



Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης

Μιχάλης Σκουμιός

Διδακτική των Φυσικών Επιστημών

Σημειώσεις

Ρόδος 2018

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Η ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΚΑΙ Η ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΙΚΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	4-8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΓΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ	9-12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Η ΠΡΑΚΤΙΚΟ-ΒΙΩΜΑΤΙΚΗ ΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ	13-17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΙΑ ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ	18-94
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΑΚΤΙΚΟ-ΒΙΩΜΑΤΙΚΗ ΓΝΩΣΗ ΣΤΗ ΣΧΟΛΙΚΗ ΓΝΩΣΗ: Η ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ	95-111
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΔΙΔΑΚΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ	112-123
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	124-137

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Η ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΚΑΙ Η ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΙΚΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

1.1. Η ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Οι αρχές του συμπεριφορισμού βρήκαν εφαρμογή στη διδασκαλία και τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών στη λεγόμενη παραδοσιακή προσέγγιση. Η γραμμική – μηχανιστική σχέση μεταξύ ερεθίσματος και αντίδρασης εκφράζεται ως σχέση διδασκαλίας και μάθησης. Στόχος είναι η επιλογή και εφαρμογή κατάλληλων διδακτικών μεθόδων (ερέθισμα) ώστε να οδηγηθούμε στα επιθυμητά αποτελέσματα (αντίδραση). Η παραδοσιακή προσέγγιση αναγνωρίζει σαν δομικά στοιχεία της διδακτικής πράξης τον εκπαιδευτικό, τη γνώση/διδακτικό αντικείμενο και τον μαθητή. Τα τρία αυτά στοιχεία δημιουργούν το διδακτικό τρίγωνο, με τον ρόλο του πρώτου να είναι πρωταρχικός και το ρόλο του τελευταίου εξαρτημένος (Σπύρτου, 2001). Η παραδοσιακή προσέγγιση αδιαφορεί για τις ιδέες, τα ενδιαφέροντα και τη νοητική λειτουργία του μαθητή, αφού ο τελευταίος θεωρείται ως «άγραφος πίνακας» (tabula rasa) στον οποίο ο εκπαιδευτικός θα «εγγράψει» τη γνώση. Η μάθηση είναι μια διαδικασία απομνημόνευσης και ανάκλησης γνώσεων και η διδασκαλία είναι μια διαδικασία μεταφοράς γνώσης (Barnes, 1976; Bloom, Englehart et al., 1956). Στόχος της διδασκαλίας είναι οι μαθητές να είναι σε θέση να αναπαράγουν όσα διδάχθηκαν. Αν οι μαθητές έχουν ήδη κάποιες ιδέες για τον φυσικό κόσμο, με τη βοήθεια της «μεθόδου της αντικατάστασης», θα τις αποβάλλουν και θα υιοθετήσουν το σωστό αντικειμενικό πρότυπο (Κόκκοτας 2005). Οι διδακτικές στρατηγικές που υιοθετεί ο εκπαιδευτικός κυρίως, είναι η διάλεξη (μονόλογος), οι ερωτήσεις και σε μερικές περιπτώσεις, το πείραμα επίδειξης (Ashiq, Azeem, Shakoor, 2011). Το πείραμα επίδειξης εκτελείται από τον εκπαιδευτικό και χρησιμοποιείται ώστε να προσελκύσει το ενδιαφέρον των μαθητών. Στοχεύει στην επαλήθευση της θεωρίας και στην ενίσχυση της θέσης του εκπαιδευτικού. Η κυρίαρχη διδακτική πρακτική που ακολουθείται είναι αυτή όπου οι μαθητές επιβεβαιώνουν επιστημονικές αρχές, εκτελώντας πειράματα που προτείνει ο εκπαιδευτικός. Σχετικά με την οργάνωση της τάξης, οι μαθητές εργάζονται συνήθως ατομικά. Η μετωπική διάταξη των θρανίων σε σχέση με την έδρα και τον πίνακα διευκολύνει αυτό τον τρόπο εργασίας των μαθητών και την ανάπτυξη ανταγωνιστικών διαμαθητικών σχέσεων. Στο πλαίσιο της παραδοσιακής προσέγγισης, ο εκπαιδευτικός είναι υπεύθυνος ώστε μέσα από δραστηριότητες επαναλαμβανόμενης εξάσκησης, να βελτιωθούν οι απομνημονευτικές δυνατότητες του μαθητή (Ράπτης, 2000). Επιπλέον, ακολουθώντας την συμπεριφοριστική αρχή της ενίσχυσης και απόσβεσης, απαραίτητο είναι να επιβραβεύει άμεσα τις σωστές απαντήσεις των μαθητών και να διορθώνει τις λανθασμένες, ώστε να μην επαναληφθούν, καθώς αυτές δυσχεραίνουν την πορεία της διδασκαλίας (Κολιάδης, 1996). Η αξιολόγηση που εφαρμόζεται είναι συνήθως η αθροιστική και έχει τη μορφή προφορικής εξέτασης ή γραπτών διαγωνισμάτων, ώστε να ελεγχθεί η ποσότητα των γνώσεων που έχουν αποκτηθεί, ενώ σπάνια αξιολογείται η ικανότητα του μαθητή για κριτική θεώρηση των πραγμάτων (Χαλκιά, 2008).

Ο εκπαιδευτικός βρίσκεται στην κορυφή του διδακτικού τριγώνου και προβάλλεται ως αυθεντία, αφού κατέχει την επιστημονική γνώση, η οποία είναι η μόνη αδιαμφισβήτητη αλήθεια και υπάρχει (Ματσαγγούρας, 1996). Μόνο αυτός αναλαμβάνει πρωτοβουλίες και θέτει τους στόχους του μαθήματος. Ο ρόλος του είναι διπλός αφού είναι υπεύθυνος για να μεταφέρει σωστά τη γνώση στους μαθητές –

ώστε η διδασκαλία να θεωρείται επιτυχής - αλλά και να επιβάλλει την τάξη ώστε να βοηθηθούν οι μαθητές στην αφομοίωση της ύλης. Γενικά, είναι υπεύθυνος να δημιουργεί τις συνθήκες ώστε να μπορέσει να μεταφέρει γνώσεις προς τους μαθητές. Τα εφόδια που είναι απαραίτητο να κατέχει είναι η άριστη γνώση της ύλης. Συμμετρικά αντίθετα από τον εκπαιδευτικό συναντάμε το μαθητή, ο οποίος κάθεται ήσυχος στο θρανίο του, ακούει προσεκτικά το μονόλογο του εκπαιδευτικού, αντιγράφει, θυμάται, παρατηρεί και εκτελεί τις ασκήσεις ή τα ερωτήματα που του θέτει ο εκπαιδευτικός. Παθητικά δέχεται τη γνώση και προσπαθεί να απομνημονεύσει όσο το δυνατόν περισσότερες έννοιες, κανόνες και αρχές που του μεταδόθηκαν από τον εκπαιδευτικό και το σχολικό εγχειρίδιο. Οι μαθητές οφείλουν να ακούν προσεχτικά τον εκπαιδευτικό ώστε να αποκτήσουν τις πληροφορίες που τους παρέχει. Το περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών, οργανώνεται γραμμικά, διασπάται σε ενότητες οι οποίες διδάσκονται αποσπασματικά και ανεξάρτητα η μία από την άλλη. Περιορίζεται σε πληροφοριακή, εγκυκλοπαιδικού τύπου γνώση και *αφορά κυρίως στην εκμάθηση ορισμών, όρων, μαθηματικών τύπων και κανόνων που συνήθως εύκολα ξεχνιούνται*. Το διδακτικό υλικό που χρησιμοποιείται σε κυρίαρχο βαθμό είναι το σχολικό εγχειρίδιο και τα φύλλα εργασίας. Κατά το σχεδιασμό του αναλυτικού προγράμματος, λαμβάνονται υπόψη μόνο οι επιστημονικές γνώσεις που θα μεταδοθούν στους μαθητές. Οι προς επίτευξη στόχοι του σχετίζονται αποκλειστικά με τις γνώσεις, αδιαφορώντας για την καλλιέργεια στάσεων και δεξιοτήτων.

Εργασία 1.1. Να συμπληρωθεί ο παρακάτω Πίνακας με βάση τις θέσεις της παραδοσιακής προσέγγισης για ζητήματα της διδακτικής διαδικασίας.

ΖΗΤΗΜΑΤΑ	ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ
Μάθηση	
Διδασκαλία	
Κύριος στόχος διδασκαλίας	
Αποτελεσματικές στρατηγικές, εργαλεία	
Οργάνωση τάξης	
Κυρίαρχη διδακτική πρακτική	
Διδακτική διαχείριση του λάθους	
Αξιολόγηση μαθητών	
Ρόλος εκπαιδευτικού	
Εκπαίδευση εκπαιδευτικού	
Ρόλος μαθητών στην τάξη	
Συγκρότηση Α.Π.	
Διδακτικό υλικό	

ΦΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

- Προετοιμασία ή προπαρασκευή
- Προσφορά ή παρουσίαση

- Σύγκριση
- Σύλληψη ή γενίκευση
- Εφαρμογή ή άσκηση
- Αξιολόγηση

1.2. Η ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

- Η γνώση ανακαλύπτεται από τον μαθητή
- 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.
- Ο εκπαιδευτικός έχει καθοδηγητικό ρόλο.

Η μάθηση, στην ανακαλυπτική προσέγγιση εκλαμβάνεται ως ανακάλυψη νέων γνώσεων, επινόηση νέων γνωστικών σχημάτων από την πλευρά του μαθητή. Η διδασκαλία είναι διαδικασία ανακάλυψης γνώσεων από τους μαθητές. Στόχος δεν είναι ο μαθητής να απομνημονεύσει όσο μεγαλύτερο όγκο πληροφοριών μπορεί, αλλά να μπορεί να εξηγήσει τα όσα ανακάλυψε μέσα από διαδικασίες πειραματισμού, ως μέλος μιας ομάδας. Διδακτικές στρατηγικές που ευνοούν την εφαρμογή της ανακαλυπτικής μεθόδου είναι το πείραμα, οι ερωτήσεις, η διερεύνηση και η συζήτηση. Ο μαθητής, οφείλει να ενεργήσει για να ανακαλύψει τη γνώση, να εμπλακεί, να αυτενεργήσει, να παρατηρήσει, να αλληλεπιδράσει με αντικείμενα και τα πρόσωπα. Η διδακτική πρακτική που κυριαρχεί είναι αυτή κατά την οποία οι μαθητές ανακαλύπτουν επιστημονικές αρχές ακολουθώντας στοιχεία της επιστημονικής μεθόδου. Οι μαθητές εργάζονται χωρισμένοι σε ομάδες. Συνήθως, κάθε μαθητής αναλαμβάνει την πραγματοποίηση συγκεκριμένου έργου. Η αξιολόγηση του μαθητή γίνεται κυρίως μέσω γραπτών ή προφορικών εξετάσεων και ενίοτε με παρατήρηση του τρόπου με τον οποίο εργάζεται. Αποβλέπει στην αποτίμηση των γνώσεων που ανακάλυψε αλλά και τις δεξιότητες που ανέπτυξε.

Ο εκπαιδευτικός συντονίζει τις ομάδες μαθητών, οργανώνει, καθοδηγεί, συμβουλεύει και εμψυχώνει. Παρέχει κατάλληλα εργαλεία και ερεθίσματα, ώστε να κατανοήσουν τα παιδιά τον φυσικό κόσμο που τους περιβάλλει. Δεν προσφέρει έτοιμη τη γνώση, αλλά σχεδιάζει καταστάσεις διερεύνησης. Ρόλος του είναι να δημιουργεί κατάλληλες συνθήκες και να δίνει ευκαιρίες για εξάσκηση, ώστε οι μαθητές, οργανωμένοι σε ομάδες να εμπλέκονται ενεργά στην πραγματοποίηση έρευνας ή πειραματισμού. Γι' αυτό κρίνεται απαραίτητο, εκτός από το περιεχόμενο να κατέχει και τις διδακτικές τεχνικές που θα καθοδηγήσουν τους μαθητές στην ανακάλυψη της γνώσης. Εξασφαλίζει την ύπαρξη θετικού κλίματος μέσα στην αίθουσα ή το εργαστήριο, όπου καθένας θα έχει την ευκαιρία να εργαστεί και να συζητήσει με τους υπολοίπους. Στο επίκεντρο της διδακτικής διαδικασίας είναι οι μαθητές και όχι ο δάσκαλος. Αυτοί έρχονται αντιμέτωποι με διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων, αλληλεπιδρούν με διάφορα εργαστηριακά υλικά και ενθαρρύνονται να ακολουθούν την επιστημονική μεθοδολογία. Ρόλος τους είναι να συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία ανακάλυψης της γνώσης. Το αναλυτικό πρόγραμμα, μαθητοκεντρικά προσανατολισμένο, έχει σπειροειδή μορφή. Η γνώση αποκτάται από πολύ μικρή ηλικία μέχρι και τις μεγαλύτερες τάξεις, αλλά το γνωστικό φορτίο και το βάθος στο οποίο εξετάζονται οι έννοιες κάθε φορά διαφέρει. Τα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό του είναι οι επιστημονικές γνώσεις και οι τεχνικές διδασκαλίας. Οι στόχοι που

τίθενται, εκτός από γνωστικοί, αναφέρονται ακόμη σε στάσεις και δεξιότητες. Εκτός από το σχολικό εγχειρίδιο και το φύλλο εργασίας, ο μαθητής έχει ακόμη στη διάθεσή του υλικά και εργαστηριακά όργανα. Με κύριο διδακτικό υλικό το φύλλο εργασίας, ο μαθητής διατυπώνει υποθέσεις, ακολουθεί οδηγίες, κάνει μετρήσεις, αναλύει τα δεδομένα και καταλήγει σε συμπεράσματα.

Εργασία 1.2. Να συμπληρωθεί ο παρακάτω Πίνακας με βάση τις θέσεις της ανακαλυπτικής προσέγγισης για ζητήματα της διδακτικής διαδικασίας.

ΖΗΤΗΜΑΤΑ	ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ
Μάθηση	
Διδασκαλία	
Κύριος στόχος διδασκαλίας	
Αποτελεσματικές στρατηγικές, εργαλεία	
Οργάνωση τάξης	
Κυρίαρχη διδακτική πρακτική	
Διδακτική διαχείριση του λάθους	
Αξιολόγηση μαθητών	
Ρόλος εκπαιδευτικού	
Εκπαίδευση εκπαιδευτικού	
Ρόλος μαθητών στην τάξη	
Συγκρότηση Α.Π.	
Διδακτικό υλικό	

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–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.

1.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΙΚΗΣ ΘΕΩΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Εργασία 1.3. Στον πίνακα που ακολουθεί έχουν συμπληρωθεί ορισμένες αρχές που διέπουν τον παραδοσιακό τρόπο αντιμετώπισης της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Να συμπληρωθεί κατάλληλα η στήλη που αφορά στον ανακαλυπτικό τρόπο αντιμετώπισης της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών.

Παραδοσιακή θεώρηση	Ανακαλυπτική θεώρηση
Η γνώση μεταδίδεται και απομνημονεύεται	
Η μάθηση είναι απομνημόνευση και ανάκληση γνώσεων	
Η διδασκαλία είναι διαδικασία μεταφοράς γνώσεων στους μαθητές	
Έμφαση δίνεται στο να μπορεί ο μαθητής να αναπαράγει τα όσα διδάχθηκε	
Ο εκπαιδευτικός οφείλει να δημιουργεί τις κατάλληλες συνθήκες ώστε να μπορέσει να μεταφέρει γνώσεις στους μαθητές	
Οι μαθητές οφείλουν να ακούν προσεχτικά τον εκπαιδευτικό ώστε να αποκτήσουν τις πληροφορίες που τους παρέχει	
Το αναλυτικό πρόγραμμα σχεδιάζεται με γνώμονα τις γνώσεις που πρέπει να μεταδοθούν	
Οι μαθητές επιβεβαιώνουν επιστημονικές αρχές ακολουθώντας μια συγκεκριμένη διαδικασία	
Οι μαθητές εργάζονται ατομικά	
Το μυαλό του παιδιού είναι «άγραφο χαρτί»	
Το μόνο που χρειάζεται ο εκπαιδευτικός είναι να κατέχει όσα θα διδάξει	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΓΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Εγγραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες (επιστημονικός εγγραμματισμός)

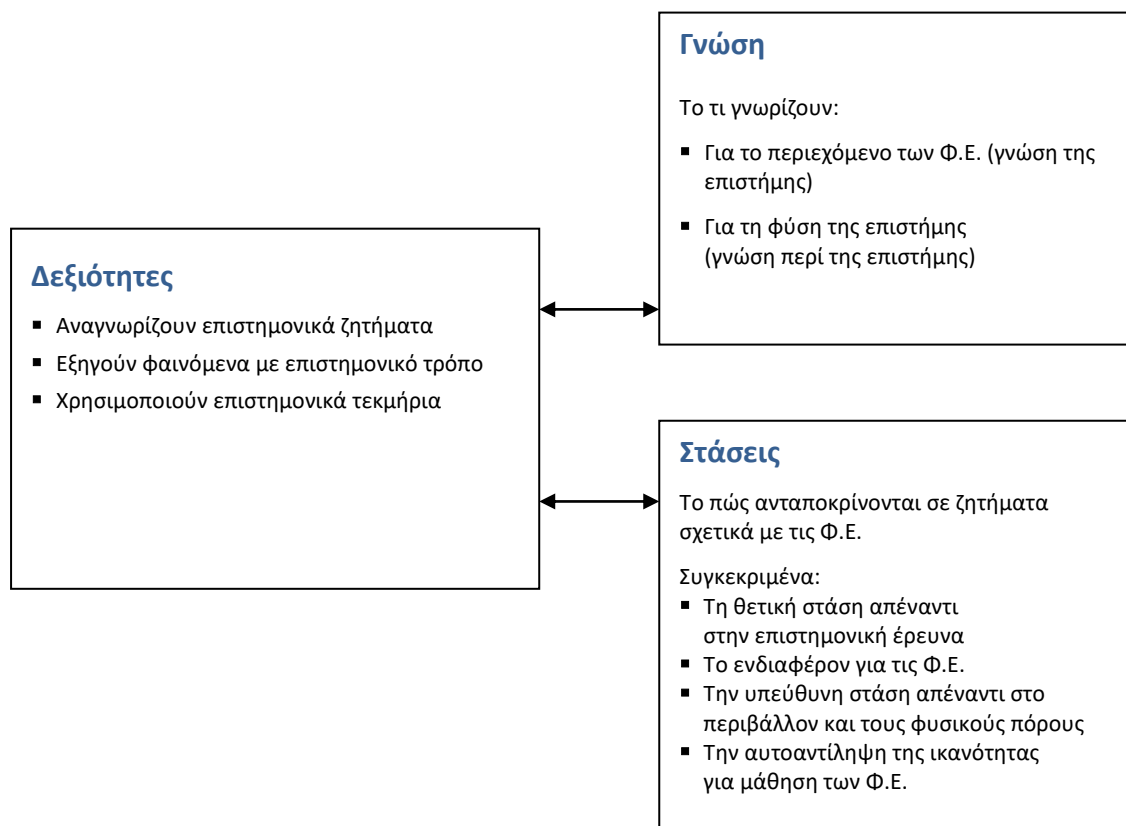
Στις σύγχρονες κοινωνίες οι Φυσικές Επιστήμες (στο εξής Φ.Ε.) και η τεχνολογία παίζουν όλο και πιο σημαντικό ρόλο, επομένως είναι αναγκαία η οικοδόμηση βασικών επιστημονικών γνώσεων και η ανάπτυξη ανάλογων ικανοτήτων και στάσεων οι οποίες θα επιτρέψουν στους μαθητές να αντιμετωπίζουν με αποτελεσματικότητα 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, 2010

Το πλαίσιο αξιολόγησης του εγγραμματισμού στις Φ.Ε.



Οι επιστημονικές ικανότητες

Αναγνώριση επιστημονικών ζητημάτων

- Αναγνώριση ερωτημάτων που μπορούν να εξεταστούν από τις Φ.Ε
- Επισήμανση των λέξεων κλειδιών για αναζήτηση πληροφοριών σε κάποιο επιστημονικό θέμα
- Αναγνώριση των βασικών χαρακτηριστικών μιας επιστημονικής ερευνητικής διαδικασίας.

Εξήγηση φαινομένων με επιστημονικό τρόπο

- Εφαρμογή της γνώσης των Φ.Ε. σε μια δεδομένη περίπτωση
- Περιγραφή, ερμηνεία και πρόβλεψη φαινομένων με επιστημονικό τρόπο
- Αναγνώριση των κατάλληλων περιγραφών, ερμηνειών και προβλέψεων

Χρήση επιστημονικών τεκμηρίων

- Ερμηνεία επιστημονικών τεκμηρίων και χρήση τους στην εξαγωγή και κοινοποίηση συμπερασμάτων
- Αναγνώριση των υποθέσεων, τεκμηρίων και συλλογισμών που οδηγούν σε συμπεράσματα
- Προβληματισμός σχετικά με τις επιδράσεις, σε κοινωνικό επίπεδο, των επιστημονικών και τεχνολογικών εξελίξεων

Πηγή: OECD, 2007α, Vol. 1 (σ. 37)

Η γνώση περί της επιστήμης

Επιστημονική έρευνα

- Έναυσμα (π.χ. περιέργεια, επιστημονικά ερωτήματα)
- Σκοπός (π.χ. παραγωγή τεκμηρίων που βοηθούν στην απάντηση επιστημονικών ερωτημάτων, όπως ιδέες, μοντέλα και θεωρίες που καθοδηγούν την έρευνα)
- Πειράματα (π.χ. επιλογή του τύπου της διερευνητικής διαδικασίας σε συνάρτηση με τη φύση του ερωτήματος, σχεδιασμός)
- Τύποι δεδομένων (π.χ. ποσοτικά δεδομένα [μετρήσεις] και ποιοτικά δεδομένα [παρατηρήσεις])
- Χαρακτηριστικά των μετρήσεων (π.χ. εγγενής αβεβαιότητα, δυνατότητα επανάληψης, αποκλίσεις, ακρίβεια των συσκευών και των διαδικασιών)
- Χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων (εμπειρικός και προσωρινός χαρακτήρας, δυνατότητα ελέγχου και διάψευσης)

Επιστημονικές εξηγήσεις

- Τύποι εξηγήσεων (π.χ. υπόθεση, θεωρία, μοντέλο, επιστημονικός νόμος)
- Προέλευση (π.χ. προϋπάρχουσα γνώση και νέα τεκμήρια, δημιουργικότητα και φαντασία, λογική σκέψη)
- Κανόνες (π.χ. λογική συνέπεια, στήριξη σε τεκμήρια, στήριξη σε γνώσεις, ιστορικές και σύγχρονες)
- Αποτελέσματα (π.χ. νέα γνώση, νέες μέθοδοι, νέες τεχνολογίες, νέα ερωτήματα και έρευνες)

Πηγή: OECD, 2007a, Vol. 1 (σ. 39)

Στάσεις απέναντι στις Φ.Ε

Η υποστήριξη της επιστημονικής έρευνας

Οι μαθητές που υποστηρίζουν την επιστημονική έρευνα:

- Αναγνωρίζουν τη σημασία που έχει η συνεκτίμηση διαφορετικών επιστημονικών θεωρήσεων και επιχειρημάτων
- Υποστηρίζουν τη χρήση τεκμηριωμένων πληροφοριών και ορθολογικών εξηγήσεων
- Αναγνωρίζουν την ανάγκη για λογικές και προσεκτικές διαδικασίες στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

Το ενδιαφέρον για τις Φ.Ε

Οι μαθητές που ενδιαφέρονται για τις Φ.Ε:

- Εκδηλώνουν περιέργεια για θέματα που σχετίζονται με τις Φ.Ε
- Δείχνουν προθυμία για απόκτηση νέων γνώσεων και ικανοτήτων στις Φ.Ε χρησιμοποιώντας διάφορες πηγές και μεθόδους
- Δείχνουν προθυμία για αναζήτηση πληροφοριών, ενδιαφέρονται συστηματικά για τις Φ.Ε και μάλιστα σκέφτονται το ενδεχόμενο να ακολουθήσουν στο μέλλον ένα επάγγελμα στον χώρο των Φ.Ε.

Η υπευθυνότητα απέναντι στο περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους

Οι μαθητές που έχουν υπεύθυνη στάση απέναντι στο περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους:

- Συναισθάνονται την προσωπική τους ευθύνη για τη διατήρηση ενός βιώσιμου περιβάλλοντος
- Έχουν επίγνωση των επιπτώσεων που έχουν οι πράξεις των ατόμων στο περιβάλλον
- Είναι πρόθυμοι να αναλάβουν δράση για τη διατήρηση των φυσικών πόρων

Η αυτοαντίληψη της ικανότητας για μάθηση των Φ.Ε.

Οι μαθητές που έχουν εμπιστοσύνη στις ικανότητές τους για μάθηση των Φ.Ε πιστεύουν ότι είναι σε θέση να:

- Χειρίζονται αποτελεσματικά κάποια ζητήματα Φ.Ε.
- Ξεπερνούν δυσκολίες προκειμένου να λύσουν προβλήματα Φ.Ε.
- Αποδίδουν καλά στις Φ.Ε

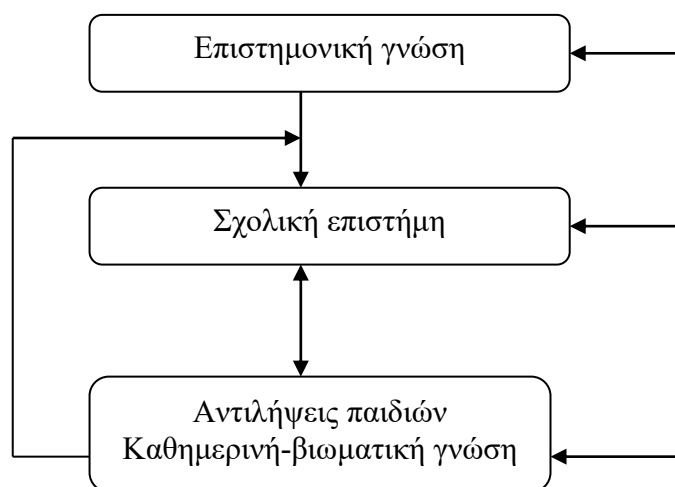
Πηγή: OECD, 2007a, Vol. 1 (σ. 39)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Η ΠΡΑΚΤΙΚΟ-ΒΙΩΜΑΤΙΚΗ ΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

3.1. 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 (σχολική επιστήμη) 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

3.2. Αντιλήψεις μαθητών: συμπεράσματα από έρευνες

Τα παιδιά αναπτυσσόμενα στο φυσικό και κοινωνικό τους περιβάλλον, προσέρχονται στην εκπαιδευτική διαδικασία με μια σειρά διαμορφωμένων ιδεών για τον κόσμο που τα περιβάλλει.

Οι ιδέες αυτές αποτελούν ένα σύνολο γνώσεων που προέρχονται από πολυσύνθετες άτυπες διαδικασίες μάθησης μέσα στην οικογένεια, στον κύκλο των συνομηλίκων ή αντλούνται από τα σύγχρονα μέσα ενημέρωσης και οι οποίες συγκροτούν με τη σειρά τους επεξηγηματικά πλαίσια τα οποία τις περισσότερες φορές δεν είναι συμβατά με αυτά των ειδικών.

Πρόκειται για δίκτυα σημασιών με σταθερούς κανόνες λειτουργίας και ισχυρά ερμηνευτικά συστήματα με βάση τα οποία «μεταφράζονται» οι εμπειρίες και αφομοιώνονται οι προσλαμβανόμενες πληροφορίες.

Στη διεθνή βιβλιογραφία οι πρώτες αυτές ιδέες αναφέρονται ως αντιλήψεις (conceptions), αυθόρμητες ή πρώτες ιδέες και αναπαραστάσεις, αν το βάρος δίνεται στον κοινωνικό χαρακτήρα της γνώσης, ως προαντιλήψεις ή προϊδεάσεις (preconceptions), a priori ιδέες και αρχικές αντιλήψεις, όταν επισημαίνεται η χρονική στιγμή κατά την οποία μελετώνται οι αντιλήψεις των παιδιών, ως λάθος αντιλήψεις ή παρανοήσεις (misconceptions) και εναλλακτικές αντιλήψεις, αν η προσοχή εστιάζεται στον εσφαλμένο χαρακτήρα του περιεχομένου τους.

«Οι αντιλήψεις είναι ο πρωταρχικός δεσμός που μπορεί να έχει το παιδί με τη νέα γνώση, είναι το προσωπικό μοντέλο για του οποίου την εξέλιξη πρέπει να φροντίσουμε. Δεν μπορούμε να τις αγνοήσουμε για έναν απλό λόγο: αν αγνοήσουμε τις αντιλήψεις αυτές δεν εξαφανίζονται, απλώς απωθούνται».

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.

3.3. Σημασία της καταγραφής των αντιλήψεων των μαθητών:

- Σχεδιασμός διδακτικών εργαλείων και διδακτικού υλικού
- Προσδιορισμός εννοιών για διδασκαλία και μαθησιακών έργων
- Αποσαφήνιση γνωστικών στόχων
- Σχεδίαση Αναλυτικών Προγραμμάτων
- Εκπαίδευση και επιμόρφωση εκπαιδευτικών

3.4. 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.

(α) 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. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η περίπτωση κατά την οποία ένας μαθητής θεωρεί ότι η ζάχαρη εξαφανίζεται όταν διαλύεται στο νερό (Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001).

(β) 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 υπόλοιπο περιβάλλον (Skoumios & Hatzinikita, 2005).

(γ) 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 (Σκουμιάς & Χατζηνικήτα, 2003).

(δ) 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 σε πολύ μεγάλο βαθμό την έννοια της θερμοκρασίας με την έννοια της θερμότητας (Σκουμιάς και Χατζηνικήτα, 2000).

(ε) 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, ο μαθητής θεωρεί ότι επειδή ένα σώμα είναι θερμό αυτό εκπέμπει θερμότητα, ενώ η Φυσική αναφέρει ότι επειδή υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δύο σωμάτων διαδίδεται θερμότητα από το ένα σώμα στο άλλο (Σκουμιάς και Χατζηνικήτα, 2000).

(στ) 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. Για παράδειγμα, αναφέρεται έρευνα στην οποία το ποσοστό του ερωτούμενου πληθυσμού που απάντησε θετικά στην πρόταση: «Ο Ήλιος περιστρέφεται γύρω από τη Γη», ήταν πάνω από 30% (Giordan & Veechi, 1990).

Εργασία 3.1. Παρακάτω παρουσιάζονται τρεις αντιλήψεις μαθητών για την εννοιολογική περιοχή της Θερμότητας, όπως έχουν προκύψει από τη σχετική ερευνητική βιβλιογραφία. Να συσχετίσετε τις αντιλήψεις αυτές με τα γενικά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των μαθητών.

1. Η θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον, εξαρτάται από το μέγεθός του.
2. Η θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον, εξαρτάται από τη σύστασή του.
3. Ένα θερμό σώμα έχει την ιδιότητα να εκπέμπει θερμότητα επειδή είναι θερμό και κάθε ψυχρό σώμα έχει παρόμοια την ιδιότητα να εκπέμπει ψύχος επειδή είναι ψυχρό.

Να αιτιολογήσετε τις συσχετίσεις που εντοπίσατε.

3.5. 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 αντανakλάται 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.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΙΑ ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

4.1. Μάζα, Όγκος και Πυκνότητα

Έννοιες

Ο όγκος (V) δείχνει πόσο χώρο καταλαμβάνει ένα σώμα. Ο όγκος ενός σώματος μετράται σε κυβικά μέτρα (m^3). Υποδιαιρέσεις του κυβικού μέτρου είναι το κυβικό δεκατόμετρο (dm^3) και το κυβικό εκατοστόμετρο (cm^3). Για τη μέτρηση του όγκου των υγρών χρησιμοποιείται το λίτρο (l) και το χιλιοστόλιτρο (ml). Ισχύει: $1m^3=1000 dm^3=1000 l=1000000 cm^3=1000000 ml$.

Ο όγκος ενός κανονικού στερεού σώματος υπολογίζεται με τη βοήθεια μαθηματικών τύπων. Για να μετρήσουμε τον όγκο ενός μη κανονικού στερεού σώματος χρησιμοποιούμε τον ογκομετρικό κύλινδρο

Μάζα (m) είναι η ποσότητα της ύλης που περιέχει ένα σώμα. Η μάζα μετράται σε χιλιόγραμμα (κιλά) (Kg) ή γραμμάρια (g). Ισχύει: $1 Kg = 1000 g$.

Για να μετρήσουμε τη μάζα ενός σώματος χρησιμοποιούμε το ζυγό (ζυγαριά).

Πυκνότητα ονομάζεται η μάζα που έχει μια μονάδα όγκου του σώματος. Η πυκνότητα δείχνει το πόσο πυκνή είναι η ύλη σε ένα σώμα, πόση μάζα «συμπιέζεται» σε ορισμένο χώρο. Για να υπολογίσουμε τη πυκνότητα ενός σώματος διαιρούμε τη μάζα με τον όγκο του σώματος ($\rho=m/V$).

Αντιλήψεις

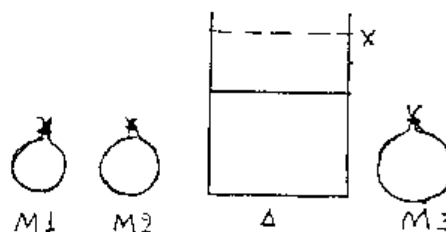
Οι κυριότερες αντιλήψεις των μαθητών που αναφέρονται στην βιβλιογραφία και σχετίζονται με τη μάζα τον όγκο και την πυκνότητα θα μπορούσαν να συνοψιστούν στις ακόλουθες:

- Ο όγκος συγχέεται με το μέγεθος ή την ποσότητα. Κάποια αντικείμενα δεν έχουν όγκο. Όταν αλλάζει το σχήμα αλλάζει και ο όγκος (Hewson & Hewson 1983).
- Ο όγκος είναι σχήμα που έχει ένα αντικείμενο. Ο όγκος ενός σώματος σχετίζεται με τη σύστασή του (Potari & Spiliotopoulou 1996).
- Η μάζα συγχέεται με τον όγκο (Gennaro 1981).
- Αντικείμενα με μεγάλο όγκο έχουν μεγάλη μάζα και αντίστροφα (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).

Ερωτήσεις²

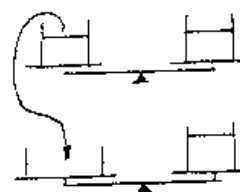
Ερώτηση 1

Γεμίζω μέχρι πάνω δύο μπαλόνια (M1) και (M2) με ένα υγρό χωρίς να μείνει αέρας, τα δένω και τα βυθίζω, ολόκληρα, μέσα στο δοχείο (Δ) που περιέχει υγρό ως ορισμένο ύψος. Τότε η στάθμη του υγρού στο δοχείο (Δ) ανεβαίνει μέχρι τη θέση X, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Βγάζω τα μπαλόνια (M1) και (M2), προσέχοντας να μη χυθεί καθόλου υγρό, και τα αδειάζω σε ένα τρίτο μπαλόνι (M3), που το βυθίζω και αυτό στο δοχείο (Δ). Η στάθμη του υγρού στο δοχείο (Δ) θ' ανέβει: α) περισσότερο β) το ίδιο γ) λιγότερο απ' ό,τι είχε ανεβεί στην πρώτη περίπτωση, που είχα βυθίσει τα δύο μπαλόνια μαζί (στάθμη X); Δικαιολογείστε την απάντησή σας.



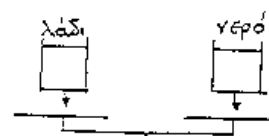
Ερώτηση 2

Τα δοχεία στους δύο δίσκους του ζυγού, που ισορροπεί, είναι απολύτως όμοια και περιέχουν την ίδια ποσότητα υγρού. Ρίχνουμε το υγρό του ενός δοχείου σε άλλο φαρδύτερο, αλλά με το ίδιο απόβαρο, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Ο ζυγός α) θα στραφεί δεξιά β) θα ισορροπήσει γ) θα στραφεί αριστερά; Δικαιολογείστε την απάντησή σας.



Ερώτηση 3

Τα δύο δοχεία είναι απολύτως όμοια και περιέχουν το αριστερό λάδι και το δεξιό νερό, μέχρι το ίδιο ύψος. Αν τα αφήσουμε στους δύο δίσκους του ζυγού αυτού α) θα στραφεί δεξιά β) θα ισορροπήσει γ) θα στραφεί αριστερά; Δικαιολογείστε την απάντησή σας.



² Οι ερωτήσεις 1, 2 και 3 προέρχονται από το άρθρο: ΦΑΣΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, Γ., ΚΑΡΙΩΤΟΓΛΟΥ, Π., ΚΟΥΜΑΡΑΣ, Π., ΨΥΛΛΟΣ, Δ., 1997, Δυσκολίες των μαθητών στην κατανόηση της πυκνότητας. Παιδαγωγική Επιθεώρηση, 25, σελ. 161 - 176

Ερώτηση 4

Αν κόψεις το κομμάτι της πλαστελίνης σε δυο ίσα κομμάτια, τότε καθένα από τα κομμάτια που θα προκύψουν θα έχει (γράψε δίπλα σε κάθε πρόταση τη λέξη ΣΥΜΦΩΝΩ ή τη λέξη ΔΙΑΦΩΝΩ):

α. Μάζα μικρότερη από τη μάζα του αρχικού κομματιού.

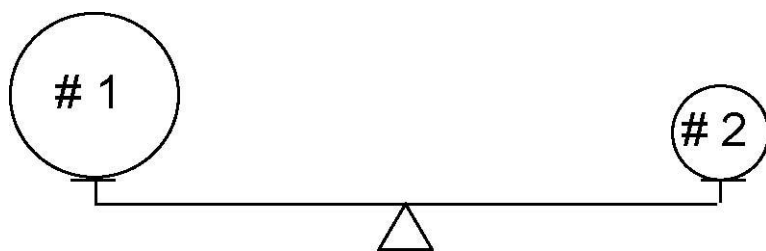
β. Όγκο μικρότερο από τον όγκο του αρχικού κομματιού.

γ. Πυκνότητα μικρότερη από την πυκνότητα του αρχικού κομματιού.

Αιτιολόγησε τις απαντήσεις σου.

Ερώτηση 5

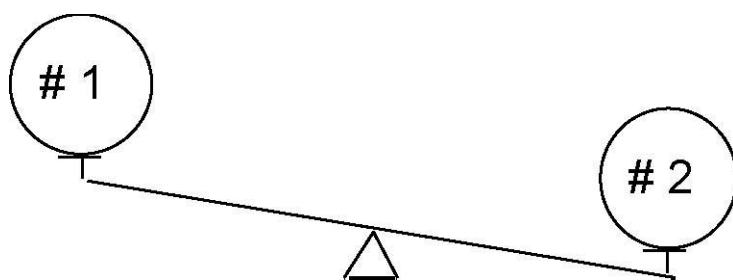
Δύο μπάλες η μια μεγαλύτερη από την άλλη βρίσκονται στα άκρα ενός ζυγού όπως φαίνεται στο σχήμα.



Ποια μπάλα έχει μεγαλύτερη πυκνότητα; Γιατί;

Ερώτηση 6

Δύο μπάλες ίδιου μεγέθους βρίσκονται στα άκρα ενός ζυγού όπως φαίνεται στο σχήμα.



Ποια μπάλα έχει μεγαλύτερη πυκνότητα; Γιατί;

Ερώτηση 7

Ένα μπαλόνι με αέρα μεταφέρεται από ένα ζεστό δωμάτιο έξω στην αυλή ενός σπιτιού μια κρύα ημέρα, οπότε συστέλλεται.

(α) Ο αέρας που είναι μέσα στο μπαλόνι μετά τη συστολή έχει μικρότερο όγκο; Γιατί;

(β) Ο αέρας που είναι μέσα στο μπαλόνι μετά τη συστολή έχει μικρότερη μάζα; Γιατί;

(γ) Ο αέρας που είναι μέσα στο μπαλόνι μετά τη συστολή έχει μικρότερη πυκνότητα; Γιατί;

4.2. Βάρος – Πτώση σωμάτων

Βάρος ενός σώματος είναι η δύναμη με την οποία το έλκει η Γη.

Το βάρος μετράται σε Newton (N).

Δυναμόμετρο είναι το όργανο με το οποίο μετράμε το βάρος και γενικά τις δυνάμεις.

Όταν ζυγίζουμε ζάχαρη ή κρέας, μας ενδιαφέρει η ποσότητα της ύλης (δηλ. η μάζα).

Όταν απαγορεύουμε από μια γέφυρα τη διέλευση βαρέων οχημάτων, μας ενδιαφέρει η δύναμη με την οποία τα έλκει η Γη (δηλ. το βάρος). Επειδή όσο μεγαλύτερο είναι το βάρος ενός σώματος τόσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του, στη καθημερινή ζωή τα θεωρούμε περίπου το ίδιο πράγμα και χρησιμοποιούμε τις ίδιες μονάδες.

Όμως, η μάζα ενός σώματος είναι ίδια σε όποιο σημείο του σύμπαντος και αν βρεθεί το σώμα, ενώ το βάρος του μεταβάλλεται.

Το βάρος ενός σώματος εξαρτάται από τη θέση στην οποία βρίσκεται το σώμα. Έχει διαφορετική τιμή αν τοποθετηθεί στους πόλους ή τον ισημερινό, στην επιφάνεια της θάλασσας ή στην κορυφή ενός βουνού, στην επιφάνεια της γης ή της σελήνης.

Αντιλήψεις

Οι πιο συνηθισμένες αντιλήψεις των μαθητών για το βάρος είναι οι ακόλουθες (Piaget, 1974; Minstrell, 1982; Watt, 1982):

- Το βάρος είναι ίδιο με τη μάζα
- Το βάρος καθορίζεται από τη μέθοδο μέτρησης.
- Το βάρος ενός αντικειμένου αυξάνεται ανάλογα με την απόσταση από το έδαφος.
- Το βάρος εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο τα αντικείμενα τοποθετούνται στη ζυγαριά.
- Το βάρος αυξάνεται εάν το αντικείμενο συμπιέζεται ενώ μειώνεται εάν αποσυμπιέζεται.
- Δεν υπάρχει βάρος όταν δεν υπάρχει αέρας
- Ο χρόνος πτώσης ενός σώματος εξαρτάται από το βάρος του.

4.3. Δύναμη και κίνηση

Έννοιες και αρχές

Δύναμη

Δύναμη είναι η αιτία που προκαλεί μεταβολή της κινητικής κατάστασης των σωμάτων ή που προκαλεί παραμόρφωση στα σώματα.

Η μονάδα μέτρησης του μέτρου της δύναμης στο S.I. είναι το newton και συμβολίζεται με N.

Ο ορισμός του newton είναι ο εξής: $1\text{N} = 1\text{Kg}\cdot\text{m/s}^2$ «Ένα newton είναι η δύναμη που δίνει επιτάχυνση ένα μέτρο ανά δευτερόλεπτο στο τετράγωνο σε ένα σώμα ενός χιλιόγραμμου».

Όργανο μέτρησης είναι το δυναμόμετρο.

Πρώτος Νόμος του Νεύτωνα

Κάθε σώμα παραμένει στην κατάσταση ηρεμίας ή κάποιας ευθύγραμμης ομαλής κίνησης (σταθερή ταχύτητα) αν δεν του ασκούνται καθόλου δυνάμεις ή του ασκούνται δυνάμεις με συνισταμένη μηδέν.

Η ιδιότητα των σωμάτων να διατηρούν την ταχύτητα τους και να αντιδρούν σε κάθε μεταβολή της, καλείται αδράνεια.

Έτσι, ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα ονομάζεται επίσης και νόμος της αδράνειας.

Με άλλα λόγια: κάθε αντικείμενο διατηρεί την κίνησή του (δηλ. ή παραμένει ακίνητο ή συνεχίζει να κινείται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα) εφόσον δεν ασκείται πάνω του κάποια δύναμη.

Δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα

Η συνισταμένη των δυνάμεων που δρουν σε ένα σώμα είναι ίση με το γινόμενο της μάζας του σώματος επί την επιτάχυνση που αποκτά το σώμα.

$$\vec{\Sigma F} = m \vec{a}$$

Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα

Όταν δύο σώματα A και B αλληλεπιδρούν και το σώμα A ασκεί δύναμη στο B, τότε και το σώμα B ασκεί δύναμη στο A ίσου μέτρου και αντίθετης κατεύθυνσης (δράση-αντίδραση).

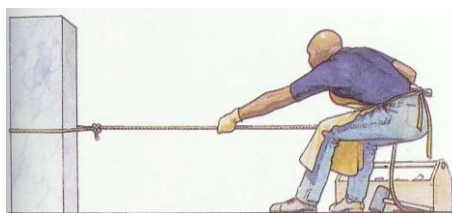
Αντιλήψεις

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):

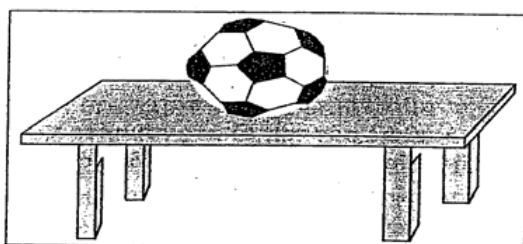
- Κάθε κίνηση είναι αποτέλεσμα της δράσης μιας δύναμης κατά τη διεύθυνσή της,
- Η δύναμη που δρα σε ένα σώμα είναι ανάλογη με την ταχύτητα που προσδίδει σε αυτό,
- Αν ένα σώμα δεν κινείται δε δρα δύναμη πάνω του,
- Η κίνηση γίνεται στη διεύθυνση της εφαρμοζόμενης δύναμης.
- Οι δυνάμεις δράση και αντίδραση εφαρμόζονται στο ίδιο σώμα.
- Μεταξύ δυο σωμάτων που αλληλεπιδρούν, το σώμα με τη μεγαλύτερη μάζα ασκεί μεγαλύτερη δύναμη από αυτό με τη μικρότερη μάζα.

Ερωτήσεις³

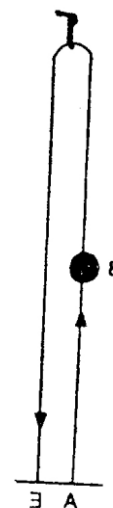
1. Λιθοξόος μετακινεί μαρμάρινο κυβόλιθο πάνω στο έδαφος τραβώντας τον με ένα σκοινί. Ο κυβόλιθος μπορεί να είναι ή να μην είναι σε ισορροπία. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις ανάμεσα στον άνθρωπο, το σκοινί και τον κυβόλιθο. Ποια τα ζεύγη δράσης-αντίδρασης;



2. Πάνω σε ένα τραπέζι υπάρχει μια μπάλα που στέκεται ακίνητη. Νομίζεις ότι στη μπάλα ασκείται μια ή περισσότερες από μια δυνάμεις; Να σχεδιάσεις τη δύναμη ή τις δυνάμεις που νομίζεις ότι ασκούνται στη μπάλα. Να γράψεις και την προέλευσή τους.



3. Ένας άνθρωπος πέταξε προς τα πάνω μια πέτρα και παρακολουθεί την κίνησή της. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η πορεία της πέτρας. Η πέτρα φεύγει από το χέρι του ανθρώπου περνά από το σημείο Β, φθάνει στο υψηλότερο σημείο Γ και πέφτει στο σημείο Ε. Να σχεδιάσεις τις δυνάμεις που ασκούνται στην πέτρα στη θέση Β. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.



4. Στην εικόνα φαίνεται ένας άνθρωπος που σπρώχνει ένα αυτοκίνητο που χάλασε η μηχανή του. Ο δρόμος που κινείται το αυτοκίνητο είναι ευθύς και οριζόντιος και τα φρένα είναι «λυμένα». Το αυτοκίνητο κινείται με το σπρώξιμο του ανθρώπου.

