου πρέπει να είναι ενθαρρυντικός ως προς την έρευνα.

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 τη σχολική γνώση.



Φάση εφαρμογής των ιδεών

- Στη φάση αυτή τα παιδιά ελέγχουν το κατά πόσο οι νέες γνώσεις που απέκτησαν 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 αναδρασιλεύουν 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 (μεταγνωστική διαδικασία).

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗΣ ΘΕΩΡΗΣΗΣ

Στον πίνακα που ακολουθεί έχουν συμπληρωθεί ορισμένες αρχές που διέπουν τον παραδοσιακό και τον εποικοδομητικό τρόπο αντιμετώπισης της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών.

Παραδοσιακή θεώρηση	Εποικοδομητική θεώρηση
Το μυαλό του παιδιού είναι άγραφο χαρτί	Οι μαθητές έχουν ήδη αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα
Η γνώση μεταδίδεται και απομνημονεύεται	Η γνώση κατασκευάζεται ενεργά μέσω της αλληλεπίδρασης νέων πληροφοριών και υπαρχουσών αντιλήψεων
Ο εκπαιδευτικός κατέχει τη μόνη σωστή απάντηση	Ο εκπαιδευτικός ενθαρρύνει τους μαθητές να διατυπώσουν τις απόψεις τους για τα θέματα που διδάσκει
Έμφαση δίνεται στο αν ο μαθητής μπορεί να αναπαράγει τα όσα διδάχθηκε	Έμφαση δίνεται στο αν ο μαθητής μπορεί να δίνει εξηγήσεις με βάση τις αντιλήψεις του
Το αναλυτικό πρόγραμμα σχεδιάζεται με γνώμονα τις γνώσεις που πρέπει να μεταδοθούν	Ο σχεδιασμός του αναλυτικού προγράμματος οφείλει να λαμβάνει υπόψη: (α) τις επιστημονικές γνώσεις, (β) τις αντιλήψεις των μαθητών και (γ) δραστηριότητες μάθησης, τεχνικές διδασκαλίας, διδακτικό υλικό
Το μόνο που χρειάζεται ο εκπαιδευτικός είναι να κατέχει όσα θα διδάξει	Εκτός από τις επιστημονικές γνώσεις ο εκπαιδευτικός πρέπει να έχει επίγνωση των πιθανών αντιλήψεων των μαθητών και να μπορεί να προσαρμόσει τη μέθοδο διδασκαλίας του κατάλληλα

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΖΟΥΝ ΜΙΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΩΣ ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗ

- Αποσαφήνιση αντιλήψεων
- Δημιουργία γνωστικής αποσταθεροποίησης

- Εφαρμογή σε νέες καταστάσεις και ανατροφοδότηση
- Αναστοχασμός πάνω στη διαδικασία μάθησης.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Διδακτική επεξεργασία της αντίληψης: Η θερμοκρασία του νερού που βράζει μεταβάλλεται

Επιδιωκόμενος στόχος: Η θερμοκρασία του νερού που βράζει μένει σταθερή

ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΕΩΝ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

Ερώτηση 1. Πάνω στο γκαζάκι έχουμε ένα δοχείο που περιέχει 200 γραμμάρια νερό. Η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι 20°C. Ανάβουμε το γκαζάκι και το νερό ζεσταίνεται. Όταν αρχίζει να βράζει το θερμόμετρο δείχνει 100°C. Δυναμώνουμε απότομα τη φλόγα και συνεχίζουμε να ζεσταίνουμε το νερό. Τι πιστεύετε ότι θα δείχνει το θερμόμετρο;

A. Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τους 100°C

B. Μικρότερη θερμοκρασία από τους 100°C

Γ. 100°C.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου

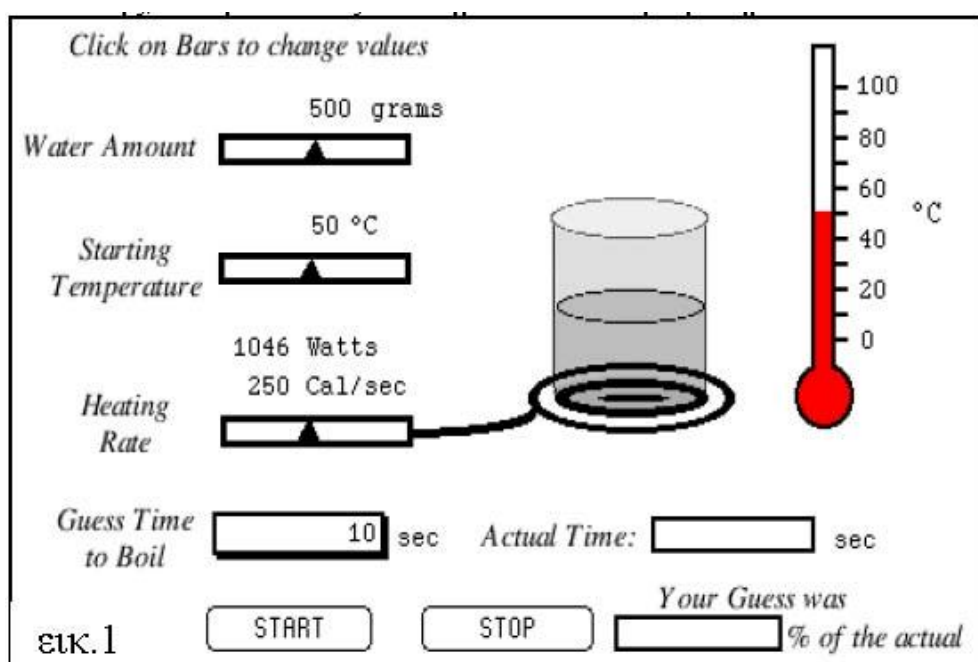
Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές σου.

ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΕΩΝ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

Ερευνητικό ερώτημα: Ποια είναι η θερμοκρασία του νερού όταν βράζει;

ΥΠΟΘΕΣΗ:		
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ/METABΛΗΤΕΣ		
ΑΛΛΑΖΩ (ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ)	ΚΡΑΤΩ ΣΤΑΘΕΡΟΥΣ	ΜΕΤΡΩ (ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ)
ΠΩΣ ΘΑ ΚΑΝΩ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ:		
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ:		
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ:		

Χρήση προσομοίωσης



εικ.1

Ερευνητικό ερώτημα: Επηρεάζεται η θερμοκρασία βρασμού του νερού αν συνεχίσουμε να το θερμαίνουμε με μεγαλύτερη φλόγα;

ΥΠΟΘΕΣΗ:		
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ/MΕΤΑΒΛΗΤΕΣ		
ΑΛΛΑΖΩ (ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ)	ΚΡΑΤΩ ΣΤΑΘΕΡΟΥΣ	ΜΕΤΡΩ (ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ)
ΠΩΣ ΘΑ ΚΑΝΩ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ:		
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ:		
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ:		

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Κατά τον βρασμό του νερού η θερμοκρασία του διατηρείται σταθερή στους 100°C, χωρίς να ανεβαίνει, όσο και να αυξήσουμε την ποσότητα θερμότητας που δέχεται ή όσο και να αυξήσουμε την ποσότητα του νερού που θερμαίνεται. Αυτό συμβαίνει γιατί η πρόσθετη ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στο νερό, χρησιμεύει για να μετατραπεί το νερό από υγρό σε αέριο.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΑΝΤΙΑΗΨΕΩΝ

Ερώτηση

Έχουμε δυο ίδια (σε όγκο) δοχεία τα οποία τα γεμίζουμε με νερό. Μέσα στα δοχεία

βάζουμε ένα ίδιο θερμόμετρο. Το ένα δοχείο το θερμαίνουμε με ένα μικρό γκαζάκι και το άλλο με ένα μεγάλο γκαζάκι. Σε λίγο το νερό αρχίζει να βράζει. Αφήνουμε τα δοχεία να θερμαίνονται για ένα λεπτό ακόμα. Τι ένδειξη θα έχουν τα θερμόμετρα όταν περάσει το ένα λεπτό; Δικαιολόγησε την απάντησή σου. Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές σου.