Η δύναμη (δράση εδώ) του οδηγού που σπρώχνει το αυτοκίνητο του είναι ίση

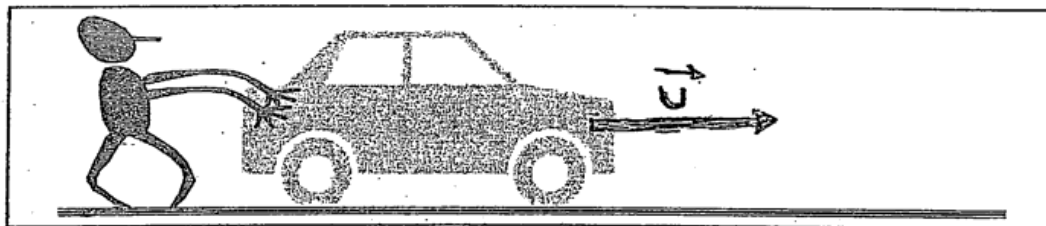
³ Οι ερωτήσεις 2 έως 13 προέρχονται από την εργασία: Σκοπέτος Δ. (2007). Μελέτη των ιδεών των παιδιών για τις Δυνάμεις- Εποικοδομητική προσέγγιση των Δυνάμεων στο Γυμνάσιο. Διπλωματική εργασία, ΕΑΠ.

Οι ερωτήσεις 14 έως 15 προέρχονται από την εργασία: Τουλάτου Μ. (2006) Η δύναμη της καθημερινής πρακτικο-βιωματικής εμπειρίας. Διπλωματική εργασία, ΕΑΠ.

Η ερώτηση 16 προέρχεται από την εργασία: Στύλος Γ., Ευαγγελάκης Γ, Κώτσης Κ (2007) Αντιλήψεις πρωτοετών φοιτητών επτά τμημάτων του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σχετικά με έννοιες της Νευτώνειας Μηχανικής. Πρακτικά Ε Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και ΝΤ στην εκπαίδευση. Ιωάννινα σ. 528-537.

Οι ερωτήσεις 17 και 18 προέρχονται από την εργασία: Αναγνωστόπουλος Α. (2006). Διδασκαλία τρίτου νόμου του Νεύτωνα με χρήση του προγράμματος σύγχρονης τηλεκπαίδευσης CENTRA. Διπλωματική εργασία, Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

με την αντίδραση του αυτοκινήτου πάνω στον οδηγό; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.



5. Ένας παίκτης με το μπαστούνι του γκολφ κτυπάει μια μπάλα του γκολφ, η οποία κινείται στον αέρα. Ένας συμμαθητής σας υποστηρίζει ότι τρεις δυνάμεις ασκούνται στην μπάλα:

A: Η δύναμη της βαρύτητας

B: Η δύναμη του κτυπήματος

Γ: Η δύναμη της αντιστάσεως του αέρα

Να κυκλώσετε το σωστό:

i) Μόνον την A

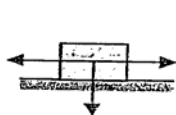
ii) Μόνον τις A και B

iii) Μόνον τις A και Γ

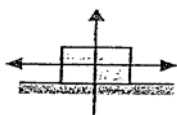
iv) Μόνο τις A, B και Γ

v) Μόνον τις B και Γ

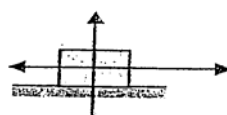
6. Ένα αυτοκίνητο κινείται σε ευθεία προς τα δεξιά με σταθερή ταχύτητα. Ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα δείχνει σωστά τις δυνάμεις που ασκούνται στο αυτοκίνητο; (Βάλτε σε κύκλο τα γράμματα με τη σωστή απάντηση).



α



β

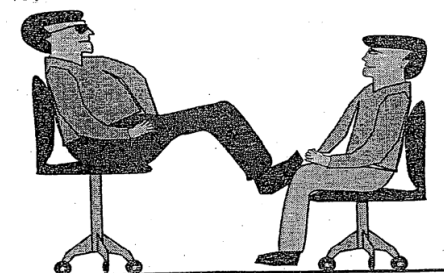


γ



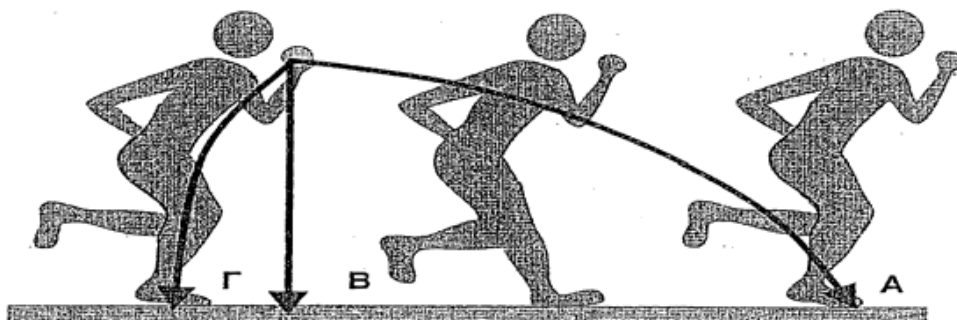
δ

7. Με βάση το παρακάτω σχήμα, έχουμε έναν γίγαντα και ένα παιδί που αλληλεπιδρούν και βρίσκονται σε ηρεμία. Ποιος από τους δυο ανθρώπους ασκεί στον άλλο τη μεγαλύτερη δύναμη; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

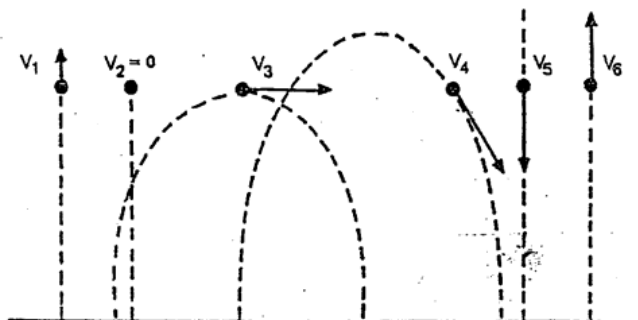


8. Ένας άνθρωπος τρέχει κρατώντας μια μπάλα στο ύψος του ώμου του (βλ. σχήμα). Καθώς τρέχει αφήνει την μπάλα να πέσει. Ποια τροχιά θα ακολουθήσει η μπάλα που αφήνει ο δρομέας;

- A. κίνηση κατά την αρχική διεύθυνση με ταυτόχρονη πτώση (παραβολική)
- B. Κατακόρυφη σε σχέση με το σημείο όπου αφέθηκε
- Γ. Προς τα πίσω από το σημείο όπου αφέθηκε



9. Έξι όμοιες μπάλες πετιούνται στον αέρα από έναν ταχυδακτυλουργό. Στο παρακάτω σχήμα όλες οι μπάλες βρίσκονται στο ίδιο ύψος. Σχεδιάστε τη δύναμη που ασκείται σε κάθε μια μπάλα

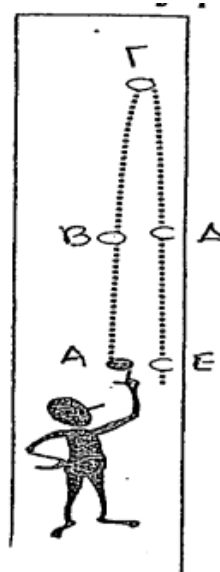


10. Ένας άνθρωπος πέταξε προς τα πάνω μια πέτρα και παρακολουθεί την κίνησή της. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η πορεία της πέτρας.

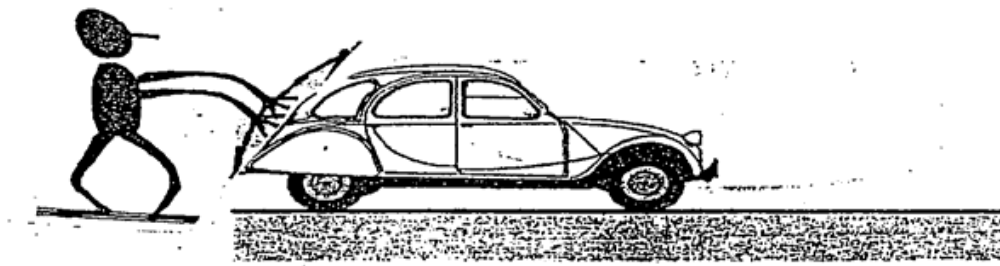
Να σχεδιάσεις τις δυνάμεις που ασκούνται στην πέτρα στις εξής θέσεις:

- α) Στη θέση A, μόλις η πέτρα έχει φύγει από το χέρι του ανθρώπου;
- β) Στη θέση B, στα μισά του ύψους που αναβαίνει τελικά η πέτρα,
- γ) Στη θέση Γ, στο ψηλότερο σημείο,
- δ) Στη θέση Δ, στα μισά του ύψους καθώς πέφτει,
- ε) Στη θέση E, όταν η πέτρα φτάνει στο ύψος που ξεκίνησε την κίνησή της.

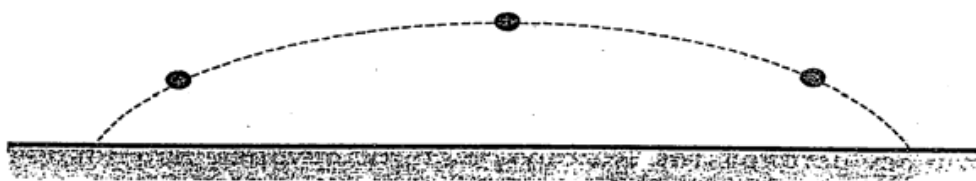
Να εξηγήσεις τα σχέδια σου.



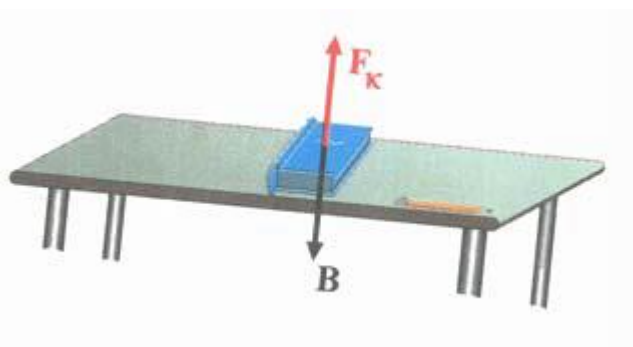
11. Στην εικόνα φαίνεται ένας άνθρωπος να προσπαθεί να κινήσει το αυτοκίνητο του, αλλά το αυτοκίνητο δεν κινείται. Η μηχανή του αυτοκινήτου δεν δουλεύει. Ασκείται δύναμη στο αυτοκίνητο;



12. Το παρακάτω σχήμα δείχνει την τροχιά μιας μπάλας του γκολφ. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στη μπάλα σε τρεις διαφορετικές θέσεις: Κατά την άνοδο, στην κορυφή της διαδρομής και κατά την κάθοδο. (Η αντίσταση του αέρα αμελητέα).

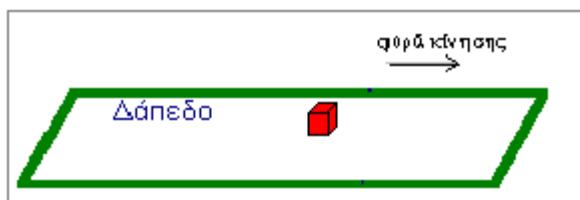


13. Στην εικόνα, το βιβλίο βρίσκεται σε ηρεμία πάνω στο τραπέζι. Το βάρος του βιβλίου (B) εξισορροπείται από την κάθετη αντίδραση (F_k) που του ασκεί το τραπέζι. Οι δυνάμεις αυτές έχουν ίσα μέτρα και αντίθετες κατευθύνσεις. Αποτελούν ζεύγος δράση- αντίδραση; Αν όχι να καθορίσετε τα σωστά ζεύγη δράση- αντίδραση.

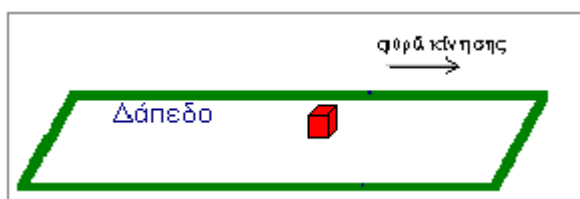


14. Ένας κύβος κινείται με σταθερή ταχύτητα σε οριζόντιο δάπεδο.

a. Αν δεν υπάρχουν τριβές, σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στον κύβο.



b. Αν υπάρχουν τριβές, σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στον κύβο.



15. Όταν τοποθετήσουμε πάνω σε ένα τραπέζι ένα σιδερένιο σφαιρίδιο, κοντά σε ένα μεγάλο μαγνήτη, το σφαιρίδιο κινείται προς το μαγνήτη και όχι αντίστροφα. Αυτό συμβαίνει γιατί:

a. Ο μαγνήτης ασκεί δύναμη και όχι το σφαιρίδιο.

b. Το κάθε σώμα ασκεί δύναμη στο άλλο αλλά η δύναμη που δέχεται το σφαιρίδιο είναι μεγαλύτερη.

c. Το κάθε σώμα ασκεί στο άλλο δύναμη ίσης τιμής, αλλά ο μαγνήτης έχει μεγάλη μάζα και η δύναμη αυτή δεν μπορεί να τον κινήσει.

16. «Τη στιγμή που ο εργάτης αρχίζει να ασκεί σταθερή οριζόντια δύναμη στο ακίνητο και άδειο αρχικά καρότσι, αρχίζει να πέφτει κατακόρυφα μέσα σε αυτό το νερό της βροχής. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή για την κίνηση του καροτσιού μέχρι αυτό να γεμίσει με νερό, αν οι τριβές θεωρηθούν αμελητέες;».



17. Ένα μικρό και ένα μεγάλο αυτοκίνητο κινούνται στην ίδια ευθεία και συγκρούονται όπως φαίνεται στην εικόνα παρακάτω. Κάθε στιγμή κατά την διάρκεια της σύγκρουσης:



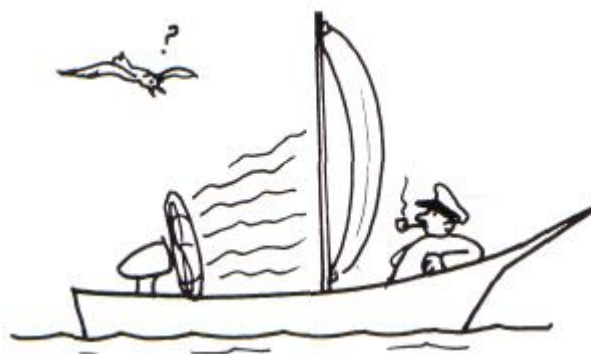
A) Στο μεγάλο αυτοκίνητο ασκείται μεγαλύτερη δύναμη.

B) Στο μικρό αυτοκίνητο ασκείται μεγαλύτερη δύναμη.

Γ) Οι δυνάμεις που δέχονται τα δύο αυτοκίνητα έχουν ίσα μέτρα.

Δ) Τα στοιχεία είναι ελλιπή και δεν μπορούμε να απαντήσουμε.

18. Μια βάρκα με πανί είναι σταματημένη σε κάποια λίμνη μια μέρα που δεν φυσά καθόλου αέρας. Το μόνο βοηθητικό εξάρτημα που διαθέτει ο βαρκάρης είναι ένας μεγάλος ανεμιστήρας που τον τοποθέτησε έτσι, ώστε να φυσά τον αέρα στο πανί. Θα κινηθεί η βάρκα; Γιατί;



4.4. Ενέργεια

« Τι είναι ενέργεια;»⁴

«Υπάρχει ένα γεγονός, ή αν θέλετε, ένας νόμος, που κυβερνά όλα τα φυσικά φαινόμενα που είναι γνωστά ως σήμερα. Δεν υπάρχει γνωστή εξαίρεση σε αυτόν το νόμο- είναι ακριβώς μέχρι τώρα όπως ξέρουμε. Ο νόμος λέγεται **διατήρηση της ενέργειας**. Δηλώνει ότι υπάρχει μια συγκεκριμένη ποσότητα, που καλούμε ενέργεια, που δεν αλλάζει στις ποικίλες αλλαγές που υποβάλλεται η φύση. Αυτή είναι μια εντελώς αφηρημένη ιδέα, γιατί είναι μια μαθηματική αρχή. Λέει ότι υπάρχει μια αριθμητική ποσότητα που δεν αλλάζει όταν συμβαίνει κάτι. Δεν είναι περιγραφή ενός μηχανισμού, ή κάτι υπαρκτό. Είναι απλώς ένα παράξενο γεγονός με το οποίο μπορούμε να υπολογίσουμε κάποιους αριθμούς και όταν τελειώσουμε να παρατηρούμε τη φύση να κάνει τα κόλπα της και υπολογίσουμε τους αριθμούς ξανά, είναι οι ίδιοι. (κάτι σαν τον αξιωματικό στο κόκκινο τετραγωνάκι και μετά από ένα αριθμό κινήσεων-δε γνωρίζουμε λεπτομέρειες – είναι και πάλι σε κάποιο κόκκινο τετράγωνο. Είναι ο νόμος της φύσης). Εφόσον είναι μια αφηρημένη ιδέα, θα παρουσιάσουμε την έννοια της με μια αναλογία.

Φανταστείτε ένα παιδί, ίσως τον Ντένις τον τρομερό, που έχει τουβλάκια εντελώς άφθαρτα, που δεν μπορούν να χωριστούν σε κομμάτια. Όλα είναι ίδια μεταξύ τους. Ας υποθέσουμε ότι έχει 28 τουβλάκια. Η μητέρα του τον βάζει μαζί με τα 28 του τουβλάκια σε ένα δωμάτιο στην αρχή της ημέρας. Στο τέλος της μέρας, όντας περίεργη, μετρά τα τουβλάκια πολύ προσεχτικά, και ανακαλύπτει ένα νόμο-ανεξάρτητα από το τι κάνει με τα τουβλάκια είναι πάντα 28. Αυτό συνεχίζεται για

⁴ Απόσπασμα από ένα κείμενο του αείμνηστου Φυσικού και δασκάλου Richard Feynman παρμένο από τον πρώτο τόμο των διαλέξεων του για τη Φυσική (*The Feynman Lectures on Physics definitive edition vol I*). Το κείμενο προέρχεται από εργασία του Φυσικού Σταύρου Πρωτογεράκη με τίτλο «Εργο – Ενέργεια»

αρκετές ημέρες, ώσπου μια μέρα υπάρχουν μόνο 27 τουβλάκια, αλλά λίγη έρευνα δείχνει ότι ένα είναι κάτω από το χαλί- πρέπει να κοιτά παντού για να σιγουρευτεί ότι ο αριθμός των τουβλών δεν έχει αλλάξει. Μια μέρα, ωστόσο, ο αριθμός φαίνεται να έχει αλλάξει- υπάρχουν μόνο 26 τουβλάκια. Προσεχτική έρευνα δείχνει ότι το παράθυρο ήταν ανοιχτό, και κοιτώντας έξω, τα άλλα δύο τουβλάκια βρίσκονται. Μια άλλη μέρα, προσεχτικό μέτρημα δείχνει ότι υπήρχαν 30 τουβλάκια. Αυτό προκαλεί σημαντική ανησυχία, μέχρι να συνειδητοποιηθεί ότι ο Bruse ήρθε για επίσκεψη, φέρνοντας τα τουβλάκια του μαζί και άφησε μερικά στο σπίτι του Ντένις. Αφού ξεφορτώθηκε τα παραπάνω τουβλάκια, η μητέρα κλείνει το παράθυρο, δεν αφήνει τον Bruse μέσα, και μετά όλα πάνε καλά μέχρι που μια φορά τα μετράει και βρίσκει μόνο 25 τουβλάκια. Ωστόσο, υπάρχει ένα κουτί στο δωμάτιο, ένα κουτί παιχνιδιών, και η μητέρα πηγαίνει να ανοίξει το κουτί των παιχνιδιών, αλλά το αγόρι λέει «Οχι, μην ανοίξεις το κουτί των παιχνιδιών μου», και στριγγλίζει. Στη μητέρα δεν επιτρέπεται να ανοίξει το κουτί των παιχνιδιών. Όντας πολύ περίεργη και αρκετά έξυπνη, επινοεί ένα σχέδιο. Ξέρει ότι ένα τουβλάκι ζυγίζει 300 γραμμάρια, έτσι ζυγίζει το κουτί σε κάποια στιγμή όταν βλέπει 28 τουβλάκια, και αυτό ζυγίζει 1600 γραμμάρια. Την επόμενη φορά που επιθυμεί να το ελέγξει, ζυγίζει το κουτί ξανά, αφαιρεί τα 1600 γραμμάρια και το διαιρεί με το τριακόσια. Ανακαλύπτει το εξής (αριθμός από τα τουβλάκια που φαίνονται) + (βάρος του κουτιού) – 1600γραμμάρια / 300γραμμάρια = σταθερό (4.1)

Μετά παρουσιάζονται κάποιες νέες αποκλίσεις αλλά προσεχτική μελέτη δείχνει ότι το βρώμικο νερό στη μπανιέρα αλλάζει το επίπεδο. Το παιδί ρίχνει τουβλάκια στο νερό, και αυτή δεν μπορεί να τα δει γιατί είναι τόσο βρώμικο, αλλά μπορεί να βρει πόσα τουβλάκια είναι στο νερό προσθέτοντας ένα άλλο όρο στη φόρμουλά της. Αφού το αρχικό ύψος του νερού ήταν 15 εκατοστά και κάθε τουβλάκι ανεβάζει το νερό μισό εκατοστό, αυτή η καινούργια φόρμουλα θα ήταν:

$$(αριθμός από τουβλάκια που φαίνονται) + (βάρος του κουτιού) - 1600 γραμμάρια / 300γραμμάρια + (ύψος του νερού) - 15 εκατοστά / 1/2 εκατοστό = σταθερό \quad (4.2)$$

Στη βαθμιαία ανάπτυξη της πολυπλοκότητας του κόσμου της, βρίσκει σειρές από όρους που αναπαριστούν τρόπους για να υπολογίζει πόσα τουβλάκια βρίσκονται σε μέρη που δεν επιτρέπεται να κοιτάζει. Σαν αποτέλεσμα, βρίσκει μια περίπλοκη φόρμουλα, μια ποσότητα που πρέπει να υπολογιστεί, η οποία παραμένει η ίδια στην κατάσταση της.

Ποια είναι η αναλογία του παραδείγματος αυτού με τη διατήρηση της ενέργειας; Η πιο αξιοσημείωτη άποψη που πρέπει να αφαιρεθεί από αυτή την εικόνα είναι ότι δεν υπάρχουν τουβλάκια. Βγάλτε τους πρώτους όρους στην (4.1) και στην (4.2) και μετράμε περισσότερο ή λιγότερο αφηρημένα πράγματα. Η αναλογία έχει τα ακόλουθα σημεία. Πρώτα, όταν υπολογίζουμε την ενέργεια, μερικές φορές μερική από αυτή φεύγει από το σύστημα και πάει μακριά, ή κάποιες φορές μπαίνει μέσα. Για να επαληθεύσουμε τη διατήρηση της ενέργειας, πρέπει να είμαστε προσεκτικοί για να μη βάλουμε ή βγάλουμε ενέργεια. Δεύτερον, η ενέργεια έχει ένα μεγάλο αριθμό από διαφορετικές μορφές, και υπάρχει μια φόρμουλα για καθεμιά. Αυτές είναι: βαρυτική ενέργεια, κινητική ενέργεια, θερμική ενέργεια, ελαστική ενέργεια, ηλεκτρική ενέργεια, χημική ενέργεια, ενέργεια ακτινοβολίας, πυρηνική ενέργεια, ενέργεια μάζας. Αν αθροίσουμε τις φόρμουλες για καθεμιά συμβολή, δε θα αλλάξει εκτός για την ενέργεια που μπαίνει ή βγαίνει.

Είναι σημαντικό να συνειδητοποιήσουμε ότι στη Φυσική σήμερα, δεν έχουμε γνώση του τι είναι ενέργεια. Δεν έχουμε εικόνα ότι η ενέργεια έρχεται σε μικρές σταγόνες ενός καθορισμένου ποσού. Δεν γίνεται με αυτόν τον τρόπο. Ωστόσο, υπάρχουν φόρμουλες για να υπολογίζουμε μερικές αριθμητικές ποσότητες, και όταν

τα προσθέτουμε όλα μαζί δίνουν 28-συνέχεια τον ίδιο αριθμό. Είναι ένα αφηρημένο πράγμα το οποίο δεν μας λέει τον μηχανισμό ή τους λόγους για τις ποικίλες φόρμουλες».

(βλ. και Π. Κουμαράς http://physcool.web.auth.gr/images/teyxos_5/Koumaras%2039-46.pdf)

Αντιλήψεις μαθητών για την 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.

Πιο αναλυτικά, τα μοντέλα που συγκροτούν οι μαθητές προκειμένου να κατανοήσουν την ενέργεια ως όρο των Φυσικών Επιστημών είναι (Driver κ.ά., 2000; Χρηστίδου, 2001):

1. Το ανθρωπομορφικό ή ανιμιστικό μοντέλο. Οι μαθητές συνδέουν την ενέργεια με τους ζωντανούς οργανισμούς και ιδιαίτερα με τους ανθρώπους. Είναι μοντέλο που υιοθετείται περισσότερο από τα κορίτσια και είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο στις μικρές ηλικίες. Επιπλέον τα κορίτσια συνδέουν την ενέργεια με την υγεία και την ηλικία των ανθρώπων (τα παιδιά έχουν περισσότερη ενέργεια από τους ηλικιωμένους), ενώ τα αγόρια συνδέουν την ενέργεια με τη φυσική κατάσταση των ατόμων (οι αθλητές έχουν περισσότερη ενέργεια από αυτούς που δε γυμνάζονται).

2. Η ενέργεια εμφανίζεται όταν κάποιος εκτελεί κάποιες δραστηριότητες. Είναι αντίληψη η οποία υπάρχει, όχι μόνο στους μαθητές, αλλά και σε πολλούς ενήλικες. (Χρειάζεσαι πολλή ενέργεια για να παίζεις ποδόσφαιρο).

3. Το αποθηκευτικό μοντέλο. Η ενέργεια μπορεί και αποθηκεύεται σε κάποια αντικείμενα, ενώ κάποια άλλα την καταναλώνουν και γι' αυτό χρειάζεται να παίρνουν ενέργεια από άλλα σώματα. (Το τρένο παίρνει ενέργεια από τη μηχανή ή το κάρβουνο καίγεται και δίνει ενέργεια στο τρένο και μπορεί και κινείται).

4. Η ενέργεια ως συστατικό. Τα περισσότερα σώματα έχουν μέσα τους κρυμμένη ενέργεια η οποία απελευθερώνεται εξαιτίας κάποιου εξωτερικού αίτιου. (Όταν πετάξουμε ψηλά ένα τόπι απελευθερώνεται η δυναμική του ενέργεια).

5. Η ενέργεια ως προϊόν μιας κατάστασης. Η ενέργεια παρουσιάζεται μόνο κατά τη διάρκεια μιας δράσης και μετά εξαφανίζεται, όπως ακριβώς ο καπνός κατά τη διάρκεια της καύσης ή ο ιδρώτας κατά τη διάρκεια μιας κοπιαστικής εργασίας. Εδώ δεν ισχύει η διατήρηση της ενέργειας, αλλά η μικρή διάρκεια ζωής της.

6. Η λειτουργική ενέργεια. Η ενέργεια λειτουργεί ως ένα είδος καυσίμου όπως στις διάφορες μηχανές. (Η λάμπα παίρνει ενέργεια από το καλώδιο και ανάβει).

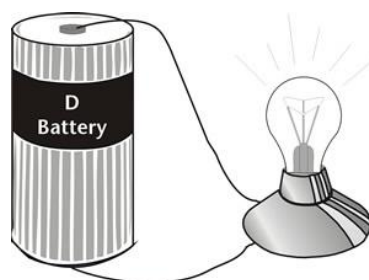
7. Το μοντέλο της ροής – μεταφοράς της ενέργειας. Η ενέργεια λειτουργεί ως ρευστό και ρέει από το ένα σύστημα στο άλλο. Βάσει αυτού του μοντέλου χρησιμοποιούνται οι φράσεις «η ενέργεια μεταφέρεται», «παίρνει ενέργεια», «δίνει ενέργεια», «περιέχει ενέργεια».

Ερωτήσεις

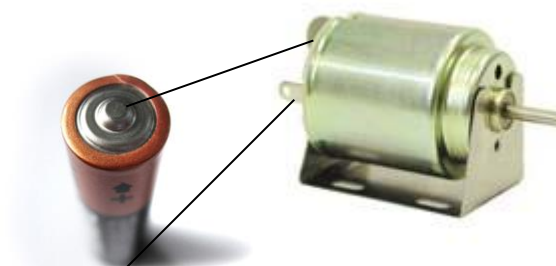
1. Από το δεύτερο όροφο ενός κτιρίου αφήνουμε να πέσει ένα σώμα. Τι είδους ενέργειες έχει το σώμα: (α) τη στιγμή που το αφήνουμε, (β) όταν διέρχεται από τον πρώτο όροφο και (γ) λίγο πριν προσκρούσει στο έδαφος
2. Όταν ένα αυτοκίνητο τρακάρει σ' ένα τοίχο, τι γίνεται η κινητική ενέργεια που είχε όταν θα σταματήσει;
3. Η ενέργεια ενός ντραμίστα χάνεται;
4. Να εξηγήσετε αν το νερό που είναι μέσα στο ποτήρι έχει ενέργεια ή όχι; Γιατί; Να εξηγήσετε αν μια κότα που κάθεται στο έδαφος έχει ενέργεια ή όχι; Γιατί;
5. Σε ποια μορφή είναι αποθηκευμένη η ενέργεια στο καμινέτο; Αν ανάψεις το καμινέτο τι μορφές ενέργειας θα προκύψουν;



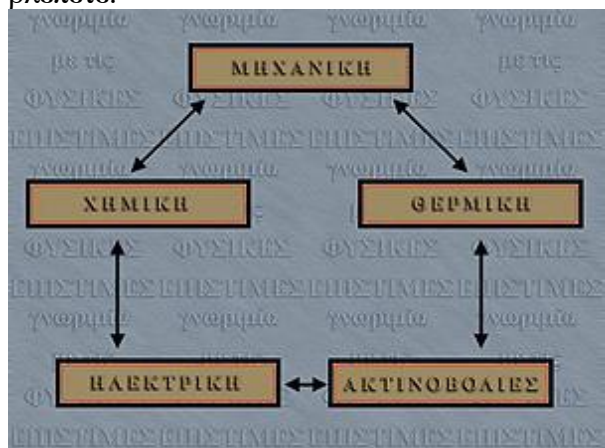
6. Συνδέουμε τους πόλους της μπαταρίας με τον λαμπτήρα. Σχολιάζουμε τις ενεργειακές μετατροπές.



7. Συνδέουμε την μπαταρία με τον κινητήρα. Σχολιάζουμε τις ενεργειακές μετατροπές.

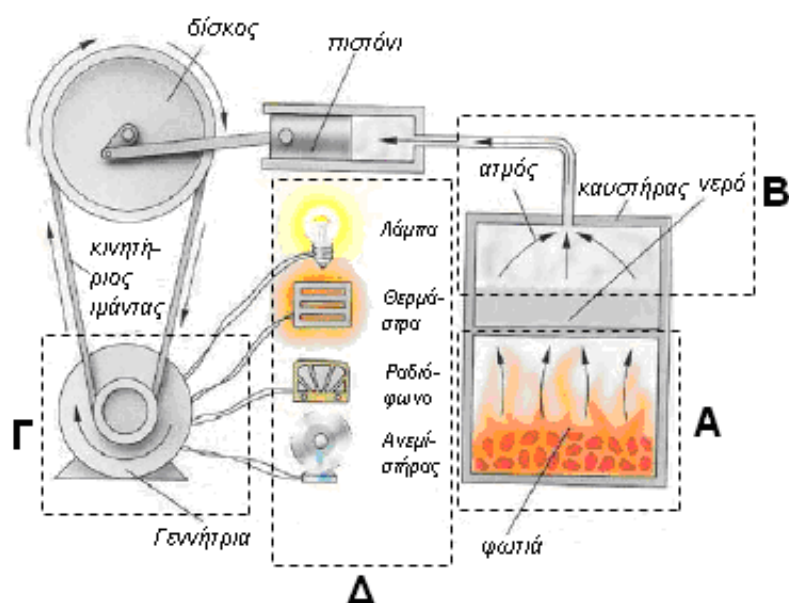


8. Το παρακάτω σχέδιο συνδέει μεταξύ τους διάφορες μορφές ενέργειας. Προσπαθήστε να βρείτε παραδείγματα για τις διάφορες μετατροπές ενέργειας που βλέπετε.



9. Στο σπίτι ο πατέρας ξυπνάει πρώτος το πρωί. Έξω είναι ακόμη σκοτεινά. Ανάβει το φως. Το καλοριφέρ αρχίζει να λειτουργεί και το σπίτι ζεσταίνεται. Ωρα να σηκωθούν και οι υπόλοιποι. Το γάλα ζεσταίνεται στην ηλεκτρική κουζίνα, η πορτοκαλάδα ετοιμάζεται στον ηλεκτρικό αποχυμωτή. Όλοι παίρνουν πρωινό και είναι έτοιμοι για τις δουλειές τους. Τρέχοντας τα παιδιά προλαβαίνουν το λεωφορείο στην στάση. Ένα παιδί πετιέται μπροστά και ο οδηγός φρενάρει απότομα. Στην πιο πάνω καθημερινή ιστορία συμβαίνουν διάφορες ενεργειακές μετατροπές. Μια απ' αυτές, για παράδειγμα, είναι η εξής: "Το γάλα ζεσταίνεται" : Ηλεκτρική -----> Θερμική. Σας ζητάμε να καταγράψετε, με τον ίδιο τρόπο, και τις υπόλοιπες.

10. Να αναφέρετε όλες τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν στις περιοχές Α, Β, Γ και Δ της πιο κάτω εικόνας.



4.5. Πίεση στα Στερεά και τα Ρευστά

Έννοιες και αρχές

Η **πίεση** ορίζεται ως το πηλίκο της ασκούμενης κάθετης δύναμης διά του εμβαδού της επιφάνειας στην οποία ασκείται: $\text{πίεση} = \text{κάθετη δύναμη} / \text{εμβαδό επιφάνειας}$.

Η διεθνής μονάδα πίεσεως ονομάζεται 1 pascal, από το όνομα του Γάλλου επιστήμονα του 15ου αιώνα Blaise Pascal.

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2.$$

Υδροστατική πίεση είναι η πίεση που οφείλεται στο βάρος των υγρών.

Η υδροστατική πίεση που ασκεί ένα υγρό στον πυθμένα και στα τοιχώματα του δοχείου, καθώς και σε κάθε σημείο μέσα στο υγρό είναι ανάλογη: α. του βάθους από την επιφάνεια του υγρού β. της πυκνότητας του υγρού γ. της επιτάχυνσης της βαρύτητας.

Η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται όμως από τον προσανατολισμό της πιεζόμενης επιφάνειας ούτε από το πλάτος του υγρού στα διάφορα σημεία του οποίου τη μετρούμε.

Υδροστατική πίεση

Η υδροστατική πίεση σ' ένα σημείο του υγρού είναι ανάλογη

- Του βάθους h του σημείου από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού.
- Της πυκνότητας d του υγρού

$$P = d \cdot g \cdot h$$

Η αρχή του Pascal

Η εξωτερική πίεση που ασκείται σε ένα υγρό που ισορροπεί, μεταδίδεται αναλλοίωτη σε όλα τα σημεία του.

Αντιλήψεις

Τα παιδιά δεν αποδίδουν στον αέρα ή στα αέρια μια υλική υπόσταση. Συνήθως, θεωρούν ότι ο αέρας είναι «καλός» και «χρήσιμος στην αναπνοή» ενώ τα αέρια είναι «δηλητηριώδη», «εύφλεκτα» και «επικίνδυνα».

Οι μαθητές δε θεωρούν ότι τα αέρια έχουν μάζα ή βάρος. Συχνά θεωρούν ότι έχουν «αρνητικό βάρος», καθώς από την κοινή τους εμπειρία βλέπουν ότι τα αέρια «ανεβαίνουν προς τα πάνω».

Οι μαθητές δεν έχουν μια ικανοποιητική εικόνα για τη διαστρωμάτωση της γήινης ατμόσφαιρας και για την ασκούμενη από αυτήν ατμοσφαιρική πίεση. Για την εξήγηση της διατήρησης του σχήματος ενός φουσκωμένου μπαλονιού, η πλειονότητα των μαθητών δε λαμβάνει υπόψη της την ατμοσφαιρική πίεση, όσοι δε την

αναφέρουν δεν τη συσχετίζουν με την εξισορρόπηση της από την πίεση που ασκεί ο αέρας στο εσωτερικό του. Για την ισορροπία ενός λεπτού φύλλου χαρτιού στον αέρα, η πλειονότητα των μαθητών δεν έχει κατανοήσει τον τρόπο που δρα η ατμοσφαιρική πίεση σε ένα σώμα που βρίσκεται μέσα σ' αυτό.

Η έννοια της πίεσης που ασκείται από αέρια και ιδιαίτερα από τον ατμοσφαιρικό αέρα έχει γίνει αντικείμενο ενός αριθμού μελετών (Sere 1982, 1986, Engel Clough & Driver 1985, 1986, Borghi κ.ά. 1988, Brook & Driver 1988, Rollnick & Rutherford 1990, 1993, deBerg 1992, 1995, Sheparson κ.ά. 1994, Basca κ.ά. 2000, Basca & Grotzer 2001).

Οι Engel Clough και Driver (1985), ερευνώντας τις ιδέες των παιδιών ηλικίας 12, 14 και 16 ετών, βρήκαν ότι σε υψηλά ποσοστά κυριαρχούσε η άποψη ότι η πίεση αυξάνεται με την απόσταση από την επιφάνεια υγρού, ενώ συχνά θεωρούνταν ότι η πίεση δρα προς όλες τις κατευθύνσεις στο νερό ή στον αέρα.

Η άποψη της πίεσης που δρα προς τα κάτω ήταν ισχυρότερη. Για να ερμηνεύσουν πώς ρουφάμε νερό με ένα καλαμάκι ή πώς παίρνουμε υγρό με μια σύριγγα, οι μαθητές έκαναν συχνές αναφορές «σε μια αναρρόφηση είτε του αέρα είτε του κενού». Αν και αναφέρονται στο «σπρώξιμο» από την ατμοσφαιρική πίεση, λίγοι μαθητές ερμήνευσαν σχετικά πειράματα στο πλαίσιο της διαφοράς πιέσεων.

Η Sere (1982, 1986) διαπίστωσε ότι για την πλειονότητα των μαθητών 11-16 ετών οι δυνάμεις ασκούνται από τον αέρα μόνο όταν μια εξωτερική δύναμη προκαλεί την κίνησή του και οι δυνάμεις αυτές ενεργούν κατά τη διεύθυνση της κίνησής του. Μόνο το ένα τρίτο των μαθητών 16 ετών αναγνώρισαν ότι οι δυνάμεις που ασκεί ο αέρας μεταδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις.

Ο deBerg (1995) βρήκε ότι μαθητές λυκείου αναγνώριζαν ότι η πίεση του περιεχόμενου αέρα σε μια σύριγγα αυξάνεται όταν αυτός συμπιέζεται. Το 70% από αυτούς θεωρούσε ότι ο περιεχόμενος αέρας δεν ασκεί πίεση όταν αυτός δεν συμπιέζεται. Στην κατάσταση ισορροπίας, ο αέρας «δεν κάνει τίποτε».

Οι Kariotoglou & Psillos (1993) επίσης επισήμαναν ότι η επίδραση της ατμοσφαιρικής πίεσης συχνά δεν είναι προφανής και ανιχνεύσιμη για τους μαθητές.

Ερωτήσεις⁵

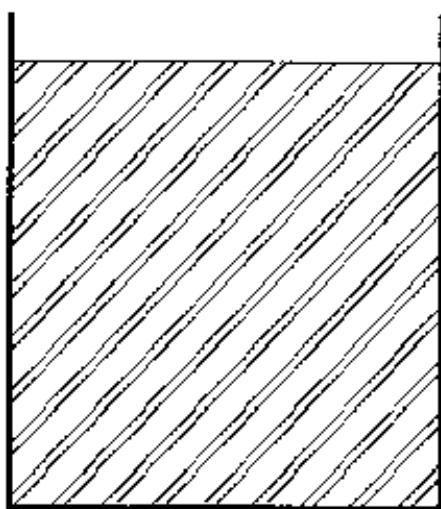
Ερώτηση 1

Ένα πλοίο κτυπάει πάνω σ'ένα ύφαλο. Το αποτέλεσμα είναι ν'ανοίξουν δύο τρύπες του ίδιου μεγέθους, στη μία πλευρά του πλοίου, που και οι δύο είναι κάτω από το νερό. Αλλά η μία είναι πιο ψηλά από την άλλη. Σε ποια από τις δύο το νερό θα μπει ορμητικότερα στο εσωτερικό του πλοίου; Δικαιολογείστε την απάντησή σας.

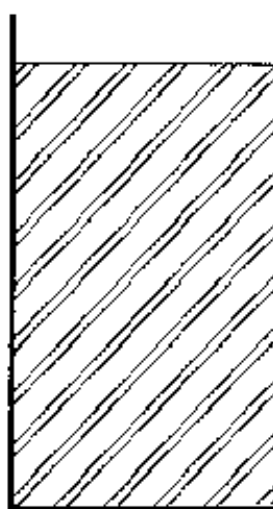
Ερώτηση 2

Δύο κύλινδροι περιέχουν νερό που φθάνει στο ίδιο ύψος και στους δύο. Ο ένας είναι φαρδύς και ο άλλος στενός, όπως φαίνεται στο σχήμα. Η πίεση που επικρατεί σ'ένα σημείο του πυθμένα του (Α) δοχείου (φαρδύ) είναι:

α) μεγαλύτερη β) μικρότερη γ) ίση
με αυτή που επικρατεί σ'ένα σημείο του πυθμένα του (Β) δοχείου;
Γιατί;



A



B

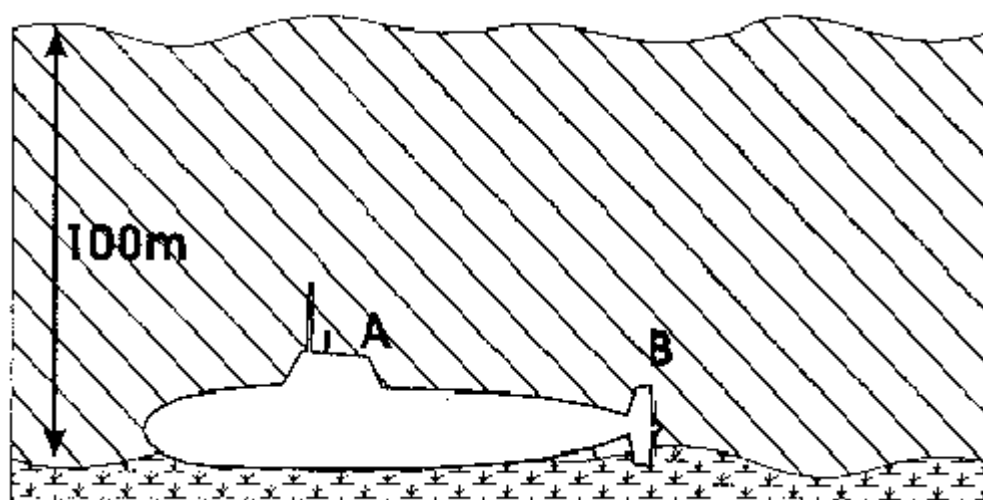
⁵ Οι ερωτήσεις 1 έως 8 προέρχονται από την εργασία: ΚΑΡΙΩΤΟΓΛΟΥ, Π., ΚΟΥΜΑΡΑΣ, Π., ΨΥΛΛΟΣ, Δ., 1994, Η ανάπτυξη χάρτη ιδεών των μαθητών και η χρήση του στο σχεδιασμό διδακτικών παρεμβάσεων: Η περίπτωση των ρευστών. Παιδαγωγική Επιθεώρηση, τεύχος 20 - 21, σελίδες 147 - 170

Ερώτηση 3

Το υποβρύχιο του σχήματος βρίσκεται στον πάτο της θάλασσας, σε βάθος 100 μέτρων. Στο σημείο Α της καταπακτής η πίεση είναι 12 ατμόσφαιρες. Πόση θα είναι η πίεση σ'ένα σημείο Β της πρύμνης, αν θεωρήσουμε ότι Α και Β είναι στο ίδιο βάθος;

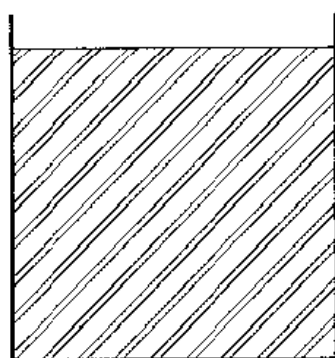
α) 12 β) 11 γ) 6 δ) 1 ε) 0 ατμόσφαιρες

Δικαιολογείστε την απάντησή σας.

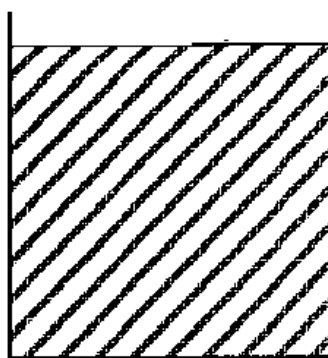


Ερώτηση 4

Οι δύο κύλινδροι του σχήματος είναι ίδιοι και περιέχουν ο ένας νερό και ο άλλος οινόπνευμα. Το ύψος του νερού και του οινόπνευματος είναι και στα δύο δοχεία ίδιο. Σ'ένα σημείο του πυθμένα του πρώτου δοχείου επικρατεί **ίδια πίεση** όση και σ'ένα σημείο του δεύτερου; Γιατί;



νερό



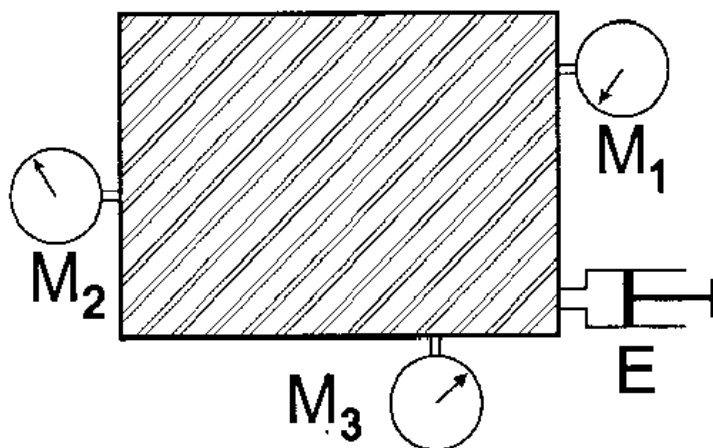
οινόπνευμα

Ερώτηση 5

Το δοχείο του σχήματος είναι γεμάτο με νερό και τα μανόμετρα δείχνουν τις εξής τιμές:

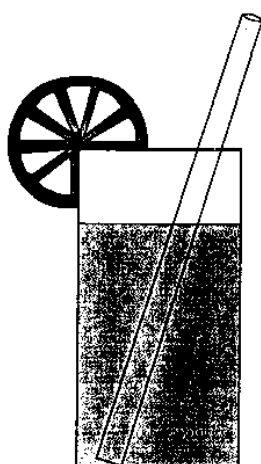
$M_1 = 2$ $M_2 = 6$ $M_3 = 8$ μονάδες πίεσης.

Αν με το έμβολο Ε προκαλέσω μια πρόσθετη πίεση στο νερό, το μανόμετρο M_2 θα δείξει 9 μονάδες πίεσης. Πόσες μονάδες πίεσης θα δείξουν τα μανόμετρα M_1 και M_3 ; Γιατί;



Ερώτηση 6

Εξηγείστε γιατί ανεβαίνει η πορτοκαλάδα στο καλαμάκι όταν τη ρουφάτε.