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΑΛΗΨΕΩΝ

Οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε ερωτήσεις όπως: Συγκρίνετε τις προηγούμενες και τις νέες ιδέες σας για το φαινόμενο του βρασμού του νερού.

Τι λέγατε για τη θερμοκρασία που βράζει το νερό, αυξάνεται ή μένει σταθερή;

Τι μάθατε σήμερα;

Ποιες ομοιότητες και διαφορές υπάρχουν ανάμεσα στις προηγούμενες και νέες ιδέες σας;

Πώς αλλάξατε γνώμη;

Ε. ΔΙΔΑΚΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

- Το πείραμα
- Η γνωστική σύγκρουση
- Οι αναλογίες
- Οι εννοιολογικοί χάρτες

1. Το πείραμα

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

- Δοκιμάζεται η αλήθεια μιας υπόθεσης
- Δοκιμάζεται συνολικά μια θεωρία
- Αναζητούνται νέα φαινόμενα που προβλέφθηκαν θεωρητικά.
- Δημιουργούνται νέα υλικά ή νέα αντικείμενα.

Η πειραματική δραστηριότητα είναι η πλέον ουσιώδης πτυχή της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών -και μάλιστα αναντικατάστατη- λόγω του περιεχομένου τους (Argons, 1991). Στόχος των φυσικών επιστημών είναι η κατανόηση του υλικού κόσμου, ώστε να εξηγηθούν τα φαινόμενα, και ίσως να ελεγχθούν ορισμένα από αυτά με κάποιους τρόπους. Δίνουμε αξία στις Φυσικές Επιστήμες γιατί πέτυχαν να ελέγξουν σημαντικό αριθμό φαινομένων. Παράλληλα, ο πρωταρχικός στόχος της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών είναι οι μαθητές να οικοδομήσουν ορισμένα στοιχεία αυτής της γνώσης. Αυτό όμως δεν μπορεί να γίνει με μεταφορά γνώσης από τον εκπαιδευτικό προς το μαθητή (Widolo, Duit & Muller 2002). Ο μαθητής προκειμένου να οικοδομήσει τη γνώση είναι απαραίτητο να εμπλακεί ενεργά στη διδακτική διαδικασία αλληλεπιδρώντας με τα όργανα και τα υλικά (Duit, 1991).

Σε ό,τι αφορά στους μαθησιακούς στόχους μιας πειραματικής δραστηριότητας αυτοί μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο άξονες: (α) μάθηση περιεχομένων φυσικών επιστημών και (β) μάθηση πτυχών της επιστημονικής μεθόδου.

Στο Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι πιθανοί στόχοι -που άπτονται του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών- μιας πειραματικής δραστηριότητας.

	Να βοηθήσει τους μαθητές να:
Στόχος 1	αναγνωρίσουν τα αντικείμενα και τα φαινόμενα και να εξοικειωθούν με αυτά
Στόχος 2	μάθουν ένα γεγονός/φαινόμενο
Στόχος 3	μάθουν μια έννοια
Στόχος 4	μάθουν μια σχέση
Στόχος 5	μάθουν μια θεωρία/μοντέλο

Πίνακας 1. Πιθανοί στόχοι μιας πειραματικής δραστηριότητας (Millar et al., 2002).

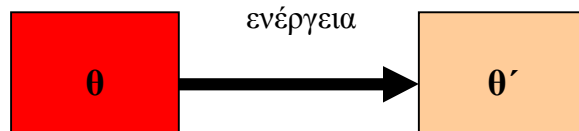
Η αποτελεσματικότητα μιας πειραματικής δραστηριότητας είναι συνάρτηση των μαθησιακών στόχων που εμπλέκει. Πιο συγκεκριμένα, σε ορισμένες πειραματικές δραστηριότητες, οι μαθησιακοί στόχοι σχετίζονται με το πεδίο των αντικειμένων. Έτσι, ως στόχοι μιας πειραματικής δραστηριότητας μπορεί να είναι οι μαθητές να παρατηρήσουν ένα αντικείμενο ή ένα φαινόμενο και ίσως να είναι ικανοί να το ανακαλέσουν στη μνήμη τους μετά από ορισμένο χρόνο. Αυτές οι πειραματικές δραστηριότητες εστιάζονται κυρίως στους στόχους 1 και 2 του Πίνακα 1. Τα ερευνητικά δεδομένα συγκλίνουν στη θέση ότι οι πειραματικές δραστηριότητες που συνδέονται με τους στόχους 1 και 2 συνήθως είναι αποτελεσματικές και προσιτές στους μαθητές (Millar, Lubben, Gott, & Duggan, 1994).

Σε άλλες πειραματικές δραστηριότητες, εντούτοις, είναι αναγκαίο ο μαθητής να κάνει συνδέσεις μεταξύ των δύο πεδίων γνώσης (πεδίο αντικειμένων, πεδίο ιδεών). Οι δραστηριότητες αυτές σχετίζονται με τους στόχους 3 έως 5 του Πίνακα 1. Συνήθως οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες στο να πραγματοποιήσουν τις συνδέσεις ανάμεσα στα δύο πεδία γνώσης (Millar, Lubben, Gott, & Duggan, 1994). Ακόμα και όταν ο μαθητής εργαστεί αρκετά προσεκτικά και με επιμέλεια, οι ιδέες δεν αναδύονται «αυτόματα» από την ίδια τη δραστηριότητα. Στην πράξη, αυτό είναι κάτι που συμβαίνει σπάνια (Millar et al., 2002).

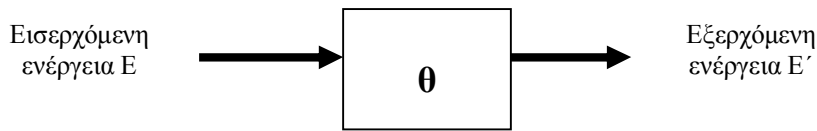
Η αδυναμία σύνδεσης ανάμεσα στα δύο πεδία γνώσης εκ μέρους του μαθητή πιθανά οφείλεται στο γεγονός ότι κατά τη σχεδίαση τέτοιων δραστηριοτήτων δεν λαμβάνεται υπόψη το πεδίο των ιδεών. Προκειμένου οι δραστηριότητες που σχετίζονται με τους στόχους 3 έως 5 του Πίνακα 1 να είναι αποτελεσματικές είναι απαραίτητο να σχεδιαστούν ιδιαίτερα προσεκτικά, ενσωματώνοντας συγκεκριμένες στρατηγικές ώστε να προάγουν τη σκέψη των μαθητών προς την κατεύθυνση των ιδεών που εμπλέκουν. Μια στρατηγική που μπορεί να βοηθήσει προς αυτή την κατεύθυνση, περιλαμβάνει το τρίπτυχο «προβλέπω – παρατηρώ – εξηγώ» (White & Gunstone, 1992). Σε αυτήν, οι μαθητές καλούνται αρχικά να προβλέψουν τι αναμένουν να συμβεί σε μια δεδομένη κατάσταση και να το καταγράψουν, κατόπιν να εκτελέσουν τη πειραματική δραστηριότητα και να προβούν σε παρατηρήσεις, και τελικά να εξηγήσουν αυτά που έχουν διαπιστώσει (τα οποία μπορεί να είναι αυτά που προέβλεψαν ή να είναι διαφορετικά από αυτά που προέβλεψαν). Μια άλλη στρατηγική είναι να παρουσιαστεί και να συζητηθεί μια αναλογία με την οποία οι παρατηρήσεις και οι μετρήσεις μπορούν άμεσα να συσχετιστούν (Koulaidis & Tsatsaroni 1995).

Στη συνέχεια παραθέτουμε ένα παράδειγμα σχεδίασης και εφαρμογής μιας πειραματικής δραστηριότητας στην οποία χρησιμοποιείται μια αναλογία προκειμένου οι μαθητές να βοηθηθούν να συνδέσουν τα δύο πεδία γνώσης (πεδίο αντικειμένων, πεδίο ιδεών). Αναφέρεται στη διδασκαλία των θερμικών διαδικασιών.