4.6. Άνωση

Η επιστημονική άποψη

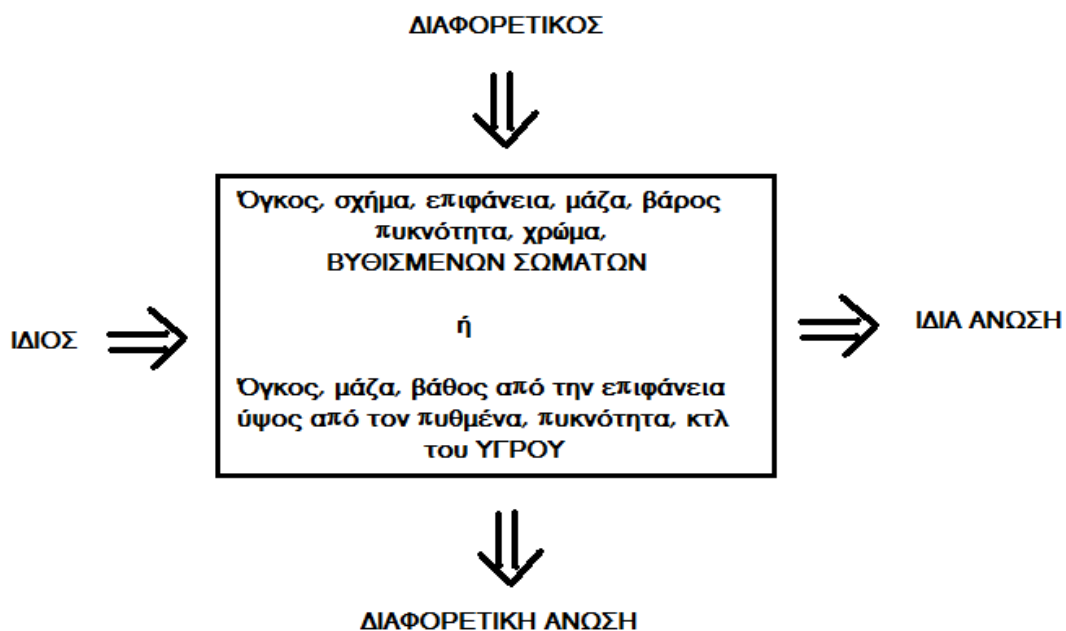
$$A = \varepsilon V = dgV$$

ε =ειδικό βάρος,
 d =πυκνότητα ρευστού,
 g =επιτάχυνση βαρύτητας και
 V =όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού
 $\varepsilon V=B$ = βάρος του εκτοπιζόμενου υγρού

Κάθε σώμα που βυθίζεται σε κάποιο υγρό, ασκείται εκ μέρους του υγρού μια δύναμη προς τα πάνω, ακριβώς αντίθετα προς τη διεύθυνση της βαρύτητας.

 Η δύναμη αυτή ονομάζεται δύναμη της Άνωσης, είναι συνέπεια της πίεσης που αυξάνεται με το βάθος και ισούται με το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται.

Αντιλήψεις



Ερωτήσεις⁶

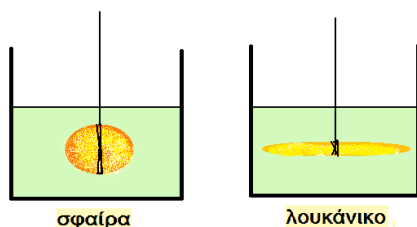
Ερώτηση 1η:

Τι αισθάνεστε στο χέρι σας όταν προσπαθείτε να βυθίσετε το ποτήρι στο νερό; Πώς το εξηγείτε;



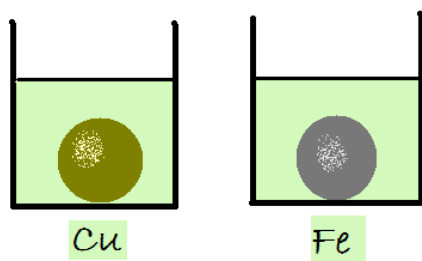
Ερώτηση 2η :

Παίρνουμε ένα κομάτι πλαστελίνη. Στην πρώτη περίπτωση το πλάθουμε σε μπάλα και το βυθίζουμε στο νερό, ενώ στη δεύτερη περίπτωση το μετασχηματίζουμε σε «λουκάνικο» και το βυθίζουμε στο ίδιο δοχείο, στο ίδιο βάθος. Η μπάλα δέχεται μεγαλύτερη, μικρότερη ή ίση άνωση με το λουκάνικο; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.



Ερώτηση 3η:

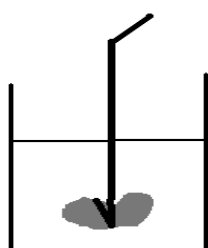
Σε δυο όμοια δοχεία με νερό βυθίζουμε 2 σφαίρες του ίδιου όγκου αλλά διαφορετικού υλικού. Η μία η χάλκινη είναι βαρύτερη από την άλλη τη σιδερένια. Η άνωση που δέχεται η χάλκινη είναι μεγαλύτερη, μικρότερη ή ίση με αυτή που δέχεται η σφαίρα; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.



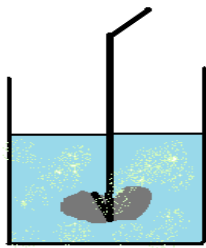
⁶ Οι ερωτήσεις 1 έως 5 προέρχονται από την εργασία: ΚΑΡΑΝΙΚΑΣ, Γ., ΚΑΡΙΩΤΟΓΛΟΥ, Π., ΚΟΚΚΟΤΑΣ, Π., 1996, Σύγκριση των αντιλήψεων των μαθητών Ε' και Στ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου και 4ετών φοιτητών/ τριών του Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστημίου Αθηνών, που αφορούν την έννοια της 'Ανωσης στα υγρά. Παιδαγωγική Επιθεώρηση, τεύχος 24, σελ. 239 - 259.
Η ερώτηση 7 προέρχεται από την εργασία: ΚΑΡΙΩΤΟΓΛΟΥ, Π., ΚΟΥΜΑΡΑΣ, Π., ΨΥΛΛΟΣ, Δ., 1994, Η ανάπτυξη χάρτη ιδεών των μαθητών και η χρήση του στο σχεδιασμό διδακτικών παρεμβάσεων: Η περίπτωση των ρευστών. Παιδαγωγική Επιθεώρηση, τεύχος 20 - 21, σελίδες 147 - 170

Ερώτηση 4η:

Σε δύο όμοιες λεκάνες που περιέχουν η μία νερό βρύσης και η άλλη θαλασσινό νερό, βυθίζουμε διαδοχικά την ίδια πέτρα. Η άνωση που δέχεται η σφαίρα από το νερό της βρύσης είναι μεγαλύτερη, μικρότερη ή ίση σε σχέση με αυτή που δέχεται από το νερό της θάλασσας; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.



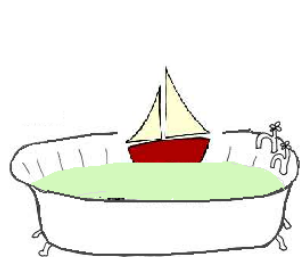
νερό
βρύσης



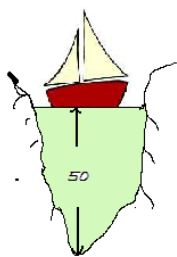
αλατόνερο

Ερώτηση 5η:

Αν η μπανιέρα έχει νερό της λίμνης, η άνωση που δέχεται το караβάκι από το νερό της λίμνης είναι μεγαλύτερη, μικρότερη ή ίση με αυτή που δέχεται από το νερό της μπανιέρας; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.



μπανιέρα

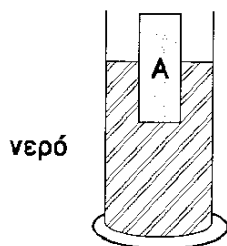


λίμνη

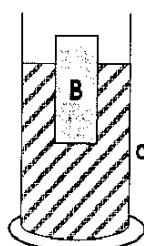
Ερώτηση 6η

Τα σώματα Α και Β είναι απολύτως όμοια και πλέουν το Α σε νερό και το Β σε οινόπνευμα, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Η άνωση που δέχεται το σώμα Α είναι :

α) μεγαλύτερη β) ίση γ) μικρότερη
από αυτήν που δέχεται το Β; Γιατί;



νερό



οινόπνευμα

4.7. Πλεύση και βύθιση σωμάτων σε υγρό

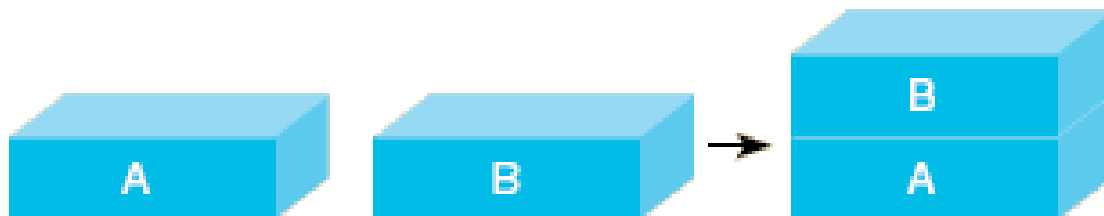
Αντιλήψεις

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

- 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
- Εξάρτηση της πλεύσης ή βύθισης ενός σώματος μέσα σε ένα υγρό από πυκνότητα υγρού
- Εξάρτηση της πλεύσης ή βύθισης ενός σώματος μέσα σε ένα υγρό από σχέση πυκνοτήτων σώματος και υγρού.

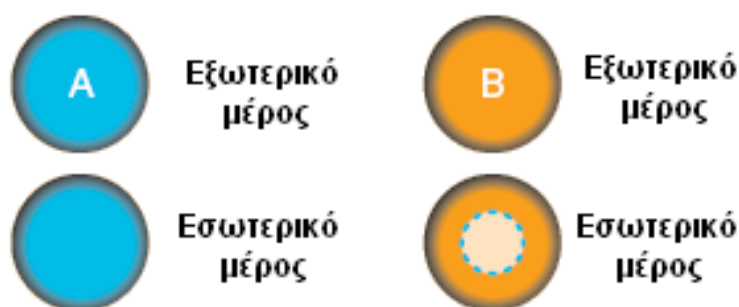
Ερωτήσεις

1. Το αντικείμενο Α και το αντικείμενο Β επιπλέουν στο νερό. Ας υποθέσουμε ότι κολλάμε και τα δύο και τα τοποθετούμε στο νερό. Τι θα συμβεί; Γιατί;

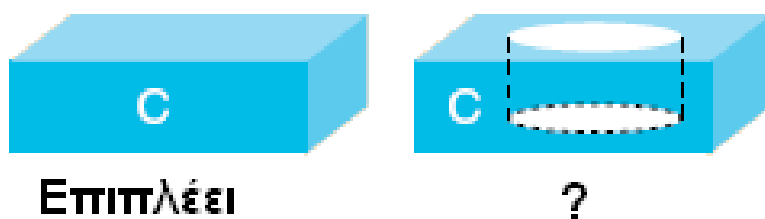


2. Η σφαίρα Α και η σφαίρα Β κατασκευάστηκαν από διαφορετικά υλικά, αλλά έχουν την ίδια μάζα και τον ίδιο όγκο. Η σφαίρα Α είναι συμπαγής, ενώ η σφαίρα Β είναι κούφια στο εσωτερικό της.

Η σφαίρα Α βυθίζεται στο νερό. Η σφαίρα Β, όταν τοποθετηθεί στο νερό θα βυθιστεί ή θα επιπλέει;



3. Το αντικείμενο C επιπλέει στο νερό. Ας υποθέσουμε ότι ανοίγουμε μια τρύπα σε αυτό και το τοποθετούμε στο νερό. Τι θα συμβεί;



4. Το αντικείμενο A και το αντικείμενο B είναι κατασκευασμένα από το ίδιο υλικό. Το αντικείμενο A βυθίζεται στο νερό. Το αντικείμενο B είναι πιο επίπεδο από το αντικείμενο A. Όταν τοποθετηθεί σε νερό, το αντικείμενο B θα βυθιστεί ή θα επιπλέει;



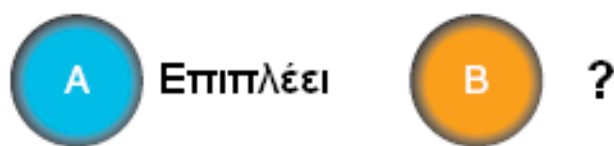
5. Όταν το αντικείμενο A τοποθετηθεί στο νερό με τον τρόπο που φαίνεται στην αριστερή εικόνα θα επιπλέει. Αν γυρίσουμε το αντικείμενο (όπως φαίνεται στη δεξιά εικόνα) το αντικείμενο θα βυθιστεί ή θα επιπλέει;



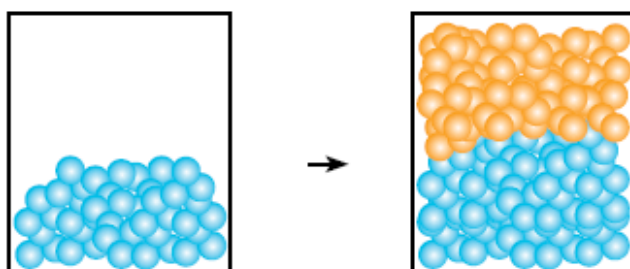
6. Το αντικείμενο A βυθίζεται στο νερό, αν το τοποθετήσουμε όρθιο (αριστερή εικόνα). Αν το τοποθετήσουμε με τον τρόπο που φαίνεται στη δεξιά εικόνα, το αντικείμενο A θα βυθιστεί ή θα επιπλέει;



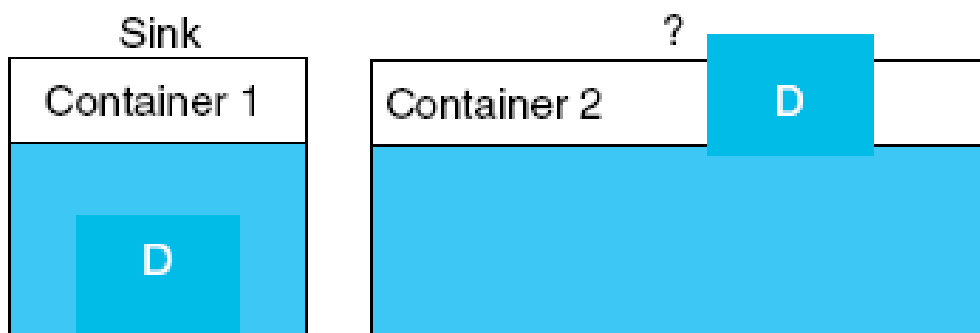
7. Η σφαίρα Α και η σφαίρα Β έχουν την ίδια μάζα και τον ίδιο όγκο. Η σφαίρα Α είναι κατασκευασμένη από μαλακό υλικό, ενώ η σφαίρα Β είναι από σκληρό υλικό. Η σφαίρα Α επιπλέει στο νερό. Η σφαίρα Β, όταν τοποθετηθεί στο νερό, θα βυθιστεί ή θα επιπλέει;



8. Ένα καλά σφραγισμένο δοχείο είναι μισογεμάτο με πέτρες και βυθίζεται στο νερό. Αν γεμίσουμε το άλλο μισό του δοχείου με κομματάκια αφρολέξ, το ξανά - σφραγίσουμε και το τοποθετήσουμε πάλι στο νερό, το δοχείο θα βυθιστεί ή θα επιπλέει;



9. Το αντικείμενο D βυθίζεται στο νερό στη δεξαμενή 1. Όταν το αντικείμενο τοποθετηθεί σε μεγαλύτερη δεξαμενή με περισσότερο νερό, (δεξαμενή 2) τότε θα βυθιστεί ή θα επιπλέει;



10. Το αντικείμενο Α επιπλέει μέσα στο νερό (κάτω από την επιφάνεια), όπως φαίνεται στην εικόνα 1. Το λάδι επιπλέει στο νερό (εικόνα 2). Όταν το αντικείμενο Α τοποθετηθεί σε λάδι, τότε αυτό θα βυθιστεί ή θα επιπλέει;



4.8. Θερμότητα και θερμοκρασία

Έννοιες και αρχές

Η θερμοκρασία είναι μέτρο της μέσης κινητικής ενέργειας των μορίων ή ατόμων ενός υλικού.

Θερμότητα είναι η ενέργεια που προσφέρεται ή απάγεται από ένα σώμα λόγω διαφοράς θερμοκρασίας με άλλο σώμα ή γενικά με το περιβάλλον του.

Η προσφορά θερμότητας έχει σαν αποτέλεσμα την μεταβολή είτε της κινητικής ενέργειας ατόμων ή μορίων (μεταβολή θερμοκρασίας) με αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης απόστασης μεταξύ ατόμων ή μορίων (διαστολή των σωμάτων) είτε της δυναμικής ενέργειας ατόμων ή μορίων (αλλαγή φάσεως).

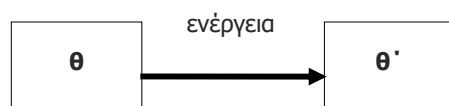
Απαγωγή ή προσφορά θερμότητας Q σε ένα σώμα έχει αποτέλεσμα την μεταβολή της θερμοκρασίας του σώματος κατά $\Delta\theta$. Τα δύο μεγέθη συνδέονται με την σχέση

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

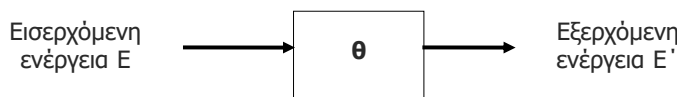
Όπου m η μάζα του σώματος και c η ειδική θερμότητα του υλικού του σώματος, εξαρτώμενη από το υλικό και τη θερμοκρασία. Το γινόμενο $m \cdot c$ εκφράζει το ποσό της θερμότητας που απαιτείται για να ανέβη η θερμοκρασία του συγκεκριμένου σώματος κατά $\Delta\theta$ και ονομάζεται θερμοχωρητικότητα.

(βλ. και P. Hewitt, *Οι Έννοιες της Φυσικής*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, κεφ. 15, 16, 17)

Το βασικό επιστημονικό μοντέλο των θερμικών διαδικασιών



Αν $\theta > \theta'$ τότε υπάρχει ροή ενέργειας από το πρώτο προς το δεύτερο σώμα μέχρι $\theta = \theta'$. 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

1. Αντιλήψεις μαθητών για τη θερμότητα

Όπως προκύπτει από τις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, τα ζητήματα ως προς τα οποία διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών για τη θερμότητα είναι τα εξής:

- η φύση της θερμότητας,
- το είδος φυσικού μεγέθους της θερμότητας (ποιοτικό ή ποσοτικό),
- η χρήση μιας οντότητας (θερμότητα) ή δύο διαφορετικών οντοτήτων (θερμότητα και ψύχος) για την εξήγηση των θερμικών φαινομένων,
- η διατήρηση ή μη της συνολικής θερμότητας του συστήματος των σωμάτων κατά τη διάρκεια της εξέλιξης των θερμικών φαινομένων.

1.1. Φύση της θερμότητας

Σε ό,τι αφορά τη φύση της θερμότητας, τα βιβλιογραφικά ευρήματα κάνουν φανερή την ύπαρξη δύο αντιλήψεων. Η θερμότητα, θεωρείται ως ουσία (ρευστό) ή ως κίνηση των σωματιδίων της ύλης.

(α) Η αντίληψη της θερμότητας ως ουσίας

Σύμφωνα με την αντίληψη αυτή, οι μαθητές αντιλαμβάνονται τη θερμότητα ως κάποιο είδος υλικής ουσίας (πχ. ρευστό) η οποία: αποθηκεύεται στα σώματα, διαμορφώνει τη θερμική τους κατάσταση, κινείται με «προτιμώμενη κατεύθυνση» από σώμα σε σώμα και χαρακτηρίζεται από «δύναμη» ή «αδυναμία» (Albert 1978, Erickson 1975, 1979, 1980, 1985, Tiberghien 1980, 1985, Harris 1981, Shayer & Wylam 1981, Engel 1982).

Η αντίληψη της θερμότητας ως ουσίας, εμφανίζεται, όπως προκύπτει από τα βιβλιογραφικά ευρήματα σε μαθητές των τελευταίων τάξεων του Δημοτικού (10 ετών και άνω), και είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι η δημοτικότητα της εμφανίζει μια ανοδική τάση όσο ανερχόμαστε την εκπαιδευτική κλίμακα μέχρι και το Γυμνάσιο (Erickson 1979, Tiberghien 1980, Harris 1981, Shayer & Wylam 1981, Engel 1982). Μετά την ηλικία των 16 ετών το ποσοστό των μαθητών που χρησιμοποιούν την αντίληψη αυτή παραμένει σταθερό (Veiga et al. 1989, Kesidou & Duit 1993, Jones, Carter & Rua 2000). Αξίζει να σημειωθεί επίσης ότι η αντίληψη της θερμότητας ως ουσίας βρέθηκε σε σημαντικό ποσοστό φοιτητών παιδαγωγικών τμημάτων και τμημάτων θετικών επιστημών, καθώς επίσης και σε δασκάλους και καθηγητές φυσικών επιστημών (Veiga 1988, Veiga et al. 1989, Van Roon & Van Sprang 1994, Καρανίκας 1996).

Σχετικά με την προέλευση της παραπάνω αντίληψης, οι Lakoff και Johnson (1980) υποστηρίζουν ότι υπάρχει μια φυσική τάση να περιγράφουμε τον κόσμο της κοινής μας αντίληψης με μεταφορικούς όρους, όπου τις σχέσεις αιτίου και αποτελέσματος τις βλέπουμε σαν αλληλεπιδράσεις μεταξύ τύπων ύλης. Ένα από τα πιο ισχυρά γλωσσικά εργαλεία, που χρησιμοποιούμε για να δώσουμε δομή και να ερμηνεύσουμε φυσικά φαινόμενα, είναι ένα σύνολο μεταφορών του τύπου «ουσία και οντότητα». Οι μαθητές επομένως στην προσπάθειά τους να ερμηνεύσουν τα θερμικά φαινόμενα αποδίδουν στη θερμότητα χαρακτηριστικά ουσίας.

Η αντίληψη της θερμότητας ως ουσίας, μπορεί επίσης να προέρχεται από την καθημερινή χρήση του όρου θερμότητα. Στις καθημερινές συζητήσεις η θερμότητα είναι κάτι που έχει σχέση με το ζεστό και όχι με το κρύο, με το ρήμα «ζεσταίνω» και με τη ζεστασιά των πραγμάτων και των ανθρώπων. Είναι κάτι το υλικό που

αποθηκεύεται μέσα στα αντικείμενα στα δωμάτια και στους ζωντανούς οργανισμούς. Έχει, τέλος, την ικανότητα να ζεσταίνεται και να «ταξιδεύει» από μια περιοχή σε μια άλλη. Είναι συχνές οι εκφράσεις του τύπου: «κλείσε το παράθυρο και κράτησε τη θερμότητα μέσα». Στις σχολικές τάξεις συνήθως οι μαθητές αναφέρουν ότι «κερδίζεται ή χάνεται θερμότητα» από ένα αντικείμενο, όταν αυτό έρχεται σε θερμική ισορροπία με κάποιο άλλο σώμα, ή ότι «η θερμότητα ταξιδεύει μέσα σε μια μεταλλική ράβδο», όταν η μεταλλική ράβδος θερμαίνεται από μια φλόγα στο ένα άκρο της (Erickson & Tiberghien 1985, σελ. 57).

Επιπλέον, η αντίληψη της θερμότητας ως μιας ουσίας, παραπέμπει στην αντίληψη του Lavoisier περί θερμικού ρευστού, που ήταν η επικρατούσα επιστημονική άποψη για τη θερμότητα μέχρι περίπου τα μέσα του 19ου αιώνα (Conant 1957, Fox 1971). Ο Lavoisier πίστευε ότι: «η θερμότητα είναι εκδήλωση ενός λεπτού, ελαστικού ρευστού» (Gillispie 1994, σελ. 218). Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, η θερμότητα θεωρείται ως ένα αόρατο αβαρές ρευστό που μεταφέρεται από ένα θερμό σε ένα λιγότερο θερμό σώμα ενώ παραμένει ποσοτικά αμετάβλητο. Προς τα τέλη του 18ου αιώνα, ο Lavoisier θα δώσει στο θερμικό ρευστό το όνομα «θερμογόνο» ή «θερμικό»: «χαρακτήρισimme την αιτία της θερμότητας ή αυτό το εξαιρετικά ελαστικό ρευστό που την παράγει, με τον όρο θερμικό» (Gillispie 1994, σελ. 222). Το «θερμογόνο» ή «θερμικό» αποτελείται από σωματίδια μεταξύ τους αυτοαποθούμενα. Μπορούσε να περιβάλλει τα σωματίδια της ύλης και έτσι να αποθηκεύεται σε αυτήν. Κατά τη θέρμανση του σώματος συνέβαινε μια ροή θερμογόνου προς αυτό, γέμιζε τα κενά ανάμεσα στα σωματίδια της ύλης και προκαλούσε τις διαστολές της. Αντίθετα, κατά την ψύξη ενός σώματος δραπέτευε από αυτό και έρεε προς ένα άλλο σώμα. Η θεωρία αυτή γνώρισε πλατιά αποδοχή, άντεξε επί πολλές δεκαετίες και μετά την απόρριψη της άφησε τα σημάδια της και τη λογική της πάνω σε εκφράσεις του τύπου «με την τριβή παράγεται θερμότητα» και «το έργο μετατρέπεται σε θερμότητα», οι οποίες πέρασαν και στον εικοστό αιώνα διατηρούμενες σε σχολικά αλλά και σε πανεπιστημιακά εγχειρίδια (Veiga 1988).

(β) Η αντίληψη της θερμότητας ως κίνησης σωματιδίων της ύλης

Σύμφωνα με αυτή την αντίληψη των μαθητών, η θερμότητα συνδέεται με την κίνηση των σωματιδίων (ατόμων ή μορίων) της ύλης (Erickson 1980, Hewson & Hamlyn 1984, Veiga 1988, Veiga et al. 1989, Kesidou & Duit 1993, Van Roon & Van Sprang 1994, Carlton 2000).

Στο πλαίσιο αυτό, οι μαθητές εξηγούν, τη θέρμανση ενός σώματος θεωρώντας ότι τα σωματίδια κινούνται πιο γρήγορα και τότε το σώμα γίνεται θερμότερο (Maskill et al. 1997) ή ότι τα σωματίδια συγκρούονται μεταξύ τους και παράγεται θερμότητα (Hewson & Hamlyn 1984, Kesidou & Duit 1993).

Διαπιστώνεται, επίσης, ότι οι μαθητές που χρησιμοποιούν την αντίληψη της θερμότητας ως κίνησης σωματιδίων συχνά ταυτίζουν τη θερμότητα με την εσωτερική ενέργεια (Erickson & Tiberghien 1985, Harrison et al. 1999) ή με τη θερμική ενέργεια (Erickson & Tiberghien 1985, Maskill et al. 1997). Ταυτίζουν επίσης τη θερμότητα με τη θερμοκρασία, θεωρώντας ότι η θερμοκρασία εκφράζει τη θερμότητα που παράγεται από τις κινήσεις ή τις συγκρούσεις των σωματιδίων (Van Roon & Van Sprang 1994).

Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί, ότι η αντίληψη της θερμότητας ως κίνησης των σωματιδίων της ύλης, εμφανίζεται σε παιδιά από 11 ετών και άνω, και η δημοτικότητα της εμφανίζει μια ανοδική τάση όσο ανερχόμαστε την εκπαιδευτική

κλίμακα έως και τις πρώτες τάξεις του Λυκείου, ενώ στη συνέχεια φαίνεται να σταθεροποιείται (Hewson & Hamlyn 1984, Veiga 1988, Veiga et al. 1989, Carlton 2000).

Επιπλέον, η αντίληψη της θερμότητας ως κίνησης των σωματιδίων της ύλης, εμφανίζει κάποια κοινά στοιχεία με την αντίληψη των φυσικών του 18^{ου} αιώνα για τη φύση της θερμότητας. Στο κοινό τους «Μνημόνιο γύρω από μια νέα μέθοδο για τη μέτρηση της θερμότητας», οι Lavoisier και Laplace, αναφέρουν: «Άλλοι φυσικοί πάλι, πιστεύουν ότι η θερμότητα δεν είναι παρά το αποτέλεσμα ανεπαίσθητων κινήσεων στα μόρια της ύλης. Καθένας ξέρει ότι όλα τα σώματα, ακόμα και τα πυκνότερα, είναι γεμάτα από αναρίθμητους πόρους ή μικρές κοιλότητες, ο συνολικός όγκος των οποίων μπορεί να ξεπερνάει κατά πολύ τον όγκο της ύλης που τα περιβάλλουν. Αυτό δίνει περιθώριο στα μόρια να πάλλονται προς όλες τις κατευθύνσεις, και είναι φυσικό να σκεφτεί κανείς ότι τα μόρια αυτά βρίσκονται σε συνεχή κίνηση, που αν αυξηθεί και φτάσει σε ένα ορισμένο σημείο, μπορεί να διασπάσει και να αποσυνθέσει το σώμα. Σύμφωνα, λοιπόν, με τους φυσικούς για τους οποίους μιλάμε, αυτή ακριβώς η εσωτερική κίνηση, συνιστά τη θερμότητα» (Gillispie 1994, σελ. 221). Σύμφωνα επίσης με τον Gillispie (1994) ο Locke υποστήριζε ότι: «Η θερμότητα είναι μια έντονη διέγερση των αδιόρατων μερών ενός αντικειμένου, η οποία διέγερση μας δημιουργεί ένα αίσθημα που μας κάνει να ονομάζουμε αυτό το αντικείμενο θερμό. Έτσι, αυτό που για τις αισθήσεις μας είναι θερμότητα, στο αντικείμενο δεν είναι τίποτα άλλο παρά κίνηση» (σελ. 340).

1.2. Είδος φυσικού μεγέθους της θερμότητας

Σχετικά με το ζήτημα του είδους φυσικού μεγέθους της θερμότητας (ποιοτικό ή ποσοτικό μέγεθος), όπως προκύπτει από τα βιβλιογραφικά ευρήματα, ορισμένοι μαθητές αποδίδουν στη θερμότητα χαρακτηριστικά ποιοτικού μεγέθους, ενώ άλλοι αντιλαμβάνονται τη θερμότητα ως ένα ποσοτικό μέγεθος.

(α) Η αντίληψη της θερμότητας ως ποιοτικού μεγέθους

Σύμφωνα με την αντίληψη αυτή των μαθητών, η θερμότητα εμφανίζει χαρακτηριστικά ποιοτικού μεγέθους, ή με άλλα λόγια, θεωρείται ιδιότητα ή χαρακτηριστικό των σωμάτων (Albert 1978, Hewson & Hamlyn 1984, Wiser 1986,1987, Wiser & Kirpman 1988, Kesidou & Duit 1993). Σε μια τέτοια προσέγγιση, η θερμότητα χαρακτηρίζεται από την «έντασή» της ή από τη «δύναμή» της και όχι από την ποσότητά της.

Οι μαθητές που χρησιμοποιούν την παραπάνω αντίληψη, θεωρούν ότι η μέτρηση της θερμότητας γίνεται με τα θερμόμετρα και στην περίπτωση αυτή η θερμότητα μετριέται σε «βαθμούς» (Wiser 1986, Kesidou & Duit 1993).

Για τους μαθητές που αντιλαμβάνονται τη θερμότητα ως ποιοτικό μέγεθος, οι διαφορετικές θερμές πηγές εκπέμπουν θερμότητες διαφορετικής έντασης, δηλαδή, κάποιες θερμότητες είναι θερμότερες από κάποιες άλλες. Ένα σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας σε σχέση με ένα άλλο σώμα, δίνει θερμότητα περισσότερων «βαθμών» από ότι το δεύτερο σώμα.

Για τους μαθητές αυτούς, η θερμότητα, εμφανίζει χαρακτηριστικά εντατικού και εκτατικού μεγέθους. Είναι εντατικό μέγεθος με την έννοια ότι τα αποτελέσματα της θερμότητας είναι τα ίδια σε όλα τα σημεία του σώματος και εκτατικό με την έννοια ότι τα θερμά σώματα που έχουν μεγάλο μέγεθος, προκαλούν αποτελέσματα

μεγαλύτερης έντασης (Wiser 1986). Συνεπώς, η θερμότητα ως ποσότητα δεν έχει νόημα γι' αυτούς τους μαθητές.

Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι η αντίληψη σύμφωνα με την οποία η θερμότητα εκλαμβάνεται ως ποιοτικό μέγεθος, εμφανίζεται σε παιδιά των πρώτων τάξεων του Δημοτικού, και η δημοτικότητα της εμφανίζει μια ανοδική τάση όσο ανερχόμαστε την εκπαιδευτική κλίμακα έως και τις πρώτες τάξεις του Γυμνασίου, ενώ στη συνέχεια φαίνεται να εμφανίζει μια καθοδική τάση (Albert 1978, Hewson & Hamlyn 1984, Wiser 1986, Wiser & Kipman 1988, Kesidou & Duit 1993).

Η αντίληψη της θερμότητας ως ποιοτικού μεγέθους, παρουσιάζει ορισμένα κοινά στοιχεία με την επικρατούσα άποψη από τον 6^ο π.Χ. αιώνα (με τους Ίωνες φιλοσόφους), μέχρι τον 17^ο μ.Χ. αιώνα (με τους Πειραματιστές), σχετικά με το ζήτημα του είδους του φυσικού μεγέθους της θερμότητας. Σύμφωνα με την Αριστοτελική προσέγγιση, το «θερμό» και το «ψυχρό» ήταν ποιότητες/ιδιότητες των σωμάτων (Τσελφές 1994). Σύμφωνα επίσης με τους Πειραματιστές, η θερμότητα μετριόταν με την έντασή της ή με τη δύναμή της και όχι με την ποσότητά της (Wiser & Carey 1983).

(β) Η αντίληψη της θερμότητας ως ποσοτικού μεγέθους

Η θερμότητα για ορισμένους μαθητές εμφανίζει χαρακτηριστικά ποσοτικού μεγέθους. Στο πλαίσιο της αντίληψης αυτής, η θερμότητα δεν χαρακτηρίζεται από την έντασή της ή από τη δύναμή της αλλά αποκλειστικά από την ποσότητά της (Kesidou & Duit 1993, Harisson et al. 1999, Loverude, Kautz & Heron 2002, Greenbowe & Meltzer 2003).

Οι μαθητές που αντιλαμβάνονται τη θερμότητα ως ποσοτικό μέγεθος θεωρούν ότι οι διαφορετικές θερμές πηγές εκπέμπουν διαφορετικές ποσότητες θερμότητας. Ένα σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας σε σχέση με ένα άλλο σώμα, δίνει περισσότερη ποσότητα θερμότητας σε σχέση με το δεύτερο σώμα. Επιπλέον, σύμφωνα με τους μαθητές αυτούς, μεταξύ δύο σωμάτων που βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία, το σώμα μεγαλύτερης μάζας περιέχει περισσότερη ποσότητα θερμότητας.

Για τους μαθητές αυτούς, η θερμότητα, εμφανίζει χαρακτηριστικά εκτατικού μεγέθους. Μετριέται μέσα από τη σύγκριση κλιμακωτών ποσοτήτων και επιπλέον η συνολική θερμότητα που περιέχεται σε ένα σώμα ισούται με το άθροισμα των ποσοτήτων θερμότητας που περιέχουν τα διάφορα μέρη του σώματος.

Οι περισσότεροι από τους μαθητές που θεωρούν τη θερμότητα ποσοτικό μέγεθος έχουν την τάση να την θεωρούν ως έκφραση της κατάστασης θέρμανσης ενός σώματος και επομένως δεν την διαφοροποιούν από τη θερμοκρασία (Wiser & Kipman 1988).

Η αντίληψη ότι η θερμότητα είναι ποσοτικό μέγεθος, έχει εντοπιστεί σε μαθητές από 11-12 ετών και άνω, και η δημοτικότητα της εμφανίζει μια ανοδική τάση όσο ανερχόμαστε την εκπαιδευτική κλίμακα (Wiser 1986, Wiser & Kipman 1988, Greenbowe & Meltzer 2003).

1.3. Χρήση μιας ή δυο οντοτήτων για εξήγηση των θερμικών φαινομένων

Από τα βιβλιογραφικά ευρήματα (Erickson 1975, 1979, 1980, 1985, Appleton, 1984, 1985, Briggs & Brook 1984, Engel Clough & Driver 1985, Watts & Gilbert 1985, Magnusson, Krajcik & Borko 1993, Arnold et al. 1996, Καρανίκας 1996) προκύπτει ότι, ένα μέρος των μαθητών χρησιμοποιεί μια οντότητα, τη θερμότητα, για

να εξηγήσει τα διάφορα θερμικά φαινόμενα, ενώ κάποιοι άλλοι μαθητές χρησιμοποιούν δύο διαφορετικές οντότητες, τη θερμότητα και το ψύχος.

(α) Η αντίληψη της θερμότητας ως μίας οντότητας

Στο πλαίσιο αυτής της αντίληψης των μαθητών, η θερμότητα εμφανίζεται με μία οντότητα, που είναι υπεύθυνη τόσο για τη θέρμανση όσο και για τη ψύξη των σωμάτων (Erickson 1979, 1980, 1985, Appleton, 1984, 1985, Engel Clough & Driver 1985, Watts & Gilbert 1985, Arnold et al. 1996, Loverude 1999).

Οι μαθητές που χειρίζονται αυτή την αντίληψη, όταν αγγίζουν μια αρκετά θερμή επιφάνεια, θεωρούν ότι η αίσθηση του θερμού, οφείλεται στη θερμότητα που αφήνει το θερμό αντικείμενο και κινείται προς το σώμα τους. Όταν αγγίζουν μια αρκετά ψυχρή επιφάνεια θεωρούν ότι η αίσθηση του ψυχρού, οφείλεται και πάλι στη θερμότητα που αφήνει το σώμα τους και κινείται προς το ψυχρό αντικείμενο. Για αυτούς, η θερμοκρασία ενός θερμού σώματος μειώνεται, όταν έρθει σε επαφή με ένα ψυχρό σώμα, γιατί, η θερμότητα φεύγει από το θερμό σώμα και πηγαίνει στο ψυχρό (Erickson 1979).

Η αντίληψη σύμφωνα με την οποία τα θερμικά φαινόμενα εξηγούνται με τη χρήση μιας μόνο οντότητας, της θερμότητας, εμφανίζεται σε μικρά ποσοστά σε μαθητές από 12 ετών και άνω, και η δημοτικότητα της εμφανίζει μια ανοδική τάση όσο ανερχόμαστε την εκπαιδευτική κλίμακα μέχρι και το Λύκειο (Appleton, 1984, 1985, Engel Clough & Driver 1985).

(β) Η αντίληψη της θερμότητας και του ψύχους ως δύο διαφορετικών οντοτήτων

Σύμφωνα με αυτή την αντίληψη των μαθητών, η θερμότητα και το ψύχος είναι δύο διαφορετικές οντότητες και πιο συγκεκριμένα, η θερμότητα είναι υπεύθυνη για τη θέρμανση των σωμάτων και το ψύχος (ψυχρότητα ή κρύο), είναι υπεύθυνο για την ψύξη των σωμάτων (Erickson 1979, 1980, 1985, Appleton, 1984, 1985, Briggs & Brook 1984, Engel Clough & Driver 1985, Watts & Gilbert 1985, Magnusson, Krajcik & Borko 1993, Arnold et al. 1996, Καρανίκας 1996, Aiello-Nicosia & Sperandeo-Mineo 2000, Καρύδας & Κουμαράς 2000).

Αναφορικά με τη θερμοκρασία των σωμάτων, αυτή καθορίζεται συνήθως από την ανάμειξη της θερμότητας και του ψύχους που υπάρχουν μέσα στο σώμα (Briggs & Brook 1984).

Σύμφωνα με ορισμένους μαθητές, υπάρχουν δύο τύποι θερμότητας, η «ζεστή θερμότητα» και η «κρύα θερμότητα». Η «κρύα θερμότητα» είναι πιο ισχυρή και κινείται πιο γρήγορα σε σχέση με τη «ζεστή θερμότητα» (Erickson 1979).

Πολλές φορές, κάθε θερμοκρασία πάνω από το σημείο πήξης, θεωρείται από τους μαθητές, ότι παριστάνει θερμότητα, το δε ψύχος είναι το αντίθετο της θερμότητας και χρησιμοποιείται σε κάθε θερμοκρασία κάτω από το σημείο πήξης (Watts & Gilbert 1985).

Επιπλέον, στο πλαίσιο της εξήγησης των θερμικών φαινομένων με τη χρήση δύο διαφορετικών οντοτήτων, τόσο η θερμότητα όσο και το ψύχος, εφοδιάζονται με κίνηση. Οι μαθητές όταν αγγίζουν ένα θερμό αντικείμενο θεωρούν ότι η αίσθηση του θερμού, οφείλεται στη θερμότητα που αφήνει το θερμό αντικείμενο και κινείται προς το σώμα τους. Όταν αγγίζουν ένα ψυχρό αντικείμενο θεωρούν ότι η αίσθηση του ψυχρού, οφείλεται στο ψύχος που αφήνει το ψυχρό αντικείμενο και κινείται προς το σώμα τους. Αναφέρουν ότι το ψύχος μπορεί να μεταφερθεί σε ένα σώμα από ένα άλλο ψυχρό σώμα. Θεωρούν δηλαδή το ψύχος ως μια οντότητα διαφορετική της

θερμότητας που, όπως και η θερμότητα, μπορεί να μετακινείται (Erickson 1977,1979,1985, Appleton, 1984, 1985, Brook et al.1984, Tiberghien1985, Watts et al.1985, Jara-Guerrero 1993, Arnold et al.1996, Newell & Ross 1996).

Για τους μαθητές αυτούς, η θερμοκρασία ενός θερμού σώματος μειώνεται, όταν έρθει σε επαφή με ένα ψυχρό σώμα, γιατί το ψύχος φεύγει από το ψυχρό σώμα και πηγαίνει στο θερμό (Erickson 1979).

Η εξήγηση των θερμικών φαινομένων με τη χρήση δύο διαφορετικών οντοτήτων (θερμότητα και ψύχος), έχει εντοπιστεί σε παιδιά 10 ετών και άνω, και η δημοτικότητα της ανάμεσα στους μαθητές παραμένει σταθερή όσο ανερχόμαστε την εκπαιδευτική κλίμακα, μέχρι και το Γυμνάσιο, ενώ στο Λύκειο εμφανίζει μια καθοδική τάση (Engel Clough & Driver 1985, Newell & Ross 1996, Aiello-Nicosia & Sperandeo-Mineo 2000).

Η τάση των μαθητών να χρησιμοποιούν αυτή την αντίληψη μπορεί να ενισχύεται από την καθημερινή εμπειρία (π.χ. την αίσθηση που έχουν οι μαθητές όταν ακουμπούν ψυχρά αντικείμενα όπου το ψύχος φαίνεται να ρέει μέσα στο σώμα τους) και από τον καθημερινό λόγο (π.χ. τη χρήση φράσεων όπως «κλείσε την πόρτα για να μείνει το κρύο έξω») (Newell & Ross 1996).

Η αντίληψη των μαθητών για την ύπαρξη δύο διαφορετικών οντοτήτων, της θερμότητας και του ψύχους, παρουσιάζει κοινά στοιχεία με την αντίληψη των Ιώνων φιλοσόφων, του Αριστοτέλη και των Φυσικών του 13^{ου} μ.Χ (πχ. Crosseteste) έως και του 17^{ου} μ.Χ αιώνα (Πειραματιστές) για το «θερμό» και το «ψυχρό» (Wiser & Carey 1983, Τσελφές 1994). Στις διάφορες εξηγήσεις τους για τα θερμικά φαινόμενα, ήταν φανερό η χρήση δύο διαφορετικών οντοτήτων.

1.4. Διατήρηση ή μη της θερμότητας

Σχετικά με το ζήτημα της διατήρησης της συνολικής θερμότητας του συστήματος των σωμάτων κατά τη διάρκεια της εξέλιξης των θερμικών φαινομένων, από τις έρευνες προκύπτει ότι ορισμένοι μαθητές θεωρούν ότι η συνολική θερμότητα του συστήματος των σωμάτων διατηρείται, κινούμενη από το ένα σώμα στο άλλο, ενώ άλλοι μαθητές θεωρούν ότι η συνολική θερμότητα μεταβάλλεται (και ειδικότερα μειώνεται).

(α) Η αντίληψη της διατήρησης της θερμότητας

Σύμφωνα με αυτήν την αντίληψη των μαθητών, η συνολική θερμότητα του συστήματος των σωμάτων κατά τη διάρκεια της εξέλιξης των θερμικών φαινομένων διατηρείται (Jara-Guerrero 1993, Kesidou & Duit 1993, Van Roon et al. 1994, Loverude 1999, Meltzer 2001).

Οι μαθητές που θεωρούν τη θερμότητα ως ποσοτικό μέγεθος, συνήθως αποδέχονται τη διατήρηση της συνολικής θερμότητας του συστήματος των σωμάτων (Van Roon et al. 1994). Γι' αυτούς, η ποσότητα θερμότητας που χάνει ένα σώμα είναι ακριβώς ίση με την ποσότητα της θερμότητας που κερδίζει ένα άλλο σώμα («όση δίνει, τόση παίρνει») (Kesidou & Duit 1993).

Η αντίληψη ότι η θερμότητα διατηρείται, εμφανίζεται σε παιδιά από 13 ετών και άνω, και η δημοτικότητα της εμφανίζει μια ανοδική τάση όσο ανερχόμαστε την εκπαιδευτική κλίμακα (Jara-Guerrero 1993, Van Roon et al. 1994).

Η αντίληψη αυτή των μαθητών για τη διατήρηση της θερμότητας εμφανίζει κοινά χαρακτηριστικά με την επικρατούσα άποψη για τη θερμότητα από τον 18ο αιώνα έως και τα μέσα του 19ου αιώνα. Μολονότι οι φυσικοί ήταν διχασμένοι στο ζήτημα της

φύσης της θερμότητας (ρευστό ή κίνηση σωματιδίων), συμφωνούσαν στην αρχή της διατήρησης της θερμότητας. Στο κοινό τους «Μνημόνιο γύρω από μια νέα μέθοδο για τη μέτρηση της θερμότητας», οι Lavoisier και Laplace, αναφέρουν: «Αλλά όπως και αν έχει το πράγμα, αφού μόνο αυτές οι δύο υποθέσεις είναι δυνατόν να γίνουν σχετικά με τη φύση της θερμότητας, θα πρέπει να δεχτούμε τις αρχές που είναι κοινές και στις δύο. Άλλωστε, είτε σύμφωνα με τη μία είτε σύμφωνα με την άλλη υπόθεση, στα απλά μείγματα σωμάτων η ποσότητα ελεύθερης θερμότητας αποτελεί μια σταθερά» (Gillispie 1994, σελ. 222).

(β) Η αντίληψη της μη διατήρησης της θερμότητας

Στο πλαίσιο αυτής της αντίληψης των μαθητών, η συνολική θερμότητα κατά τη διάρκεια της εξέλιξης των θερμικών φαινομένων μεταβάλλεται και ειδικότερα μειώνεται (Wiser 1986). Για παράδειγμα, συχνά οι μαθητές θεωρούν ότι η θερμότητα που απορροφά ένα υγρό κατά τη θέρμανσή του είναι μεγαλύτερη από τη θερμότητα που χάνει κατά την ψύξη του (Wiser 1986, Φασουλόπουλος 2001).

Συνήθως, οι μαθητές που θεωρούν ότι η θερμότητα έχει χαρακτηριστικά ποιοτικού μεγέθους, θεωρούν ότι η συνολική θερμότητα ενός συστήματος σωμάτων μεταβάλλεται.

Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι η αντίληψη της μη διατήρησης της συνολικής θερμότητας του συστήματος των σωμάτων κατά τη διάρκεια της εξέλιξης των θερμικών φαινομένων, έχει εντοπιστεί σε μαθητές 10 ετών και άνω, και η δημοτικότητα της εμφανίζει μια ανοδική τάση όσο ανερχόμαστε την εκπαιδευτική κλίμακα έως και τις πρώτες τάξεις του Γυμνασίου, ενώ στη συνέχεια, η δημοτικότητα της αντίληψης αυτής εμφανίζει μια καθοδική τάση (Wiser 1986).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η αντίληψη αυτή των μαθητών για την μη διατήρηση της θερμότητας εμφανίζει κοινά χαρακτηριστικά με την επικρατούσα άποψη για τη θερμότητα, από τον 6^ο π.Χ. αιώνα (με τους Ίωνες φιλοσόφους), μέχρι τον 17^ο μ.Χ. αιώνα (με τους Πειραματιστές).

2. Αντιλήψεις μαθητών για τη θερμοκρασία

Ένα μικρό ποσοστό του μαθητικού πληθυσμού, αντιλαμβάνεται τη θερμοκρασία ως ένα φυσικό μέγεθος διαφορετικό από τη θερμότητα, που χαρακτηρίζει τα σώματα που βρίσκονται σε θερμική ισορροπία. Οι περισσότεροι όμως μαθητές χρησιμοποιούν ποικίλες αντιλήψεις μη συμβατές με τη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης για τη θερμοκρασία.

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών προκύπτει ότι τα ζητήματα ως προς τα οποία διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών για τη θερμοκρασία αφορούσαν:

- στη μη διαφοροποίηση θερμοκρασίας και θερμότητας και
- στον εντοπισμό παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η θερμοκρασία που αποκτούν τα σώματα (όταν βρίσκονται σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον τους).

2.1. Μη διαφοροποίηση θερμοκρασίας και θερμότητας

Από το σύνολο σχεδόν των ερευνών που αναφέρονται στις αντιλήψεις των μαθητών για την εννοιολογική περιοχή της θερμότητας, προκύπτει ότι οι μαθητές δεν διαφοροποιούν τη θερμότητα από τη θερμοκρασία (ενδεικτικά, Erickson 1979, 1980,

1985, Summers 1983, Warren 1983, Briggs & Brooks 1984, Tiberghien 1985, Ellse 1988, Παβάνης 1988, Καρανίκας 1996, Arnold et al.1996, Harrison et al. 1999, Καρύδας & Κουμαράς 2000). Συγκεκριμένα, οι μαθητές τείνουν να θεωρούν ότι η θερμοκρασία είναι μια ένδειξη της έντασης της θερμότητας (Wiser 1986, Kesidou & Duit 1993) ή ότι η θερμοκρασία αποτελεί μέτρο της ποσότητας της θερμότητας που περιέχεται σε ένα σώμα (Warren 1983, Briggs & Brook 1984, Tiberghien 1985, Ellse 1988, Καρανίκας 1996, Arnold et al.1996, Καρύδας & Κουμαράς 2000). Οι μαθητές που δεν διαφοροποιούν τη θερμοκρασία από τη θερμότητα, θεωρούν ότι δυο σώματα έχουν την ίδια θερμότητα, αν αυτά βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία και αντίστροφα (Kesidou & Duit 1993).

Ειδικότερα, από τα βιβλιογραφικά ευρήματα (Erickson 1975,1979, Summers 1983, Warren 1983, Briggs & Brook 1984, Tiberghien 1985, Kesidou & Duit 1993, Kesidou, Duit & Glynn 1995, Arnold et al.1996) προκύπτει ότι οι μαθητές που δεν διαφοροποιούν τη θερμοκρασία από τη θερμότητα, στις εξηγήσεις τους για τα θερμικά φαινόμενα, χειρίζονται τις παρακάτω τρεις αντιλήψεις:

- Η θερμοκρασία είναι ένδειξη της έντασης της θερμότητας.
- Η θερμοκρασία είναι μέτρο της ποσότητας της θερμότητας.
- Η θερμοκρασία συνδέεται με την ποσότητα της θερμότητας ανά μονάδα μάζας του σώματος.

(α) Η αντίληψη της θερμοκρασίας ως ένδειξης της έντασης της θερμότητας

Ένας σημαντικός αριθμός μαθητών στο πλαίσιο της εξήγησης των θερμικών φαινομένων, θεωρεί ότι η θερμοκρασία είναι μια ένδειξη της έντασης της θερμότητας (ή και του ψύχους) που περιέχει ένα σώμα, όταν δίνει εξηγήσεις σε διάφορες καταστάσεις θέρμανσης/ψύξης (Appleton, 1985, Wiser 1986, Kesidou & Duit 1993, Kesidou, Duit & Glynn 1995, Meltzer 2001, Greenbowe & Meltzer 2003).

Οι μαθητές που χειρίζονται αυτή την αντίληψη, αντιλαμβάνονται τη θερμότητα ως μέγεθος που χαρακτηρίζεται μόνο από την έντασή του, και κατά συνέπεια είναι ανεξάρτητη της μάζας του σώματος. Η θερμότητα λοιπόν σύμφωνα με αυτούς τους μαθητές, εμφανίζει χαρακτηριστικά εντατικού μεγέθους και η θερμοκρασία εκλαμβάνεται ως «βαθμός της θερμότητας» (Appleton 1985, Wiser 1986, Kesidou & Duit 1993, Greenbowe & Meltzer 2003).

Έτσι, σύμφωνα με τους μαθητές, σώματα διαφορετικού όγκου ή μάζας, που βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία, θεωρούνται από τους μαθητές ότι περιέχουν θερμότητες ίδιας έντασης. Επιπλέον, όταν ίσες ποσότητες διαφορετικών σωμάτων θερμανθούν από όμοιες πηγές και φθάσουν στην ίδια θερμοκρασία, αν και οι χρόνοι θέρμανσης τους είναι διαφορετικοί, οι μαθητές θεωρούν ότι τα σώματα έχουν λάβει την ίδια θερμότητα. Ακόμα και όταν τους τονίζεται το γεγονός ότι θερμαίνονται για διαφορετικό χρόνο, ένα μεγάλο μέρος αυτών εξακολουθεί να θεωρεί ότι έχουν λάβει την ίδια θερμότητα (Kesidou & Duit 1993). Γι' αυτούς, η θερμοκρασία εξομοιώνεται με τη θερμότητα, και αφού τα σώματα φθάνουν στην ίδια θερμοκρασία, θα πρέπει να έχουν δεχθεί ίδιες θερμότητες.

Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι η αντίληψη της θερμοκρασίας ως ένδειξης της έντασης της θερμότητας εντοπίστηκε σε μαθητές 10 ετών και άνω και η δημοτικότητα της εμφανίζει μια ανοδική τάση όσο ανερχόμαστε την εκπαιδευτική κλίμακα έως και τις πρώτες τάξεις του Γυμνασίου, ενώ στη συνέχεια φαίνεται να εμφανίζει μια καθοδική τάση (Wiser 1986, Kesidou & Duit 1993, Meltzer 2001).

(β) Η αντίληψη της θερμοκρασίας ως μέτρου της ποσότητας της θερμότητας

Σύμφωνα με αυτή την αντίληψη, η θερμοκρασία θεωρείται από τους μαθητές ως μέτρο της ποσότητας της θερμότητας (ή και του ψύχους) που περιέχει ένα σώμα (Albert 1978, Andersson 1979, Erickson 1975,1979,1980,1985, Tiberghien 1980,1985, Harris 1981, Shayer & Wylam 1981, Engel 1982, Summers 1983, Watts 1983, Appleton 1984, 1985, Brook et al. 1984, Hewson & Hamlyn 1984, Clough Engel et al. 1985, Finley 1985, Watts & Gilbert 1985, Hollon & Anderson 1986, Παβάνης 1988, Wiser 1986, 1988, Veiga et al. 1989, Avrams 1989, Terpstra et al.1989, Linn & Songer 1991, Kempner 1992, Ahtee 1993, Kesidou & Duit 1993, Magnusson & Krajcik 1993, Arnold & Millar 1994, 1996, Driver et al.1994, Thomaz et al. 1995, Καρανίκας 1996, Maskill et al. 1997, Frederik et al. 1999, Harrison et al. 1999, Καρύδας & Κουμαράς 2000, Greenbowe & Meltzer 2003).

Συνήθως οι μαθητές που χρησιμοποιούν αυτή την αντίληψη, αντιλαμβάνονται τη θερμότητα ως ποσοτικό μέγεθος (Kesidou & Duit 1993, Greenbowe & Meltzer 2003). Για αυτούς, η προσθήκη ή η απομάκρυνση κάποιας ποσότητας θερμότητας, έχει πάντοτε ως αποτέλεσμα την αύξηση ή την ελάττωση αντίστοιχα της θερμοκρασίας του σώματος, και αντίστροφα η θερμοκρασία μετρά την ποσότητα της θερμότητας που έχει ένα σώμα (Veiga 1988, Veiga et al. 1989).

Στο βαθμό που οι μαθητές αντιλαμβάνονται τη θερμοκρασία ως μέτρο της ποσότητας της θερμότητας, θεωρούν ότι η θερμοκρασία είναι κάτι που περνά από το ένα σώμα στο άλλο και οι βαθμοί της δείχνουν την ποσότητα της θερμότητας που έχει μεταφερθεί (Rosenquist, Popp & McDermott 1982, Gale 1993, Kesidou & Duit 1993, Thomaz et al. 1995, Maskill et al. 1997, Αντωνιάδου, Λεύκος, Χατζηκρανιώτης & Ψύλλος 2002).

Επίσης, όταν ένα θερμό αντικείμενο ρίχνεται μέσα σε ένα ψυχρό υγρό, υπάρχουν μαθητές που υποστηρίζουν ότι το άθροισμα των θερμοκρασιών των σωμάτων πριν και μετά το τέλος της αλληλεπίδρασης πρέπει να είναι το ίδιο. Σύμφωνα με τους μαθητές, δεν μπορεί να είναι διαφορετικό, γιατί αυτό θα σήμαινε ότι τα σώματα απέκτησαν ξαφνικά περισσότερη θερμότητα απ' ό,τι πριν.

Στο πλαίσιο αυτής της αντίληψης για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία, οι δύο αυτές έννοιες εμφανίζουν χαρακτηριστικά εκτατικού μεγέθους και η οποιαδήποτε μεταβολή στη θερμότητα επιφέρει μεταβολή στη θερμοκρασία (Gale 1993). Για παράδειγμα, επειδή οι μαθητές θεωρούν τα θερμοκρασία ως μέτρο της ποσότητας θερμότητας που περιέχει το σώμα η τελική θερμοκρασία του νερού που προκύπτει από την ανάμειξη δύο ίσων ποσοτήτων νερού θερμοκρασίας 50°C, είναι 100°C (Driver & Russel 1982) και αν προστίθεται θερμότητα σε ένα σώμα, η θερμοκρασία του θα πρέπει απαραίτητα να αυξάνεται (Andersson 1979, 1986, Tiberghien 1985, Παβάνης 1988, Sciarretta et al. 1990, Nachmias et al. 1990, Arnold et al. 1994, Thomaz et al. 1995, Καρανίκας 1996).

Η αντίληψη της θερμοκρασίας ως μέτρου της ποσότητας θερμότητας, εμφανίζεται σε μαθητές από 11-12 ετών και άνω, και η δημοτικότητα της εμφανίζει μια ανοδική τάση όσο ανερχόμαστε την εκπαιδευτική κλίμακα (Tiberghien 1985, Thomaz et al. 1995) Οι μαθητές άνω των 16 ετών, εξακολουθούν να χρησιμοποιούν αυτή την αντίληψη, σε σχετικά μικρότερο ποσοστό (Rosenquist, Popp & McDermott 1982, Kesidou & Duit 1990, 1993, Magnusson & Krajcik 1993, Arnold et al.1994,1996, Driver et al.1994, Καρανίκας 1996, Greenbowe & Meltzer 2003).

(γ) Η αντίληψη της θερμοκρασίας ως μέτρου της ποσότητας θερμότητας ανά μονάδα μάζας (ή όγκου) του σώματος

Μικρό ποσοστό μαθητών αντιλαμβάνεται ότι η θερμοκρασία δεν είναι απλά μέτρο της θερμότητας που περιέχεται σε ένα σώμα, αλλά ότι είναι το μέτρο της ποσότητας της θερμότητας που περιέχεται σε ένα σώμα ανά μονάδα όγκου ή μάζας του σώματος (Kesidou & Duit 1993). Αν και αυτή η αντίληψη τείνει προς την κατεύθυνση της σχολικής εκδοχής της επιστημονικής γνώσης, οι μαθητές δεν διαφοροποιούν τη θερμοκρασία από τη θερμότητα.

Η έλλειψη διάκρισης των εννοιών της θερμοκρασίας και της θερμότητας, σχετίζεται με την τάση που έχουν οι μαθητές να μεταβαίνουν από τη μια σημασία στην άλλη χωρίς οπωσδήποτε να το συνειδητοποιούν. Δεν αντιλαμβάνονται δηλαδή την ανάγκη να προβούν στις διακρίσεις που χειρίζεται η σχολική γνώση. Άλλωστε, ορισμένες από τις ιδέες που χειρίζεται ο μαθητικός πληθυσμός καλύπτουν ένα φάσμα σημασιών που μπορεί να διαφοροποιείται και να είναι ευρύτερο από τις σημασίες που χειρίζεται η σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης (Driver et al. 1985).

Η εννοιολογική αυτή σύγχυση που φαίνεται να είναι τόσο εκτεταμένη μεταξύ των μαθητών όλων των ηλικιών, θα μπορούσε εύκολα να μας φέρει συνειρμούς από την αντίστοιχη σύγχυση των εννοιών στους επιστήμονες μέχρι και τα μέσα του 18^{ου} αιώνα. Μέχρι τότε, οι δύο έννοιες (θερμότητα και θερμοκρασία) δεν είχαν διαφοροποιηθεί και συχνά θεωρούνταν είτε ως ταυτόσημες είτε ότι η θερμοκρασία δείχνει ή μετρά την ένταση ή την ποσότητα της θερμότητας (Wiser 1986).

2.2. Παράγοντες εξάρτησης της θερμοκρασίας ενός σώματος που βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον του

Τα σώματα που βρίσκονται σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον τους, σύμφωνα με τους περισσότερους μαθητές, αποκτούν διαφορετικές θερμοκρασίες. Για αυτούς, η θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον, εξαρτάται από ορισμένα χαρακτηριστικά αυτού καθ' εαυτού του σώματος και πιο συγκεκριμένα, από το μέγεθος, τη σύσταση, την πυκνότητα και τη σκληρότητά του.

Είναι ιδιαίτερα περιορισμένος ο αριθμός των μαθητών που θεωρούν ότι η θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον, είναι ίση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντός του.

Σχετικά λοιπόν με τη θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα όταν βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον του, τα βιβλιογραφικά ευρήματα κάνουν φανερή την ύπαρξη των παρακάτω αντιλήψεων:

(α) Εξάρτηση της θερμοκρασίας που αποκτά ένα σώμα από το μέγεθός του,

(β) Εξάρτηση της θερμοκρασίας που αποκτά ένα σώμα από τη σύστασή του,

(γ) Εξάρτηση της θερμοκρασίας που αποκτά ένα σώμα από την πυκνότητα ή τη σκληρότητά του,

(δ) Εξάρτηση της θερμοκρασίας που αποκτά ένα σώμα από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντός του.

(α) Η αντίληψη της εξάρτησης της θερμοκρασίας που αποκτά ένα σώμα από το μέγεθός του

Οι μαθητές θεωρούν, ότι η θερμοκρασία ενός σώματος που βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον του, εξαρτάται από το μέγεθός του, και όχι από τη

θερμοκρασία του περιβάλλοντός του (Erickson 1979, 1980, Viennot 1979, Stavy & Berkovitz 1980, Driver & Russell 1982, Appleton 1984, 1985, Frenkel & Strauss 1985, Rozier & Viennot 1991, Καρανίκας 1996, Φασουλόπουλος, 2001). Πιο συγκεκριμένα, σε συνθήκες δωματίου:

- για μεν τα θερμά σώματα, τα μεγαλύτερα σε μέγεθος έχουν υψηλότερη θερμοκρασία από τα μικρότερα και
- για δε τα ψυχρά σώματα, τα μεγαλύτερα σε μέγεθος έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με τα μικρότερα.

Οι προβλέψεις αυτές είναι πιθανόν να συνδέονται την αντίληψη των μαθητών, ότι η θερμοκρασία είναι μέτρο της ποσότητας της θερμότητας/ψύχους που έχει ένα σώμα. Έτσι, στο πλαίσιο μιας τέτοιας σύνδεσης, τα μεγαλύτερα σώματα μπορούν να περιέχουν περισσότερη θερμότητα (ή ψύχος) και συνεπώς μπορούν να έχουν υψηλότερη (ή χαμηλότερη) θερμοκρασία (Erickson 1979). Αυτοί λοιπόν οι μαθητές, θεωρούν τη θερμοκρασία ως εκτατικό μέγεθος μάλλον, παρά ως εντατικό (Appleton, 1984, 1985, Frenkel & Strauss 1985, Maskill et al. 1997).

Με την αντίληψη των μαθητών ότι η θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα εξαρτάται από το μέγεθός του, σχετίζεται η αντίληψη ότι η θερμοκρασία που προκύπτει από την ανάμιξη δύο υγρών, είναι ίση με το άθροισμα των αρχικών τους θερμοκρασιών. Πιο συγκεκριμένα, έχουν διεξαχθεί αρκετές εργασίες για τις ιδέες των παιδιών γύρω από την θερμοκρασία που προκύπτει όταν όγκοι νερού ίσων ή διαφορετικών θερμοκρασιών αναμιγνύονται (Erickson 1979, Stavy & Berkovitz 1980, Strauss 1981, Engel 1982, Driver & Russell 1982, Strauss & Stavy 1983, Καρανίκας 1996, Φασουλόπουλος 2001). Η περίπτωση της ανάμιξης ποσοτήτων νερού διαφορετικών θερμοκρασιών είναι πιο δύσκολη παρά η ανάμιξη ποσοτήτων νερού ίδιας θερμοκρασίας. Οι απαντήσεις των παιδιών χωρίστηκαν σε κατηγορίες ανάλογα με τις «στρατηγικές» που χρησιμοποιήθηκαν για την επίλυση του προβλήματος και την ηλικία των μαθητών. Βρέθηκε ότι οι μαθητές χρησιμοποίησαν τέσσερις διαφορετικές «στρατηγικές»:

- «προσθετική στρατηγική»: μια ομάδα μαθητών (κυρίως 7-9 ετών) προτίμησε σε μεγάλο ποσοστό μια «προσθετική» στρατηγική, δηλαδή θεώρησε ότι η θερμοκρασία που προκύπτει από την ανάμιξη δύο υγρών, είναι ίση με το άθροισμα των αρχικών θερμοκρασιών (Stavy & Berkovitz 1980, Driver & Russell 1982, Καρανίκας 1996, Φασουλόπουλος 2001).
- «αφαιρετική στρατηγική»: η ομάδα μαθητών μεγαλύτερης ηλικίας (13-14 ετών) παρουσίασε σε μεγάλο ποσοστό, εκτός της «προσθετικής» στρατηγικής, την τάση επιλογής μιας «αφαιρετικής» στρατηγικής, δηλαδή θεώρησε ότι η θερμοκρασία που προκύπτει από την ανάμιξη δύο υγρών, είναι ίση με τη διαφορά των αρχικών θερμοκρασιών (Stavy & Berkovitz 1980, Driver & Russell 1982, Καρανίκας 1996),
- «στρατηγική επικράτησης»: ένα μικρό ποσοστό μαθητών προτίμησε μια στρατηγική «επικράτησης», θεώρησε δηλαδή ότι η θερμοκρασία που προκύπτει από την ανάμιξη δύο υγρών, είναι ίση με την επικρατέστερη τιμή των αρχικών τους θερμοκρασιών,
- «στρατηγική μέσου όρου»: μια σημαντική ομάδα μαθητών (13-14 ετών), χρησιμοποίησε μια στρατηγική «μέσου όρου», θεώρησε δηλαδή ότι η θερμοκρασία που προκύπτει από την ανάμιξη δύο υγρών, είναι ίση με το μέσο όρο των αρχικών τους θερμοκρασιών.

(β) Η αντίληψη της εξάρτησης της θερμοκρασίας που αποκτά ένα σώμα από τη σύστασή του

Σύμφωνα με αυτή την αντίληψη των μαθητών, η φύση του υλικού ενός σώματος καθορίζει την θερμοκρασία ενός σώματος που βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον του (Tiberghien 1980,1985, Appleton 1984, 1985, Erickson 1975,1985, Frenkel & Strauss 1985, Thomaz et al. 1995, Καρανίκας 1996, Maskill et al.1997, Harrison et al. 1999, Aiello-Nicosia & Sperandeo-Mineo 2000, Jasier & Oberem 2002).

Οι μαθητές υποστηρίζουν ότι η διαφορετική αίσθηση που τους δημιουργείται όταν αγγίζουν δύο αντικείμενα (που βρίσκονται για αρκετό χρόνο στο ίδιο σταθερής θερμοκρασίας περιβάλλον), τους δίνει την εντύπωση ότι αυτά τα αντικείμενα θα βρίσκονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες (Appleton 1985, Gale 1993, Thomaz et al. 1995, Jasier & Oberem 2002). Συμπεραίνουν τότε ότι η θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα εξαρτάται από το υλικό κατασκευής του. Πολλοί μαθητές, για παράδειγμα, θεωρούν ότι τα μεταλλικά αντικείμενα είναι ψυχρότερα από τα ξύλινα (Tiberghien 1980).

Οι μαθητές λοιπόν, θεωρούν τη θερμοκρασία ως ιδιότητα των υλικών και δεν την αναγνωρίζουν ως φυσική παράμετρο που μπορεί να περιγράψει την κατάσταση ενός σώματος. Αυτό έχει τις παρακάτω συνέπειες:

- Σε ορισμένες περιπτώσεις οι μαθητές δεν αναγνωρίζουν ότι το ίδιο αντικείμενο μπορεί να έχει διάφορες θερμοκρασίες (Tiberghien 1980).
- Δημιουργούνται προβλήματα στην κατανόηση της θερμικής ισορροπίας (Tiberghien 1980). Οι μαθητές, δηλαδή, δεν αναγνωρίζουν ότι διάφορα αντικείμενα, που βρίσκονται σε επαφή, θα αποκτήσουν τελικά την ίδια θερμοκρασία.
- Σκέπτονται με βάση την ουσία και κατά περίπτωση, δηλαδή, σύμφωνα με την πειραματική κατάσταση. Δεν εγκαθιστούν μια συστηματική αιτιακή σύνδεση μεταξύ της θέρμανσης της ουσίας και του γεγονότος ότι η θερμοκρασία της αυξάνεται. Μικρό ποσοστό των μαθητών αντιλαμβάνεται ότι η θερμοκρασία όλων των σωμάτων αυξάνει όταν αυτά θερμαίνονται. Πολλοί μάλιστα από τους μαθητές προβλέπουν ότι ορισμένα υλικά (π.χ. άμμος, ζάχαρη) δεν μπορούν να θερμανθούν (Tiberghien 1985, Gale 1993).

Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι η αντίληψη της εξάρτησης της θερμοκρασίας που αποκτά ένα σώμα από τη σύστασή του, όπως προκύπτει από τα ερευνητικά ευρήματα, εμφανίζεται σε μεγάλο ποσοστό σε μαθητές 10-11 ετών και η δημοτικότητα της παραμένει σταθερή όσο ανερχόμαστε την εκπαιδευτική κλίμακα από το Δημοτικό έως και το Γυμνάσιο, ενώ στη συνέχεια, φαίνεται να εμφανίζει μια καθοδική τάση (Tiberghien 1980, Erickson 1985, Gale 1993, Thomaz et al. 1995, Maskill et al.1997, Aiello-Nicosia & Sperandeo-Mineo 2000, Jasier & Oberem, 2002).

(γ) Η αντίληψη της εξάρτησης της θερμοκρασίας που αποκτά ένα σώμα από την πυκνότητα ή τη σκληρότητά του

Οι θερμοκρασίες των σωμάτων που βρίσκονται σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον τους, σύμφωνα με ορισμένους μαθητές, εξαρτώνται από τη σκληρότητα ή την πυκνότητά τους (Tiberghien 1980, 1985, Appleton 1985, Brook et al. 1984, Engel et al. 1985, Frenkel & Strauss 1985, Gale 1993). Στο πλαίσιο των εξηγήσεών τους, οι μαθητές αυτοί θεωρούν ότι, ανάλογα με την πυκνότητα ή την σκληρότητα του υλικού

κατασκευής τους, η θερμότητα εισέρχεται ή φεύγει από αυτά, άλλες φορές πιο εύκολα και άλλες πιο δύσκολα, με αποτέλεσμα τα σώματα αυτά να έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες (Gale 1993, Kesidou & Duit 1993).

Η αντίληψη της εξάρτησης της θερμοκρασίας που αποκτά ένα σώμα από τη πυκνότητά του, εμφανίζεται σε μεγάλο ποσοστό σε μαθητές ηλικίας 10-11 ετών και άνω και η δημοτικότητά της εμφανίζει μια καθοδική τάση όσο ανερχόμαστε την εκπαιδευτική κλίμακα (Appleton 1985, Brook et al. 1984, Gale 1993).

(δ) Η αντίληψη της εξάρτησης της θερμοκρασίας που αποκτά ένα σώμα από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντός του

Για ορισμένους μαθητές, που φοιτούν κυρίως στο Λύκειο, τα σώματα που βρίσκονται για αρκετό χρόνο στο ίδιο περιβάλλον, πρέπει απαραίτητα να έχουν την ίδια θερμοκρασία με αυτήν του περιβάλλοντός τους (Linn & Songer 1991, Thomaz et al. 1995, Arnold & Millar 1996, Frederik, Van der Valk, Leite & Thoren 1999, Jasier & Oberem, 2002). Συνεπώς, γι' αυτούς τους μαθητές, τα χαρακτηριστικά ενός σώματος (π.χ. μέγεθος, σύσταση) δεν επηρεάζουν τη θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα.

3. Αντιλήψεις μαθητών για τη θερμική ισορροπία

Όπως προκύπτει από τις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για τη θερμική ισορροπία, το ζήτημα ως προς το οποίο διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις τους ήταν αν η θερμική ισορροπία υπάρχει ως πιθανή κατάσταση, όπου τα σώματα είναι πιθανόν να αποκτήσουν ίσες θερμοκρασίες ή ως αναγκαιότητα, όπου τα σώματα αποκτούν αναγκαστικά ίσες θερμοκρασίες.

Τα βιβλιογραφικά ευρήματα κάνουν φανερή την ύπαρξη των δύο ακόλουθων αντιλήψεων:

- θερμική ισορροπία ως πιθανή κατάσταση (τα σώματα που βρίσκονται για αρκετό χρόνο στο ίδιο περιβάλλον είναι πιθανόν να αποκτήσουν ίσες θερμοκρασίες)
- θερμική ισορροπία ως αναγκαιότητα (τα σώματα που βρίσκονται για αρκετό χρόνο στο ίδιο περιβάλλον αποκτούν αναγκαστικά ίσες θερμοκρασίες).

(α) Η αντίληψη της θερμικής ισορροπίας ως πιθανής κατάστασης

Τα ερευνητικά ευρήματα σχετικά με τρόπο με τον οποίο οι μαθητές αντιλαμβάνονται τη θερμική ισορροπία, υποδεικνύουν ότι οι περισσότεροι από αυτούς την θεωρούν ως μια πιθανή ή δυνατή κατάσταση και όχι ως μια αναγκαιότητα (Duit & Kesidou 1988, Wiser 1986, Kesidou & Duit 1993, Aiello-Nicosia & Sperandeo-Mineo 2000, Jasier & Oberem, 2002).

Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι μαθητές θεωρούν ότι τα σώματα που βρίσκονται για αρκετό χρόνο στο ίδιο περιβάλλον αποκτούν διαφορετικές θερμοκρασίες.

Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις, σύμφωνα με τους μαθητές, τα σώματα αποκτούν ίσες θερμοκρασίες. Όταν αναφέρονται όμως στην ισότητα θερμοκρασιών, πρόκειται μάλλον για εξίσωση των θερμοτήτων των σωμάτων στο επίπεδο είτε των εντάσεών τους, είτε των ποσοτήτων τους.

Η αντίληψη της θερμικής ισορροπίας ως πιθανής κατάστασης, παρουσιάζει κοινά στοιχεία με την άποψη των Φυσικών έως και του 17^{ου} μ.Χ αιώνα (Πειραματιστές). Σύμφωνα με τους Πειραματιστές, τα διάφορα σώματα δεν φτάνουν απαραίτητα σε

μια κατάσταση που χαρακτηρίζεται από ισότητα των θερμοκρασιών τους. Σε ορισμένες μόνο περιπτώσεις τα σώματα αποκτούν θερμότητες ίσων εντάσεων (Wiser 1986).

(β) Η αντίληψη της θερμικής ισορροπίας ως αναγκαιότητας

Για ορισμένους μαθητές, που φοιτούν κυρίως στο Λύκειο, τα σώματα που βρίσκονται στο ίδιο περιβάλλον για αρκετό χρόνο, πρέπει πάντα να αποκτήσουν απαραίτητα την ίδια θερμοκρασία (Linn & Songer 1991, Thomaz et al. 1995, Arnold & Millar 1996, Aiello-Nicosia & Sperandeo-Mineo 2000). Συνεπώς, γι' αυτούς τους μαθητές, η θερμική ισορροπία αποτελεί μια αναγκαιότητα, και όχι απλά μια πιθανή κατάσταση στην οποία μπορεί να βρεθούν τα σώματα.

4. Αντιλήψεις μαθητών για τη θερμική αγωγιμότητα των σωμάτων

Σε ό,τι αφορά τη διάδοση της θερμότητας με αγωγή, από τις απαντήσεις των μαθητών σε ερωτήσεις σχετικές με καταστάσεις θέρμανσης ή μόνωσης, όπως αυτές παρουσιάζονται στις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί (Tiberghien 1979, 1985, Erickson 1980, 1985, Engel Clough & Driver 1985), συνάγονται οι ακόλουθες αντιλήψεις για τη θερμική συμπεριφορά των σωμάτων:

- Οι μονωτές παράγουν θερμότητα.
- Οι αγωγοί έλκουν θερμότητα σε θερμό περιβάλλον και ψύχος σε ψυχρό περιβάλλον.
- Τα σώματα είναι αποκλειστικά είτε αγωγοί είτε μονωτές.

(α) Η αντίληψη της παραγωγής θερμότητας από τους μονωτές

Σύμφωνα με την αντίληψη αυτή των μαθητών, οι μονωτές (και πιο συγκεκριμένα τα μάλλινα και βαμβακερά σώματα) έχουν την ιδιότητα να απορροφούν αλλά κυρίως να δημιουργούν (παράγουν) θερμότητα και κατά συνέπεια να θερμαίνουν τα σώματα (Erickson & Tiberghien 1985, Bruce & Kopnick 1990, Jara-Guerrero 1993, Lewis 1991, 1996, Vosniadou & Kempner 1993, Harrison 1994, Lewis & Linn 1994, Newell & Ross 1996, Stylianidou 1997).

Οι μαθητές γνωρίζουν από την καθημερινή τους εμπειρία ότι όταν φορούν αρκετά ρούχα, τότε ζεσταίνονται. Αναφέρουν λοιπόν ότι οι μονωτές θερμαίνουν τα σώματα (Reterfalvi 1982, Erickson & Tiberghien 1985, Sciarreta et al. 1990, Kempner 1992, Lewis & Linn 1994, Boohan 1996, Newell & Ross 1996). Θεωρούν τα μάλλινα ως αντικείμενα που δημιουργούν θερμότητα και όχι ότι απλά επιβραδύνουν τη ροή θερμότητας που εκπέμπεται από τα σώματά τους (Lewis & Linn 1994, Newell & Ross 1996).

Πολλοί μαθητές εκπλήσσονται συχνά όταν ένας κύβος πάγου τυλιγμένος με μάλλινο ύφασμα ή με κομμάτια εφημερίδας «κρατάει περισσότερο» από έναν άλλο τοποθετημένο μέσα σε μεταλλικό φύλλο (Bruce & Kopnick, 1990). Παρόμοια, πιστεύουν ότι ο πάγος θα λιώσει πιο γρήγορα πάνω σε ξύλο, παρά σε μέταλλο, προβάλλοντας ως αιτιολόγηση την αντίληψη σύμφωνα με την οποία, το ξύλο είναι πιο ζεστό σε σχέση με το μέταλλο και έτσι το ξύλο θα θερμάνει πιο γρήγορα τον πάγο (Sciarreta et al. 1990).

Η ιδέα, επίσης, ότι η γούνα ζεσταίνει και ότι, αν τυλίξουμε ένα κομμάτι πάγου με μια γούνα αυτό θα λιώσει πιο γρήγορα, εμφανίζεται να αντιστέκεται στην αλλαγή παρά τις πειραματικές διαδικασίες που τη διαψεύδουν (Peterfalvi 1982).

Η αντίληψη των μαθητών ότι οι μονωτές παράγουν θερμότητα, εντοπίζεται σε πολύ μεγάλα ποσοστά σε μαθητές ηλικίας 10-11 ετών και άνω, και η δημοτικότητα της παραμένει σταθερή όσο ανερχόμαστε την εκπαιδευτική κλίμακα έως και τις πρώτες τάξεις του Λυκείου (Bruce & Kopniecek 1990, Lewis & Linn 1994, Newell & Ross 1996).

(β) Η αντίληψη της έλξης από τους αγωγούς θερμότητας σε θερμό περιβάλλον και ψύχους σε ψυχρό περιβάλλον

Στο πλαίσιο αυτής της αντίληψης, οι μαθητές θεωρούν ότι οι αγωγοί (και ειδικότερα τα μέταλλα), έχουν την ιδιότητα να έλκουν, να διατηρούν ή να απορροφούν, ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται, άλλες φορές το ψύχος και άλλες φορές τη θερμότητα (Tiberghien 1979,1985, Erickson 1980,1985, Tiberghien et al. 1983, Engel Clough & Driver 1985, Kesidou & Duit 1993, Lewis 1991, 1996, Harrison 1994, Lewis & Linn 1994, Harrison et al. 1999). Ειδικότερα, θεωρούν ότι:

- Σε θερμό περιβάλλον, οι αγωγοί έλκουν, διατηρούν ή απορροφούν θερμότητα.
- Σε ψυχρό περιβάλλον, οι αγωγοί έλκουν, διατηρούν ή απορροφούν ψύχος
- Έλξη, διατήρηση ή απορρόφηση θερμότητας από αγωγούς

Αρκετοί μαθητές θεωρούν ότι σε θερμό περιβάλλον οι αγωγοί έχουν την ιδιότητα να έλκουν, διατηρούν, ή απορροφούν τη θερμότητα.

Η αντίληψη αυτή, συνήθως εμφανίζεται σε καταστάσεις όπου υπάρχει ένας αγωγός σε θερμό περιβάλλον. Ο αγωγός σύμφωνα με τους μαθητές, θα έχει υψηλή θερμοκρασία, επειδή έλκει, απορροφά, ή διατηρεί τη θερμότητα.

Η ίδια αντίληψη εμφανίζεται και σε καταστάσεις στις οποίες υπάρχει ένας αγωγός (μεταλλικό δοχείο ή αλουμινόχαρτο), που ο ρόλος του είναι να διατηρεί το περιεχόμενο του σε υψηλή θερμοκρασία, για όσο το δυνατό περισσότερο διάστημα. Ο αγωγός διατηρεί την θερμή κατάσταση του αντικειμένου, που είναι στο εσωτερικό του, γιατί έχει την ιδιότητα να διατηρεί (ή «να κρατά») τη θερμότητα (Tiberghien 1979, 1985, Tiberghien et al. 1983, Engel Clough & Driver 1985).

Επειδή οι μαθητές αισθάνονται τα μέταλλα πιο θερμά σε σχέση με άλλα υλικά σε θερμό περιβάλλον, είναι εύκολο να συμπεράνουν ότι τα μέταλλα πρέπει να έχουν την ικανότητα να έλκουν, να απορροφούν ή να διατηρούν τη θερμότητα. Οι μαθητές τότε φτάνουν στο συμπέρασμα ότι, επειδή τα μέταλλα είναι θερμά σε θερμό περιβάλλον, αυτά θα είναι ιδανικά για να «κρατούν τα πράγματα ζεστά». Σε αυτήν την περίπτωση, οι μαθητές συγχέουν, τις διαδικασίες μεταφοράς ενέργειας με τη θερμοκρασία ενός δεδομένου υλικού.

Με την αντίληψη της έλξης, διατήρησης ή απορρόφησης της θερμότητας ή του ψύχους σχετίζεται και η αντίληψη ότι τα μέταλλα είναι μονωτές, αφού, όπως έχει αναφερθεί, τα μέταλλα είναι ιδανικά στο να κρατούν τα πράγματα θερμά ή ψυχρά. Αυτή η αντίληψη ενισχύεται από τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται τα υλικά στην καθημερινή ζωή.

Ένα παράδειγμα με το οποίο φαίνεται να ενισχύεται η αντίληψη ότι τα μέταλλα έχουν μονωτικές ιδιότητες, είναι η συνηθισμένη πρακτική μαγείρων σε εστιατόρια να τυλίγουν τα φαγητά για το σπίτι σε αλουμινόχαρτο με την αιτιολογία ότι έτσι θα διατηρηθούν ζεστά (Lewis & Linn 1994). Αλλά και στο σπίτι, συχνά οι μητέρες των μαθητών σκεπάζουν τα ζεστά φαγητά με αλουμινόχαρτο όταν τα βγάζουν από το φούρνο, λέγοντας ότι έτσι θα τα διατηρήσουν ζεστά (Lewis & Linn 1994).

- Έλξη, διατήρηση ή απορρόφηση ψύχους, από αγωγούς

Σύμφωνα με αυτή την αντίληψη, οι μαθητές θεωρούν ότι σε ψυχρό περιβάλλον, οι αγωγοί έχουν την ιδιότητα να έλκουν, να διατηρούν ή να απορροφούν το ψύχος.

Η αντίληψη αυτή εμφανίζεται σε καταστάσεις όπου υπάρχει ένας αγωγός (μέταλλο) σε ψυχρό περιβάλλον. Το μέταλλο, σύμφωνα με τους μαθητές, θα έχει χαμηλή θερμοκρασία, επειδή έλκει, απορροφά ή διατηρεί το ψύχος.

Επίσης, η αντίληψη αυτή εμφανίζεται σε καταστάσεις στις οποίες υπάρχει ένας αγωγός (μεταλλικό δοχείο ή αλουμινόχαρτο), μέσα σε ψυχρό περιβάλλον, του οποίου ο ρόλος είναι να διατηρεί το περιεχόμενο του σε χαμηλή θερμοκρασία, για όσο το δυνατόν περισσότερο διάστημα. Ο αγωγός, σύμφωνα με τους μαθητές, διατηρεί την ψυχρή κατάσταση του αντικειμένου, που είναι στο εσωτερικό του, γιατί έχει την ιδιότητα να απορροφά και να διατηρεί το ψύχος (Tiberghien 1979,1985, Tiberghien et al. 1983, Engel Clough & Driver 1985).

Σε καταστάσεις μόνωσης ενός ψυχρού σώματος, τα υλικά που με το άγγιγμα φαίνονται ψυχρά, επιλέγονται από τους μαθητές, για να κρατήσουν κρύα για όσο το δυνατόν περισσότερο χρονικό διάστημα, τα ψυχρά αντικείμενα. Οι μαθητές εγκαθιστούν μια αιτιακή σχέση του τύπου: «επειδή το υλικό είναι ψυχρό, ψύχει». Ειδικότερα, το αλουμινόχαρτο θεωρείται ως το καλύτερο υλικό με το οποίο πρέπει να τυλιχθεί ένα ψυχρό σώμα, για να παραμείνει όσο το δυνατόν για περισσότερο χρονικό διάστημα ψυχρό (Lewis & Linn 1994). Η εξήγηση που δίνουν οι μαθητές γι' αυτή την επιλογή τους, είναι ότι το αλουμινόχαρτο και γενικά τα μέταλλα έλκουν, διατηρούν ή απορροφούν ψύχος (Lewis & Linn 1994).

Σύμφωνα με τους μαθητές, η βασική ιδιότητα των αγωγών, σε ψυχρό περιβάλλον, είναι ότι οι αγωγοί «διατηρούν τα πράγματα κρύα» (Lewis & Linn 1994). Οι μαθητές διδάσκονται ότι τα μέταλλα είναι αγωγοί και διαπιστώνουν με τη βοήθεια των αισθήσεων, ότι σε ψυχρό περιβάλλον, τα αισθάνονται κρύα. Έτσι είναι εύλογο γι' αυτούς να συμπεράνουν ότι οι αγωγοί είναι σώματα ψυχρά, ή έχουν κάποια ιδιότητα που τους επιτρέπει να είναι ψυχρότερα σώματα σε σχέση με άλλα υλικά που είναι στο ίδιο περιβάλλον (Lewis & Linn 1994).

(γ) Η αντίληψη της κατάταξης των σωμάτων είτε στους αγωγούς είτε στους μονωτές

Σύμφωνα με τους μαθητές, τα διάφορα σώματα ταξινομούνται αποκλειστικά, είτε ως αγωγοί, είτε ως μονωτές (Brook et al. 1984). Για παράδειγμα, οι μαθητές θεωρούν το γυαλί ως μονωτή. Σύμφωνα όμως με τη σχολική γνώση, αυτό είναι δυνατό να ισχύει σε σχέση με κάποια σώματα (π.χ. αλουμίνιο), αλλά είναι δυνατό σε σχέση με κάποια άλλα, να μην ισχύει (π.χ. μαλλί).

Για τους μαθητές αυτούς λοιπόν, το κατά πόσο ένα σώμα είναι αγωγός ή μονωτής, είναι αποκλειστική ιδιότητα του σώματος, και δεν εξαρτάται από το σώμα με το οποίο θέλουμε να το συγκρίνουμε.

5. Εξηγήσεις μαθητών για θερμικά φαινόμενα

Η περαιτέρω επεξεργασία των απαντήσεων των μαθητών που παρουσιάζονται στις εμπειρικές έρευνες της συναφούς βιβλιογραφίας, επιτρέπει την ταξινόμηση των εξηγήσεων των μαθητών για τα θερμικά φαινόμενα σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με το αν συγκροτούνται στη βάση μιας ανάγνωσης των καταστάσεων με όρους δράσεων μεταξύ των σωμάτων ή με όρους διαφοράς στις τιμές των θερμοκρασιών των σωμάτων.

(α) Εξηγήσεις με όρους δράσης (δράσεων) του ενός σώματος πάνω στο άλλο, με ενδιάμεσους παράγοντες δύο «ποιότητες» ή ποσότητες (θερμότητα και ψύχος)

Οι μαθητές εμφανίζουν την τάση να ερμηνεύουν τα θερμικά φαινόμενα, με όρους δράσης (δράσεων) του ενός σώματος, που διαδραματίζει ένα ρόλο ενεργητικού παράγοντα, πάνω στο άλλο σώμα, που διαδραματίζει ένα ρόλο παθητικού υφιστάμενου των δράσεων του πρώτου σώματος (Andersson 1986, Κολιόπουλος 1997). Συγκεκριμένα, το πρώτο σώμα δίνει αυθόρμητα στο δεύτερο, θερμότητα ή ψύχος (ενδιάμεσοι παράγοντες).

Ειδικότερα, σε καταστάσεις θέρμανσης, ως αιτία της ροής θερμότητας θεωρείται το θερμό (ή το ψυχρό) σώμα και όχι η διαφορά θερμοκρασίας των σωμάτων (Wiser 1986, Tiberghien 1998, Viennot 1998). Στην περίπτωση για παράδειγμα, που ένα θερμό (ή ψυχρό) σώμα Α έρθει σε επαφή με ένα άλλο σώμα Β, από τις απαντήσεις των μαθητών συνάγεται ότι, το θερμό (ή ψυχρό) σώμα Α (ενεργητικός παράγοντας) εκπέμπει αυθόρμητα θερμότητα (ή ψύχος) (Wiser 1986, Tiberghien 1998). Η θερμότητα (ή το ψύχος) -που μπορούν να θεωρηθούν ενδιάμεσοι παράγοντες- μεταδίδονται στο σώμα Β (παθητικός παράγοντας). Αυτό, παρουσιάζοντας μια ορισμένη αντίσταση στη θέρμανση (ή ψύξη), παίρνει τη θερμότητα (ή το ψύχος). Όσο πιο μεγάλη ένταση θερμότητας (ή ψυχρότητας) έχει το σώμα Α, τόσο μεγαλύτερο αποτέλεσμα θα επιφέρει. Όσο μεγαλύτερη αντίσταση στη θέρμανση (ή ψύξη) παρουσιάζει το σώμα Β, τόσο μικρότερο θα είναι το αποτέλεσμα της διαδικασίας θέρμανσης (ή ψύξης) (Andersson 1986).

Σε καταστάσεις μόνωσης, όπου ένα δοχείο χρησιμοποιείται για να μονώσει ένα θερμό (ή ψυχρό) σώμα Α, οι μαθητές θεωρούν ότι (Tiberghien 1998):

- το δοχείο έλκει ή απορροφά θερμότητα ή ψύχος και διατηρεί τη θερμική κατάσταση του σώματος Α, ή
- το θερμό (ή ψυχρό) σώμα Α δίνει θερμότητα (ή ψύχος) η οποία διέρχεται μέσα από το δοχείο και κατευθύνεται προς το περιβάλλον, περισσότερο ή λιγότερο γρήγορα ανάλογα με τη σύσταση του δοχείου.

(β) Εξηγήσεις με όρους διαφοράς των τιμών θερμοκρασίας των σωμάτων, με ενδιάμεσο παράγοντα μια ποσότητα (θερμότητα)

Στο πλαίσιο των εξηγήσεων που εντάσσονται στην κατηγορία αυτή, οι μαθητές εξηγούν τα θερμικά φαινόμενα με όρους διαφοράς των τιμών θερμοκρασίας των σωμάτων, με ενδιάμεσο παράγοντα τη θερμότητα, χρησιμοποιώντας κατάλληλα τις έννοιες θερμότητα και θερμοκρασία. Έτσι, θεωρούν ότι αν δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας, έρθουν σε επαφή, τότε μεταφέρεται θερμότητα από το σώμα που βρίσκεται στην υψηλότερη προς το σώμα με τη χαμηλότερη θερμοκρασία (Linn & Songer 1991, Arnold & Millar 1996, Harisson et al. 1999). Αιτία, δηλαδή της μεταφοράς θερμότητας είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των σωμάτων και όχι το θερμό σώμα από μόνο του. Η μεταφορά θερμότητας θα έχει ως αποτέλεσμα να αρχίσει να μειώνεται η θερμοκρασία του θερμότερου σώματος, ενώ ταυτόχρονα να αυξάνεται η θερμοκρασία του ψυχρότερου σώματος. Η μεταφορά θερμότητας θα συνεχιστεί μέχρι τη στιγμή που οι θερμοκρασίες των δύο σωμάτων εξισωθούν (κατάσταση θερμικής ισορροπίας) (Linn & Songer 1991, Lewis & Linn 1994, Arnold & Millar 1996, Harisson et al. 1999).