Στο Σχήμα 4 συνοψίζονται οι βασικές ιδέες του επιστημονικού προτύπου για τις θερμικές διαδικασίες.



Αν $\theta > \theta'$ τότε υπάρχει ροή ενέργειας από το πρώτο προς το δεύτερο σώμα. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας των σωμάτων τόσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός ροής της ενέργειας.

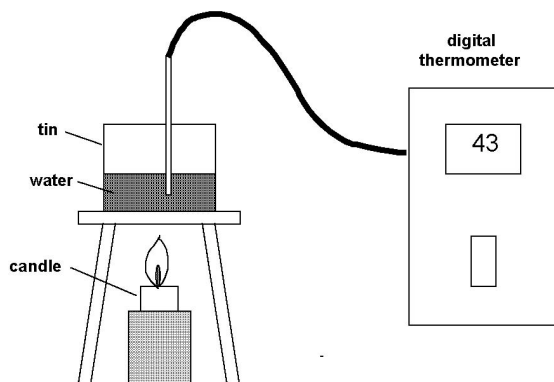


Αν $E > E'$ τότε η θ αυξάνεται

Αν $E < E'$ τότε η θ ελαττώνεται

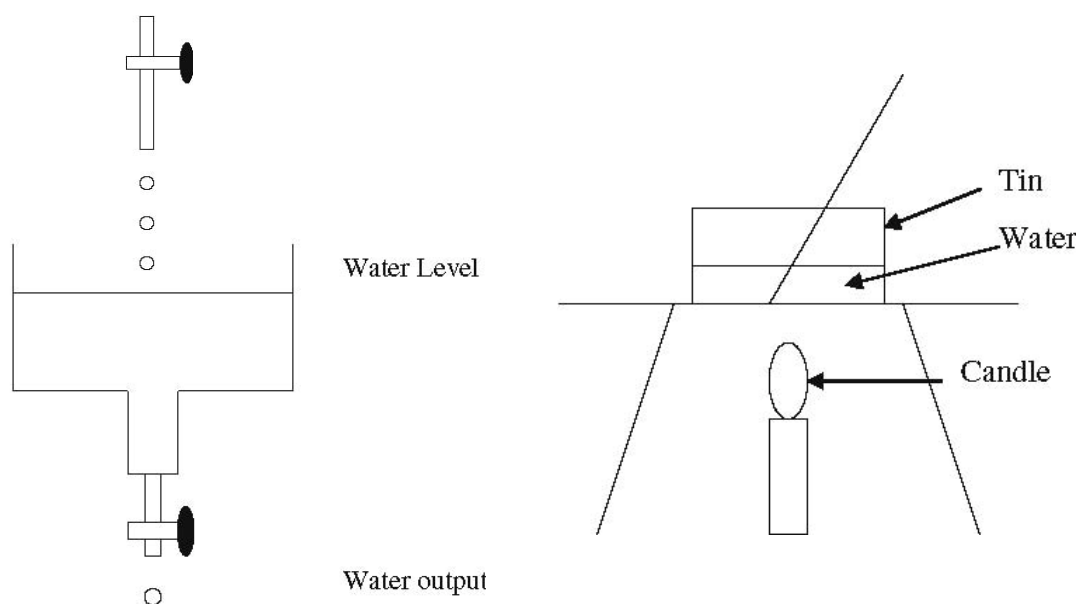
Σχήμα 4. Το βασικό επιστημονικό μοντέλο των θερμικών διαδικασιών

Οι Arnold και Millar (1996) ζήτησαν από μαθητές ηλικίας 14 ετών να πραγματοποιήσουν μια πειραματική δραστηριότητα που περιλάμβανε θέρμανση νερού μέσα σε ένα αλουμινένιο κουτάκι με τη βοήθεια ενός κεριού (Σχήμα 5).



Σχήμα 5. Η πειραματική διάταξη για τη θέρμανση του νερού

Ζητήθηκε από τους μαθητές να πάρουν μετρήσεις για τη θερμοκρασία ανά ένα λεπτό (για 15 λεπτά συνολικά) και να εξηγήσουν τι θα παρατηρούσαν. Η θερμοκρασία του νερού στην αρχή ανέβαινε σταθερά και κάποια στιγμή σταθεροποιήθηκε στους 43°C (η ακριβής θερμοκρασία εξαρτάται από τον όγκο του νερού και από την απόσπαση ανάμεσα στη φλόγα και το αλουμινένιο κουτί). Οι μαθητές δεν μπόρεσαν να εξηγήσουν το εν λόγω φαινόμενο.



Στη συνέχεια οι ερευνητές χρησιμοποίησαν την αναλογία. Παρουσίασαν ένα τρύπιο ποτήρι και έριχναν συνεχώς νερό μέσα σε αυτό. Ρώτησαν τους μαθητές τι θα συμβεί στην επιφάνεια του νερού που είναι μέσα στο ποτήρι αν το νερό εισέρχεται στο ποτήρι με μεγαλύτερο ρυθμό από το νερό που εξέρχεται από το ποτήρι και τι θα συμβεί αν το νερό εξέρχεται από το ποτήρι με μεγαλύτερο ρυθμό από το νερό που εισέρχεται στο ποτήρι. Ακολούθως, οι ερευνητές βοήθησαν τους μαθητές με κατάλληλες ερωτήσεις να κάνουν τις απαραίτητες αντιστοιχίες ανάμεσα στη διάταξη του τρύπιου ποτηριού και στη θερμική κατάσταση. Μετά από τη συζήτηση που ακολούθησε οι μισοί περίπου μαθητές ήταν ικανοί να εξηγήσουν με βάση το επιστημονικό πρότυπο των θερμικών διαδικασιών το θερμικό φαινόμενο με το οποίο είχαν ασχοληθεί.

2. Η γνωστική σύγκρουση

Η γνωστική σύγκρουση έχει χρησιμοποιηθεί ως διδακτική στρατηγική με σκοπό την αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών. Στο πλαίσιο αυτής της στρατηγικής οι αντιλήψεις που εκδηλώνει ένας μαθητής διαψεύδονται ή αμφισβητούνται -συνήθως με την παρουσίαση αντιφατικών πειραματικών γεγονότων- με τρόπο που να δημιουργείται γνωστική διαταραχή ή αποσταθεροποίηση και κατά συνέπεια οι αντιλήψεις εγκαταλείπονται ή αντικαθίστανται από άλλες (Hewson & Hewson, 1984). Οι θετικές επιπτώσεις της χρήσης της γνωστικής σύγκρουσης στην διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής έχουν καταδειχθεί από σημαντικό αριθμό ερευνών (Druyan, 1997; Hashweh, 1986; Hewson & Hewson, 1984; Kwon, 1997; Lee, 1998; Niaz, 1995; Stavy & Berkovitz, 1980; Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982; Skoumios 2008, Thorley & Treagust, 1989). Όμως, υποστηρίζεται ότι η παρουσίαση αντιφατικών γεγονότων στους μαθητές δεν τους ωθεί απαραίτητα σε διαδικασίες γνωστικής σύγκρουσης και σε εννοιολογική αλλαγή (Dreyfus, Jungwirth & Eliovitch 1990, Drekkers & Thijs 1998, Elizabeth & Galloway 1996).