Οι αντιλήψεις των μαθητών για τα θερμικά φαινόμενα

Διαστάσεις		Αντιλήψεις μαθητών
Θερμότητα	Φύση της θερμότητας	Η θερμότητα ως ουσία
		Η θερμότητα ως κίνηση σωματιδίων
	Είδος φυσικού μεγέθους της θερμότητας	Η θερμότητα ως ποιοτικό μέγεθος
		Η θερμότητα ως ποσοτικό μέγεθος
	Αριθμός οντοτήτων της θερμότητας	Η θερμότητα εμφανίζεται με δύο οντότητες (θερμότητα και ψύχος)
		Η θερμότητα εμφανίζεται με μια οντότητα (θερμότητα)
	Διατήρηση της θερμότητας	Η θερμότητα διατηρείται
		Η θερμότητα μεταβάλλεται.
Θερμοκρασία	Μη διαφοροποίηση θερμοκρασίας και θερμότητας	Η θερμοκρασία είναι ένδειξη της «ποιότητας» της θερμότητας
		Η θερμοκρασία είναι μέτρο της ποσότητας της θερμότητας
		Η θερμοκρασία συνδέεται με την ποσότητας της θερμότητας ανά μονάδα μάζας του σώματος.
	Παράγοντες εξάρτησης της θερμοκρασίας που αποκτά ένα σώμα (όταν βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον του)	Εξάρτηση της θερμοκρασίας που αποκτά ένα σώμα από το μέγεθός του
		Εξάρτηση της θερμοκρασίας που αποκτά ένα σώμα από τη σύστασή του
		Εξάρτηση της θερμοκρασίας που αποκτά ένα σώμα από την πυκνότητά του
		Εξάρτηση της θερμοκρασίας που αποκτά ένα σώμα από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντός του
Θερμική ισορροπία	Αναγκαιότητα ύπαρξης θερμικής ισορροπίας	Τα σώματα που βρίσκονται για αρκετό χρόνο στο ίδιο περιβάλλον είναι πιθανόν να αποκτήσουν ίσες θερμοκρασίες (θερμική ισορροπία ως πιθανή κατάσταση)
		Τα σώματα που βρίσκονται για αρκετό χρόνο στο ίδιο περιβάλλον αποκτούν αναγκαστικά ίσες θερμοκρασίες (θερμική ισορροπία ως αναγκαιότητα).
Θερμική αγωγιμότητα	Θερμική συμπεριφορά σωμάτων	Οι μονωτές παράγουν θερμότητα
		Οι αγωγοί έλκουν θερμότητα σε θερμό περιβάλλον και ψύχος σε ψυχρό περιβάλλον
		Οι αγωγοί άγουν τη θερμότητα πιο γρήγορα (ή πιο αργά) σε σχέση με τους μονωτές σε θερμό (ή σε ψυχρό) περιβάλλον
		Τα σώματα είναι αποκλειστικά αγωγοί ή μονωτές.

ΜΟΝΤΕΛΑ ΣΚΕΨΗΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΙΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

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

ΜΟΝΤΕΛΟ 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).

ΜΟΝΤΕΛΟ 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).

ΜΟΝΤΕΛΟ 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.

Εργασία: Μελετήστε τα παρακάτω τρία παραδείγματα. Σε ποιο μοντέλο σκέψης των μαθητών αντιστοιχεί κάθε παράδειγμα;

Παράδειγμα 1: Ένας σωλήνας με οινόπνευμα τοποθετείται σε δοχείο με ζεστό νερό. *«Το ζεστό νερό, αφού είναι ζεστό, δίδει ζεστασιά στο οινόπνευμα. Αυτή έχει περιορισμένη ένταση και μπορεί να ωθήσει το οινόπνευμα μέχρι ένα ορισμένο ύψος ... Η ζεστασιά μοιάζει με ζεστή σκόνη...Το νερό είναι το ίδιο ζεστό όπως πριν. Δε χάνει ζεστασιά. Η ζεστασιά μπαίνει στο οινόπνευμα μέχρι όλο του το περιεχόμενο να φτάσει στη θερμοκρασία της ζεστασιάς του νερού ...Ένα ζεστό σώμα δεν μπορεί να κάνει το άλλο περισσότερο ζεστό από τον εαυτό του. Η θερμοκρασία του οινόπνευματος δείχνει το πόσο δυνατή είναι η θερμότητά του».* Όταν ο σωλήνας τοποθετείται σε δοχείο με παγάκια, οι απαντήσεις δίνονται από τον μαθητή χρησιμοποιώντας το κρύο ως

οντότητα. «Το κρύο φεύγει από το παγάκι. Το οινόπνευμα θα κρυώνει συνέχεια. Η θερμοκρασία του, δείχνει την ένταση του κρύου που έχει». Σε ερώτηση σχετική με τη θερμοκρασία μιας ράβδου από σίδηρο και μιας από ξύλο, στην ίδια έρευνα ο παραπάνω μαθητής απαντά: «Ο σίδηρος είναι πιο κρύος, τον αισθάνομαι πιο κρύο. Έχει πιο μικρή θερμοκρασία ... Περιέχει περισσότερο κρύο από ότι το ξύλο. Έλκει περισσότερο το κρύο. Είναι μέταλλο» (Wiser 1986, σελ. 24-39).

Παράδειγμα 2: Ένας σωλήνας με χρωματισμένο νερό τοποθετείται σε δοχείο με θερμό νερό: «Μια ποσότητα θερμότητας εκπέμπεται από το θερμό νερό. Διέρχεται μέσα από το γυαλί και απορροφάται από το χρωματισμένο νερό ... Αν το αφήσεις αρκετά στο ζεστό νερό, θα αποκτήσει ίδιο ποσό θερμότητας με το νερό ... Τα θερμά σώματα περιέχουν ποσότητα θερμότητας. Όταν αυτά κρυώνουν αυτή η θερμότητα διαφεύγει στον αέρα ... Η θερμότητα φεύγει από κάθε σώμα που είναι ζεστό ... Η θερμοκρασία του σώματος βασίζεται στην ποσότητα της θερμότητας που περιέχει ... Όση θερμότητα φεύγει από το ένα σώμα τόση πάει στο άλλο... Η θερμοκρασία του νερού μειώνεται όταν ένα παγάκι προστεθεί σε αυτό, γιατί το κρύο αφήνει το παγάκι και πηγαίνει στο νερό... Η κρύα θερμότητα κινείται γρηγορότερα από τη ζεστή θερμότητα». «ο σιδερένιος κύβος πρέπει να έχει μικρότερη θερμοκρασία από το ξύλινο. Είναι από μέταλλο. Μπορούμε να τους αγγίξουμε και να το διαπιστώσουμε». «Το μεγαλύτερο κομμάτι πάγου έχει πιο μικρή θερμοκρασία από το μικρότερο» (Erickson 1979, σελ. 224).

Παράδειγμα 3: «Η ποσότητα της θερμότητας είναι κάτι που κρατά το σώμα σε κάποια θερμοκρασία. Ένα μεγαλύτερο σώμα χρειάζεται περισσότερη θερμότητα για να κρατηθεί σε μια ορισμένη θερμοκρασία, από ότι ένα μικρότερο σώμα για να κρατηθεί στην ίδια θερμοκρασία. Ένα ποτήρι με νερό στους 20° C έχει λιγότερη θερμότητα από μια μπανιέρα με νερό 20° C γιατί έχει λιγότερο νερό ... Η θερμοκρασία μετρά το πόσο θερμό ή ψυχρό είναι ένα σώμα. Η ποσότητα της θερμότητας μετριέται σε θερμίδες. Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα τόσο περισσότερη ποσότητα θερμότητας έχει το σώμα. Ένα κομμάτι πίτσας έχει την ίδια θερμοκρασία με ολόκληρη την πίτσα, αλλά όχι την ίδια θερμότητα, γιατί ολόκληρη η πίτσα είναι μεγαλύτερη και έχει περισσότερη μάζα και θερμότητα». «Επειδή η θερμοκρασία του ζεστού κύβου είναι πιο μεγάλη από τη θερμοκρασία του δωματίου στην οποία βρίσκεται ο ψυχρός κύβος, ο ζεστός κύβος θα αρχίσει να χάνει θερμότητα και ο ψυχρός κύβος θα παίρνει αυτή τη θερμότητα, μέχρι να φτάσουν και οι δύο στη θερμοκρασία του δωματίου» (Linn & Songer 1991, σελ. 895).

Αντιλήψεις για τον Βρασμό

- 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).

Αντιλήψεις για την 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).

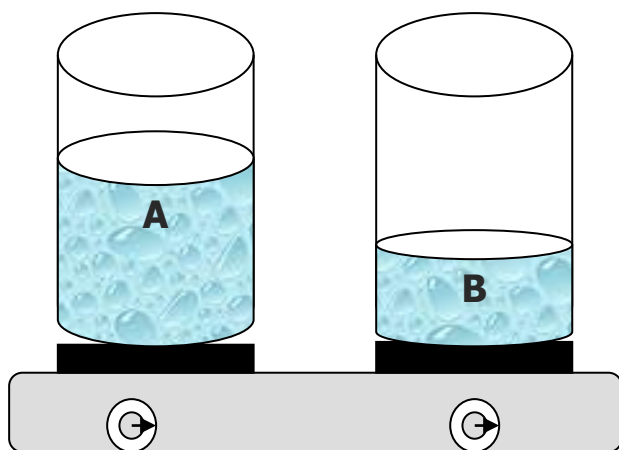
Ερωτήσεις

1. Υποθέτουμε ότι έχουμε ένα θερμόμετρο που θα μπορούσε να μετρήσει κάθε θερμοκρασία. Ποια είναι η μικρότερη και ποια η μεγαλύτερη θερμοκρασία που θα μπορούσε να μετρήσει;
2. Γεμίζουμε μια λεκάνη και ένα ποτήρι με νερό. Τα αφήνουμε σε μια γωνιά για ένα ολόκληρο βράδυ. Η θερμοκρασία του δωματίου είναι συνεχώς σταθερή. Την άλλη ημέρα μετρούμε τη θερμοκρασία των υγρών. Τι θα διαπιστώσουμε;
3. Γεμίζουμε τρία όμοια ποτήρια με νερό, λάδι και αλεύρι αντίστοιχα. Τα αφήνουμε σε μια γωνιά για ένα ολόκληρο βράδυ. Η θερμοκρασία του δωματίου είναι συνεχώς σταθερή. Την άλλη ημέρα μετρούμε τη θερμοκρασία των υγρών. Τι θα διαπιστώσουμε;
4. Δύο παγάκια ένα μικρό και ένα αρκετά πιο μεγάλο είναι στην κατάψυξη. Ποιο παγάκι θα έχει μικρότερη θερμοκρασία; Εξηγήστε.
5. Όταν η μία από τις άκρες μιας μεταλλικής βελόνας πλεξίματος ακουμπά επάνω σε ένα κομμάτι πάγου, μετά από λίγο αισθανόμαστε ότι η άκρη από την οποία την κρατάμε έχει κρυώσει. Εξηγήστε γιατί συμβαίνει αυτό.
6. Σε ένα ψυγείο τοποθετούμε ένα ξύλινο και ένα σιδερένιο πιάτο ίδιου μεγέθους και τα αφήνουμε για αρκετές ημέρες. Με το ένα σου χέρι αγγίζεις το σιδερένιο πιάτο και με το άλλο σου χέρι το ξύλινο πιάτο.
 - Αισθάνεσαι το ίδιο ζεστά τα δύο πιάτα;
 - Τα πιάτα έχουν ίσες ή διαφορετικές θερμοκρασίες;Μπορείς να δικαιολογήσεις τις απαντήσεις σου;
7. Περιγράψτε τη διαδικασία με την οποία θερμαίνεται το νερό μιας κατσαρόλας πάνω στο μάτι μιας κουζίνας
8. Σε αλουμινόχαρτο ή σε μάλλινο ύφασμα, θα προτιμούσες να τυλίξεις μια κρύα σιδερένια ράβδο ώστε να μείνει για όσο το δυνατόν περισσότερο χρόνο κρύα;
9. Σε αλουμινόχαρτο ή σε μάλλινο ύφασμα, θα προτιμούσες να τυλίξεις μια ζεστή σιδερένια ράβδο ώστε να μείνει για όσο το δυνατόν περισσότερο χρόνο ζεστή;
10. Σε ποιο δοχείο, σιδερένιο ή ξύλινο, θα προτιμούσες να βάλεις μια σιδερένια ράβδο που την είχαμε για αρκετές ώρες στο ψυγείο, ώστε να μείνει για όσο το

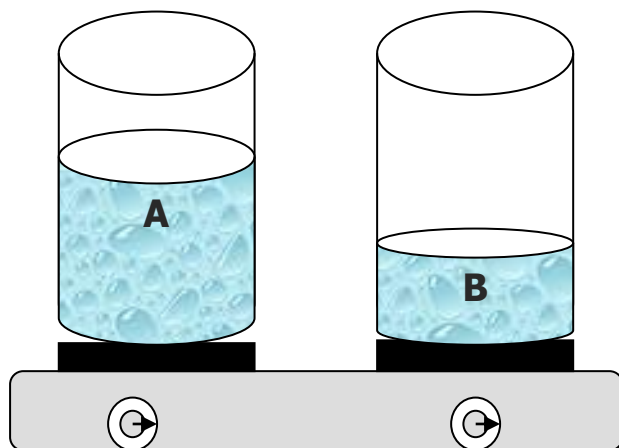
δυνατόν περισσότερο χρόνο κρύα;

11. Αγοράζεις ζεστό ψωμί. Θέλεις να το μεταφέρεις στο σπίτι σου διατηρώντας το όσο το δυνατό ζεστό. Η Ελένη σου λέει να το τυλίξεις με μια μάλλινη μπλούζα για να το μεταφέρεις μέχρι το σπίτι σου. Η Γεωργία σου λέει ότι είναι προτιμότερο να το μεταφέρεις τυλιγμένο σε χαρτί. Τι πιστεύεις εσύ;

12. Τα δοχεία A και B περιέχουν νερό ίδιας θερμοκρασίας. Ζεσταίνουμε το δοχείο A. Στη συνέχεια ζεσταίνουμε το δοχείο B ώστε το νερό που περιέχει να φτάσει στην ίδια θερμοκρασία με το νερό του δοχείου A. Το νερό που περιέχει κάθε δοχείο πήρε την ίδια ποσότητα θερμότητας; Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;



13. Τα δοχεία A και B περιέχουν νερό ίδιας θερμοκρασίας. Ζεσταίνουμε τα δοχεία A και B για το ίδιο χρονικό διάστημα. Το νερό που περιέχει κάθε δοχείο έφθασε στην ίδια θερμοκρασία; Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;



14. Έχουμε δύο δοχεία. Ρίχνουμε στο πρώτο 200ml νερό βρύσης θερμοκρασίας 20°C . Στο άλλο ρίχνουμε 200ml νερό θερμοκρασίας 20°C . Ρίχνουμε το νερό του πρώτου δοχείου στο δεύτερο και το ανακατεύουμε. Ποια θα είναι η θερμοκρασία του νερού;

15. Έχουμε δύο δοχεία. Ρίχνουμε στο πρώτο 200ml νερό βρύσης θερμοκρασίας 20°C . Στο άλλο ρίχνουμε 200ml νερό θερμοκρασίας 70°C . Ρίχνουμε το νερό του πρώτου δοχείου στο δεύτερο και το ανακατεύουμε. Ποια θα είναι η θερμοκρασία του νερού;

16. Έχουμε δύο δοχεία. Ρίχνουμε στο πρώτο 200ml νερό βρύσης θερμοκρασίας 20°C . Στο άλλο ρίχνουμε 400ml νερό θερμοκρασίας 40°C . Ρίχνουμε το νερό του πρώτου δοχείου στο δεύτερο και το ανακατεύουμε. Ποια θα είναι η θερμοκρασία του νερού;

17. Στην κατάψυξη ενός ψυγείου τοποθετούμε ένα δοχείο που περιέχει 200 γρ. νερό θερμοκρασίας 20°C . Το νερό ψύχεται και όταν αρχίζει να παγώνει το θερμόμετρο δείχνει 0°C . Γυρίζουμε το διακόπτη ψύξης ώστε να ελαττωθεί η θερμοκρασία στην κατάψυξη. Τι πιστεύεις ότι θα δείχνει το θερμόμετρο;

A. Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τους 0°C .

B. Μικρότερη θερμοκρασία από τους 0°C .

Γ. Ίση θερμοκρασία με τους 0°C .

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

Τι θα έδειχνε το θερμόμετρο αν είχαμε 400γρ. νερό;

18. Φτιάχνω μια χιονόμπαλα. Καρφώνω πάνω της ένα θερμόμετρο. Κρατώ όσο αντέχω τη χιονόμπαλα με τα χέρια μου. Τι θερμοκρασία θα δείξει το θερμόμετρο;

19. 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;

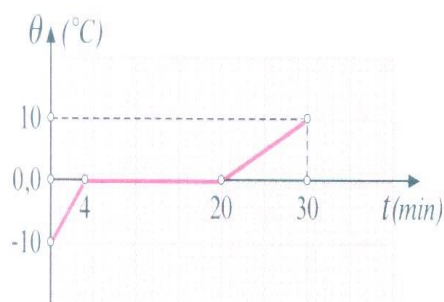
A. Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τους 100°C

B. Μικρότερη θερμοκρασία από τους 100°C

Γ. 100°C .

20. Όταν βράζει το νερό δημιουργούνται φυσαλίδες. Τι περιέχουν;

21. Η γραφική παράσταση του σχήματος δείχνει πως μεταβάλλεται με το χρόνο η θερμοκρασία μιας ποσότητας πάγου που θερμαίνεται σε σταθερή φλόγα.



1. Πόσο χρόνο θερμάνθηκε ο πάγος μέχρι να μετατραπεί εξ ολοκλήρου σε νερό;

2. Πόσο χρόνο διήρκεσε το λιώσιμο του πάγου;

3. 10 λεπτά μετά τη στιγμή που ο πάγος αρχίζει να λιώνει, μέσα στο δοχείο θέρμανσης υπάρχει μόνο πάγος, μόνο νερό ή και πάγος και νερό;

4.9. Ηλεκτρικό κύκλωμα

Έννοιες και αρχές

Ηλεκτρικό ρεύμα ονομάζεται η προσανατολισμένη κίνηση των ηλεκτρονίων ή γενικότερα των φορτισμένων σωματιδίων.

Ορίζουμε την **ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος** (I) που διαρρέει έναν αγωγό, ως το φορτίο (q) που διέρχεται από μία διατομή του αγωγού σε κάποιο χρονικό διάστημα ($I=q/t$).

Μονάδα έντασης ηλεκτρικού ρεύματος : **1 Ampere (A)**.

Όργανα μέτρησης ηλεκτρικού ρεύματος : **Αμπερόμετρα**

Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που βρίσκονται στο εσωτερικό των μεταλλικών αγωγών κινούνται με την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου που προκαλεί η πηγή από τον αρνητικό πόλο της πηγής προς το θετικό πόλο της πηγής.

Αυτή η φορά κίνησης είναι η **πραγματική φορά του ρεύματος**.

Όμως, έχει επικρατήσει για ιστορικούς λόγους να θεωρούμε ότι η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος είναι από το θετικό πόλο προς τον αρνητικό πόλο της πηγής. Αυτή είναι η **συμβατική φορά του ρεύματος**.

Διαφορά δυναμικού ή τάση

Ονομάζουμε **διαφορά δυναμικού ή τάση** (V) στα άκρα μιας ηλεκτρικής πηγής το πηλίκο της ενέργειας (E) που προσφέρεται από την πηγή σε φορτίο (q) που διέρχεται από αυτήν προς το φορτίο q αυτό.

Μονάδα διαφοράς δυναμικού : **1 Volt (V)**.

Όργανα μέτρησης ηλεκτρικής τάσης : **Βολτόμετρα**

Ηλεκτρική αντίσταση ενός ηλεκτρικού διπόλου (R) ονομάζουμε το πηλίκο της ηλεκτρικής τάσης (V) που εφαρμόζεται στα άκρα του διπόλου προς την ένταση (I) του ηλεκτρικού ρεύματος που το διαρρέει.

Μονάδα αντίστασης : **1 Ohm (Ω)**.

Η αντίσταση εκφράζει τη δυσκολία που εμφανίζει ένας αγωγός στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από αυτόν.

Η αντίσταση ενός μεταλλικού αγωγού : είναι ανάλογη του μήκους του (ℓ), είναι αντιστρόφως ανάλογη του εμβαδού της διατομής του (A). Εξαρτάται από το είδος του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένος και εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αγωγού.

Όργανα μέτρησης αντίστασης : **Ωμόμετρα**

NOMOS TOY ΩM (Ohm)

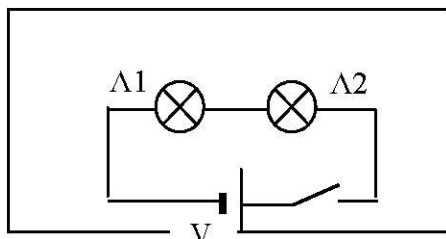
Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (I) που διαρρέει έναν μεταλλικό αγωγό είναι ανάλογη της διαφοράς δυναμικού (V) που εφαρμόζεται στα άκρα του ($I=V/R$).

Δεν υπακούουν στο νόμο του Ωm όλα τα ηλεκτρικά δίπολα. Οι συσκευές που υπακούουν στο νόμο του Ωm λέγονται αντιστάτες.

Σύνδεση αντιστάσεων σε σειρά

Όταν συνδέουμε δύο ή περισσότερους λαμπτήρες σε σειρά, και κλείσουμε το διακόπτη, παρατηρούμε ότι οι λαμπτήρες ανάβουν ταυτόχρονα. Αυτό συμβαίνει γιατί τα ηλεκτρόνια κινούνται κατά μήκος του κυκλώματος και δεν δημιουργούνται από τη πηγή. Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ίδια σε όλα τα σημεία του κυκλώματος (λόγω αρχής διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου). Η τάση στα άκρα του κυκλώματος ισούται με το άθροισμα των τάσεων στα άκρα κάθε λαμπτήρα (λόγω αρχής διατήρησης της ηλεκτρικής ενέργειας).

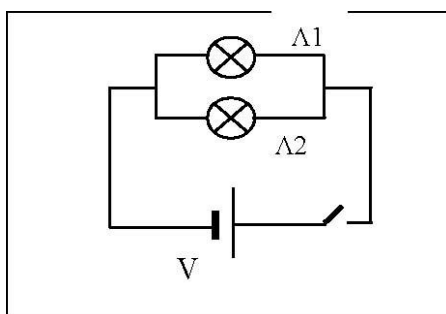
Για την ολική αντίσταση ισχύει: $R = R_1 + R_2$.



Σύνδεση αντιστάσεων παράλληλα

Δύο λαμπτήρες που συνδέονται στα ίδια άκρα ενός κυκλώματος λέμε ότι βρίσκονται σε παράλληλη σύνδεση και λειτουργούν ανεξάρτητα η μια από την άλλη. Οι λαμπτήρες αφού έχουν τα ίδια άκρα θα έχουν και την ίδια τάση, ενώ το ρεύμα που τις διαρρέει θα είναι διαφορετικό. Το άθροισμα των εντάσεων των ρευμάτων στους δύο λαμπτήρες θα ισούται με το συνολικό ρεύμα του κυκλώματος.

Για την ολική αντίσταση ισχύει: $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$.



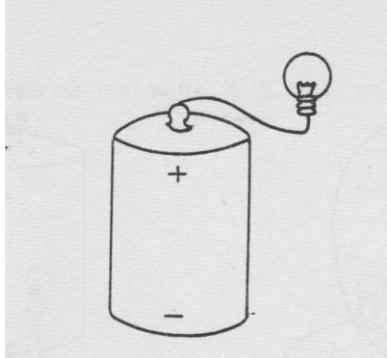
Αντιλήψεις των μαθητών για το «ρεύμα»

- «το ρεύμα αποθηκεύεται στην μπαταρία»
- «το ρεύμα καταναλώνεται»
- «το ρεύμα είναι ενέργεια»

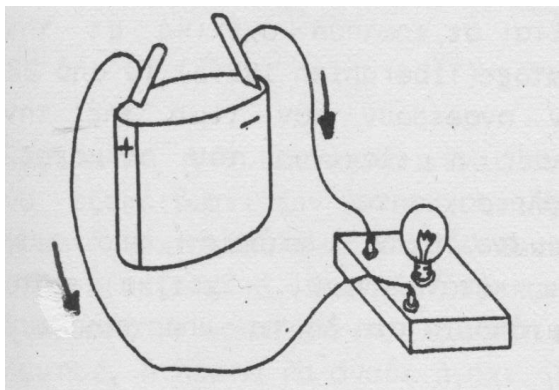
Μοντέλα μαθητών για το ηλεκτρικό ρεύμα

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):

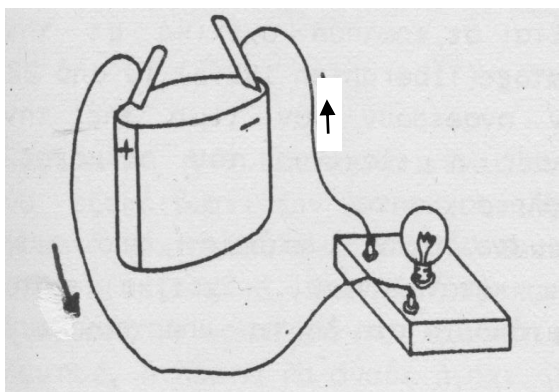
- **Μονοπολικό μοντέλο:** προκειμένου να λειτουργήσει ένα απλό κύκλωμα με πηγή και λάμπα και να ανάψει η λάμπα χρειάζεται μόνο ένας αγωγός που να συνδέει την πηγή με τον καταναλωτή.



- **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 εξασθένησης 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».

Προβλήματα συλλογισμών στα ηλεκτρικά κυκλώματα:

1. Στη πρόβλεψη λαμπρότητας λάμπας συνδεδεμένης με συνδυασμό μπαταριών ή λάμπας περιλαμβανόμενης σε συνδυασμό λαμπών χρησιμοποιούν ποσοτική αιτιακή σχέση μεταξύ του αριθμού λαμπών και μπαταριών που περιλαμβάνονται (δεν χρησιμοποιούν τις έννοιες τάση, ένταση, αντίσταση).

2. Στη πρόβλεψη διάρκειας μπαταρίας συνδεδεμένης με συνδυασμό λαμπών χρησιμοποιούν μια ποσοτική αιτιακή σχέση σε σχέση με τον αριθμό λαμπών που συνδέονται με την μπαταρία.

- Οι μαθητές δεν αναγνωρίζουν ότι μια μεταβολή σε ένα σημείο του κυκλώματος είναι η αιτία για μια σειρά αλλαγών σε όλο το μήκος του κυκλώματος αλλά αναπτύσσουν μια τοπική θεώρηση ότι η επίδραση της αλλαγής είναι μόνο μετά από τη θέση της.
- Οι μαθητές αποδίδουν στο ρεύμα ιδιότητες της ενέργειας όπως αποθήκευση και μη διατήρηση στο κύκλωμα. Αυτές διατηρούνται λόγω των περιστάσεων της καθημερινής ζωής και του γεγονότος ότι η σχολική ύλη δεν έρχεται σε αντίθεση με αυτές.
- Θεωρείται ότι το ρεύμα είναι αποθηκευμένο στη μπαταρία και για αυτό το λόγο πιστεύουν ότι η τάση είναι ιδιότητα του ρεύματος. Φτάνουν στη τάση μέσω μαθηματικών τύπων και δεν αναγνωρίζουν την ύπαρξη τάσης μεταξύ ασύνδετων σημείων ενός κυκλώματος.

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.

Σχήματα που ερμηνεύουν τις αντιλήψεις των μαθητών

Έχουν προταθεί τα ακόλουθα σχήματα:

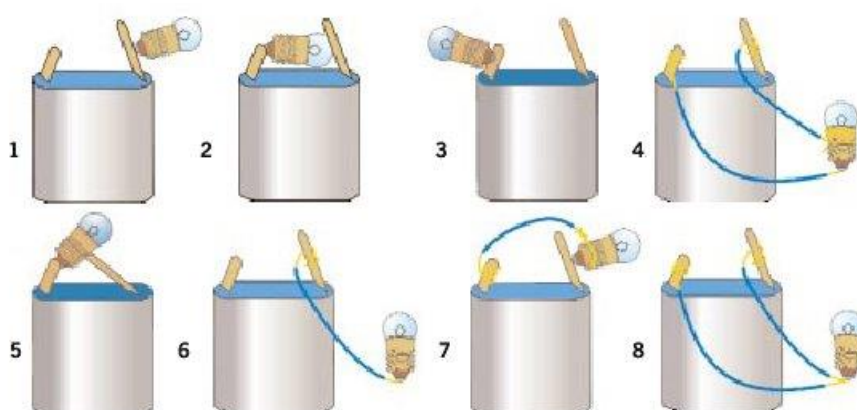
- **Στο σχήμα «μεταφοράς»** υπάρχουν δύο παράγοντες ο δότης, η ηλεκτρική πηγή-μπαταρία, και ο δέκτης, ο καταναλωτής-λάμπα, οι οποίοι μπορεί να είναι είτε ενεργοί είτε παθητικοί. Μπορεί να συναντηθεί είτε σαν σχήμα «ΔΙΝΩ» είτε σαν σχήμα «ΠΑΙΡΝΩ»:
- **Στο σχήμα «ΔΙΝΩ»** δότης είναι η μπαταρία η οποία δίνει στη λάμπα, τον δέκτη, την οντότητα ‘ηλεκτρικό ρεύμα’, η οποία είναι αποθηκευμένη στην μπαταρία. Ο δότης είναι ο ενεργός παράγων υπό την έννοια ότι αυτός καθορίζει την ποσότητα της διαμεσολαβούσας οντότητας που θα μεταβιβαστεί στο δέκτη.
- **Στο σχήμα «ΠΑΙΡΝΩ»** ενεργός παράγων και συγχρόνως δέκτης είναι η λάμπα η οποία παίρνει από την μπαταρία, από τον παθητικό παράγοντα, την οντότητα ‘ηλεκτρικό ρεύμα’, η οποία είναι αποθηκευμένη στην μπαταρία. Ο

δέκτης είναι ο ενεργός παράγων υπό την έννοια ότι αυτός καθορίζει την ποσότητα της διαμεσολαβούσας οντότητας που θα αφαιρεθεί από τον δότη

- Το σχήμα «εμπειρική μορφή της αιτιότητας» φαίνεται να ερμηνεύει τις απόπειρες των μαθητών να συνδέσουν μπαταρίες και λάμπες, τις απόψεις τους για τη διεύθυνση του ηλεκτρικού ρεύματος, για τη μη διατήρησή του κατά μήκος του κυκλώματος, για την ένταση της λάμψης των λαμπών. Στο σχήμα αυτό ο ενεργός παράγων δίνει ενέργεια, άμεσα ο ίδιος ή έμμεσα με τη βοήθεια του ρεύματος, στον παθητικό παράγοντα που δέχεται την ενέργεια· υπάρχει πάντα η ροή ενέργειας και τα σημεία φυσικής επαφής, ένα στην άμεση δράση ή περισσότερο στην έμμεση δράση. Η ένταση του αποτελέσματος της άμεσης ή έμμεσης δράσης του παράγοντα πάνω στο αντικείμενο εξαρτάται από την απόστασή τους· όσο πιο κοντά τόσο μεγαλύτερο το αποτέλεσμα και το αντίστροφο, από το πλήθος των παραγόντων που δρουν, όσο περισσότεροι τόσο μεγαλύτερο το αποτέλεσμα και το αντίστροφο, από το πλήθος των αντικειμένων που δέχονται τη δράση, όσο περισσότερα τόσο μικρότερο το αποτέλεσμα και το αντίστροφο.

Ερωτήσεις

1. Στο παρακάτω σχήμα υπάρχουν οκτώ μπαταρίες με λαμπάκια.



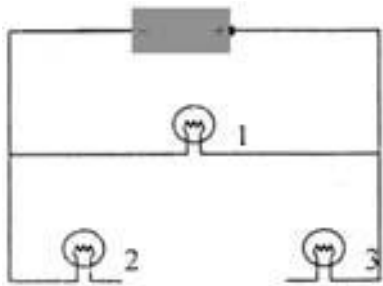
Να κυκλώσεις τους αριθμούς των εικόνων στις οποίες πιστεύεις ότι ανάβει το λαμπάκι.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου

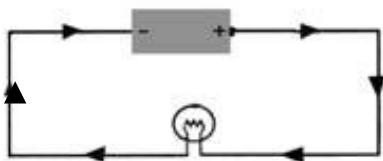
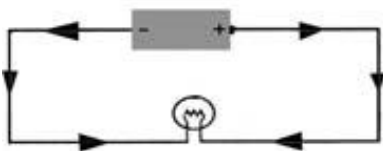
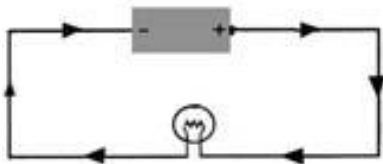
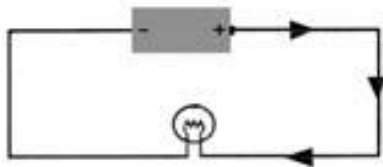
2. Ποιος είναι ο ρόλος της μπαταρίας σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα;

3. Γιατί ανάβει η λάμπα σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα;

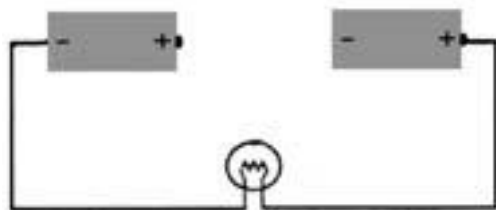
4. Ποιες λάμπες νομίζεις ότι θα ανάψουν;



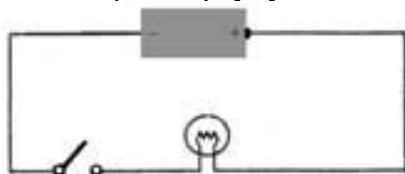
5. Από τα παρακάτω σχήματα κύκλωσε αυτό που δείχνει πώς κατά τη γνώμη σου ρέει το ρεύμα στο ηλεκτρικό κύκλωμα



6. Στο παρακάτω σχήμα βλέπεις δύο μπαταρίες ίδιες και μόνο μία λάμπα. Τι νομίζεις ότι συμβαίνει;

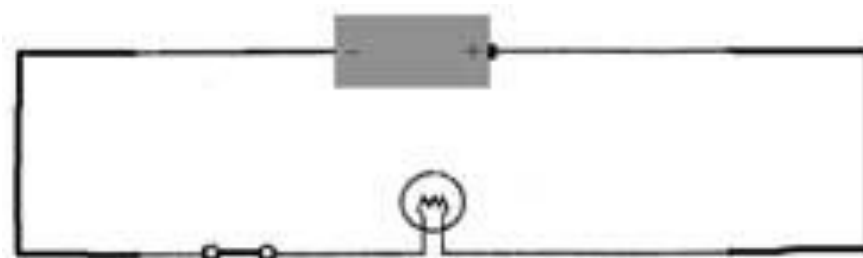
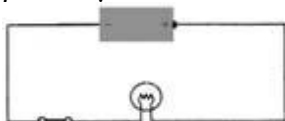


7. Στο παρακάτω κύκλωμα η λάμπα ανάβε κανονικά. Ξαφνικά ανοίγουμε το διακόπτη. Τι νομίζεις ότι θα συμβεί;



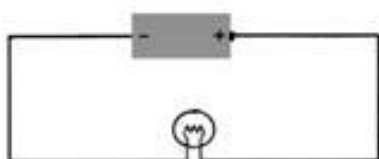
8. Στο σχήμα 1 βλέπεις ένα κύκλωμα στο οποίο κλείνουμε το διακόπτη και η λάμπα ανάβει αμέσως. Αν εξαπλασιάσουμε το μήκος του καλωδίου στο σχήμα 2 τι πιστεύεις ότι θα συμβεί;

- α. Η λάμπα θα ανάψει πάλι αμέσως.
- β. Η λάμπα θα καθυστερήσει να ανάψει.

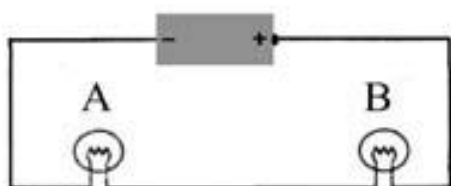


9. Στα παρακάτω σχήματα οι μπαταρίες και οι λάμπες είναι ίδιες. Τι νομίζεις ότι θα συμβεί αν στο πρώτο σχήμα συνδέσουμε μία ακόμη ίδια λάμπα σε σειρά με την πρώτη;

- α. περισσότερο από τη λάμπα Α στο σχήμα 2.
- β. λιγότερο από τη λάμπα Α στο σχήμα 2.
- γ. τόσο όσο φωτοβολεί και η λάμπα Α στο σχήμα 2.



Σχήμα 1



Σχήμα 2

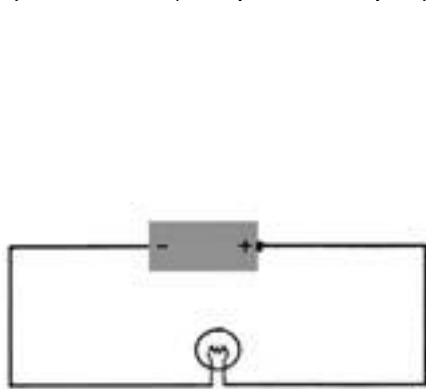
10. Στα παρακάτω σχήματα οι μπαταρίες και οι λάμπες είναι ίδιες. Τι νομίζεις ότι θα συμβεί αν στο πρώτο σχήμα συνδέσουμε μία ακόμη ίδια λάμπα παράλληλα με την πρώτη;

Η λάμπα στο σχήμα 1 φωτοβολεί

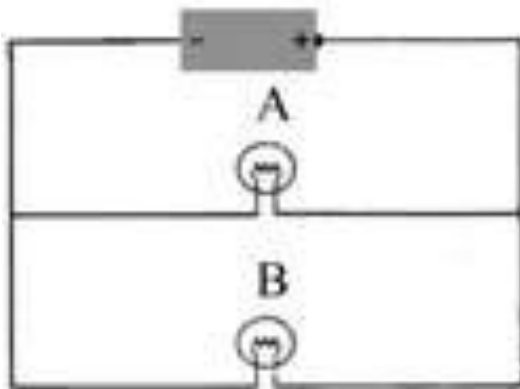
α. περισσότερο από τη λάμπα Α στο σχήμα 2.

β. λιγότερο από τη λάμπα Α στο σχήμα 2.

γ. τόσο όσο φωτοβολεί και η λάμπα Α στο σχήμα 2.

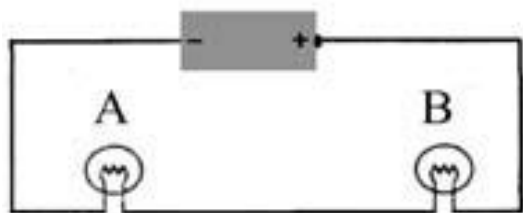
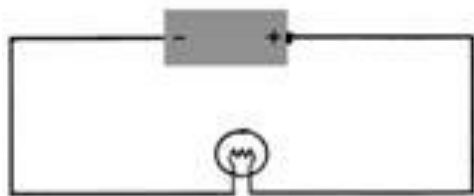


Σχήμα 1

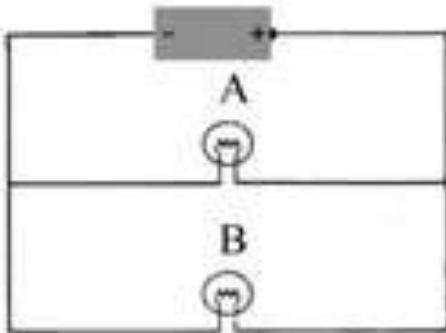
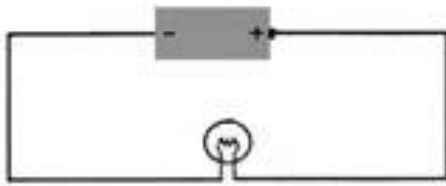


Σχήμα 2

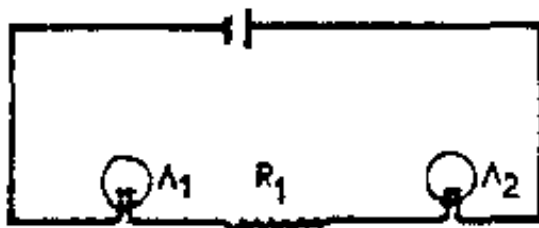
11. Στα παρακάτω σχήματα οι μπαταρίες και οι λάμπες είναι ίδιες. Ποια μπαταρία νομίζεις ότι θα τελειώσει πρώτη;



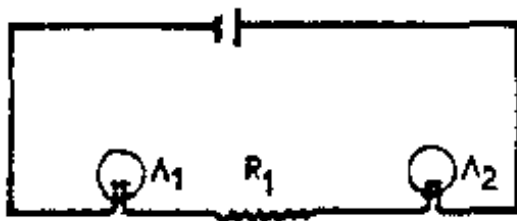
12. Στα παρακάτω σχήματα οι μπαταρίες και οι λάμπες είναι ίδιες. Ποια μπαταρία νομίζεις ότι θα τελειώσει πρώτη;



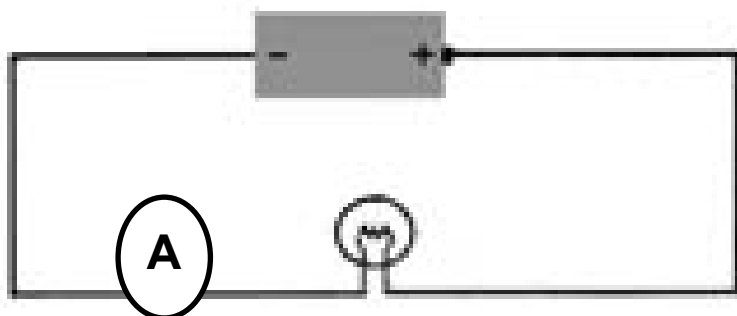
13. Η λάμπα 2 φωτοβολεί λιγότερο, περισσότερο ή το ίδιο με τη λάμπα 1; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.



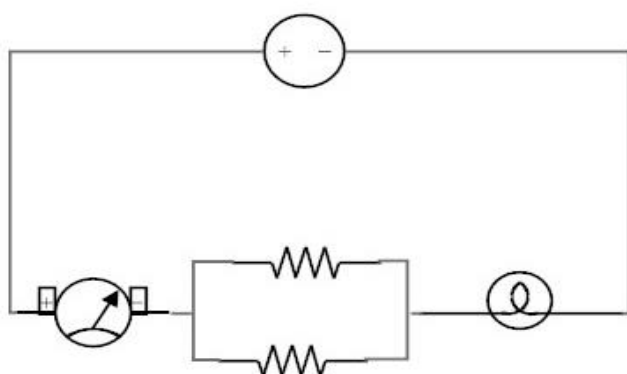
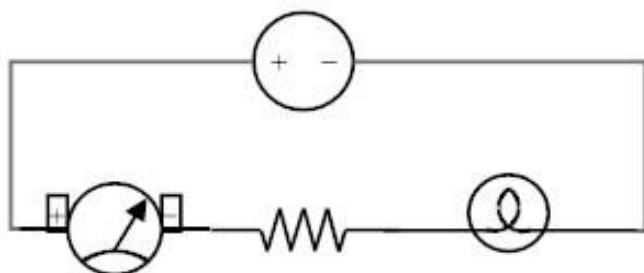
14. Στο κύκλωμα του σχήματος της Ε12, αν αλλάξω την αντίσταση R_1 με μια άλλη που είναι περισσότερα Ω τι θα συμβεί στη λάμψη της κάθε λάμπας;



15. Κύκλωμα αποτελείται από μπαταρία, αμπερόμετρο και λάμπα συνδεμένα στη σειρά. Τι θα συμβεί στην ένδειξη του αμπερόμετρου αν προσθέσουμε ακόμη μια ίδια λάμπα μετά το αμπερόμετρο;



16. Κύκλωμα αποτελείται από μπαταρία, λάμπα, αντίσταση και αμπερόμετρο συνδεμένα στη σειρά. Η αντίσταση είναι ενδιάμεσα της λάμπας και του αμπερόμετρου. Τι θα συμβεί στη λάμψη της λάμπας και τι στην ένδειξη του αμπερομέτρου, αν συνδέσουμε μια ακόμη αντίσταση στα άκρα της υπάρχουσας και παράλληλα με αυτή;



4.10. Φωτοσύνθεση

Αντιλήψεις Μαθητών

Η Φωτοσύνθεση φέρει δικαίως τον τίτλο της πιο σημαντικής βιοχημικής πορείας στη γη, καθώς μέσω αυτής παράγεται πρωτογενώς οργανική ύλη από ανόργανα μόρια και άρα θρεπτικές ουσίες τόσο για τους ίδιους τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς όσο και για τους υπόλοιπους (ετερότροφους) οργανισμούς.

Η έρευνα δείχνει ότι τα περισσότερα παιδιά ερχόμενα στο σχολείο μέσα από τη βιωματική τους εμπειρία έχουν αποδώσει έναν ετερότροφο τρόπο θρέψης στα φυτά, ανάλογο με αυτό των ζώων. Αυτός ο τρόπος θρέψης βέβαια υποστηριζόταν από πολλούς επιστήμονες μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, ώσπου αποδείχτηκε η σημασία της φωτοσύνθεσης για τη θρέψη των φυτών (Barker, 1995). Όπως φαίνεται όμως τα παιδιά, παρά τη διδασκαλία στο σχολείο, εξακολουθούν να πιστεύουν ότι το φυτό είναι σαν ένα ζώο που στηρίζεται στο έδαφος με τις ρίζες του και τρέφεται από αυτό (Χατζηνικήτα, 2001). Το προηγούμενο ετερότροφο μοντέλο θρέψης, όπως δείχνουν οι έρευνες, είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό και μετά τη διδασκαλία. Αν και σε πολλές μελέτες φαίνεται ότι παρόλο που μπορεί να απομνημονεύουν οι μαθητές μηχανικά τη φωτοσύνθεση στο σχολείο, καλούμενοι να απαντήσουν για το ποια είναι η τροφή των φυτών, επιμένουν να πιστεύουν ότι είναι οι «θρεπτικές ουσίες», που παίρνει το φυτό από το έδαφος μέσω των ριζών του (Χατζηνικήτα, 2001). Αυτό το γεγονός δείχνει στην καλύτερη περίπτωση μια συνύπαρξη αυτότροφου και ετερότροφου τρόπου θρέψης των φυτών στο μυαλό των παιδιών. Παράλληλα, ενώ μπορεί να γνωρίζουν ότι χρειάζεται η χλωροφύλλη για να γίνει η φωτοσύνθεση, δεν φαίνεται να γνωρίζουν ότι αυτή βρίσκεται σε όλα τα πράσινα μέρη του φυτού.

Σχετικά επίσης με τη φυσιολογική πτυχή της φωτοσύνθεσης φαίνεται ότι η πλειονότητα των μαθητών θεωρεί ως όργανα θρέψης του φυτού τις ρίζες και όχι τα φύλλα και τα άλλα πράσινα μέρη του φυτού, σε αντιστοιχία πάλι με το αναλογικό μοντέλο του ετερότροφου τρόπου θρέψης των ζώων. Αυτή η παρανόηση είναι πολύ πιθανό να οφείλεται στο ανιμιστικό και ανθρωπομορφικό τρόπο σκέψης που παρουσιάζουν τα παιδιά, αλλά και πολύ συχνά και οι ενήλικες (Watts & Bentley, 1994; Ζόγκτζα & Οικονομοπούλου, 1999).

Μια από τις δυσκολίες που παρουσιάζουν τα παιδιά είναι και το γεγονός ότι δεν μπορούν να συνδέσουν την φωτοσύνθεση με την έννοια της χημικής αντίδρασης. Αδυνατούν να καταλάβουν ότι κατά τη φωτοσύνθεση γίνεται μετατροπή χημικών ενώσεων (ανόργανες ενώσεις, όπως το διοξείδιο του άνθρακα) σε κάποιες άλλες (σε οργανικές ενώσεις, όπως η γλυκόζη). Εξαιτίας του γεγονότος αυτού, δεν μπορούν να κατανοήσουν στη συνέχεια και άλλες πολύπλοκες βιοχημικές διαδικασίες, όπως π.χ. ο κύκλος του άνθρακα και του νερού στη φύση.