Προκειμένου να αρθούν τέτοιου τύπου προβλήματα, ορισμένοι ερευνητές προτείνουν τη χρήση της κοινωνικο-γνωστικής σύγκρουσης, στην οποία η πηγή της

ανισορροπίας που προκαλεί είναι ταυτόχρονα γνωστική, αφού συμβάλλει σε τροποποίηση των αντιλήψεων και κοινωνική, αφού πηγάζει από τις αντιτιθέμενες εξηγήσεις στο πλαίσιο μιας κατάστασης επικοινωνίας (Ames & Murray 1982, Doise & Mugny 1984, Doise, Mugny & Perez 1998, Skoumios 2009, Skoumios & Hatzinikita, 2005). Πιο συγκεκριμένα, η κοινωνικο-γνωστική σύγκρουση εμπεριέχει δύο είδη συγκρούσεων: αφενός μια σύγκρουση ανάμεσα στα άτομα που προέρχεται από την αντίθεση των απαντήσεων στο πρόβλημα που έχει τεθεί και αφετέρου μια σύγκρουση ενδοατομική, γνωστικής φύσης, που συντελείτε ακριβώς μόλις το άτομο συνειδητοποιήσει την αντιφατική απάντηση, προτρέποντάς το να αμφισβητήσει τη δική του. Η άμεση έκφραση και αντιπαράθεση των επιχειρημάτων στην κοινωνική αλληλεπίδραση κάνουν τη γνωστική ενδοατομική σύγκρουση συγχρόνως πιο χειροπιαστή και πιο δυναμική. Σε ό,τι αφορά τους λόγους για τους οποίους η κοινωνικο-γνωστική σύγκρουση έχει τη δυνατότητα να οδηγήσει σε μια γνωστική ανάπτυξη, οι ερευνητές αναφέρουν τουλάχιστον τρεις (Doise & Mugny 1984). Ο πρώτος λόγος σχετίζεται με τη συνειδητοποίηση από μέρους του ατόμου των απαντήσεων των άλλων ως διαφορετικών από τις δικές του. Τότε η σύγκρουση γίνεται πηγή ανισορροπίας που είναι ταυτόχρονα και κοινωνική και γνωστική. Ο δεύτερος λόγος είναι το ότι οι άλλοι δίνουν στο άτομο πληροφορίες/ιδέες που μπορεί να είναι κατάλληλες για τη μετάβαση σε έναν νέο τρόπο σκέψης. Ένας τρίτος λόγος αναφέρεται στο ότι η κοινωνικο-γνωστική σύγκρουση αυξάνει την πιθανότητα να γίνει το άτομο γνωστικά δραστήριο, δηλαδή να εμπλακεί πιο ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία.

Παραδείγματα

(α) Το σκουριασμένο καρφί

■ Αντίληψη μαθητών

- Η σκουριά προϋπάρχει κάτω από την επιφάνεια του καρφιού και στη συνέχεια εμφανίζεται

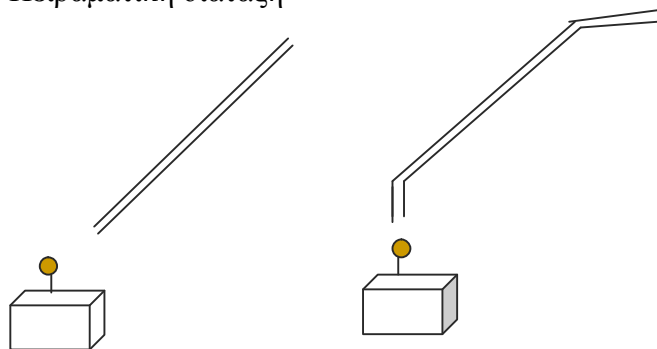
Πειραματική διαδικασία: Κόβοντας ένα σκουριασμένο καρφί παρατηρούν ότι η σκουριά υπάρχει μόνο στην εξωτερική επιφάνεια.

(β) Η ευθύγραμμη διάδοση του φωτός

■ Αντίληψη μαθητών

- Το φως δεν διαδίδεται πάντα ευθύγραμμα (π.χ. διαδίδεται σε τεθλασμένη γραμμή)

Πειραματική διάταξη



(γ) Η θερμοκρασία κατά την αλλαγή φάσης

■ Αντίληψη

- Όταν θερμαίνεται μια ποσότητα νερού η θερμοκρασία της συνεχώς αυξάνεται

Πειραματική διάταξη: Βρασμός νερού.

(δ) Διατήρηση ηλεκτρικού ρεύματος

■ Αντίληψη

- Το ρεύμα καταναλώνεται

Πειραματική διάταξη: Μέτρηση με τη βοήθεια αμπερομέτρων της τιμής του ρεύματος σε διάφορα μέρη του κυκλώματος.

Ακολουθεί ένα παράδειγμα για την πλεύση και βύθιση των σωμάτων που στηρίζεται σε διαδικασίες κοινωνικο-γνωστικής σύγκρουσης (Skoumios 2009).

Έχεις δύο δοχεία A και B με δύο υγρά (νερό και οινόπνευμα) και δύο διαφορετικά τεμάχια κεριού (ένα μικρότερο και ένα μεγαλύτερο).



Προέβλεψε αν τα κεριά επιπλέουν ή βυθίζονται στα υγρά των δύο δοχείων A και B.

Γράψε την πρόβλεψή σου και δώσε εξηγήσεις.

Συζήτησε τις απόψεις σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

Τοποθέτησε το μικρότερο κεριό στο υγρό του δοχείου A και το μεγαλύτερο κεριό στο υγρό του δοχείου B.



Παρατήρησε αν τα κεριά επιπλέουν ή βυθίζονται. Συζήτησε το αποτέλεσμα του πειράματος με τους συμμαθητές της ομάδας σου. Γράψε ποιος ή ποιοι παράγοντες καθορίζουν αν ένα σώμα επιπλέει ή βυθίζεται σε ένα υγρό.

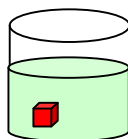
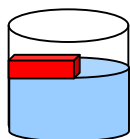
Προέβλεψε αν τα κεριά επιπλέουν ή βυθίζονται στα υγρά των δύο δοχείων A και B όταν τοποθετήσουμε το μεγαλύτερο στο υγρό του δοχείου A και το μικρότερο στο υγρό του δοχείου B.



Γράψε την πρόβλεψή σου και δώσε εξηγήσεις.

Συζήτησε τις απόψεις σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

Τοποθέτησε το μεγαλύτερο κερί στο υγρό του δοχείου Α και το μικρότερο κερί στο υγρό του δοχείου Β.



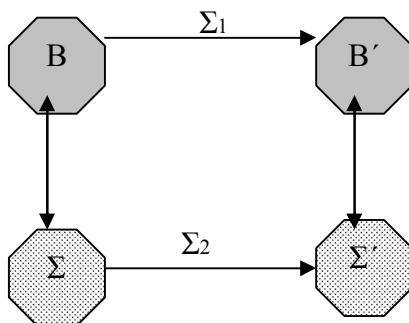
Παρατήρησε αν τα κεριά επιπλέουν ή βυθίζονται.

Συζήτησε το αποτέλεσμα του πειράματος με τους συμμαθητές της ομάδας σου. Συζήτησε με το δάσκαλό σου για τα υγρά που περιέχονται στα δύο δοχεία Α και Β. Με βάση τις παρατηρήσεις σου και τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου, γράψε ποιος ή ποιο παράγοντες καθορίζουν αν ένα σώμα επιπλέει ή βυθίζεται σε ένα υγρό; Σύγκρινε την απάντησή σου στην παραπάνω ερώτηση με την απάντηση που είχες δώσει στη ίδια ερώτηση αρχικά.

3. Οι αναλογίες

- Η χρήση αναλογιών μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στη μετάβαση από μια «διαισθητική» σε μια περισσότερο επεξεργασμένη αναπαράσταση ενός εννοιολογικού τομέα.
- Στόχος της διδακτικής χρήσης της αναλογίας είναι η αλλαγή των γνωστικών δομών, δηλαδή η κατασκευή νέας γνώσης.
- Μια αναλογία λειτουργεί με την αντιστοίχιση μιας οικείας εννοιολογικής δομής (που ονομάζεται τομέας – βάση) σε μια άλλη δομή (τον τομέα – στόχο), η οποία είναι μη οικεία και επιχειρείται να εξηγηθεί.
- Ο μαθητής θα βασιστεί στην εξοικείωσή του με τον τομέα – βάση, για να κατανοήσει το μη οικείο τομέα – στόχο.

Τομέας – βάση



Τομέας – στόχος

Σχήμα 6. Σχηματοποίηση μιας αναλογίας με τη μορφή απλού τετραπόλου.

Στην πιο απλή μορφή, μια αναλογία περιλαμβάνει συνήθως τέσσερις κόμβους – έννοιες, που συνδέονται ανά δύο μεταξύ τους με όμοιες σχέσεις.

Στο Σχήμα 6, που αναπαριστά μια αναλογία ως απλό τετράπολο, η έννοια B της βάσης αντιστοιχεί στην έννοια Σ του στόχου και η έννοια B' αντιστοιχεί στη Σ'. Οι έννοιες της βάσης και του στόχου συνδέονται μεταξύ τους με τις όμοιες σχέσεις Σ1 και Σ2 αντίστοιχα.

Παραδείγματα αναλογιών

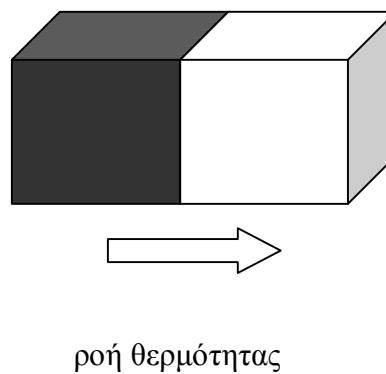
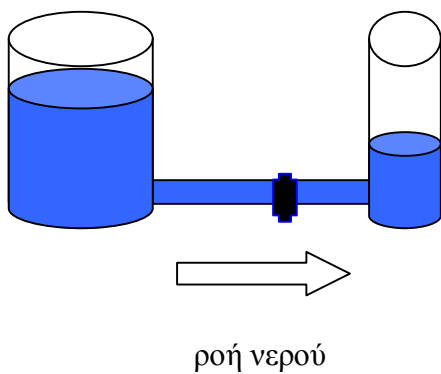
Διάδοση θερμότητας (Σκουμιός 2005)

Η διάδοση της θερμότητας από ένα σώμα Α υψηλότερης προς ένα σώμα Β χαμηλότερης θερμοκρασίας μοιάζει με τη ροή υγρού από δοχείο Α όπου το νερό βρίσκεται σε υψηλότερη στάθμη προς το δοχείο Β όπου το νερό βρίσκεται σε χαμηλότερη στάθμη. Όπως η ροή του υγρού θα συνεχιστεί μέχρι το νερό να φτάσει στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο, έτσι και η διάδοση της θερμότητας από το σώμα Α προς το Β θα συνεχιστεί μέχρι τα σώματα να αποκτήσουν ίδια θερμοκρασία.

Τομέας βάση: Ροή νερού	Τομέας στόχος: Ροή θερμότητας
Νερό	Θερμότητα
Στάθμη νερού	Θερμοκρασία
Δοχεία Α, Β	Σώματα Α, Β

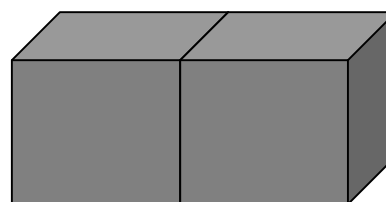
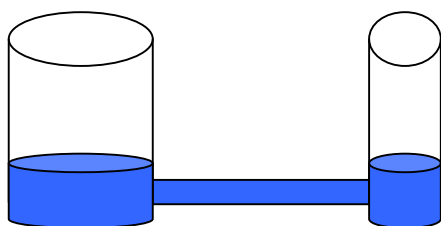
Πριν

Το Α έχει υψηλότερη θερμοκρασία από το Β



Μετά

Τα Α και Β έχουν ίσες θερμοκρασίες



Το μοντέλο του «φανταστικού» τρένου: μια αναλογία για το ηλεκτρικό κύκλωμα (Joshua & Dupin, 1987)

Φαντάσου το ηλεκτρικό κύκλωμα σαν μια κλειστή σιδηροδρομική γραμμή. Πάνω της κινούνται τα βαγόνια που είναι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια. Η κίνησή τους είναι το ηλεκτρικό ρεύμα. Η μπαταρία είναι οι εργάτες που σπρώχνουν με δύναμη τα βαγόνια για να κινηθούν. Όταν εξαντλούνται οι εργάτες απ' την κόυραση, εξαντλείται η μπαταρία. Ο διακόπτης είναι ο σταθμάρχης που διακόπτει κι επιτρέπει την κίνηση των βαγονιών-ηλεκτρονίων(ανοίγει και κλείνει το κύκλωμα). Το λαμπάκι παριστάνει το εμπόδιο(την αντίσταση) που παρεμβάλλεται κι εμποδίζει την κίνηση των βαγονιών-ηλεκτρονίων. Η ταχύτητα με την οποία κινούνται τα βαγόνια είναι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος στο κύκλωμα.

TOMEAS ΒΑΣΗ

ΤΡΕΝΟ

βαγόνια

κίνηση βαγονιών

εμπόδια

σιδηροδρομική γραμμή

εργάτες που σπρώχνουν

μυϊκή κόπωση

σταθμάρχης

TOMEAS ΣΤΟΧΟΣ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

ηλεκτρόνια

ηλεκτρικό ρεύμα

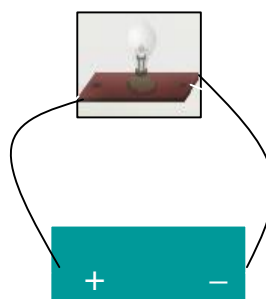
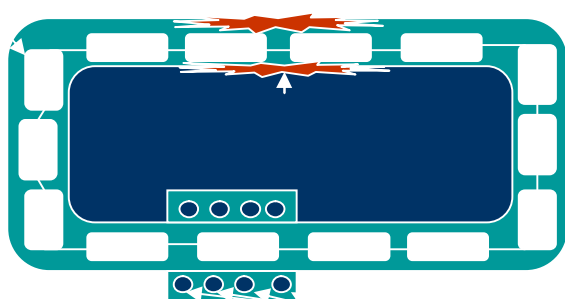
αντίσταση

ηλεκτρικό κύκλωμα

προσφερόμενη ενέργεια (μπαταρία)

εξάντληση μπαταρίας

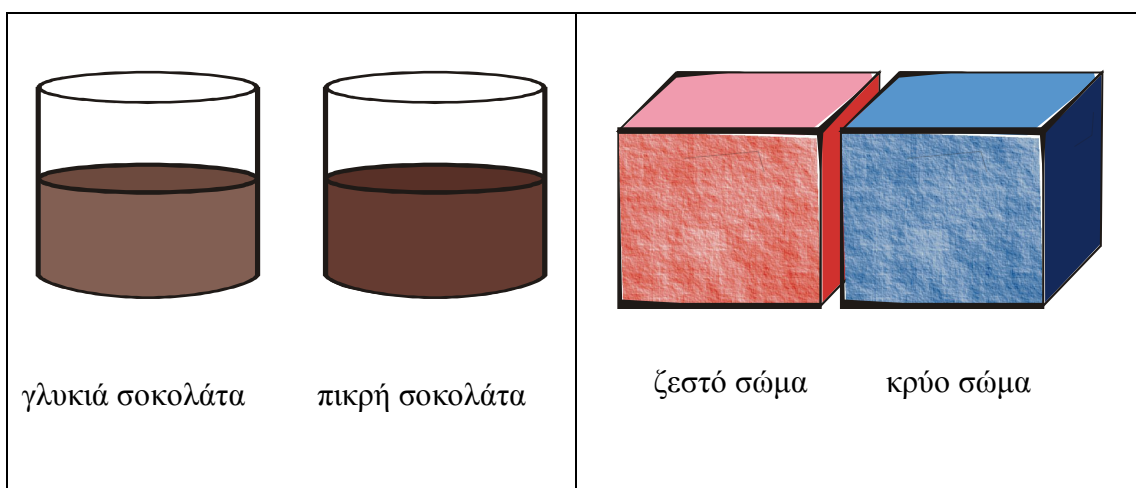
διακόπτης



Η γλυκιά και πικρή σοκολάτα: μια αναλογία για την επεξεργασία της αντίληψης «το ψύχος είναι διαφορετικό από τη θερμότητα» (Skoumios & Hatzinikita 2006)

Η αναλογία αυτή χρησιμοποιείται με σκοπό να βοηθήσει τους μαθητές να τροποποιήσουν τις αντιλήψεις τους σχετικά με τη χρήση δυο διαφορετικών οντοτήτων (θερμότητας και ψύχους) για την εξήγηση των θερμικών φαινομένων.