Στα επόμενα, παρουσιάζονται ειδικότερα οι αντιλήψεις των μαθητών για συγκεκριμένα θέματα που εμπλέκονται στη λειτουργία της φωτοσύνθεσης.

Ο ήλιος

Παρά την αναγνώριση της *αναγκαιότητας* του ήλιου στη θρέψη των φυτών στους μαθητές από τις τελευταίες τάξεις του δημοτικού και μετά, πρόκειται για μια αναγνώριση που επικεντρώνεται στην *παροχή θερμότητας και φωτός*. Αυτό το γεγονός μπορεί να θεωρηθεί ως αντανάκλαση των σημαντικών δυσκολιών που έχουν εντοπιστεί στον μαθητικό πληθυσμό σχετικά με τη *φύση, τη διατήρηση και τη μετατροπή της ενέργειας από μια μορφή σε άλλη*. Επιπλέον, οι μαθητές τείνουν να εστιάζουν περισσότερο σε περιγραφές *αποτελεσμάτων* του φωτός στα φυτά ή σε

παρατηρήσεις, παρά στον τρόπο με τον οποίο αυτά το χρησιμοποιούν. (Χατζηνικήτα, 1999).

Το νερό

Η πρακτικο-βιωματική εμπειρία των παιδιών τους εντείνει την αντίληψη ότι το νερό αποτελεί «τροφή» του φυτού που προσλαμβάνεται *έτοιμη* από το περιβάλλον. Η άποψη αυτή έρχεται να στηρίξει το μοντέλο του *ετερότροφου οργανισμού* (του ζωικού μοντέλου). Επιπρόσθετα, η κίνηση των συστατικών προς τα άνω πολλές φορές γίνεται δύσκολα αντιληπτή.

Τα αέρια και οι πραγματοποιούμενες ανταλλαγές

Όσον αφορά στα αέρια, οι σχετικές δυσκολίες των μαθητών σε ότι αφορά τις κινήσεις, τις ανταλλαγές και τους μετασχηματισμούς, επικεντρώνονται σε παγιωμένες αντιλήψεις βασισμένες σε ετερότροφα μοντέλα διατροφής (το οξυγόνο σχετίζεται με την αναπνοή και όχι με τη φωτοσύνθεση και ταυτίζεται συχνά με τον αέρα). Το διοξείδιο του άνθρακα οι μαθητές δεν μπορούν να το αντιληφθούν ως *θρεπτικό συστατικό* και συνεπώς ως πηγή αύξησης βάρους (Χατζηνικήτα, 1999), ούτε ότι απορροφάται από τα πράσινα φυτά, και ότι αυτό γίνεται παρουσία φωτός (Driver et. al, 1998).

Η χλωροφύλλη

Η χλωροφύλλη θεωρείται από τους περισσότερους μαθητές *αποτέλεσμα* της φωτοσύνθεσης ή μια ουσία της τροφής, αλλά και φορέας πολλαπλών λειτουργιών. Σ' αυτή «αποδίδουν το πράσινο χρώμα των φυτών», «έλκει το φως» αλλά και «φιλτράρει τον αέρα». Είναι δύσκολη, σε γενικές γραμμές η οικειοποίηση με τον ρόλο της χλωροφύλλης στην απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας.

Η τροφή

Τα προβλήματα κατανόησης των παιδιών σχετικά με την τροφή των φυτών μπορούν να εστιαστούν σε δύο διαστάσεις:

1. Στις πηγές πρόσληψης τροφής (θεωρούν ότι τα φυτά προσλαμβάνουν τη τροφή τους από το εξωτερικό περιβάλλον)
2. Στα συστατικά που θεωρούνται ως τροφή (προέρχονται αυτούσια από το εξωτερικό περιβάλλον των φυτών).

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

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

Παράδειγμα προβλήματος για διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με διαστάσεις της φωτοσύνθεσης (Ζόγκζα & Οικονομόπουλου 1999)

Φυτεύουμε ένα φυτό που ζυγίζει 100 γραμμάρια σε μια γλάστρα γεμάτη με 1000 γραμμάρια χώμα χωρίς υγρασία. Το αφήνουμε να μεγαλώσει για έξι εβδομάδες. Στο διάστημα αυτό βάζουμε το φυτό σε θέση που να έχει ήλιο και αέρα. Το ποτίζουμε κάθε μέρα με την ίδια ποσότητα νερού πάντα.

Αφού περάσουν οι έξι εβδομάδες, ξεριζώνουμε προσεκτικά το φυτό, προσέχοντας να μη σπάσουμε τις ρίζες του. Ζυγίζουμε το φυτό και βρίσκουμε ότι το βάρος του τώρα είναι 230 γραμμάρια, δηλ. 130 γραμμάρια περισσότερο από τότε που το φυτέψαμε.

(α) Μπορείτε να μαντέψετε πόσο θα ζυγίζει το χώμα μετά το ξερίζωμα του φυτού;

(β) Γιατί και από τι αυξήθηκε το βάρος του φυτού κατά τη διάρκεια των έξι εβδομάδων;

Πρέπει να τονισθεί ότι η ιδέα που ελέγχεται με το πρόβλημα είναι ότι τα φυτά χρησιμοποιούν διοξείδιο του άνθρακα και νερό παρουσία φωτός και χλωροφύλλης για να παράγουν τροφή και ότι τα συστατικά του εδάφους δεν χρησιμοποιούνται στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Αυτό το πρόβλημα δεν επιχειρεί να μετρήσει την κατανόηση από τους μαθητές των χημικών αντιδράσεων της φωτοσύνθεσης, που γίνονται την ημέρα (φωτεινές αντιδράσεις) και τη νύκτα (σκοτεινές αντιδράσεις).

ΕΜΠΟΔΙΑ ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΙΑ ΘΡΕΨΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΥΤΩΝ

Σύμφωνα με τους Χατζηνικήτα, *Κουλαϊδή* και Ζόγκζα (1999) η μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τη φωτοσύνθεση επέτρεψε την αναγνώριση των ακόλουθων εμποδίων: (α) η μη υλική θεώρηση των αερίων, (β) η αποκλειστική πρόσληψη μέσω των ριζών από το έδαφος των ουσιών που θεωρούνται απαραίτητες για τη θρέψη των φυτών, (γ) η απουσία θεώρησης των διαφόρων μορφών ενέργειας και των αλληλομετατροπών τους, (δ) η απουσία της έννοιας των χημικών μεταβολών και κατά συνέπεια η θεώρηση ενός συνεχούς περάσματος από την ανόργανη στην οργανική ύλη, (ε) η θεώρηση του εδάφους και του χώματος ως όλων και (ζ) η εφαρμογή του μοντέλου του ζώου στα φυτά.

Ερωτήσεις⁷

1. Σε ποιο μέρος του φυτού γίνεται η φωτοσύνθεση;
Α) σε όλο το φυτό
Β) στα φύλλα
Γ) στα πράσινα μέρη του φυτού
Δ) στις ρίζες
Ε) δεν γνωρίζω
2. Πότε συμβαίνει η φωτοσύνθεση;
Α) όταν υπάρχει φως
Β) την ημέρα
Γ) συνεχώς
Δ) τη νύχτα
Ε) δεν γνωρίζω
3. Ποιες ουσίες αντιδρούν κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης;
Α) το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό
Β) το οξυγόνο και το νερό
Γ) η γλυκόζη και το οξυγόνο
Δ) το διοξείδιο του άνθρακα και το οξυγόνο
Ε) η γλυκόζη και το διοξείδιο του άνθρακα
Στ) δεν γνωρίζω
4. Ποιες ουσίες παράγονται κατά τη φωτοσύνθεση;
Α) το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό
Β) το οξυγόνο και το νερό
Γ) η γλυκόζη και το οξυγόνο
Δ) το διοξείδιο του άνθρακα και το οξυγόνο
Ε) η γλυκόζη και το διοξείδιο του άνθρακα
Στ) δεν γνωρίζω
5. Ποια είναι η προέλευση της τροφής των φυτών;
Α) το έδαφος
Β) το νερό
Γ) ο αέρας
Δ) τα φυτά παράγουν μόνα τους την τροφή τους χρησιμοποιώντας νερό και διοξείδιο του άνθρακα
Ε) τα φυτά παράγουν μόνα τους την τροφή τους χρησιμοποιώντας νερό και οξυγόνο
Στ) δεν γνωρίζω

⁷ Οι ερωτήσεις προέρχονται από την εργασία: Μάτσα Α. (2007) Οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τη φωτοσύνθεση. Διπλωματική εργασία, ΕΑΠ.

4.11. Σωματιδιακή φύση της ύλης

ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΜΑΘΗΤΩΝ

Μελέτες έχουν δείξει ότι οι μαθητές, όχι μόνο έχουν αναπτύξει αντιλήψεις για την ύλη και τις μεταβολές της πριν έρθουν στο σχολείο, οι οποίες διαφέρουν αρκετά από τις επιστημονικά αποδεκτές, αλλά ότι αυτές οι αντιλήψεις είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές στη διδασκαλία (Andersson 1990, Al-Kunified et al. 1993, Gayle 2001, Calik-Ayas 2005).

Η ύλη είναι συνεχής

Ένα δύσκολο σημείο για πολλούς μαθητές αποτελεί η διάκριση ανάμεσα στην ύλη και στο αντικείμενο. Πολλοί μαθητές δε γνωρίζουν την έννοια ‘ύλη’ ως επιστημονικό όρο και άλλοι την ερμηνεύουν διαισθητικά, βασισμένοι δηλ. σε αντιλήψεις των αισθήσεων (Υλη είναι ότι βλέπουμε και αισθανόμαστε) (Lee et al. 1993). Σε έρευνά τους οι Krnel et al. (1998) διαπίστωσαν ότι, για τα περισσότερα παιδιά μέχρι 10 χρονών, η διάκριση ανάμεσα στο αντικείμενο και την ύλη δεν είναι ξεκάθαρη, αφού περιγράφουν ιδιότητες χωρίς να είναι ξεκάθαρο αν εστιάζουν στην ουσία ή στο αντικείμενο. Μια από τις δυσκολίες σχετίζεται με τη τάση που έχουν οι άνθρωποι να σκέφτονται την ύλη ως συνεχή. Κάνοντας ανασκόπηση των δεδομένων που προέκυψαν από έρευνες που έγιναν, για να βρεθούν οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τη σωματιδιακή φύση της ύλης, διαπιστώθηκε ότι σημαντικό ποσοστό μετά και από διδασκαλία, απέτυχε να ενσωματώσει βασικά χαρακτηριστικά του σωματιδιακού μοντέλου και μπορούμε να οδηγηθούμε στο συμπέρασμα ότι οι μαθητές ‘προσεγγίζουν τη μάθηση του σωματιδιακού μοντέλου με ένα σταθερό μοντέλο, στο οποίο η ύλη γίνεται αντιληπτή ως βασικά συνεχής και στατική’ (Nussbaum 1985).

Μακροσκοπικές ιδιότητες στα σωματίδια

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.

Η ύπαρξη κενού

Η έννοια του κενού δεν είναι μια εύκολη υπόθεση ούτε για τα παιδιά, ούτε για τους ενήλικες, που αυθόρμητα σκέφτονται την ύλη σαν συνεχή άρα και χωρίς κενό (Pfund 1981, Renstrom 1987). Έρευνες που έγιναν αναφέρουν ότι σημαντικός αριθμός παιδιών δυσκολεύεται να καταλάβει την ύπαρξη κενού και πιστεύει ότι μεταξύ των σωματιδίων υπάρχει αέρας, άλλα αέρια και σκόνη, είναι πολύ κοντά το ένα στο άλλο και δεν υπάρχει κενό (Driver 1985, Nussbaum 1985).

Ανιμιστική αντίληψη - Φυσική Θέση

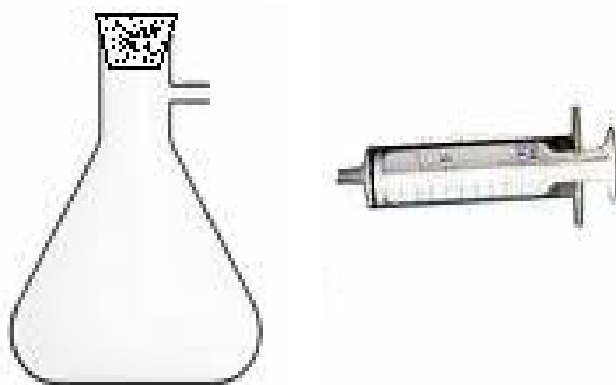
Από πολλές έρευνες προκύπτει ότι οι μαθητές αποδίδουν ζωή, ανιμιστικές ιδιότητες στα σωματίδια. Θεωρούν πως μπορούν να δούνε τα σωματίδια με μικροσκόπιο, δίνουν προσωπικό νόημα στα μόρια, άτομα, ιόντα. Νομίζουν ότι τα μόρια παρασέρνονται από τον αέρα και αποδίδουν ζωικά χαρακτηριστικά στην άβια ύλη (Σταυρίδου 1995). Τα σωματίδια αποκτούν κάποιο σκοπό και επιθυμίες. Επίσης στις έρευνες φανερώνεται ότι πολλοί μαθητές πιστεύουν πως κάθε ουσία έχει τη τάση να κινείται προς μια φυσική θέση. Τα μόρια κινούνται λόγω έμφυτων τάσεων και όχι ως αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης. ‘Τα σωματίδια θέλουν να ανυψώνονται’, ‘ο αέρας επιπλέει στο χώρο γιατί έχει μικρό ειδικό βάρος’ (Driver 1985).

Ουσία και χημική αντίδραση

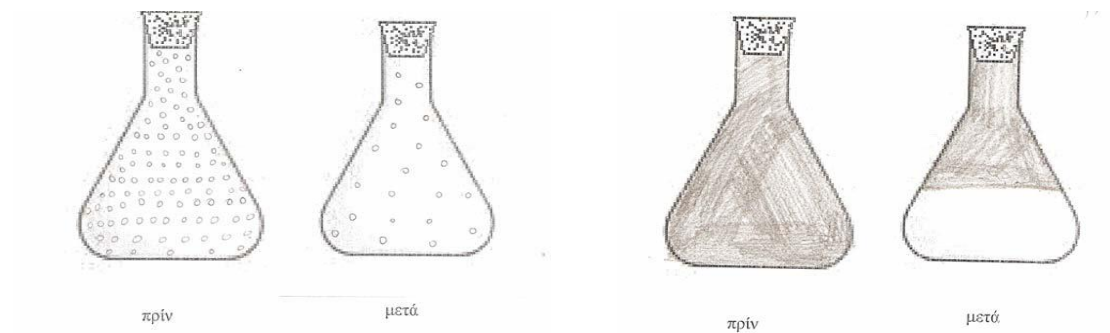
Ιδιαίτερη δυσκολία συναντούν οι μαθητές στη μικροσκοπική αντίληψη της έννοιας της χημικής αλλαγής. Δυσκολεύονται να την αντιληφθούν ως σπάσιμο δεσμών για τη δημιουργία νέων με την εμπλοκή πολλών σωματιδίων (Boo 1998), ενώ και σε μακροσκοπικό επίπεδο την προσεγγίζουν ως φυσικό φαινόμενο με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούν εναλλακτικά τις δύο έννοιες στις περιγραφές τους (Calik & Ayas 2005). Αντιλαμβάνονται το χημικό φαινόμενο της καύσης του κεριού ως το φυσικό φαινόμενο της τήξης (Meheut et al. 1985, Johnson 2002, Calik & Ayas 2005), ενώ και η καύση της αλκοόλης γίνεται αντιληπτή ως εξάτμιση (Meheut et al. 1985). Όσον αφορά στο χημικό φαινόμενο της θέρμανσης της ζάχαρης (Boujaoude 1991), οι μαθητές θεωρούν πως αυτή απλώς αλλάζει κατάσταση ή χρώμα, ενώ και τη σκουριά την αντιλαμβάνονται ως ουσία που προϋπάρχει και απλά μετακινείται από τον αέρα ή το εσωτερικό του καρφιού στο εξωτερικό του (Andersson 1986).

ΕΡΓΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΕΩΝ

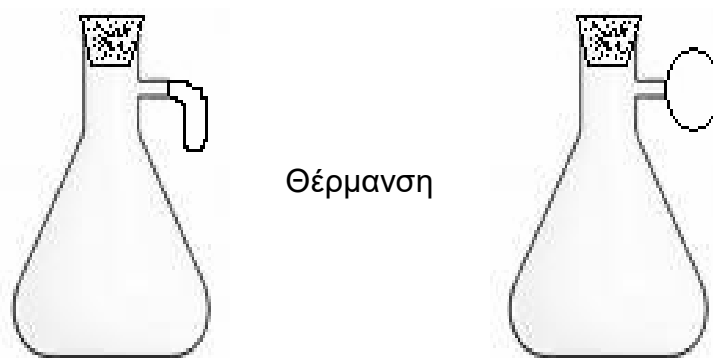
1. Ζητήθηκε από τους μαθητές να ζωγραφίσουν τον αέρα που βρίσκεται μέσα σε μια φιάλη πριν και μετά την άντλησή του με τη χρήση μιας σύριγγας.



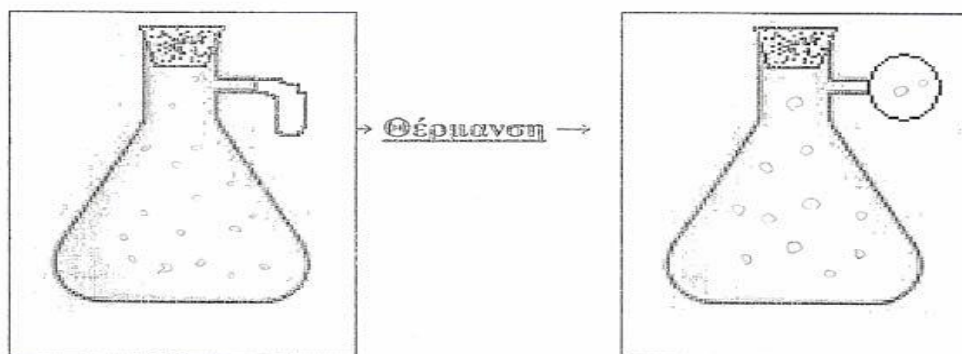
Ενδεικτικά σκίτσα μαθητών

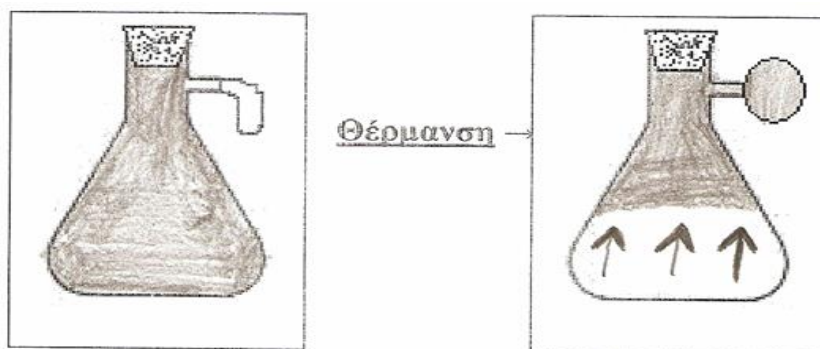


2. Ζητήθηκε από τους μαθητές να σχεδιάσουν ξανά τον αέρα και να εξηγήσουν τι έκανε το μπαλόνι να φουσκώσει μετά τη θέρμανση της φιάλης.



Ενδεικτικά σκίτσα μαθητών

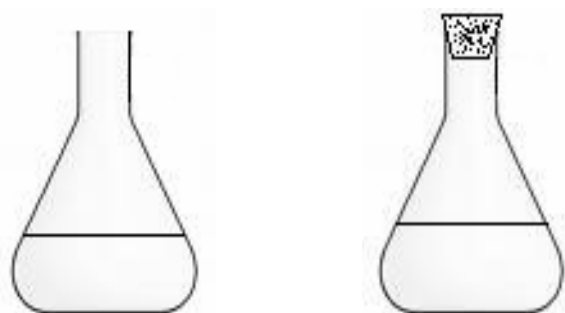




3. Δόθηκαν σχηματικά στους μαθητές δύο φιαλίδια που περιέχουν άχρωμα διαλύματα. Στην πρώτη φιάλη υπήρχε πυκνό διάλυμα αμμωνίας (NH_3) και στη δεύτερη πυκνό διάλυμα υδροχλωρίου (HCl). Πάνω από κάθε φιάλη κρατήθηκε ένας δείκτης το χρώμα του οποίου άλλαξε.

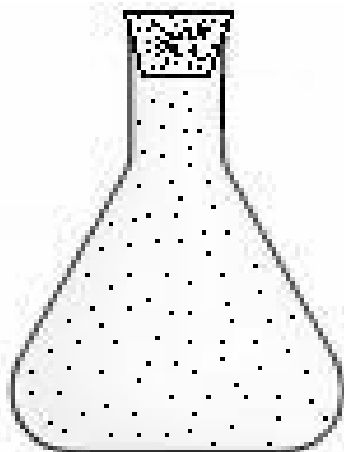
Οι ερωτήσεις που τέθηκαν στο συγκεκριμένο φαινόμενο ήταν:

1. Τι έκανε το χαρτί να γίνει κυανό πάνω από το πρώτο δοχείο και κόκκινο πάνω από το δεύτερο;
2. Σε ποιο βασικό σημείο είναι διαφορετικά τα δυο άχρωμα υγρά;
3. Πως ανεβαίνει η ουσία από το υγρό στο χαρτί;



4. Στα παιδιά δόθηκε έτοιμο σκίτσο που απεικόνιζε κλειστό δοχείο με μόρια αέρια σχεδιασμένα με τη μορφή τελειών.

Ζητήθηκε να εξηγήσουν τι υπάρχει ανάμεσα στις τελείες



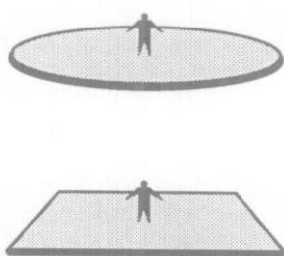
4.12. ΤΟ ΣΧΗΜΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΜΑΘΗΤΩΝ

Σημαντικός αριθμός ερευνών έχει εστιάσει στη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για το σχήμα της γης και τη βαρύτητα (Nussbaum & Novak, 1976; Sneider & Pulos, 1983; Vosniadou & Brewer, 1992).

1: Η Γη πάνω στην οποία ζούμε είναι επίπεδη

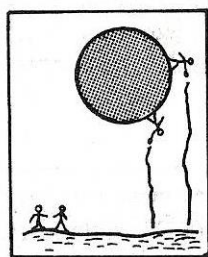
Τα παιδιά που έχουν αυτή την ιδέα δεν τη δηλώνουν ρητά στην αρχή. Ξεκινούν, όταν ρωτηθούν για το σχήμα της Γης, απαντώντας ότι η Γη είναι στρογγυλή επειδή έχουν ακούσει γι' αυτό από διάφορες πηγές. Μετά όμως από μια σύντομη προφορική εξέταση αποκαλύπτεται ότι αυτό που πιστεύουν είναι ότι δεν ζούμε στην επιφάνεια μιας τεράστιας μπάλας αλλά μάλλον σε μια επίπεδη επιφάνεια.



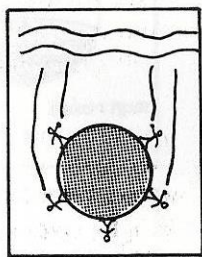
Όταν ζητήθηκε από τα παιδιά να προβλέψουν προς ποια κατεύθυνση θα έπεφταν τα σώματα πάνω σε δεδομένα στρογγυλά γήινα μοντέλα (υδρόγειος σφαίρα και ζωγραφιές στο φυλλάδιο συνέντευξης) έδειξαν με γραμμές ότι αυτά θα κατευθυνθούν προς τα κάτω σε κάποιο έδαφος ή ωκεανό που υπάρχει «κάτω» από τη γη.

Σε άλλη εργασία δόθηκε η εικόνα πέντε ανθρώπων που στέκονται σε διαφορετικά μέρη της Γης που ρίχνουν μια μπάλα προς τον ουρανό. Από το σχέδιο και τις εξηγήσεις φανερώνεται ότι το παιδί περιορίζει το διάστημα «επάνω από τη γη» σχεδιάζοντας τον ουρανό.

Η τοποθέτηση οριζοντίου εδάφους «κάτω» και του ουρανού «επάνω» από το μοντέλο της Γης είναι μια πράξη νοητικής ανασυγκρότησης της πραγματικότητας από μια καθαρά εγωκεντρική σκοπιά.



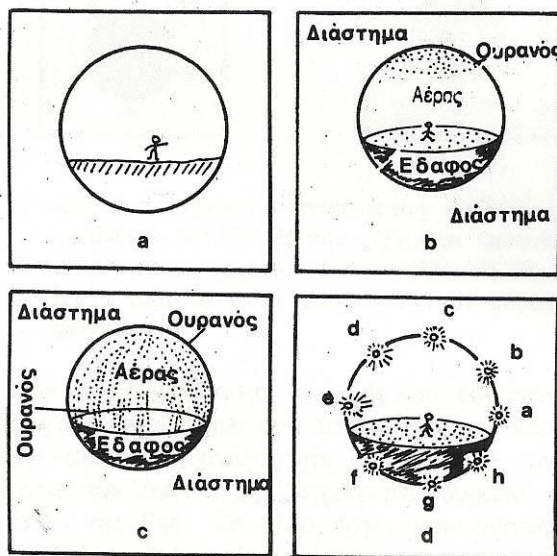
... κάποιο έδαφος
περιορίζει το διάστημα
«κάτω» από τη Γη



... ο ουρανός πε-
ριορίζει το διάστημα
«πάνω» από τη Γη

2: Η γη είναι μια πελώρια μπάλα που αποτελείται από δύο ημισφαίρια

Τα παιδιά των οποίων οι ιδέες κατατάσσονται σ' αυτήν την αντίληψη πιστεύουν ότι το χαμηλότερο μέρος της γης είναι στερεό και φτιαγμένο βασικά από χώμα και πέτρες. Οι άνθρωποι ζουν στο επίπεδο τμήμα της «κατώτερης» ημισφαιρικής επιφάνειας. Το ανώτερο ημισφαίριο δεν είναι στερεό, είναι φτιαγμένο από «αέρα» ή «ουρανό» ή «αέρα και ουρανό».

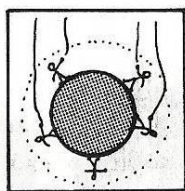


Παιδιά αυτής της κατηγορίας θα ισχυρίζονταν ότι ζούμε μέσα στη Γη και ότι είναι αδύνατο να ζούμε πάνω της. Σ' αυτήν την κατηγορία αντίληψης, ο ήλιος, το φεγγάρι και τα αστέρια μπορούν να θεωρούνται σαν να υπάρχουν μέσα στην μπάλα, πάνω στην επιφάνεια της μπάλας ή έξω από την μπάλα. Έξω από τη Γη υπάρχει διάστημα που είναι κενό ακόμα και από αέρα, σύμφωνα με μια εκδοχή ή που περιέχει «μη οξυγονούχο αέρα», που οι άνθρωποι (αστροναύτες) δεν μπορούν να αναπνεύσουν.

Αυτή η αντίληψη είναι μια σημαντική πρόοδος συγκριτικά με την πρώτη. Θα παρατηρούσαμε ότι το μοντέλο αυτό αντιπροσωπεύει μια σχετικά επεξεργασμένη νοητική κατασκευή, που το παιδί παρήγαγε στην προσπάθειά του να προσαρμόσει τη γνωστική του δομή, ώστε να ταιριάζει με την επιστημονική πληροφορία που συναντά. Αυτή η εννοιολογική πρόοδος έναντι της πρώτης αντίληψης επιτρέπει στο παιδί να προτείνει σχετικά περισσότερο επεξεργασμένες ερμηνείες διαφόρων φαινομένων.

3: Η σφαιρική στερεή γη περιβάλλεται από ένα άπειρο διάστημα

Τα παιδιά δεν χρησιμοποιούν τη Γη ως σύστημα αναφοράς για τις πάνω-κάτω κατευθύνσεις, αλλά μάλλον θεωρούν την ύπαρξη μιας απόλυτης, ανεξάρτητης από τη Γη κατεύθυνσης στον κοσμικό χώρο. Ενώ σχεδιάζουν τα αντικείμενα να πέφτουν έξω από τη γη, μακριά της και σ' αυτό μοιάζουν με τα παιδιά που έχουν τις αντιλήψεις 1 και 2, ταυτόχρονα ζωγραφίζουν την ύπαρξη ουρανού γύρω από το μοντέλο της Γης.



Αντιπροσωπευτικές απαντήσεις των παιδιών που κατέχουν την ιδέα 3. (α) Πέτρες που ρίχνονται "κατευθείαν προς τα πάνω", με τον ουρανό να περιβάλλει τη Γη. (β) Νερό που πέφτει από το νότιο ημισφαίριο στον ουρανό του νοτίου ημισφαιρίου.

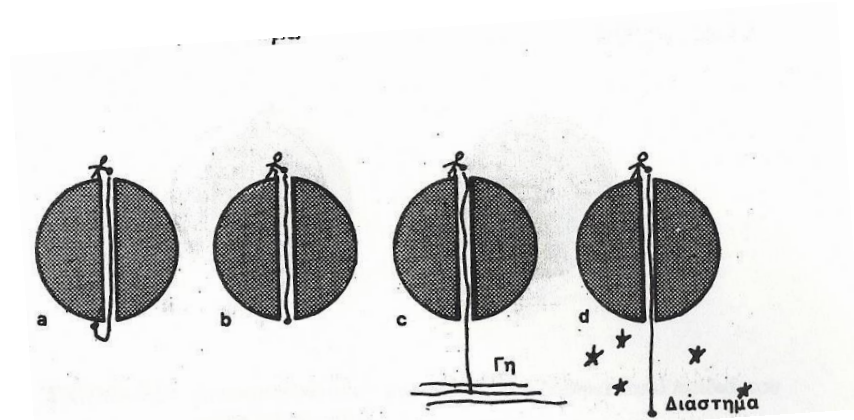
4: Μερική κατανόηση όλων των στοιχείων της έννοιας της Γης

Τα παιδιά των οποίων οι αντιλήψεις ανήκουν στην αντίληψη 4 φαίνεται να πιστεύουν ότι ζούμε πάνω σ' ένα σφαιρικό πλανήτη και γνωρίζουν ότι υπάρχει διάστημα παντού γύρω από τη Γη. Χρησιμοποιούν τη Γη σαν το σύστημα αναφοράς των κατευθύνσεων πάνω-κάτω, δηλαδή οι κατευθύνσεις πάνω-κάτω είναι προς και από τη Γη. Μερικά

από τα παιδιά αυτά ίσως ακόμη εξηγούν την πτώση προς τη Γη σαν κάτι που προκαλείται από την βαρύτητα.

Πάντως όλες αυτές οι ορθές προβλέψεις αφορούν περιπτώσεις ελεύθερης πτώσης πάνω στην επιφάνεια της Γης. Φαίνονται ν' αναφέρονται στη Γη ως ένα όλο και δεν συσχετίζουν τις κατευθύνσεις πάνω-κάτω με το κέντρο της Γης.

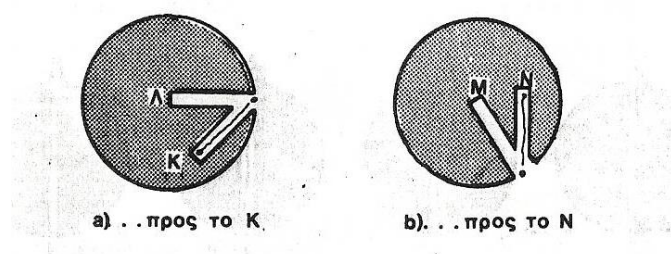
Σε ερώτηση που τους έγινε κατά τη διάρκεια της συνέντευξης «Πώς θα σχεδιάζαν τη γραμμή που θα έδειχνε τον τρόπο που θα περνούσε μια πέτρα από μια υποτιθέμενη τρύπα, που ξεκινάει από τη μια άκρη της γης ως την άλλη, άλλα απάντησαν ότι θα βγει από την τρύπα και προσγειωθεί δίπλα σ' αυτήν και άλλα ότι θα παρέμεινε αιωρούμενη στο κάτω άνοιγμα.



Προβλέψεις για την ελεύθερη πτώση μέσα από τη Γη, τυπικές της αντίληψης 4 είναι οι (a ή b), ενώ τυπικές της 1 είναι η (c) και τυπικές των 2 και 3 είναι η (d).

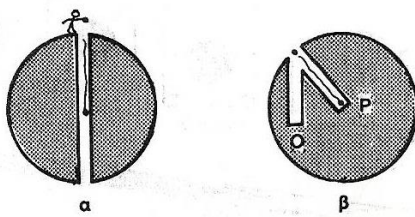
Σ' άλλη εργασία τα παιδιά ρωτήθηκαν: «Αν υποθέσεις ότι υπάρχουν δύο τρύπες σκαμμένες μέσα στη Γη, οι οποίες ξεκινούν από το ίδιο σημείο πάνω στο έδαφος, αλλά στο εσωτερικό κάθε μια πηγαίνει προς διαφορετική κατεύθυνση. Σχεδίασε προς τα πού θα κατευθυνθεί η πέτρα που αφήνει κάποιος, από το κοινό άνοιγμα».

Και στις δύο περιπτώσεις βλέπουμε ότι τα παιδιά σχεδίασαν τα αντικείμενά τους στις υποτιθέμενες τρύπες μέσα στη γη αφήνοντας να φανεί ότι δεν έχουν σχέση με το κέντρο της Γης, αλλά με κάποια απόλυτη (ανεξάρτητη της Γης) κατεύθυνση «προς τα κάτω». Στο δεύτερο σχήμα τα παιδιά περιέστρεψαν νοητικά την εικόνα και έτσι το N θεώρησαν ότι δείχνει κατευθείαν προς τα κάτω.



5: Ικανοποιητική και σταθερή αντίληψη για τις τρεις όψεις της έννοιας της Γης

Ορισμένα παιδιά παρουσιάζουν μια ικανοποιητική και σταθερή αντίληψη για τις τρεις όψεις της έννοιας της Γης, δηλαδή: (α) η Γη είναι ένας σφαιρικός πλανήτης, (β) περιβάλλεται από διάστημα και (γ) τα αντικείμενα πέφτουν προς το κέντρο του.



Αντιπροσωπευτικές απαντήσεις που δόθηκαν από παιδιά που κατέχουν την ιδέα 5.

Στο πρώτο σχήμα το παιδί θεωρεί ότι η πέτρα θα έπεφτε στο μέσον, διότι η βαρύτητα την τραβάει εκεί. Δεν θα συνέχιζε να πέφτει, διότι δεν υπάρχει τίποτα που να την τραβάει παραπέρα.

Στο δεύτερο σχήμα το παιδί θεωρεί ότι η πέτρα θα ακολουθούσε την τρύπα P, διότι η τρύπα P πηγαίνει κατευθείαν προς τα κάτω ενώ η O έχει κλίση.

4.13. Φως

Αντιλήψεις για τη φύση και τη διάδοση του φωτός (Guesne, 1984)

Το φως ταυτίζεται με την πηγή του

Το φως ταυτίζεται με τα αποτελέσματά του

Το φως είναι μια κατάσταση

Το φως είναι μια οντότητα στο χώρο ανάμεσα της πηγής και των σωμάτων

Το φως μένει ακίνητο

Το φως διαδίδεται ακαριαία στο χώρο

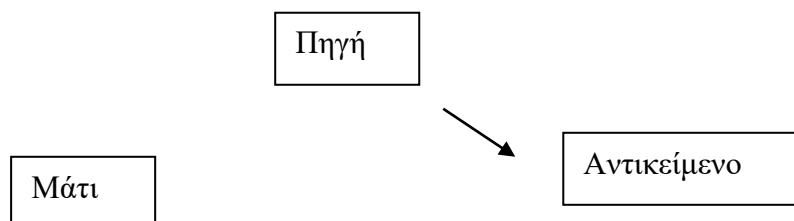
Το φως δεν διαδίδεται συνεχώς στο χώρο

Το φως απλά φωτίζει το αντικείμενο και το βλέπουμε και δεν ταξιδεύει από το αντικείμενο προς το μάτι.

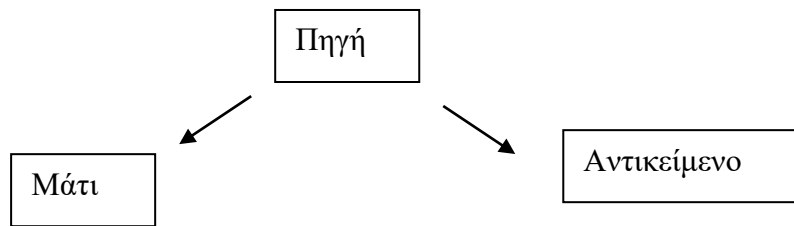
Το φως καλύπτει διαφορετικές αποστάσεις ανάλογα με το αν είναι μέρα ή νύχτα

Αντιλήψεις για τον τρόπο που βλέπουμε τα αντικείμενα (Langley, Ronen, & Eylon, 1997)

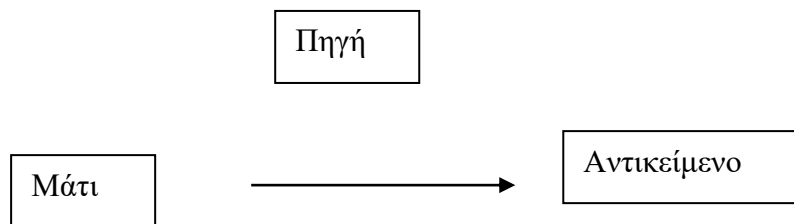
1. Οι ακτίνες εκπέμπονται από την πηγή προς το αντικείμενο



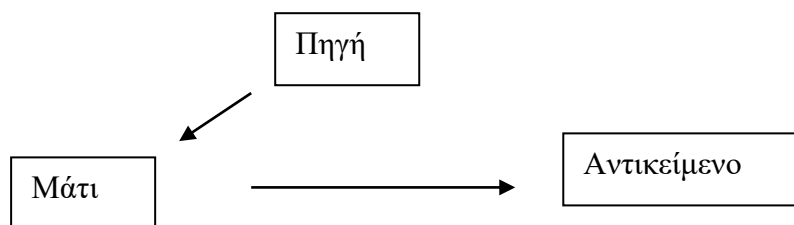
2, Οι ακτίνες εκπέμπονται από την πηγή προς το αντικείμενο και προς το μάτι



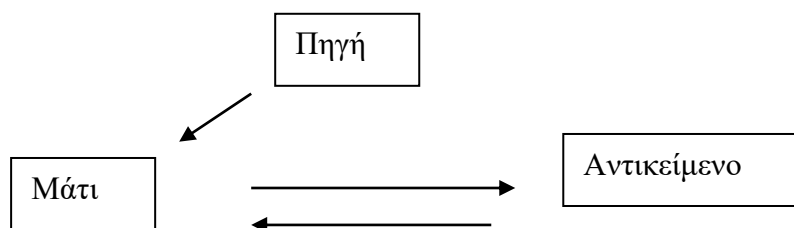
3. Οι ακτίνες εκπέμπονται από το μάτι προς το αντικείμενο



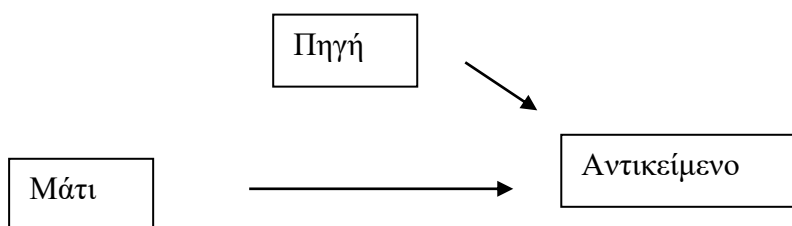
4. Οι ακτίνες εκπέμπονται από την πηγή προς το μάτι και από το μάτι προς το αντικείμενο



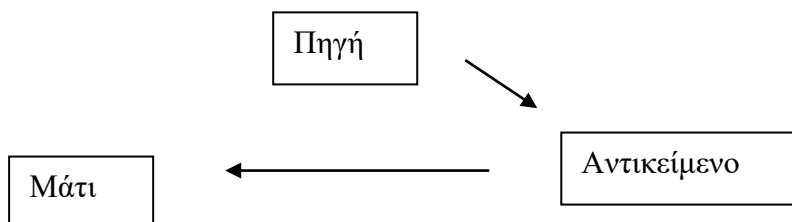
5. Οι ακτίνες εκπέμπονται από την πηγή προς το μάτι, στη συνέχεια από το μάτι προς το αντικείμενο και τέλος από το αντικείμενο προς το μάτι



6. Οι ακτίνες εκπέμπονται από την πηγή προς το αντικείμενο και από το μάτι προς το αντικείμενο



7. Οι ακτίνες εκπέμπονται από την πηγή προς το αντικείμενο και από το αντικείμενο προς το μάτι



Αντιλήψεις για το χρώμα

Το χρώμα είναι μία φυσική ιδιότητα των σωμάτων και όχι το αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων του φωτός με τα αντικείμενα

Ερωτήσεις

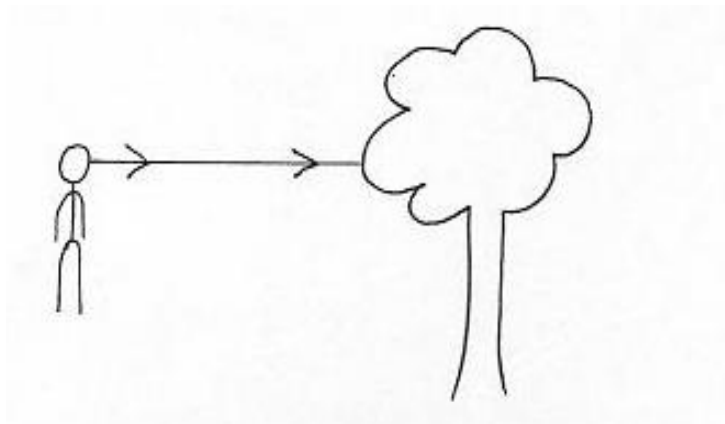
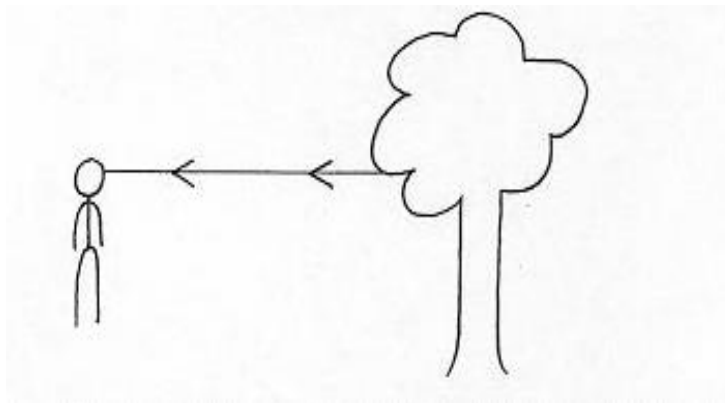
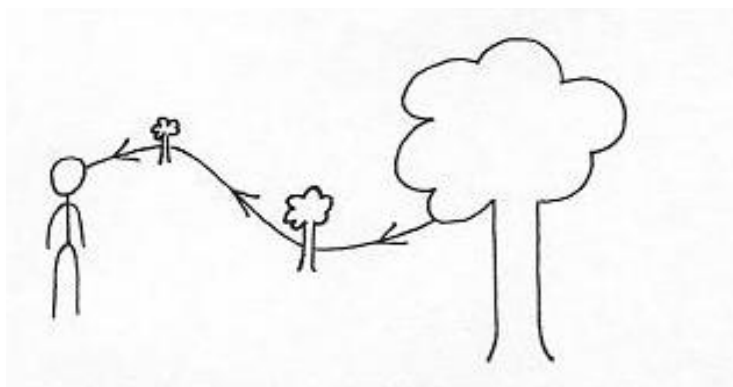
1. Σημειώστε με ναι ή όχι αν πιστεύετε ή όχι ότι το φως διαδίδεται μέσω:

- του αέρα;
- της πέτρας;
- του ξύλου;
- του νερού;

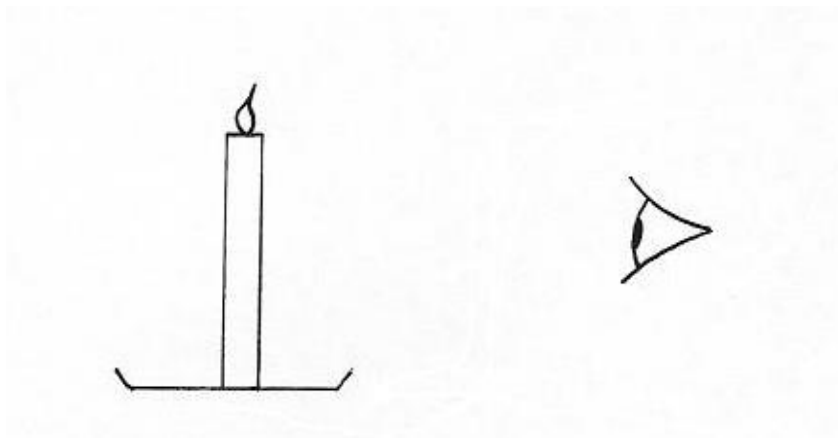
2. Μια λάμπα είναι αναμμένη. Υπογράμμισε την πρόταση που πιστεύεις ότι είναι η σωστή

- (α) Το φως παραμένει στη λάμπα
- (β) Το φως διαδίδεται από τη λάμπα αλλά σταματάει όταν εξαντληθεί
- (γ) Το φως θα συνεχίσει να διαδίδεται μέχρι να χτυπήσει πάνω σε κάτι

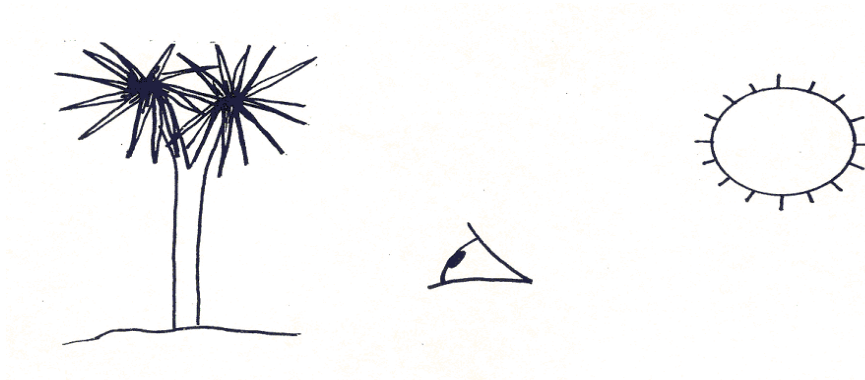
3. Στέκεστε σε εξωτερικό χώρο κατά τη διάρκεια της μέρας κοιτάζοντας ένα δέντρο. Πώς βλέπετε αυτό το δέντρο; Σημειώστε το κουτάκι με τη σωστή απάντηση

☐☐☐

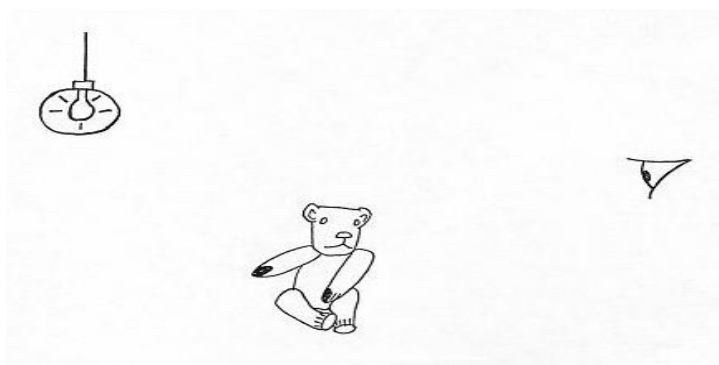
4. «Στο παρακάτω διάγραμμα εμφανίζεται ένα κορίτσι που βλέπει ένα αναμμένο κερί. Σχεδιάστε βέλη για να δείξετε πώς φαίνεται στο κορίτσι το φώς του κεριού.»



5. «Στο παρακάτω διάγραμμα εμφανίζεται ένα κορίτσι που βλέπει ένα δέντρο. Σχεδιάστε βέλη για να δείξετε πώς βλέπει το κορίτσι το δέντρο.»



6. «Στο παρακάτω διάγραμμα το αγόρι βλέπει το αρκουδάκι. Σχεδιάστε βέλη για να δείξετε πώς βλέπει το αγόρι το αρκουδάκι.»



7. Σημείωσε την πρόταση που θεωρείς ορθή.
Α) Ένα κόκκινο βιβλίο απορροφά το κόκκινο χρώμα.
Β) Ένα κόκκινο βιβλίο απορροφά όλα τα χρώματα εκτός από το κόκκινο
8. Σημείωσε την πρόταση που θεωρείς ορθή.
Α) Σε ένα σκοτεινό δωμάτιο ένα κόκκινο βιβλίο αν φωτιστεί με πράσινο χρώμα θα φανεί πράσινο
Β) Σε ένα σκοτεινό δωμάτιο ένα κόκκινο βιβλίο αν φωτιστεί με πράσινο χρώμα θα φανεί κόκκινο
Γ) Σε ένα σκοτεινό δωμάτιο ένα κόκκινο βιβλίο αν φωτιστεί με πράσινο χρώμα θα φανεί μαύρο
Δ) Σε ένα σκοτεινό δωμάτιο ένα κόκκινο βιβλίο αν φωτιστεί με πράσινο χρώμα θα φανεί λευκό

4.14. Μεταβολές της ύλης

ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΜΑΘΗΤΩΝ

Έχουν εντοπιστεί οι ακόλουθες αντιλήψεις για τις μεταβολές της ύλης (Stavridou & Solomonidou, 1998):

- 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.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΑΚΤΙΚΟ-ΒΙΩΜΑΤΙΚΗ ΓΝΩΣΗ ΣΤΗ ΣΧΟΛΙΚΗ ΓΝΩΣΗ: Η ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

5.1. ΤΟ ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΟ ΠΕΥΜΑ (ΜΕΣΑ ΤΗΣ ΔΕΚΑΕΤΙΑΣ '70 ΚΑΙ ΜΕΤΑ)

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.

Μέσα στα πλαίσια της εκπαίδευσης έχουν διαμορφωθεί ποικίλες εκδοχές του εποικοδομητισμού (von Glasersfeld 1995, Solomon 1997, Matthews 1998). 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 (Κόκκοτας 2002). Σημαντική είναι η συμβολή της Solomon (1987) που αποδέχτηκε την άποψη ότι η γνώση κατέχεται από άτομα αλλά προσπάθησε να ενσωματώσει στις θεωρίες του εποικοδομητισμού το ρόλο που μπορεί να έχουν κοινωνικοί παράγοντες στην τροποποίηση των ιδεών που χειρίζονται αυτά τα άτομα.

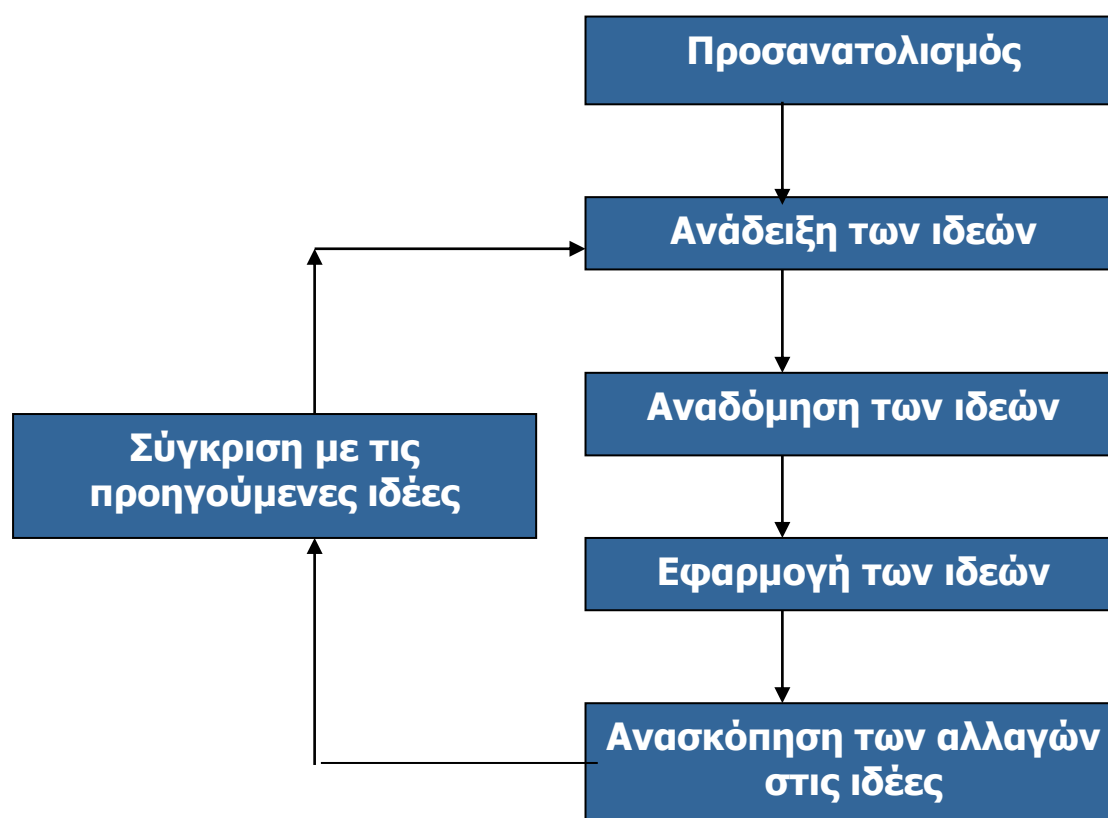
Ο κοινωνικός εποικοδομητισμός για τη διδασκαλία και τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες, θεμελιώνεται πάνω στις εργασίες του Vygotsky και της Solomon και αναγνωρίζει ότι η μάθηση είναι μια κοινωνική δραστηριότητα κατά την οποία οι μαθητές εμπλέκονται σε μια κατασκευή εννοιών μέσω συζητήσεων και διαπραγματεύσεων με τους άλλους συμμαθητές τους και με τους διδάσκοντες. 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). «Τα ατομικά και κοινωνικά στοιχεία του εποικοδομητισμού είναι μέρη μιας διαλεκτικής σχέσης, όπου η διαδικασία μάθησης μπορεί να ειπωθεί δυϊστικά, τόσο ατομικά όσο και κοινωνικά, ποτέ μόνο με τη μία όψη, αλλά πάντα με τις δύο» (Tobin & Tippins 1993, σελ. 21). Στους μαθητές παρέχονται δυνατότητες να ελέγξουν νέες ιδέες με τη βοήθεια των

συμμαθητών τους και να συνδέσουν αυτές τις ιδέες με την προσωπική τους εμπειρία και με τις υπάρχουσες ιδέες τους (McRobbie & Tobin 1997). Έτσι, σύμφωνα με την προσέγγιση του κοινωνικού εποικοδομητισμού, η νοητική εξέλιξη του μαθητή, μέσω της καταγραφής και τη συζήτησης των ιδεών του με τους άλλους συμμαθητές του, είναι ένα ουσιαστικό μέρος της διαδικασίας μάθησης και εμπλέκει την άρθρωση, την αιτιολόγηση, την επεξεργασία, τη διαπραγμάτευση και την επίτευξη συμφωνίας: «οι μαθητές θα μπορούσαν να ενθαρρυνθούν να εμπλακούν σε μια έκφραση των αντιλήψεών τους, σε έναν έλεγχο όσων έχουν κατανοήσει μαζί με άλλους συμμαθητές τους και σε μια συνειδητοποίηση των αντιλήψεων των άλλων συμμαθητών τους» (McRobbie & Tobin 1997, σελ. 197). Οι μαθητές μπορούν, να αναγνωρίσουν και να συνθέσουν τις ιδέες τους, να ανταλλάξουν ιδέες και να αναστοχαστούν πάνω στις ιδέες των άλλων συμμαθητών τους και στις δικές τους, και όπου είναι απαραίτητο, να αναδιοργανώσουν τις ιδέες και να διαπραγματευτούν τις γνώσεις που έχουν μοιραστεί με τους υπόλοιπους συμμαθητές τους (Prawat 1993).

Να συμπληρωθεί ο παρακάτω Πίνακας με βάση τις θέσεις της εποικοδομητικής προσέγγισης για ζητήματα της διδακτικής διαδικασίας.

ΖΗΤΗΜΑΤΑ	ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ
Μάθηση	
Διδασκαλία	
Κύριος στόχος διδασκαλίας	
Αποτελεσματικές στρατηγικές, εργαλεία	
Οργάνωση τάξης	
Κυρίαρχη διδακτική πρακτική	
Διδακτική διαχείριση του λάθους	
Αξιολόγηση μαθητών	
Ρόλος εκπαιδευτικού	
Εκπαίδευση εκπαιδευτικού	
Ρόλος μαθητών στην τάξη	
Συγκρότηση Α.Π.	
Διδακτικό υλικό	

5.2. ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ



Η φάση του προσανατολισμού

- Είναι η παραδοσιακή φάση της αφόρμησης που περιέχει δύο στάδια:
 - το στάδιο πρόκλησης της περιέργειας και
 - 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 ερωτηματολογία, 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 (μεταγνώση).

5.3. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ 1: «ΠΗΞΗ ΣΩΜΑΤΩΝ»

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΑΝΑΔΕΙΞΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΕΩΝ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

Ερώτηση 1. Στην κατάψυξη ενός ψυγείου τοποθετούμε ένα δοχείο που περιέχει 200 γρ. νερό θερμοκρασίας 20°C. Το νερό ψύχεται και όταν αρχίζει να παγώνει το θερμόμετρο δείχνει 0°C. Γυρίζουμε το διακόπτη ψύξης ώστε να ελαττωθεί η θερμοκρασία στην κατάψυξη. Τι πιστεύεις ότι θα δείχνει το θερμόμετρο;

A. Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τους 0°C.

B. Μικρότερη θερμοκρασία από τους 0°C.

Γ. Ίση θερμοκρασία με τους 0°C.

Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.

Ερώτηση 2. Στην κατάψυξη ενός ψυγείου τοποθετούμε ένα δοχείο που περιέχει 400 γρ. νερό θερμοκρασίας 20°C. Το νερό ψύχεται και κάποια στιγμή αρχίζει να παγώνει. Τι πιστεύεις ότι θα δείχνει τώρα το θερμόμετρο;

A. Μεγαλύτερη θερμοκρασία από τους 0°C.

B. Μικρότερη θερμοκρασία από τους 0°C.

Γ. Ίση θερμοκρασία με τους 0°C.

Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΕΩΝ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

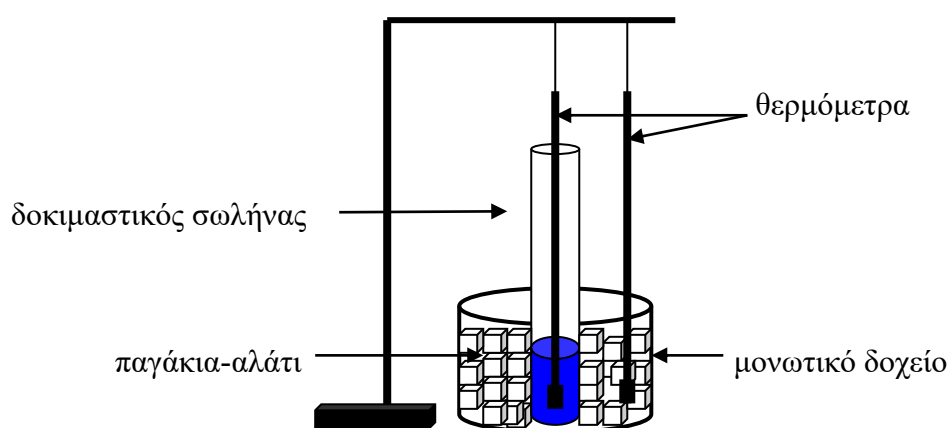
Ερώτημα 1

Ποια είναι η θερμοκρασία του νερού όταν παγώνει;

Τα όργανα και τα υλικά που θα χρειαστούμε για την εκτέλεση των πειραμάτων.

όργανα	υλικά
ορθοστάτες	απιονισμένο νερό
θερμόμετρο	παγάκια
μονωτικό δοχείο (όπως αυτό που χρησιμοποιείται για μεταφορά παγωτού)	
δοκιμαστικός σωλήνας	
αναδευτήρας (κουταλάκι)	
χρονόμετρο	

Πειραματική διάταξη



Πείραμα 1

Κρέμασε ένα θερμόμετρο στον ορθοστάτη και βάλε το μέσα στο μονωτικό δοχείο. Μέτρησε τη θερμοκρασία του πάγου μετά από μερικά λεπτά όταν αυτή έχει σταθεροποιηθεί.

Παρατήρηση. Η θερμοκρασία του πάγου είναι

Πρόσθεσε 5 κουταλιές αλατιού στο μονωτικό δοχείο.

Μέτρησε τη θερμοκρασία του μίγματος πάγου - αλατιού μετά από μερικά λεπτά όταν αυτή έχει σταθεροποιηθεί.

Παρατήρηση. Η θερμοκρασία του μίγματος νερού - αλατιού είναι

Βάλε 200 γρ. νερό στον δοκιμαστικό σωλήνα και τοποθέτησέ τον στο μονωτικό δοχείο που περιέχει το μίγμα παγάκια - αλάτι για να κρυώσει.

Κρέμασε ένα θερμόμετρο στον ορθοστάτη και βάλε το μέσα στον δοκιμαστικό σωλήνα. Για κάθε μισό λεπτό που περνάει σημείωσε τη θερμοκρασία του νερού στον δοκιμαστικό σωλήνα. Συμπλήρωσε τον παρακάτω πίνακα.

Μετά από	Η θερμοκρασία είναι
0,5 λεπτό	
1 λεπτό	
1,5 λεπτό	
2 λεπτά	
2,5 λεπτά	
3 λεπτά	
3,5 λεπτά	
4 λεπτά	
4,5 λεπτά	
5 λεπτά	

Παρατήρηση

.....

Συμπέρασμα: Το απιονισμένο νερό πήζει σε θερμοκρασία

Ερώτημα 2

Επηρεάζεται η θερμοκρασία πήξης του νερού από την ποσότητα του νερού που ψύχεται;

Πείραμα 2

Βάλε 200 γρ. νερό στον δοκιμαστικό σωλήνα και τοποθέτησέ τον στο μονωτικό δοχείο που περιέχει το μίγμα παγάκια - αλάτι για να κρύνει.

Γράψε τα αποτελέσματα του πειράματος στον παρακάτω πίνακα.

Ποσότητα νερού (γραμμάρια)	Ένδειξη θερμομέτρου όταν το νερό αρχίζει να παγώνει	Παρατηρήσεις
100		
200		

Συζητήστε στην ομάδα

Ποια μεγέθη αλλάξατε και ποια κρατήσατε σταθερά κατά τη διάρκεια του πειράματος;

Επηρεάσαν οι αλλαγές που κάνατε την θερμοκρασία πήξης του νερού;

Σταθερά μεγέθη	Μεταβλητά μεγέθη	Αλλαγές στη θερμοκρασία πήξης του νερού

Ποιο τελικό συμπέρασμα βγάλατε;

Το συμπέρασμά μας σχετικά με την ερώτηση 2 είναι

Ερώτημα 3

Επηρεάζεται η θερμοκρασία πήξης του νερού αν συνεχίσουμε να το ψύχουμε σε χώρο συνεχώς χαμηλότερης θερμοκρασίας;

Πείραμα 2

Βάλε 100 γρ. νερό στον δοκιμαστικό σωλήνα και τοποθέτησέ τον στο μονωτικό δοχείο που περιέχει το μίγμα παγάκια με περισσότερο αλάτι από πριν.

Γράψε τα αποτελέσματα του πειράματος στον παρακάτω πίνακα.

Θερμοκρασία μέσα στο μονωτικό δοχείο	Ένδειξη θερμομέτρου όταν το νερό αρχίζει να παγώνει	Παρατηρήσεις

Συζητήστε στην ομάδα

Ποια μεγέθη αλλάξατε και ποια κρατήσατε σταθερά κατά τη διάρκεια του πειράματος; Επηρεάσαν οι αλλαγές που κάνατε την θερμοκρασία πήξης του νερού;

Σταθερά μεγέθη	Μεταβλητά μεγέθη	Αλλαγές στη θερμοκρασία πήξης του νερού

Ποιο τελικό συμπέρασμα βγάλατε;

Το συμπέρασμά μας σχετικά με την ερώτηση 3 είναι

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Το επιστημονικό πρότυπο παρουσιάζεται στους μαθητές για να δείξει την επιστημονική ερμηνεία του φαινομένου, ότι δηλ. κατά την πήξη του νερού η θερμοκρασία του διατηρείται σταθερά στους 0°C, χωρίς να κατεβαίνει, όσο και να ελαττώσουμε τη θερμοκρασία του ψυγείου ή όσο και να αυξήσουμε την ποσότητα του νερού που ψύχεται. Αυτό συμβαίνει γιατί η πρόσθετη ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται από το νερό στην κατάψυξη, χρησιμεύει για να μετατραπεί το νερό από υγρό σε στερεό.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΕΩΝ

1. Έχουμε ένα μεγάλο και ένα μικρό δοχείο, τα οποία γεμίζουμε με νερό. Βάζουμε μέσα στο καθένα από ένα θερμόμετρο και τα τοποθετούμε στην κατάψυξη. Τι θα δείξουν τα θερμόμετρα, όταν αρχίζει να παγώνει το νερό στα δυο δοχεία; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.
2. Έχουμε δυο ίδια (σε όγκο) δοχεία τα οποία τα γεμίζουμε με νερό. Μέσα στα δοχεία βάζουμε ένα ίδιο θερμόμετρο. Το ένα δοχείο το ψύχουμε στην κατάψυξη του ψυγείου του σπιτιού μας και το άλλο σε ένα ισχυρό καταψύκτη παγωτών. Σε λίγο το νερό αρχίζει να παγώνει. Αφήνουμε τα δοχεία να ψύχονται για πέντε (5) λεπτά ακόμα. Τι ένδειξη θα έχουν τα θερμόμετρα όταν περάσουν τα πέντε λεπτά; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΕΩΝ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

Οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε ερωτήσεις όπως: Συγκρίνετε τις

προηγούμενες και τις νέες ιδέες σας για το φαινόμενο της πήξης του νερού. Ενδεικτικές ερωτήσεις:

- Τι λέγατε πριν;
- Τι μάθατε σήμερα;
- Ποιες ομοιότητες και διαφορές υπάρχουν ανάμεσα στις προηγούμενες και νέες ιδέες σας;
- Πώς αλλάξατε γνώμη;

5.4. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ 2: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΩΜΑΤΩΝ

Φάση 1: Προσανατολισμός

Οι μαθητές, απαντούν στις ερωτήσεις ενός προβλήματος στο οποίο ζητούνται παρατηρήσεις με αφορμή ένα έργο τέχνης. Επιπλέον, ζητούνται προβλέψεις και εξηγήσεις αναφορικά με τη σχέση των θερμοκρασιών των παγόβουνων που εμφανίζονται στο ζωγραφικό πίνακα του Φρέντερικ Έντουεν Τσέρτς με τίτλο «*Τα Παγόβουνα*» (Φ.Ε.: πρόβλημα 1).

Φάση 2: Ανάδυση και αποσαφήνιση αντιλήψεων μαθητών

Οι μαθητές, αρχικά, ενώ είναι οργανωμένοι σε ομάδες, εργάζονται ατομικά και απαντούν στις ερωτήσεις ενός προβλήματος στο οποίο ζητούνται προβλέψεις και εξηγήσεις αναφορικά με τη σχέση των θερμοκρασιών δύο κέικ που έχουν διαφορετικά μεγέθη και βρίσκονται για αρκετό χρόνο σε ένα ράφι ενός δωματίου σταθερής θερμοκρασίας (Φ.Ε.: πρόβλημα 2).

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

Φάση 3: Δημιουργία γνωστικής αποσταθεροποίησης και αναδόμηση αντιλήψεων

Οι μαθητές σχεδιάζουν και εκτελούν έρευνα, με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων που υπάρχουν στο Φ.Ε., με σκοπό να εξετάσουν αν η θερμοκρασία δύο κέικ που βρίσκονται σε οποιοδήποτε χώρο για αρκετό χρόνο εξαρτάται από το μέγεθός τους. Αφού πραγματοποιήσουν το πείραμα που προτείνουν, μετρούν με τη βοήθεια θερμομέτρων οιοπνεύματος ή ψηφιακών θερμομέτρων τις θερμοκρασίες των κέικ συγκρίνουν τη θερμοκρασία των σωμάτων με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντός τους και εξάγουν συμπεράσματα. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων που υπάρχουν στο Φ.Ε., συγκρίνουν τις διαπιστώσεις τους (πειραματικά αποτελέσματα) με τις αρχικές προβλέψεις τους. Μέσα από διαδικασίες κοινωνικογνωστικής σύγκρουσης οι μαθητές είναι πιθανόν να οδηγηθούν σε αλλαγή των αντιλήψεών τους (Ραβάνης, 2001; Skoumios & Hatzinikita, 2005)

Φάση 4: Εφαρμογή σε νέες καταστάσεις

Οι μαθητές επεξεργάζονται προβλήματα διαφορετικά από αυτά που έχουν προηγουμένως επεξεργαστεί και ερωτήματα που είχαν διαπραγματευτεί στο παρελθόν.

Πιο συγκεκριμένα, ζητείται από τους μαθητές να συγκρίνουν τις θερμοκρασίες που θα αποκτήσουν μετά από αρκετό χρόνο ντομάτες και ντοματίνια, που τοποθετούνται σε ένα ψυγείο (Φ.Ε.: πρόβλημα 3).

Επίσης, ζητείται από τους μαθητές η θερμοκρασία δύο ίσων ποσοτήτων νερού που περιέχονται σε δύο δοχεία τα οποία βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε δωμάτιο σταθερής θερμοκρασίας, καθώς και οι θερμοκρασία της ποσότητας νερού που προκύπτει από την ένωση σε ένα δοχείο των αρχικών ποσοτήτων του νερού (Φ.Ε.: πρόβλημα 4).

Στη συνέχεια, ζητείται από τους μαθητές η θερμοκρασία μιας ποσότητας νερού που περιέχεται σε ένα δοχείο το οποίο βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε φούρνο σταθερής θερμοκρασίας, καθώς και οι θερμοκρασίες των δύο ποσοτήτων νερού που προκύπτουν από το μοίρασμα σε δύο δοχεία της αρχικής ποσότητας του νερού (Φ.Ε.: πρόβλημα 5).

Φάση 5: Αναστοχασμός πάνω στη διαδικασία μάθησης

Οι μαθητές απαντούν εκ νέου σε ερωτήσεις τις οποίες είχαν ήδη απαντήσει με αφορμή το πρόβλημα 1 του Φ.Ε. Στη συνέχεια, οι μαθητές καλούνται να συγκρίνουν τις αρχικές τους αντιλήψεις με τις αντιλήψεις που έχουν δομήσει (Φ.Ε.: πρόβλημα 6). Τέλος τους ζητείται να αναλογιστούν, τι τους είχε δυσκολέψει, τι ήταν αυτό που τους εμπόδιζε να καταλάβουν και τι ήταν αυτό που τους βοήθησε να καταλάβουν.

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

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

Ερώτηση 1

Κάποιοι μαθητές συζητούν για τη θερμοκρασία που έχουν μέσα στην κατάψυξη δύο παγάκια που έχουν διαφορετικό μέγεθος. Συμφώνησαν ότι το μεγαλύτερο παγάκι πρέπει να έχει μικρότερη θερμοκρασία εξαιτίας του διαφορετικού μεγέθους του. Συμφωνείς με την άποψη των μαθητών; Γιατί;

Ερώτηση 2

Πόσο ενδιαφέρεσαι να γνωρίσεις γιατί τα σώματα που έχουν διαφορετικό μέγεθος και είναι μέσα σε ένα δωμάτιο έχουν την ίδια θερμοκρασία;

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

Ερώτηση 3

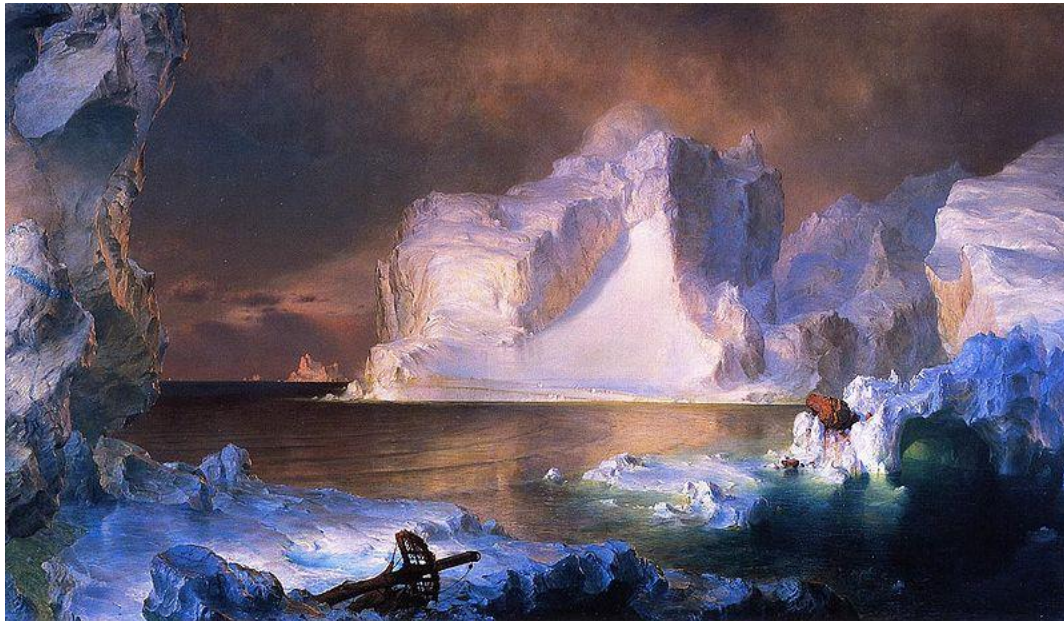
Πόσο ενδιαφέρεσαι να μάθεις περισσότερα για τη θερμοκρασία;

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

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

■ Πρόβλημα 1

Στο Μουσείο Τέχνης του Ντάλας βρίσκεται ο παρακάτω πίνακας του Φρέντερικ Έντουεν Τσέρτς με τίτλο «τα Παγόβουνα».

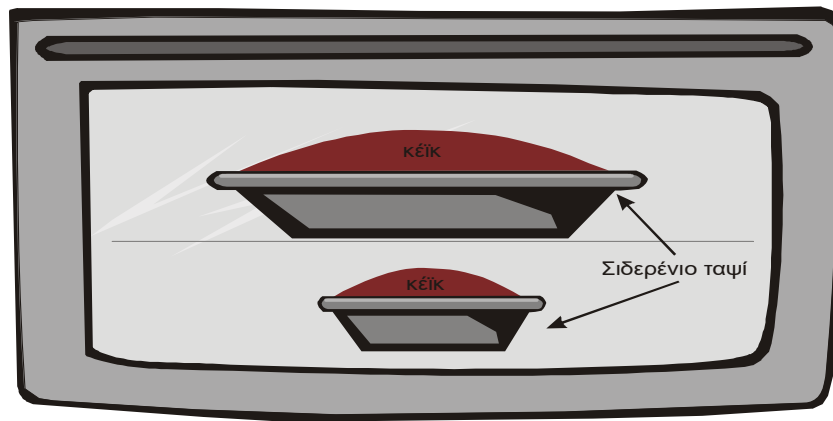


- ⌚ Τι βλέπετε σε αυτό τον πίνακα;
- ⌚ Υπάρχουν απορίες, ερωτήματα σχετικά με αυτό που βλέπετε;
- ⌚ Υπάρχουν ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά στο έργο (μορφές, σχήματα);
- ⌚ Τι πιστεύεις για τη θερμοκρασία που έχει ένα παγόβουνο;
- ⌚ Το μεγάλο παγόβουνο -που είναι στο κέντρο της εικόνας- και ένα μικρό τμήμα από ένα άλλο παγόβουνο, θα έχουν ίσες ή διαφορετικές θερμοκρασίες; Γιατί;

#

■ Πρόβλημα 2

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



- ⌚ Τα κέικ θα έχουν ίσες ή διαφορετικές θερμοκρασίες;
.....
- ⌚ Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;
.....
- ⌚ Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.
- ⌚ Υπάρχουν ομοιότητες ανάμεσα στην άποψή σου και στις απόψεις των συμμαθητών σου; Αν ναι ποιες είναι αυτές;
.....
- ⌚ Υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στην άποψή σου και στις απόψεις των συμμαθητών σου; Αν ναι ποιες είναι αυτές;
.....
- ⌚ Προσπάθησε να πείσεις τους συμμαθητές σου για την άποψη που έχεις προτείνει. Παρουσίασε τους λόγους για τους οποίους υποστηρίζεις τη δική σου άποψη.
- ⌚ Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου, υποστηρίζεις την ίδια άποψη; Γιατί;

■ Έρευνα

Σχεδίαση της έρευνας

⌚ Τι πρόκειται να ερευνήσουμε;

.....

⌚ Ποιες είναι οι απόψεις μας;

.....

⌚ Γιατί το πιστεύουμε αυτό;

.....

⌚ Τι θα χρειαστούμε για να το ερευνήσουμε;

.....

⌚ Συμπληρώνουμε τον παρακάτω πίνακα.

Τι ελέγχουμε;	Τι κρατούμε ίδια;	Τι αλλάζουμε;

Πραγματοποίηση της έρευνας

Τι κάνουμε;

.....

Τι βρήκαμε;

.....

Απάντηση:

.....

Διαπιστώσεις - Συμπληρώσεις

⌚ Τι διαπιστώσαμε από την έρευνα που κάναμε;

.....

⌚ Αυτό που διαπιστώσαμε ήταν αυτό που περιμέναμε;

.....

⌚ Τι ήταν δύσκολο για εμάς σε αυτή την έρευνα;

.....

■ Πρόβλημα 3

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

- ✓ Ντομάτες
- ✓ Ντοματίνια



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

.....

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....

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

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

.....

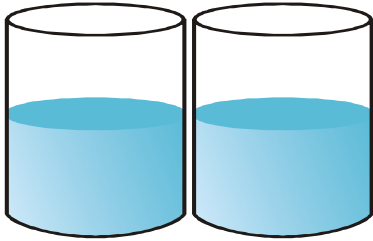
⌚ Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;

.....

#

■ Πρόβλημα 4

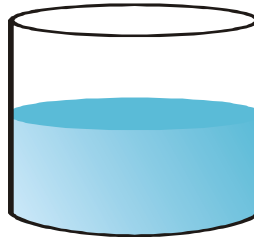
Δύο δοχεία με ίσες ποσότητες νερού βρίσκονται σε δωμάτιο σταθερής θερμοκρασίας 20 °C.



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

.....

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



Ποια θα είναι η θερμοκρασία του νερού; Γιατί;

.....

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

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

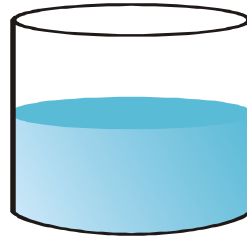
.....

⌚ Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;

.....

■ Πρόβλημα 5

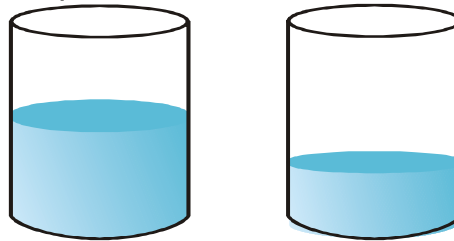
Ένα δοχείο με νερό βρίσκεται σε δωμάτιο σταθερής θερμοκρασίας 20°C .



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

.....

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



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

.....

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

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

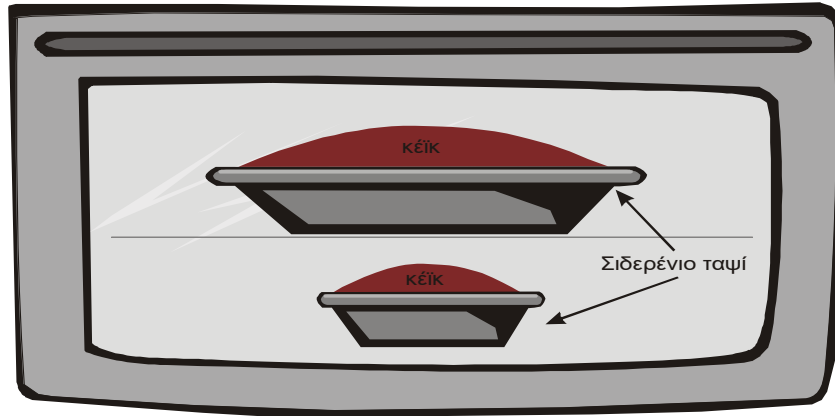
.....

⌚ Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;

.....

■ Πρόβλημα 6

⌚ **Στην ερώτηση:** «δύο κομμάτια κέικ βρίσκονται σε ένα ράφι της κουζίνας για αρκετές ώρες. Ποιο θα έχει υψηλότερη θερμοκρασία, ένα μικρού μεγέθους κέικ ή ένα με μεγαλύτερο μέγεθος;».



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

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

##

5.5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗΣ ΘΕΩΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Στον πίνακα που ακολουθεί έχουν συμπληρωθεί ορισμένες αρχές που διέπουν τον παραδοσιακό τρόπο αντιμετώπισης της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Να συμπληρωθούν οι αντίστοιχες θέσεις για τον εποικοδομητικό τρόπο αντιμετώπισης της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών.

Παραδοσιακή θεώρηση	Εποικοδομητική θεώρηση
Το μυαλό του παιδιού είναι άγραφο χαρτί	
Η γνώση μεταδίδεται και απομνημονεύεται	
Ο εκπαιδευτικός κατέχει τη μόνη σωστή απάντηση	
Έμφαση δίνεται στο αν ο μαθητής μπορεί να αναπαράγει τα όσα διδάχθηκε	
Το αναλυτικό πρόγραμμα σχεδιάζεται με γνώμονα τις γνώσεις που πρέπει να μεταδοθούν	
Το μόνο που χρειάζεται ο εκπαιδευτικός είναι να κατέχει όσα θα διδάξει	

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΖΟΥΝ ΜΙΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΩΣ ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗ

- Αποσαφήνιση αντιλήψεων
- Δημιουργία γνωστικής αποσταθεροποίησης
- Εφαρμογή σε νέες καταστάσεις και ανατροφοδότηση
- Αναστοχασμός πάνω στη διαδικασία μάθησης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΔΙΔΑΚΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

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

6.1. Το πείραμα

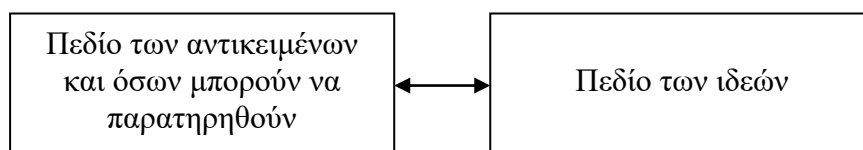
Το πείραμα αποτελεί βασική συνιστώσα της επιστημονικής έρευνας, αποτελεί ένα μοντέλο διαλεκτικής διαμεσολάβησης ανάμεσα στον άνθρωπο και τη φύση. Οι λειτουργίες του πειράματος στην επιστήμη είναι συνοπτικά οι εξής;

- 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 (Arons, 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.

Ο θεμελιώδης σκοπός μιας πειραματικής δραστηριότητας είναι να βοηθήσει τους μαθητές να συνδέσουν τα δύο πεδία της γνώσης: το πεδίο των αντικειμένων και το πεδίο των ιδεών.



Σχήμα 3. Πειραματική δραστηριότητα: συνδέοντας τα δύο πεδία της γνώσης (Millar et al., 2002).

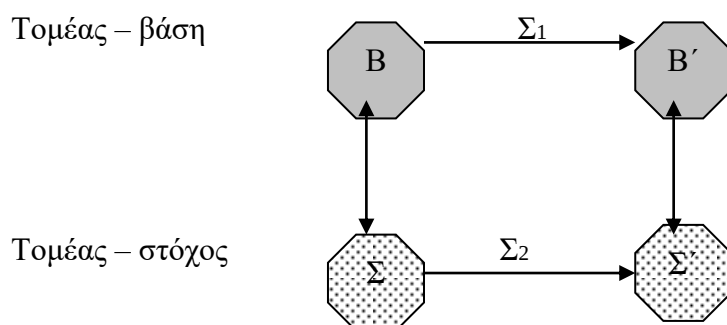
Στο Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι πιθανοί στόχοι -που άπτονται του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών- μιας πειραματικής δραστηριότητας.

	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).

6.2. 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.



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.

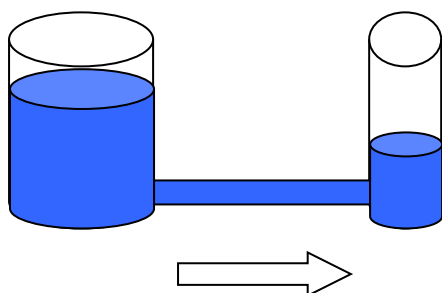
Παράδειγμα αναλογίας 1: Διάδοση θερμότητας και θερμική ισορροπία (Σκουμιός 2005)

Η διάδοση της θερμότητας από ένα σώμα A υψηλότερης προς ένα σώμα B χαμηλότερης θερμοκρασίας μοιάζει με τη ροή υγρού από δοχείο A όπου το νερό βρίσκεται σε υψηλότερη στάθμη προς το δοχείο B 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 A προς το B θα συνεχιστεί μέχρι τα σώματα να αποκτήσουν ίδια θερμοκρασία.

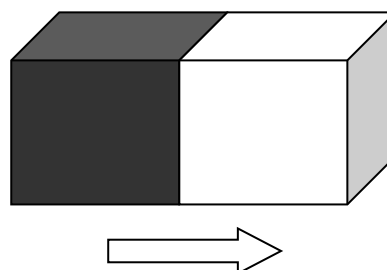
Τομέας βάση: Ροή νερού		Τομέας στόχος: Ροή θερμότητας	
Νερό	←→	←→	Θερμότητα
Στάθμη νερού	←→	←→	Θερμοκρασία
Δοχεία A, B	←→	←→	Σώματα A, B

Πριν

Το Α έχει υψηλότερη θερμοκρασία από το Β



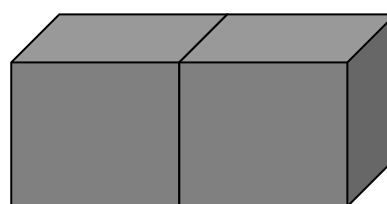
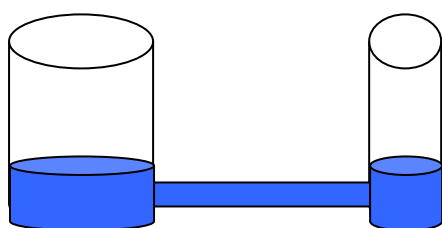
ροή νερού



ροή θερμότητας

Μετά

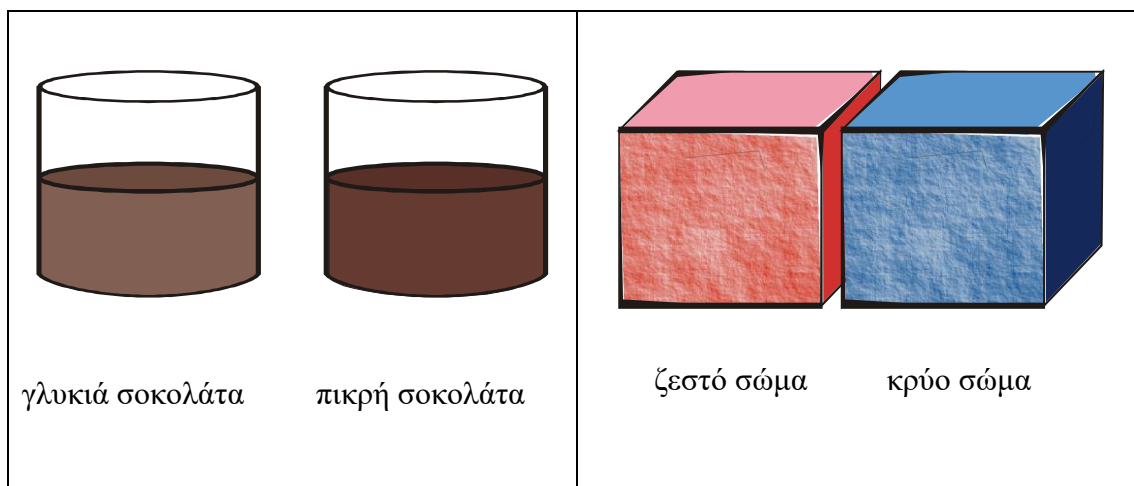
Τα Α και Β έχουν ίσες θερμοκρασίες



Παράδειγμα αναλογίας 2 : «Η γλυκιά και πικρή σοκολάτα», μια αναλογία για την επεξεργασία της αντίληψης «το ψύχος είναι διαφορετικό από τη θερμότητα» (Skoumios & Hatzinikita 2006)

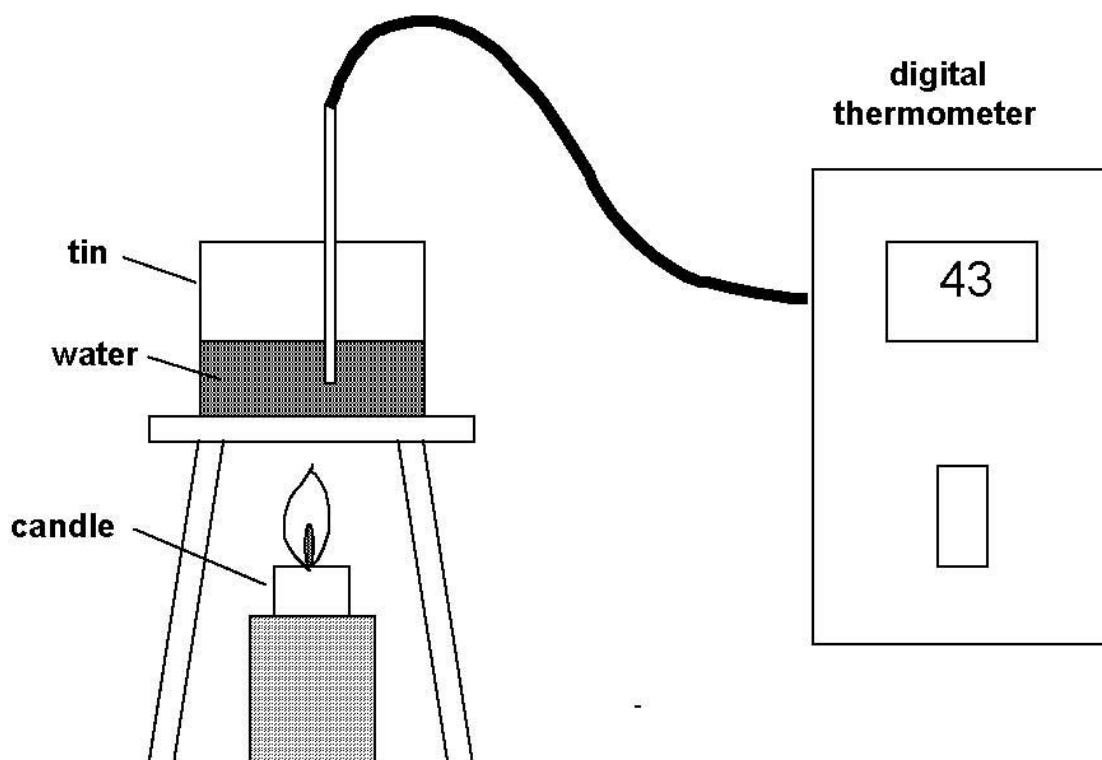
Η αναλογία αυτή χρησιμοποιείται με σκοπό να βοηθήσει τους μαθητές να τροποποιήσουν τις αντιλήψεις τους σχετικά με τη χρήση δυο διαφορετικών οντοτήτων (θερμότητας και ψύχους) για την εξήγηση των θερμικών φαινομένων.

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



Παράδειγμα αναλογίας 3: Θέρμανση νερού (Arnold & Millar 1996)

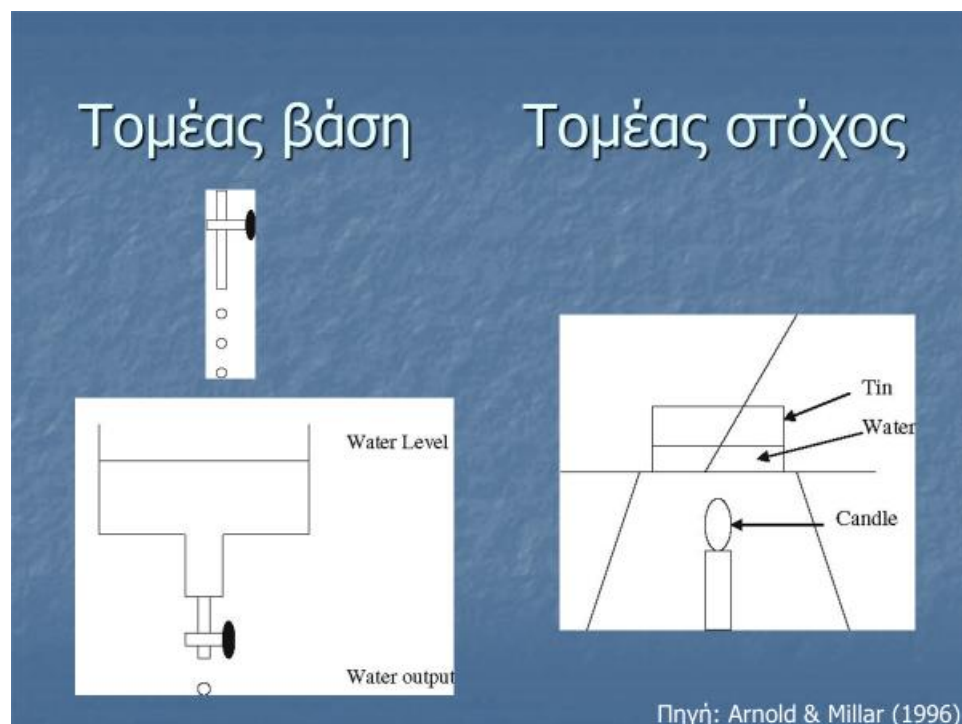
Οι Arnold και Millar (1996) ζήτησαν από μαθητές ηλικίας 14 ετών να πραγματοποιήσουν μια πειραματική δραστηριότητα που περιλάμβανε θέρμανση νερού μέσα σε ένα αλουμινένιο κουτάκι με τη βοήθεια ενός κεριού (Σχήμα 5).



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 50°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 χρησιμοποιώντας το επιστημονικό μοντέλο για τις θερμικές διαδικασίες.