<i>Τομέας βάση: Γλυκιά και πικρή σοκολάτα</i>	<i>Τομέας στόχος: Θερμό και ψυχρό σώμα</i>
Σοκολάτα	Σώμα
Μάζα σοκολάτας	Μάζα σώματος
Ποσότητα ζάχαρης	Ποσότητα θερμότητας
Γλυκύτητα	Θερμοκρασία

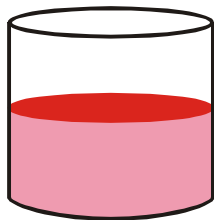


Το κόκκινο μελάνι: μια αναλογία για τη θέρμανση ενός σώματος (Σκουμιός 2005)

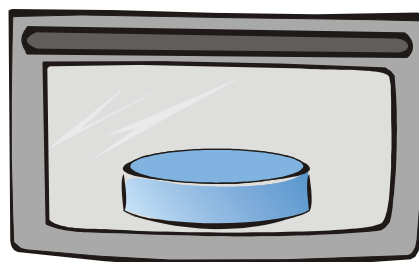
Η παρακάτω αναλογία έχει ως σκοπό να βοηθήσει τους μαθητές στην αναδόμηση των αντιλήψεων τους αναφορικά με τη σχέση ανάμεσα στη ποσότητα θερμότητας και στη θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα.

<i>Τομέας βάση: Ανάμιξη κόκκινου μελανιού σε υγρό</i>	<i>Τομέας στόχος: Θέρμανση σώματος</i>
μάζα υγρού	μάζα σώματος
μάζα κόκκινου μελανιού	ποσότητα θερμότητας
σύσταση υγρού	σύσταση σώματος
χρώμα	θερμοκρασία

Πριν την διάλυση

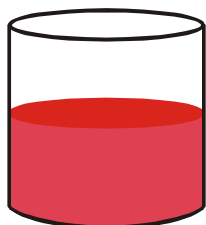


Πριν τη θέρμανση
Φούρνος



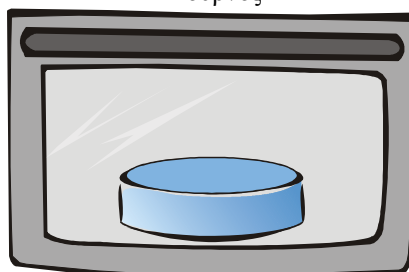
κρύο σώμα

Μετά τη διάλυση



Μετά τη θέρμανση

Φούρνος



Ζεστό σώμα

4. Εννοιολογικοί Χάρτες και Εφαρμογές

Μια έννοια δεν υπάρχει ποτέ απομονωμένη στη σκέψη μας, εφόσον για να τη σκεφτούμε είμαστε υποχρεωμένοι να επικαλεστούμε άλλες έννοιες και όταν εμφανιστεί στη σκέψη μας, πυροδοτούνται συνειρμοί που μας οδηγούν σε άλλες έννοιες σχετιζόμενες με ποικίλους τρόπους μαζί της. Η σκέψη μας, λοιπόν, είναι μια απέραντη οργάνωση εννοιών.

Εννοιολογικός χάρτης είναι μια τεχνική αναπαράστασης της γνώσης μέσω ενός κατευθυνόμενου γράφου που ορίζει μ κόμβους (σημεία/κορυφές) και ν σχέσεις ανάμεσα στους κόμβους. Οι κόμβοι συνδέονται μεταξύ τους μέσω σχέσεων. Οι αναπαραστάσεις αποτελούνται από δίκτυα εννοιών

Φάσεις κατά τη δημιουργία ενός εννοιολογικού χάρτη

- Δημιουργία του πρώτου κόμβου ο οποίος δίνει και την κεντρική ιδέα του θέματος
- Γρήγορη καταγραφή των πρώτων ιδεών που έρχονται στο μυαλό στο άκουσμα του θέματος.
- Δημιουργία σχέσεων ανάμεσα στους κόμβους
- Διαγραφή κάποιων κόμβων που δεν είναι πολύ σχετικοί με το θέμα.
- Πιθανή αναδιάταξη των κόμβων στο γράφο.

Εφαρμογές

- Μηχανισμός παρακολούθησης της σύνδεσης νέων γνώσεων σε προϋπάρχουσες δομές
- Μηχανισμός για αξιολόγηση της εννοιολογικής κατανόησης

- Μηχανισμός ανίχνευσης των παρανοήσεων των μαθητών
- Μέσο για καλλιέργεια μεταγνωστικών δεξιοτήτων

Παράδειγμα κατασκευής εννοιολογικού χάρτη (Osborne 1993)

Ο διδάσκων, μετά την ολοκλήρωση μιας ενότητας σχετικής με το σύμπαν, το γαλαξία και το ηλιακό μας σύστημα, δίνει στους μαθητές του ένα κατάλογο που περιλαμβάνει λέξεις - όρους όπως:

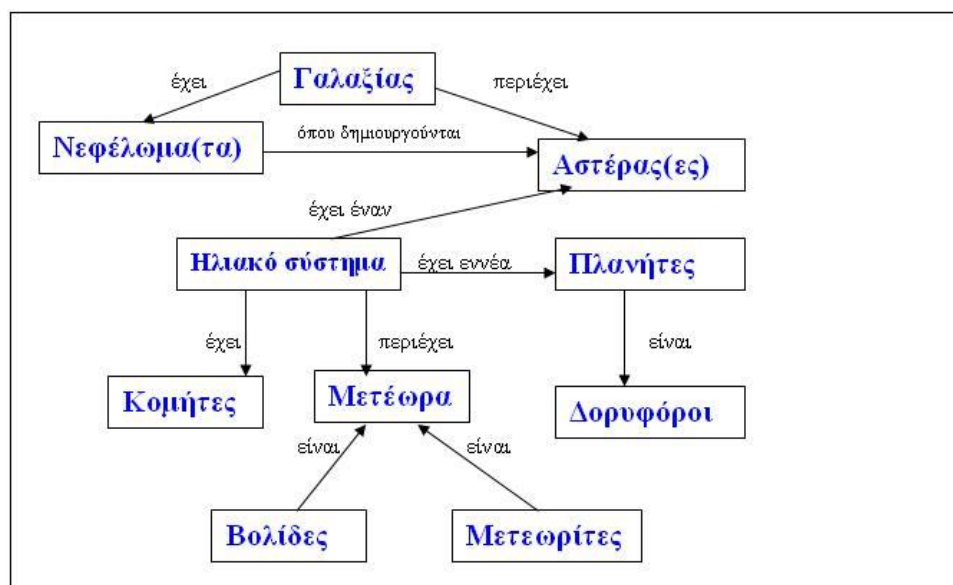
{νεφέλωμα – γαλαξίας – ηλιακό σύστημα – πλανήτης – Μεγάλη Άρκτος – Γη – δορυφόρος – μαύρη τρύπα – αστέρας – βολίδες – μετέωρα – μετεωρίτες}

Από τους μαθητές που είναι χωρισμένοι σε ομάδες των 3 ή 4 ζητείται να πραγματοποιήσουν μια σειρά από καθήκοντα - εργασίες μέσα σε 30 – 40 λεπτά:

- Κόψτε μικρά τετράγωνα χαρτόνια (3 x 5 cm) και στο καθένα γράψτε μια λέξη από αυτές του καταλόγου.
- Με αυτά φτιάξτε δύο σωρούς με χαρτόνια. Στον ένα τοποθετήστε τα χαρτόνια που οι λέξεις τους είναι γνωστές σε σας και στην άλλη αυτά που είναι άγνωστες.
- Ασχοληθείτε μόνο με τα χαρτόνια που οι λέξεις ή φράσεις πάνω τους (ετικέτες) είναι γνωστές και τοποθετείστε τα πάνω σ' ένα μεγαλύτερο χαρτόνι έτσι ώστε να είναι πιο κοντά τα χαρτόνια με ετικέτες που σχετίζονται με κάποιο τρόπο μεταξύ τους. Αφού τελειώσετε την εργασία και είσαστε ευχαριστημένοι με την τοποθέτησή τους, κολλήστε τα πάνω στο χαρτόνι.
- Με ένα μολύβι φτιάξτε γραμμές ανάμεσα στα μικρά χαρτόνια – ετικέτες που σχετίζονται μεταξύ τους.
- Στη συνέχεια να προσθέσετε μια δική σας λέξη ή σύντομη φράση κοντά σ' αυτές τις γραμμές που να εξηγούν το πώς οι λέξεις στα χαρτόνια συνδέονται μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο παράδειγμα:

Ηλιακό σύστημα -----> Αστέρα
 έχει έναν

- Μόλις τελειώσετε αναρτήστε το «χάρτη» σας ώστε να τον βλέπουν οι άλλες ομάδες και να διευκολύνεται έτσι μια συζήτηση στην τάξη.



Ο διδάσκων δεν παρουσιάζει τη σωστή διάταξη των εννοιών και των συνδέσεων μεταξύ τους αλλά φροντίζει να παρακινεί τους μαθητές του να εκφράσουν τους λόγους για τους οποίους πραγματοποίησαν τη διάταξη των λέξεων - όρων και των λέξεων ή φράσεων – συνδέσεων.

Δραστηριότητες αξιολόγησης μαθητών με εννοιολογικό χάρτη

- Δίνεται ένας ελλιπής εννοιολογικός χάρτης και ζητείται να συμπληρωθούν τα κενά.
- Δίνεται ένα κατάλογος εννοιών και ζητείται να δημιουργηθεί ο εννοιολογικός χάρτης.
- Δίνεται ένα κείμενο το οποίο περιέχει έννοιες και ζητείται να δημιουργηθεί ο εννοιολογικός χάρτης.
- Δίνεται μια πειραματική διάταξη και ζητείται να δημιουργηθεί ο εννοιολογικός χάρτης.
- Δίνεται ένας εννοιολογικός χάρτης και ζητείται να "μεταφραστεί" σε κείμενο.
- Δίνεται ένας κατάλογος εννοιών και οι μαθητές επιλέγουν τις έννοιες που χρειάζονται για να φτιάξουν τον εννοιολογικό χάρτη
- Δίνεται ένας κατάλογος εννοιών και συνδέσεων και ζητείται να δημιουργηθεί ο εννοιολογικός χάρτης.

Αξιολόγηση εννοιολογικού χάρτη

Αξιολογούμε σε ένα χάρτη:

- Τον αριθμό των εννοιών
- Τον αριθμό των συνδέσεων
- Την ορθότητα των συνδέσεων
- Τη γλωσσική επάρκεια των συνδέσεων
- Τη ροή του χάρτη.

ΣΤ. 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:

Το _____ 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 διάφορες 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 ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΙΑ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΑΔΑΣ.....

■^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 αλλάζω;	Τι κρατώ ίδιο;	Τι ελέγχω;
.....		

- Τι υλικά θα χρειαστώ;
.....
- Ποιο πείραμα προτείνω;
.....

Πραγματοποίηση της έρευνας

Τι κάνω;

Μετρήσεις

.....

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;
.....

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

ΠΡΟΒΛΗΜΑ: Ο Δήμος έπρεπε να επιλέξει ένα περιτύλιγμα για τα νέα παγωτά που έφτιαξε, το οποίο να μειώνει το χρόνο που χρειάζεται το παγωτό να λιώσει. Βρήκε περιτυλίγματα χρώματος πράσινου, κόκκινου, μπλε και άσπρου. Πώς μπορεί να ανακαλύψει ποιο χρώμα περιτυλίγματος είναι το καλύτερο;

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;

- Τι θα κάνω για να το ερευνήσω;

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

- Τι υλικά θα χρειαστώ;

- Ποιο πείραμα προτείνω;

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

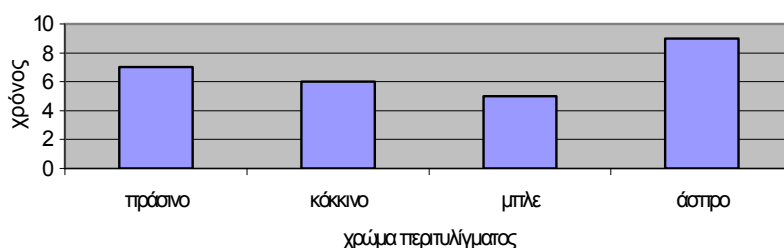
Πραγματοποίηση της έρευνας

Τι κάνω;

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ:

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

(σημείωση: οι τιμές είναι τυχαίες)



Διαπιστώσεις – Συμπληρώσεις

- 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; Γιατί;

.....

- Τι ήταν δύσκολο για μένα σε αυτή την έρευνα;

.....

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2: Παράγοντες που επηρεάζουν την πίεση

Φάσεις 1 και 2: Έναυσμα ενδιαφέροντος – Διατύπωση υποθέσεων

Ερώτηση: Γιατί ο χιονοδρόμος δεν βουλιάζει στο χιόνι;

.....



Φάσεις 3 και 4: Πειραματισμός – Διατύπωση / καταγραφή συμπερασμάτων Πρόβλημα 1

Ο Γιάννης και ο Κώστας είναι δυο αδέρφια. Όταν ήταν μικροί πήγαιναν για μπάνιο στην παραλία του χωριού. Για να γίνει αυτό έπρεπε πρώτα να διασχίσουν μια μεγάλη απόσταση αμμόδουνς περιοχής. Ο Κώστας παραπονιόταν ότι κουραζόταν, γιατί βούλιαζε πολύ πιο εύκολα στην άμμο σε σχέση με τον αδελφό του. Ο πατέρας τους υπέθεσε ότι αφού τα δύο αδέρφια φορούσαν ίδιου μεγέθους παπούτσια, ο λόγος που ο ένας βουλιάζει περισσότερο από τον άλλο είναι η διαφορά στο βάρος τους. Με ποιο τρόπο μπορείτε να εξετάσετε αν είναι σωστή η υπόθεση του πατέρα τους;

ΕΡΩΤΗΜΑ: Το βάρος ενός σώματος επηρεάζει την πίεση που αυτό ασκεί;		
ΥΠΟΘΕΣΗ: Όσο πιο μεγάλο είναι το βάρος ενός σώματος, τόσο πιο μεγάλη είναι η πίεση που αυτό θα ασκήσει στη βάση του.		
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ		
ΑΛΛΑΖΩ	ΚΡΑΤΩ ΣΤΑΘΕΡΟΥΣ	ΜΕΤΡΩ
βάρος σώματος	εμβαδό βάσης σώματος επιφάνεια στην οποία θα βουλιάζει το σώμα ασκηθεί πίεση (π.χ. αλεύρι)	πίεση (το βάθος στο οποίο βουλιάζει το σώμα)
ΠΩΣ ΘΑ ΚΑΝΩ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ: Τοποθέτησε δύο σώματα διαφορετικών βαρών (50g, 100g) και ίσων εμβαδών βάσης σε επιφάνεια άμμου. Παρατήρησε το βάθος στο οποίο βουλιάζει κάθε σώμα.		
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ: ...		
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ: Το βάρος ενός σώματος επηρεάζει την πίεση που ασκεί. Η υπόθεση είναι δεκτή, όσο πιο μεγάλο το βάρος τόσο πιο μεγάλη η πίεση που ασκεί το σώμα.		

Πρόβλημα 2

Ο Γιάννης και ο Κώστας είναι δυο αδέρφια. Όταν ήταν μικροί πήγαιναν για μπάνιο στην παραλία του χωριού. Για να γίνει αυτό έπρεπε πρώτα να διασχίσουν μια μεγάλη απόσταση αμμώδους περιοχής. Ο Γιάννης παραπονιόταν ότι κουραζόταν, γιατί βούλιαζε πιο εύκολα σε σύγκριση με τον Κώστα. Ο πατέρας τους υπέθεσε ότι αφού τα αδέρφια είχαν ακριβώς το ίδιο βάρος, ο λόγος που ο ένας βουλιάζει πιο εύκολα είναι η διαφορά στο μέγεθος των παπουτσιών τους. Με ποιο τρόπο μπορείτε να εξετάσετε αν είναι σωστή η υπόθεση του πατέρα τους;

ΕΡΩΤΗΜΑ: Το εμβαδό της βάσης ενός σώματος επηρεάζει την πίεση που αυτό ασκεί;		
ΥΠΟΘΕΣΗ:		
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ/ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ		
ΑΛΛΑΖΩ	ΚΡΑΤΩ ΣΤΑΘΕΡΟΥΣ	ΜΕΤΡΩ
εμβαδό βάσης σώματος	βάρος σώματος επιφάνεια στην οποία θα ασκηθεί πίεση (π.χ. αλεύρι)	πίεση (το βάθος στο οποίο βουλιάζει το σώμα)
ΠΩΣ ΘΑ ΚΑΝΩ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ: ...		
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ: ...		
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ: Το εμβαδό βάσης ενός σώματος επηρεάζει την πίεση που αυτό ασκεί. Όσο πιο μεγάλο είναι το εμβαδό της βάσης ενός σώματος τόσο πιο μικρή είναι η πίεση που αυτό ασκεί.		

Φάση 5: Εφαρμογές

Ενδεικτικές ερωτήσεις

- Πώς εξηγείται το γεγονός ότι όταν πιέζουμε από το “κεφάλι” μια πινέζα σε ένα τοίχο η πινέζα μπαίνει στον τοίχο και όχι στο δάχτυλό μας;
- Γιατί ένα τανκ κινείται με ερπύστριες που έχουν μεγάλη επιφάνεια και διαθέτουν στην εξωτερική τους πλευρά καρφιά με μικρή επιφάνεια;

Z. 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

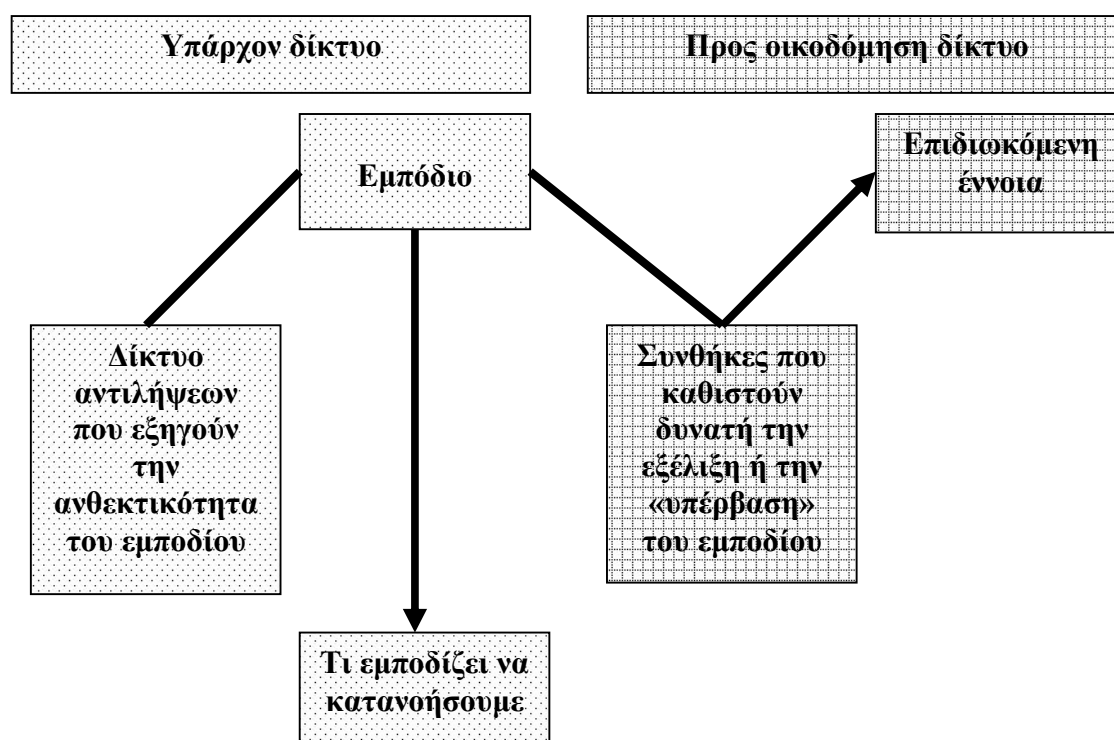
Η συγκρότηση των εμποδίων δεν περιορίζεται αποκλειστικά στο γνωστικό πεδίο, αλλά επιπλέον δέχεται πιθανώς επιρροές και άλλων πεδίων, όπως το συναισθηματικό, το μυθικό και το κοινωνικό. Με άλλα λόγια, τα εμπόδια είναι συμβολικά φορτισμένα (Orange 1993, σελ. 15).

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 παρακαλύπτεται 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. Θεμελίωση της εγκυρότητας της εννοιολογικής κατασκευής	- 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. Δυνατότητα στοχασμού της εννοιολογικής κατασκευής	- 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. Κατάκτηση «εύχρηστης» διαθεσιμότητας της νέας έννοιας (ή του τρόπου σκέψης)	- 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.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 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.
- Arca, M. & Caravita, S. (1993), Le constructivisme ne résoud pas tous les problèmes, *Aster*, 16, 77-101.
- 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.
- Arons, A. (1991), *Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής*, Εκδόσεις Τροχαλία, Αθήνα.
- 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.
- 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.
- 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.
- De Jong T., Van Joolingen W.R. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research*, 68: 179-202.
- 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.
- Doménech, 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., 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.
- Druyan, S. (1997). Effect of the Kinesthetic Conflict on Promoting Scientific Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 1083-1099.
- 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.
- 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.
- Giordan, A. & De Vecchi, (1987), *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- 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.
- 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.
- Kruger, C. (1990). Some primary teachers' ideas about energy. *Physics Education*, 25 (2), 86-91.
- 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.
- 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.
- Κουμαράς, Π. (1989). *Μελέτη της εποικοδομητικής προσέγγισης στην πειραματική διδασκαλία του ηλεκτρισμού*, Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή, Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- 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.
- Lee, Y. J. (1998). The effect of cognitive conflict on students' conceptual change in Physics. Doctoral dissertation, Korea National University of Education.
- 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.
- 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.
- 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 (εκδ.), *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. (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.
- Shipstone, D.M. (1988). Students' understanding of simple electrical circuits. *Physics Education*. Vol.23 (2), pp.92-96.
- 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.
- Σκουμιάς, Μ. (2005). *Διδακτική επεξεργασία εμποδίων για την εννοιολογική περιοχή της θερμότητας*, Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Ανθρωπιστικών Σπουδών του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου, σελ. 941.
- Skoumios, M. & Hatzinikita, V. (2005). The role of cognitive conflict in science concept learning, *International Journal of Learning*, 12 (7), p. 185-194.
- Skoumios, M. & Hatzinikita, V. (2006). Research-based teaching about science at the upper primary school level, *International Journal of Learning*, 13 (5), p. 29-42.
- Σκουμιάς, Μ. & Χατζηνικήτα, Β. (2000). Μοντέλα μαθητών για θερμότητα, θερμοκρασία και θερμικά φαινόμενα, *Επιθεώρηση Φυσικής*, 31, σελ. 58-71.
- Σκουμιάς, 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.
- Σκουμιάς, Μ., & Χατζηνικήτα, Β. (2003). Επιπτώσεις παραγόντων του πλαισίου στις αντιλήψεις μαθητών για τη θερμότητα. Στο: Π. Κόκκοτας, Ι. Βλάχος, Π. Πήλιουρας & Α. Πλακίτση (επιμ.), *Πρακτικά 1ου πανελληνίου συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή και θέμα: Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στην κοινωνία της πληροφορίας* (σελ. 743-747). Αθήνα: Γρηγόρης.
- Σκουμιάς, 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 Χριστοδουλίδη.
- 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., & 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.
- 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.
- 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.
- 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.