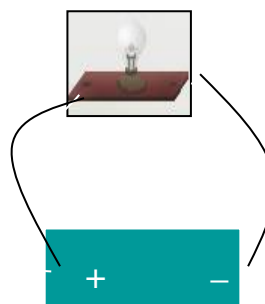
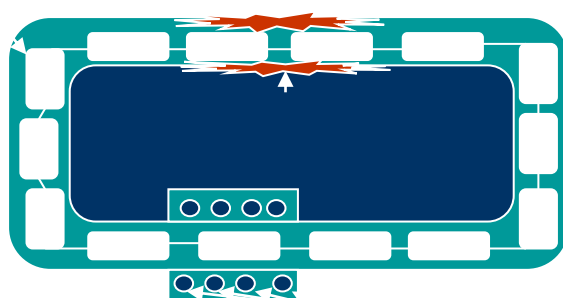
Στη συνέχεια οι ερευνητές χρησιμοποίησαν μια αναλογία. Παρουσίασαν ένα τρύπιο ποτήρι και έριχναν συνεχώς νερό μέσα σε αυτό. Ρώτησαν τους μαθητές τι θα συμβεί στην επιφάνεια του νερού που είναι μέσα στο ποτήρι αν το νερό εισέρχεται στο ποτήρι με μεγαλύτερο ρυθμό από το νερό που εξέρχεται από το ποτήρι και τι θα συμβεί αν το νερό εξέρχεται από το ποτήρι με μεγαλύτερο ρυθμό από το νερό που εισέρχεται στο ποτήρι. Ακολουθώντας, οι ερευνητές βοήθησαν τους μαθητές με κατάλληλες ερωτήσεις να κάνουν τις απαραίτητες αντιστοιχήσεις 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.

Το μοντέλο του «φανταστικού» τρένου: μια αναλογία για το ηλεκτρικό κύκλωμα

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 κούραση, 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

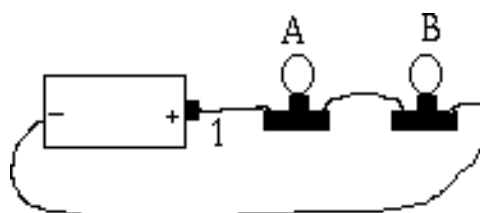
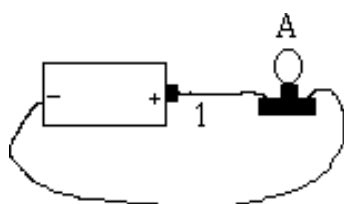
βαγονιών-ηλεκτρονίων. Η ταχύτητα με την οποία κινούνται τα βαγόνια είναι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος στο κύκλωμα.

ΤΟΜΕΑΣ ΒΑΣΗ	ΤΟΜΕΑΣ ΣΤΟΧΟΣ
ΤΡΕΝΟ	ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ
βαγόνια	ηλεκτρόνια
κίνηση βαγονιών	ηλεκτρικό ρεύμα
εμπόδια	αντίσταση
σιδηροδρομική γραμμή	ηλεκτρικό κύκλωμα
εργάτες που σπρώχνουν	προσφερόμενη ενέργεια (μπαταρία)
μυϊκή κόπωση	εξάντληση μπαταρίας
σταθμάρχης	διακόπτης

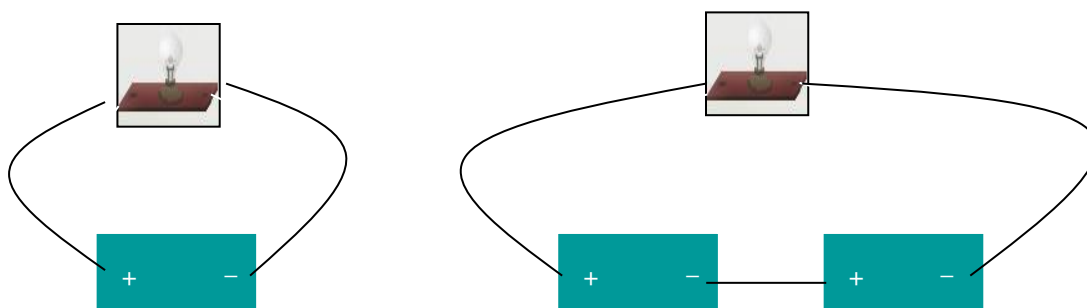


Ερωτήσεις στο ηλεκτρικό κύκλωμα που μπορούν να διαπραγματευτούν με το μοντέλο του τρένου:

(α) Τι θα συμβεί στη φωτοβολία της λάμπας, αν συνδεθεί στη σειρά μια άλλη λάμπα;



(β) Τι θα συμβεί στη φωτοβολία της λάμπας, αν συνδεθούν δύο μπαταρίες στη σειρά αντί για μία;



6.3. Εννοιολογικοί Χάρτες και Εφαρμογές

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 αναπαράστάσεις 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

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.

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}

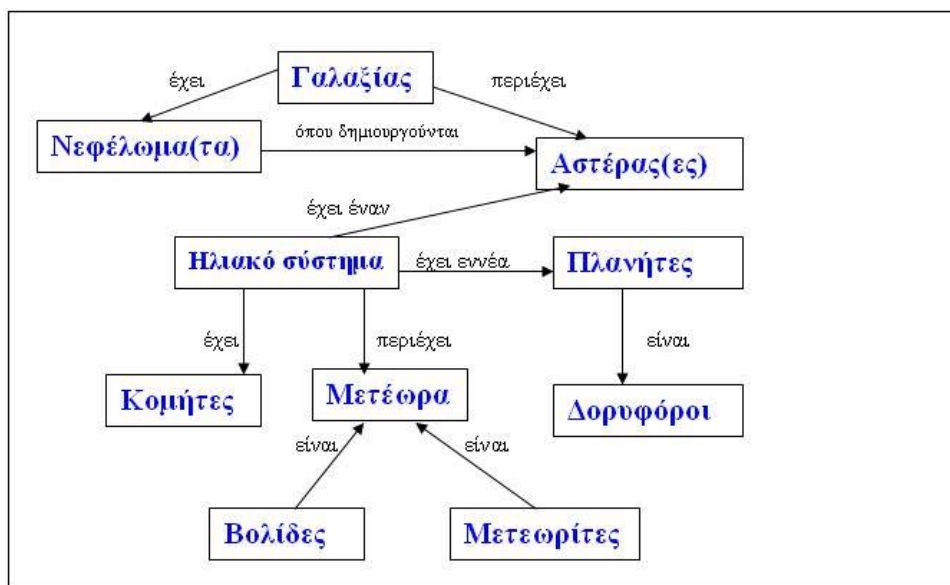
Από τους μαθητές που είναι χωρισμένοι σε ομάδες των 3 ή 4 ζητείται να πραγματοποιήσουν μια σειρά από καθήκοντα - εργασίες μέσα σε 30 – 40 λεπτά:

- 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:

 έχει έναν
Ηλιακό σύστημα -----> Αστέρα

- 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.



6.4. Οι γνωστικές συγκρούσεις

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; 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 & 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 μέρος 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:

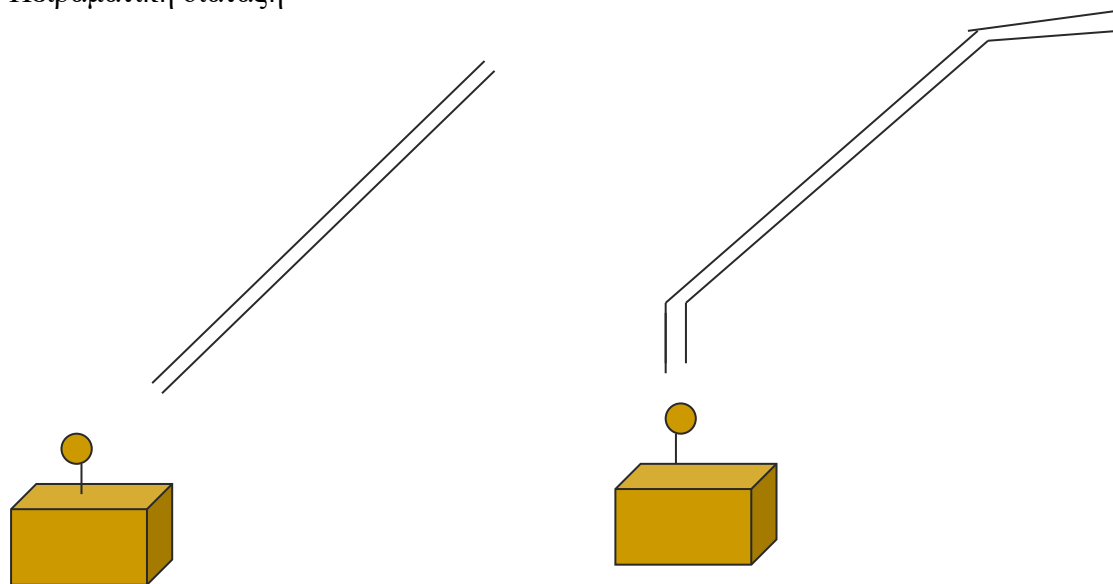
Κόβοντας ένα σκουριασμένο καρφί παρατηρούν ότι η σκουριά υπάρχει μόνο στην εξωτερική επιφάνεια.

(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 μαθησιακής κατάστασης που στηρίζεται σε διαδικασίες κοινωνικο-γνωστικής σύγκρουσης (Skoumios, 2009).

Έχεις δύο δοχεία Α και Β 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 Α και Β.

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 Α και το μεγαλύτερο κεριό στο υγρό του δοχείου Β.



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 Α και Β όταν τοποθετήσουμε το μεγαλύτερο στο υγρό του δοχείου Α και το μικρότερο στο υγρό του δοχείου Β.



Γράψε την πρόβλεψή σου και δώσε εξηγήσεις.

Συζήτησε τις απόψεις σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

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

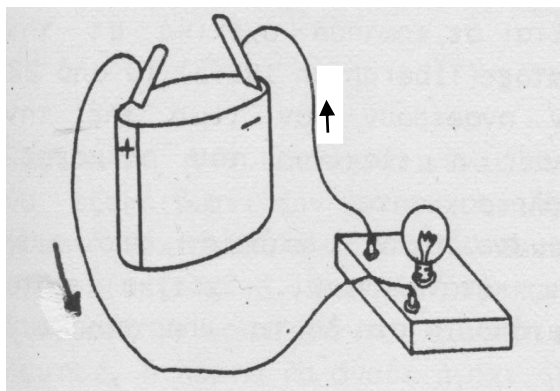


Παρατήρησε αν τα κεριά επιπλέουν ή βυθίζονται.

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 ποιοι 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.

Εργασία 6.1.

Ορισμένοι μαθητές θεωρούν ότι σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα το ηλεκτρικό κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα σταθερής φοράς και ένα μέρος του ηλεκτρικού ρεύματος «καταναλώνεται» στο εσωτερικό της λάμπας.



Να περιγράψετε τις διαδικασίες γνωστικής σύγκρουσης για τη διδακτική αντιμετώπιση αυτής της αντίληψης των μαθητών. Στην περιγραφή αυτή θα πρέπει να εξηγήσετε την εμπειρική διαδικασία που θα εκθέσετε στους μαθητές, τι θα τους ζητήσετε να προβλέψουν, πώς θα σχολιάσετε τα αποτελέσματα της εμπειρικής διαδικασίας και τι θα κάνετε ώστε να αντιμετωπίσετε τυχόν ενστάσεις των μαθητών οι οποίοι θα επιμένουν στο αρχικές τους αντιλήψεις.

Εργασία 6.2.

Ορισμένοι μαθητές θεωρούν ότι ο αέρας δεν καταλαμβάνει όγκο. Να περιγράψετε τις διαδικασίες γνωστικής σύγκρουσης για τη διδακτική αντιμετώπιση αυτής της αντίληψης των μαθητών. Στην περιγραφή αυτή θα πρέπει να εξηγήσετε την εμπειρική διαδικασία που θα εκθέσετε στους μαθητές, τι θα τους ζητήσετε να προβλέψουν, πώς θα σχολιάσετε τα αποτελέσματα της εμπειρικής διαδικασίας και τι θα κάνετε ώστε να αντιμετωπίσετε τυχόν ενστάσεις των μαθητών οι οποίοι θα επιμένουν στο αρχικές τους αντιλήψεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ahtee, M. (1993). A survey of the Finnish pupils' conceptions about thermal phenomena. In: Novak, J.: *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York: Cornell University.
- Aiello-Nicosia, M. L. & Sperandio-Mineo, R. M. (2000). Educational reconstruction of physics content to be taught of pre-service teacher training: a case study. *International Journal of Science Education*, 22 (10), 1085-1098.
- Albert, E. (1978). Development of the concept of heat in children. *Science Education*, 62 (3), 389-399.
- Alexopoulou, E. & Driver, R. (1996). Small-group discussion in physics: Peer interaction modes in pairs and fours. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (10), 1099-1114.
- Alonso, M. & Finn, E.J. (1995). An integrated approach to thermodynamics in the Introductory Physics Course, *The Physics Teacher*, 33, 296-331.
- American Association for the Advancement of Science. (1989). "Science for all Americans: A Project 2061 report on literacy goals in science, mathematics, and technology". Washington, DC: Author. [Available online at: <http://www.project2061.org/tools/sfaol/sfaatoc.htm>]
- American Association for the Advancement of Science. (1993). "*Benchmarks for science literacy*", New York: Oxford University Press.
- 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.
- Andersson, B. (1979). Some aspects of children's understanding of boiling point. *Proceedings of an International Seminar on Cognitive Development Research in Science and Mathematics*, University of Leeds, Leeds.
- Andersson, B.(1986). The experimental gestalt of causation: a common core to pupils preconceptions in science. *European Journal of Science Education*, 8 (2), 155-171.
- Appleton, K. (1984). Children's ideas about hot and cold. Learning in science project (primary), Science Education Research Unit (Hamilton, New Zealand, Waikato University), ERIC Document Reproduction Service No. ED 252 407.
- Appleton, K. (1985). Children's ideas about temperature, *Research in Science Education* 15, 122-126.
- Arca, M. & Caravita, S. (1993), Le constructivisme ne résoud pas tous les problèmes, *Aster*, 16, 77-101.
- Arca, M. & Caravita, S. (1993). Le constructivisme ne résoud pas tous les problèmes, *Aster*, 16, 77-101.
- Arnold, M. & Millar, R. (1994). Children's and lay adults' views about thermal equilibrium. *International Journal of Science Education* 16 (4), 405-419.
- Arnold, M. & Millar, R. (1996). Learning the scientific "story": a case study in the teaching and learning of elementary thermodynamics. *Science Education* 80 (3), 249-281.
- Arnold, M. & Millar, R. (1996a). Learning the scientific "story": a case study in the teaching and learning of elementary thermodynamics. *Science Education* 80 (3), 249-281.
- Arnold, M. (1993). *Teaching a scientific mental model. A case study: Using analogy to construct a model of thermal processes*. Unpublished PhD thesis, University of York, UK.
- 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.
- Artz, A. & Newman, C. (1990) *How to Use Cooperative Learning in the Mathematics Class*. Reston va: National Council of Teachers of Mathematics
- Astolfi, J. P. & Develay, M. (1989). *La didactique des sciences*, que sais-je?, No 2448, Paris: P.U.F.
- Astolfi, J. P. & Peterfalvi B. (1997). Stratégies de travail des obstacles: Dispositifs et ressorts, *Aster*, 25, 193-216.
- Astolfi, J. P. & Peterfalvi B. (1997). Stratégies de travail des obstacles: Dispositifs et ressorts, *Aster*, 25, 193-216.
- Astolfi, J. P. & Peterfalvi, B. (1993), Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales, *Aster*, 16, 103-141.
- Astolfi, J. P. & Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales, *Aster*, 16, 103-141.
- Astolfi, J. P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y. & Toussaint, J. (1997). *Pratiques de formation en didactique des sciences*. Paris - Bruxelles: De Boeck, Pratiques pédagogiques.
- Astolfi, J. P., Peterfalvi, B. & Vérin A. (1998). *Comment les enfants apprennent les sciences*. Paris: Retz.

- Ausubel, D. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Avrams, R. (1989). *Development and evaluation of a microcomputer-based diagnosis system for identification of children's misconception in heat and temperature*. Unpublished MA thesis, School of education, Tel-Aviv University, Israel.
- Bachelard, G. 1938 (1986). *La formation de l'esprit scientifique*, Paris: Vrin.
- Bachelard, G. 1940 (1983). *La philosophie du non. Essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique*, Paris: P.U.F.
- Baines, Ed., Blatchford, P. & Kutnick, P. (2003). Changes in grouping practices over primary and secondary school, *International Journal of Educational Research*, 39 (1), 9-34.
- 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.
- 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.
- Blaye, A. (1989). Interactions sociales et constructions cognitives: présentation critique de la thèse du conflit socio-cognitif, In Bednarz N. & Garnier C. (eds), *Construction des savoirs, obstacles et conflits*. Ottawa, Cirade, Agence d' Arc.
- Bloom B.J., Englehart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H. & Krathwohl, D.R. (1956). *Taxonomy of educational objectives*. David McKay Company Inc.
- Blumenfeld, P., Marx, R., Soloway, E. & Krajcik, J. (1996). Learning with peers. From small group cooperation to collaborative communities. *Educational Researcher*, 25 (8), 37-40.
- Boohan, R. & Ogborn, J. (1996). *Energy and change. A set of three booklets*. Hatfield, England: Association for Science Education.
- Boohan, R. (1996). Exploring hot and cold with temperature sensitive film. *School Science Review*, 77 (281), 91-92.
- Borg, W. R. & Gall, M. D. (1989). *Educational Research: An Introduction* (5th ed.). New York: Longman.
- Bransford, J., Brown, A. & Cocking, R. (Eds.). (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academy Press.
- Briggs, H. & Brook, A. (1984). Students' ideas of heat: A paper presented at the SSCR conference on learning, doing and understanding in science. Children's learning in science project. University of Leeds, Leeds, UK.
- Brook, A., Briggs, H., Bell, B. & Driver, R. (1984). *Aspects of secondary students' understanding of heat: full report*. Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds, Leeds, UK.
- Brousseau, G. (1980). L' échec et le contrat. *Recherches*, 41, 177-182.
- Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. In *Recherches en didactique des mathématiques*, 7 (2), 33-115, Grenoble: La pensée sauvage.
- Brousseau, G. (1997). *Theory of Didactical Situations in Mathematics*. Kluwer Academic Publishers.
- Brown, A.L. & Campione, J.C. (1994). Guided Discovery in a Community of Learners. K. McGilly (Ed.) *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice*, Cambridge, MA: MIT Press/Bradford, 229-270.
- Brown, J., Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18 (1), 32-41.
- Bruce, W. & Kopnick, R. (1990). Teaching for conceptual change: confronting children's experience. *Phi Delta Kappan*, May, 680-684.
- Bruner, J. (1983). *Child's Talk: Learning to Use Language*. New York: Norton.
- Carlton, K. (2000). Teaching about heat and temperature. *Physics Education*, 35, 101-105.
- Cauzinille, E. & Melot, A. M. (1993). Métacognition et acquisition de connaissances. *Cahiers de Beaulieu* n° 16.
- Chi, M., Slotta, J. & de Leeuw, N. (1994). From theories to processes: A theory of conceptual changes for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- Chi, M.T.H. (2000). Cognitive understanding levels. *Encyclopedia of Psychology*. AE Kazkin (Ed),

- 2, 146-151. APA and Oxford University Press.
- Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-49.
- Clément, P. (1991). Sur la persistance d'une conception: la tuyauterie continue digestion-excrétion. In *Aster* 13, 133-155. Paris, INRP.
- Cohen, E. G. (1994). Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64, 1-35.
- Cohen, I. (1985). *The birth of a new physics*. London: Penguin.
- Collins, A., Brown, J. S. & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 453-494). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Conant, J. (1957). (Ed.), *Harvard Case Histories in Experimental Science*, 2 vols (Cambridge, MA: Harvard).
- Coquin-Viennot, D. & Gaonac'h, D. (1995). Psychologie et didactique: les notions fondamentales. In D. Gaonac'h & C. Golder (Eds.), *Manuel de psychologie pour l'enseignement* (pp. 292-311). Paris: Hachette.
- Crookes, J. (1982). The nature of personal commitment in changes in explanations. *Paper presented at a Seminar on Investigating Children's Existing Ideas about Science*, School of Education University of Leicester, Leicester.
- D'Hainaut L. (1970). *Des fins aux objectifs de l'éducation*. Bruxelles, Paris: Labor - Nathan.
- Damon, W. & Phelps, E. (1989). Critical distinctions among three approaches to peer education. *International Journal of Educational Research*, 13, 9-19.
- De Jong T., Van Joolingen W.R. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research*, 68: 179-202.
- De Vecchi, G. (1990). La construction du savoir scientifique passe par une suite de ruptures et de remodelages. in *Recherche et formation* n°7, 35-46.
- Desautels, J. & Laroche, M. (1992). Autour de l'idée de science. Itinéraires cognitifs d'étudiants, De Boeck Université, Bruxelles.
- Develay, M. (1992). *De l'apprentissage à l'enseignement*, Collections pédagogies, Paris, ESF Editeur, 163 p.
- Doise, W. & Mugny, G. (1984). The social development of the intellect. Oxford: Pergamon Press.
- Doise, W. & Mugny, G. (1984). *The social development of the intellect*. Oxford: Pergamon Press.
- Doise, W., Mugny, G., & Perez, J. A. (1998). The social construction of knowledge: Social marking and socio-cognitive conflict. In U. Flick (Ed.), *The psychology of the social* (pp. 77-90). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Domènech, J.L. (2000). L'ensenyament de l'energia en l'educació secundària. Anàlisi de les dificultats i una proposta de millora. PhD Thesis. Universitat de València. Spain.
- Drekkers, P. J. J., & Thijj. G. D. (1998). Making productive use of students' initial conceptions in developing the concept of force. *Science Education*, 82, 31-51.
- Dreyfus, A., Jungwirth, E. & Eliovitch, R. (1990) Applying the 'Cognitive Conflict' strategy for conceptual change - some implications, difficulties and problems. *Science Education*, 74 (5), 555-569
- Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Eliovitch, R. (1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change – some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74(5), 555-569.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). "A constructivist approach to curriculum development in science," *Studies in Science Education*, 18, 105-122.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Driver, R. & Russell, T. (1981). *An investigation of the ideas of heat, temperature and change of state of children aged between 8 and 14 years*. Unpublished manuscript, University of Leeds, Leeds.
- Driver, R. & Russell, T. (1982). *An investigation of the ideas of heat, temperature and change of state of children aged between 8 and 14 years*, Centre for Studies and Mathematics Education, University of Leeds.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes. Open University Press.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes. Open University Press.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary*

- science—research into children's ideas. London: Routledge.
- 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.
- Duffy, T. & Cunningham, D. (1996). Constructivism: Implications for the design and delivery of instruction. In D. Jonassen (Ed.), *Handbook of research for educational communications and technology* (pp. 170–198). New York: Macmillan.
- Duit, R. & Glynn, S. (1995). Mental modelling. *Paper presented at the Science Education Research in Europe*, Leeds 7-11 April 1995.
- Duit, R. & Kesidou, S. (1988). Students' understanding of basic ideas of the second law of thermodynamics. *Research in Science Education*, 18, 186-195.
- Duit, R. & Kesidou, S. (1990). Students' conceptions of basic ideas of the second law of thermodynamics, *Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching* (Atlanta, GA, April 8-11, 1990), ERIC No: ED317434.
- Duit, R. (1995). The constructivist view: A fashionable and fruitful paradigm for science education research and practice. In L. Steffe, & J. Gale, (Eds.), *Constructivism in education* (p.p. 272 – 285). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- 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.
- Dumas-Carré, A. & Weil-Barais, A. (Eds.) (1998). *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. Berne: Peter Lang.
- 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.
- Engel Clough, E. & Driver, R. (1985). Secondary students' conceptions of the conduction of heat: ringing together personal and scientific views, *Physics Education* 20, 175-182.
- Engel, E. (1981). Investigating pupils' understanding of aspects of pressure. In: Jung, W., Pfundt, H., Rhoeneck, C. von: *Proceedings of the international workshop on "Problems Concerning Students' Representation of Physics and Chemistry Knowledge"*. Ludwigsburg: Paedagogische Hochschule, 214-233.
- Engel, E. (1982). *The development of understanding of selected aspects of pressure, heat and evolution in pupils aged between 12-16 years*. Unpublished PhD thesis, University of Leeds. Leeds.
- Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In M. Wittrock, (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 119–161). New York: Macmillan.
- Erickson, G. (1975). *An Analysis of Children's Ideas of Heat Phenomena*. Ed.D. Dissertation, University of British Columbia.
- Erickson, G. (1979). Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education* 63 (2), 221-230.
- Erickson, G. (1980). Children's viewpoints of heat: A second look. *Science Education* 64 (3), 323-336.
- Erickson, G.L. & Tiberghien, A. (1985). Heat and temperature. In: Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A.: *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Eurobarometer (1993). *Europeans, Science and Technology: Public Understanding and Attitudes*. Brussels, Commission of the European Communities.
- Fabre, M. (1993). Représentations et obstacles en Didactique des Sciences: Quelques repères, *Documents du CERSE*, 60, Université de Caen, 31-35.
- Fabre, M. (1995). *Bachelard éducateur*, Paris: P.U.F.
- Fensham, P. J., Gunstone, R.F. & White, R.T. (1994). *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning* (London Falmer).
- Finley, F.N. (1985). Variations in prior knowledge. *Science Education*, 69, 697-705.
- Flavell, J. (1985). *Cognitive Development*, U.S.A: Prentice-Hall.
- Flavell, J.H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In: L.B. Resnick (Ed) *The nature of intelligence* (pp 231-235). Hildale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Fox, R. (1971). *The Caloric Theory of Gases*. Oxford University Press: Oxford.
- Frederik, I., Van der Valk, T., Leite, L. & Thoren, I. (1999). Pre-service Physics Teachers and Conceptual Difficulties on Temperature and Heat. *European Journal of teacher Education*, 22 (1), 61-74.

- Frenkel, P. & Strauss, S. (1985). The development of the concept of temperature when assessed via three developmental models, (Working paper no. 46), Tel-Aviv University (Israel), Unit on Human Development and Education. ERIC Document Reproduction Service No. ED 267 968.
- Gabbert, B., Johnson, D. W. & Johnson, R. (1986). Cooperative learning, group-to-individual transfer, process gain, and the acquisition of cognitive reasoning strategies. *Journal of Psychology*, 120, 265-278.
- Gale, C.I. (1993). The influence of microcomputer-based labs on children's conceptions of temperature and temperature change. In: Novak, J.: *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York: Cornell University (distributed electronically).
- Gallas, K. (1995). *Talking their way into science*. New York: Teachers College Press.
- Garnett, P.J., Garnett, P.J. & Hackling, M.W. (1995). Refocussing the chemistry lab: a case for laboratory-based investigations. *Australian Science Teachers Journal*, 41 (2), 26-32.
- Gauld, C. (1989). A study of pupils' responses to empirical evidences. In R. Millar, (Ed.), *Images of science in science education* (pp.62-82). London, UK: Falmer Press.
- Gennaro E. (1981). Assessing junior High students' understanding of density and solubility. *School Science and Mathematics* 81, 399 – 404
- Gillies, R. (2003). Behaviors, interactions, and perceptions of junior high school students during small-group learning. *Journal of Educational Psychology*, 95 (1), 137-147.
- Gilly, M. (1989). A propos de la théorie du conflit socio-cognitif et des mécanismes psycho-sociaux des constructions cognitives: perspectives actuelles et modèles explicatifs. In N. Bednarz & C. Garnier (Eds.), (1989), *Construction des savoirs, obstacles et conflits*. Ottawa: Girade / Agence d'Arc Inc.
- Giordan A., Girault Y. & Clément P., (sous la direction de), 1994, *Conceptions et connaissances*. Berne, Peter Lang.
- Giordan, A. & De Vecchi, (1987), *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- Giordan, A. & De Vecchi, (1987), *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- Giordan, A. (1989). Quelques obstacles à l'utilisation didactique du concept d'obstacle épistémologique. Bednarz N. & Garnier C. (eds), *Construction des savoirs, obstacles et conflits*. Ottawa, Cirade, 372-381.
- Glynn, S. M., Yeany, R. H. & Britton, B. K. (1991). A constructive view of learning science. In S. M. Glynn, R. H. Yeany, & B. K. Britton (Eds.), *The Psychology of Learning Science* (pp. 3-19). Hildale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Glynn, S.M. & Duit, R. (1995). Learning Science in Schools. (pp. 179-198). Mahwah NJ: Lawrence-Erlbaum.
- Gordon, P., Brouckaert, C.J. & Buckley, C.A. (1996). An Investigation into the Fouling of Heat Exchangers, The Water Institute of Southern Africa, Biennial Conference & Exhibition, Port Elizabeth, Feather Market Centre.
- Granville, M. (1985). Student misconceptions in thermodynamics, *Journal of Chemistry Education* 62, 847-848.
- Greenbowe, T. & Meltzer, D. (2003). Student learning of thermochemical concepts in the context of solution calorimetry, *International Journal of Science Education* 25, 779-800.
- Grotzer, T.A. (2003). Learning to understand the forms of causality implicit in scientific explanations. *Studies in Science Education*, 39, 1-74.
- Guesne, E. (1984). Children's ideas about light. In E. J. Wenham (Ed.), *New Trends in Physics Teaching*, Vol 4, (pp. 179-192). Paris: UNESCO.
- Guesne, E. (1985). Light. In: R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in Science*, Milton Keynes, Open University Press.
- Hackling, M.W. (1998). *Working Scientifically: Implementing and Assessing Open Investigation Work in Science*. Education Department of Western Australia.
- Hackling, M.W. & Fairbrother, R. W. (1996). Helping students to do open investigations in science. *Australian Science Teachers Journal*, 42 (4), 26-33.
- Halford, G.S. (1993). *Children's understanding – The development of mental models*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Halford, G.S. (1993). *Children's understanding – The development of mental models*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Hallam, S. & Toutounji, I. (1996). *What Do We Know About the Grouping of Pupils by Ability?* London: Institute of Education.

- Hamby, M. (1990). Understanding the language: problem solving and the first law of thermodynamics. *Journal of Chemical Education*, 67, 923-924.
- Hand, B., Treagust, D. & Vance, K. (1997). Students perceptions of the social constructivism classroom. *Science Education*, 81, 561-575.
- Harris, W. (1981). Heat in Undergraduate Education or isn't it time we Abandoned the Theory of caloric? *International Journal of Mechanical Engineer Education*, 9, 317-321.
- Harrison, A., Grayson, D. & Treagust, D. (1999). Investigating a grade 11 students evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (1), 55-87.
- Harrison, G. (1994). Investigation into conduction in solids. *School Science Review*, 75 (273), 95-96.
- 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.
- 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, M. & Hamlyn, D. (1984). The influence of intellectual environment on conceptions of heat. *Eur. Journal of Science Education*, 6 (3), 245-262.
- Hewson, M. G. (1986). The acquisition of scientific knowledge: Analysis and representation of student conceptions concerning density. *Science Education* 70, 159 - 170.
- Hewson, M.G. & Hamlyn, D. (1983). The representation and analysis of conceptions of heat. Research on Physics Education. *Proceedings of the first international workshop*. La Londe les Maures, 347-354.
- 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
- Hollon, R. & Anderson, C. (1986). Heat and temperature: A teaching module. Occasional paper No. 93. Institute for research on teaching, College of education, Michigan State University, East Lansing.
- Howe, C., Tolmie, A., Duchak-Tanner, V. & Rattray, C. (2000). Hypothesis testing in science: group consensus and the acquisition of conceptual and procedural knowledge. *Learning and Instruction*, 10,1-31.
- Howe, C.J. & Tolmie, A. (2003). Group work in primary school science: discussion, consensus and guidance from experts. *International Journal of Educational Research*, 39, 51-72.
- Ioannides, C., & Vosniadou, S. (2002) The changing meanings of force. *Cognitive Science Quarterly*, 2 (1), 5-62.
- Jara-Guerrero, S. (1993). Misconceptions on heat and temperature. In: Novak, J.: *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Cornell University (distributed electronically). Ithaca, New York: Cornell University.
- Jasien, P. & Oberem, G. (2002). Understanding of elementary concepts in heat and temperature among college students and K-12 teachers. *Journal of Chemistry Education*, 79, 889-895.
- Johnson, D. W. & Johnson, R. (1991). *Active Learning: Cooperation in the College Classroom*. Edina, MN: Interaction Book Company.
- Johnson, D. W. & Johnson, R. T. (1989). *Cooperation and competition: Theory and research*. Edina, MN: Interaction Book Company.
- Johnson, D.W. & Johnson, R.T. (1987). *Learning together and alone: Cooperative, competitive and individualistic learning*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Johsua, S. & Dupin, J. J. (1989). *Représentations et modélisations: le 'débat' scientifique dans la classe et l' apprentissage de la physique*. Berne: Peter Lang.
- Johsua, S. (1989). Les conditions d' évolution des conceptions d' élèves, in Bednarz N., Garnier C. (eds) *Construction de savoirs, obstacles et conflicts*, Ottawa, GIRADE, Agence d' Arc.
- Jones, A., Simon, S., Fairbrother, R., Watson, R. & Black, P. G. (1992). *Development of open work in school science*. Hatfield: Assosiation for Science Education.
- Jones, M. G., Carter, G. & Rua, M. J. (2000). Exploring the development of conceptual ecologies: Communities of concepts related to convection and heat. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (2), 139-159.
- Kang, S., Scharmann, L. & Noh, T. (2004). Reexamining the role of cognitive conflict in science learning. *Research in Science Education*, 34, 71-96.
- Kaper, W. H. & Goedhart, M. J. (2002). 'Forms of energy', an intermediary language on the road to thermodynamics? Part II, *International Journal of Science Education*, 24 (2), 119-137.
- Karanikas, J. (1995). A constructivist approach to teaching heat to the fourth-year students of the department of primary education. In: Psillos, D.: *European Research in Science Education II*. Thessaloniki: Art of Text S.A., 432-440.

- Kariotogloy, P., Koumaras, P. & Psillos, D. (1993). A constructivist approach for teaching fluid phenomena. *Physics Education*, 28, 164-169.
- Kelly, G., & Crawford, T. (1996). Students' interaction with computer representations: Analysis of discourse in laboratory groups. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (7), 693-707.
- Kempner, L. (1992). Fostering change in students' mental models of heat transfer. Unpublished Master Thesis, Urbana, Illinois.
- Kesidou, S. & Duit, R. (1993). Students' conceptions of law of thermodynamics-An interpretative study. *Journal of Research in Science Teaching* 30 (1), 85-106.
- Kesidou, S., & Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics: An interpretative study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (1), 85-106.
- Kesidou, S., Duit, R. & Glynn, S. M. (1995). Conceptual development in physics: Students' understanding of heat," in *Learning science in the schools: Research reforming practice*, edited by Shawn M. Glynn and Reinders Duit (Erlbaum, Mahwah, NJ, 1995), 179-198.
- Koulaidis, V. & Tsatsaroni, A. (1995). A frame for reconsidering science teaching: experiment and experience. *Paper presented at the meeting "Science education research in Europe"*, Leeds, England.
- Koulaidis, V. & Tsatsaroni, A. (1995, April). A frame for reconsidering science teaching: experiment and experience. *Paper presented at the meeting "Science education research in Europe"*, Leeds, England.
- Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W. & Soloway, E. (2000). Instructional, Curricular and Technological Supports for Inquiry in Science Classrooms. In J. Minstrell & E. Van Zee (Eds.) *Inquiry into inquiry: Science learning and Teaching*, (pp. 283-315). American Associations for the Advancement of Science Press, Washington.
- Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredricks, J. & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *Journal of the Learning Sciences*, 7, 313-350.
- Kruger, C. (1990). Some primary teachers' ideas about energy. *Physics Education*, 25 (2), 86-91.
- Kutnick, P. & Thomas, M. (1990). Dyadic Pairings for the Enhancement of Cognitive Development in the School Curriculum, *British Education Research Journal*, 16, 399-406.
- 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.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1980). *Metaphors We Live By*. University of Chicago Press: Chicago.
- Langley, D., Ronen, M., & Eylon, B. (1997). Light Propagation and Visual Patterns: Preinstruction Learners' Conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), pp. 399-424.
- Larochelle, M. & Desautels, J. (1992). The epistemological turn in science education: The return of the actor. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (pp. 155-175). University of Kiel: Institute for Science Education.
- Leach, J. & Scott, P. (1999). *Teaching and learning science: Linking individual and sociocultural perspectives. Paper presented at the Meeting of the European Association for Research in Learning and Instruction*, Goteborg, Sweden, as part of the symposium 'In memory of Rosalind Driver: Advances in research on science learning.'
- Leach, J. & Scott, P. (2000). The concept of learning demand as a tool for designing teaching sequences. Paper presented at the meeting Research-based teaching sequences, Universite Paris VII, France, November.
- Leach, J. & Scott, P. (2003). Individual and sociocultural views of learning in science education. *Science and Education*, 12 (1), 91-113.
- Lee, Y. J. (1998). The effect of cognitive conflict on students' conceptual change in Physics. Doctoral dissertation, Korea National University of Education.
- Leite, L. (1999). Heat and Temperature: an analysis of how these concepts are dealt with in textbooks. *European Journal of teacher Education*, 22 (1), 75-88.
- Lewis, E. & Linn, M. (1994). Heat energy and temperature concepts of adolescents, adults, and experts: implications for curricular improvements. *Journal of Research in Science Teaching* 31 (6), 657-677.
- Lewis, E. & Linn, M. (1996). Where is the heat?: a response to David Pushkin. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (3), 335-337.
- Lewis, E. L. (1996). Conceptual change among middle school students studying elementary thermodynamics. *Journal of Science Education and Technology*, 5 (1) [March], 3-31.
- Lewis, E., Stern, J. & Linn, M.C. (1993). The effect of computer simulations on introductory thermodynamic understanding. *Educational Technology, Research Section*, 33, 45-58.

- Lewis, E.L. (1991). The process of scientific knowledge acquisition among middle school students learning thermodynamics. Unpublished doctoral dissertation, University of California, Berkeley, CA.
- Liew, C.W. & Treagust, D.F. (1995). A predict–observe–explain teaching sequence for learning about understanding of heat and expansion of liquids. *Australian Science Teachers Journal*, 41(1), 68–71.
- Liew, C.W. & Treagust, D.F. (1998, April). Using predict–observe–explain tasks to diagnose students' understanding of science and in identifying their levels of achievement. *Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, San Diego, USA.
- Linn, M. & Hsi, S. (2000). *Computers, teachers, peers. Science learning partners*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Linn, M. (1998). The impact of technology on science instruction: Historical trends and current opportunities. In B. Fraser, & K. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 265–294). Great Britain: Kluwer.
- Linn, M. C. & Songer, N. B. (1993). How do students make sense of science?, *Merrill-Palmer Quarterly*, 39 (1), 47-73.
- Linn, M.C. & Muilenburg, L. (1996). Creating lifelong science learners: What models form a firm foundation? *Educational Research*, 25 (5), 18-24.
- Linn, M.C. & Songer, N.B. (1991). Teaching thermodynamics to middle school students: What are appropriate cognitive demands? *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (10), 885-918.
- Linn, M.C., Songer, N.B., Lewis, E. & Stern, J. (1993). Using technology to teach thermodynamics: Achieving integrated understanding. In Ferguson, D.L. (Ed.), *Advanced educational technologies for mathematics and science* (pp. 5-60) (Vol. 107). Berlin: Springer-Verlag.
- Loverude, M. E. (1999). *Investigation of student understanding of hydrostatics and thermal physics and of the underlying concepts from mechanics*, Ph.D. dissertation, University of Washington; unpublished.
- Loverude, M. E., Kautz, C. H. & Heron, P. R. L. (2002). Student understanding of the first law of thermodynamics: Relating work to the adiabatic compression of an ideal gas, *American Journal of Physics* 70, 137-148.
- Lunetta, V. N. (1998). The school laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In D. Tobin, & B. J. Fraser (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 249-264). The Netherlands: Kluwer.
- Magnusson, S., Borko, H., Krajcik, J. S. & Layman, J. W. (1992). The relationship between teacher content and pedagogical content knowledge and student content knowledge of heat energy and temperature. *Paper presented at the 65th annual meeting of the national association for research in science teaching*, March 21 - 25, Cambridge, MA.
- Mak, S. & Young, K. (1987). Misconceptions in the teaching of heat. *School Science Review*, 68(244), 464-470.
- Ma-Naim, C., Bar, V. & Finkental, M. (2001). The initiation of thermodynamic theory from the particulate model for preservice teachers, in *Physics Teacher Education Beyond 2000: International Conference Physics Teacher Education Beyond 2000, Selected Contributions* edited by Roser Pinto and Santiago Surinach (Elsevier, Paris), 301-304.
- Ma-Naim, C., Bar, V. & Zinn, B. (2002). Integrating microscopic macroscopic and energetic descriptions towards a conceptual change in thermodynamics. *Paper presented at the third European symposium on conceptual change*, Turku, Finland.
- Maor, D. & Taylor, P. (1995). Teacher epistemology and scientific inquiry in computerised classroom environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 839–854.
- Margolinas, Cl. (1992): *De l' importance du vrai et du faux dans la classe de mathématiques*, La Pensée Sauvage, Grenoble.
- Martinand J. L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne: Peter Lang.
- Martinand J. L. (1989). Des objectifs - capacités aux objectifs - obstacles: deux études des cas, στο: N. Bednarz, C. Garnier (διεύθ.), *Construction des savoirs, obstacles et conflits*. Ottawa: Girade / Agence d'Arc Inc., 217-227.
- Marzano, R. J., Pickering D. J. & Pollock. J. E. (2001). *Classroom Instruction That Works: Research-based Strategies for Increasing Student Achievement*. Alexandria, VA: ASCD.
- Lou, Y., Abrami, P. C., Spence, J. C., Poulsen, C., Chambers, B. & d'Apollonia, S. (1996). Within-class grouping: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 66, 423-458.
- Maskill, R. & Pedrosa de Jesus, H. (1997). Pupils' questions, alternative frameworks and the design of science teaching. *International Journal of Science Education*, 19 (7), 781-799.
- Matthews, M.R. (eds). (1998). *"Constructivism in Science Education: A Philosophical Examination*. Dordrecht: Kluwer.

- McDermott, L. (1996). *Physics by inquiry*. New York: Wiley.
- McNeil, P. (1990). *Research Methods*. (Second edition). Routledge.
- McRobbie, C. & Tobin, K. (1997) A social constructivism perspective on learning environments. *International Journal of Science Education*, 19 (2), 193–208.
- Meltzer, D. E. (2001). Student reasoning regarding work, heat, and the first law of thermodynamics in an introductory physics course, in *Proceedings of the 2001 Physics Education Research Conference*, edited by Scott Franklin, Jeffrey Marx, and Karen Cummings (Rochester, NY), 107–110.
- Meltzer, D. E. (2002). Investigation of students' reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course," *preprint*.
- Millar, R. & Kragh, W. (1994). Alternative frameworks or context-specific reasoning? Children's ideas about the motion of projectiles. *School Science Review*, 75 (3), 27–34.
- Millar, R. (2000). Energy. In D. Sang (ed) *Teaching Secondary Physics* (pp. 1-43). London: John Murray.
- 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.
- Miller, J. B. (ed.), (1998). *An Evolving Dialogue: Scientific, Historical, Philosophical and Theological Perspectives on Evolution*, American Association for the Advancement of Science.
- Miller, J. D., Pardo, R. & Niwa, F. (1997). *Public Attitudes Toward Science and Technology: A Comparative Study of the European Union, the United States, Japan, and Canada*. Madrid: BBV Foundation.
- Monteil, J. M. (1989). *Eduquer et former, perspectives psych-sociales*, Grenoble : presses universitaires de Grenoble.
- Nachmias, R., Stavy, R. & Avrams, R. (1990). A microcomputer-based diagnostic system for identifying students' conception of heat and temperature. *International Journal of Science Education*, 12 (2), 123–132.
- Nastasi, B. & Clements, D. (1991). Research on cooperative learning: Implications for practice. *School Psychology Review*, 20 (1), 110–131.
- National Research Council, (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academies Press.
- Newell, A. & Ross, K. (1996). Children's conceptions of thermal conduction-or the story of a woollen hat. *School science Review*, 78 (282), 33-38.
- 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.
- Nussbaum, J. & Novak, J. D. (1976). An assessment of children's concepts of the Earth utilizing structured interviews, *Science Education*, 60,535-550.
- Oppenheim, A. N. (1993). *Questionnaire Design, Interviewing and Attitude Measurement*. London: Pinter.
- Orange, C. (1993). Le concept d'obstacle en Didactique des Sciences: Nécessité d'une approche plurielle, *Documents du CERSE*, 60, Université de Caen, 11-29.
- Palmer, D. (1995). The POE in the primary school: An evaluation. *Research in Science Education*, 25 (3), 323–332.
- Palmer, D.H. (1997). The effect of context on students' reasoning about forces. *International Journal of Science Education*, 19 (6), 681-696.
- Pedroda de Jesus, M.H.T. (1991). An investigation of pupils' questions in science teaching. Unpublished PhD thesis, University of East Anglia.
- Perrenoud, Ph. (1994). *Métier d'élève et sens du travail scolaire*, Paris, ESF.
- 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. (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. (1997). L'identification d'obstacles par les élèves, *Aster*, 24, 171-202.
- Peterfalvi, B. (2001), *Obstacles et situations didactiques en sciences: processus intellectuels et confrontations. L'exemple des transformations de la matière.* Thèse de Doctorat. Université de Rouen.
- 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. (1994). *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education* (4th edition). Kiel, Germany: Institute of Science Education, University of Kiel.
- 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.
- Phillips, R. (1997). *The developer's handbook to interactive multimedia.* London: Kogan Page.
- Piaget, J. (1973). *The child's conception of the world.* London: Granada.
- Piaget, J. (1978). *The Development of Thought*, Blackwell, Oxford.
- Plé, E. (1997), Transformation de la matière à l'école élémentaire: des dispositifs flexibles pour franchir des obstacles, *Aster*, 24, 203-229.
- Plé, E. (1997). Transformation de la matière à l'école élémentaire: Des dispositifs flexibles pour franchir les 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.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P. & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change, *Science Education*, 66 (2), 211-227.
- Prawat, R. (1993). The value of ideas: Problems versus possibilities in learning. *Educational Researcher*, 22 (6), 5–12.
- 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.
- Qin, J., Johnson, D.W. & Johnson, R.T. (1995). Cooperative versus competitive efforts and problem solving. *Review of Educational Research*, 65 (2), 129–143.
- Reiner, M., Slotta, J.D., Chi, M.T.H., Resnick, L.B. (2000). Naive physics reasoning: A commitment to substance-based conceptions. *Cognition and Instruction*, 18 (1), 1-34.
- Rogan, J. (1988). Development of a conceptual framework of heat. *Science Education*, 72 (1), 103-113.
- Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of Innovations.* The Free Press. New York.
- Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context.* New York: Oxford University Press.
- Rosenquist, M.L., Popp, B.D. & McDermott, L.C. (1982). Some elementary conceptual difficulties with heat and temperature. Paper presented at the national meeting of the American Association of Physics Teachers in San Francisco.
- Roth, W. (1995). Affordances of computers in teacher-student interactions: The case of Interactive Physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 329–347.
- Roth, W., McRobbie, C., Lucas, K. & Boutonne, S. (1997). Why may students fail to learn from demonstrations? A social practice perspective on learning in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (5), 509–533.
- Rowell, J. A., and Dawson C., J. (1977). Teaching about floating and sinking: An attempt to link cognitive psychology with classroom practice. *Science Education* 61, 243 - 251.
- Rozier, S. & Viennot, L. (1991). Students' reasonings in thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 13 (2), 159-170.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1991). Higher Levels of Agency for Children in Knowledge Building: A Challenge for the Design of New Knowledge Media. *The Journal of the Learning Sciences*, 1 (1), 37-68.
- Sciarreta, M., Stilli, R. & Vicentini Missoni, M. (1990). On the thermal properties of materials: common-sense knowledge of Italian students and teachers. *International Journal of Science Education*, 12 (4), 369-379.
- Sharan, S. & Sharan, Y. (1992). *Expanding cooperative learning through group investigation.* New York: Teacher's College Press, Columbia University.
- Sharan, S. (Ed.). (1990). *Cooperative learning: Theory and research.* New York: Praeger Publishers.

- Shayer, M. & Wylam, H. (1981). The development of the concepts of heat and temperature in 10-13 years old students. *Journal of Research in Science Teaching*, 18, 419-434.
- Shipstone, D.M. (1988). Students' understanding of simple electrical circuits. *Physics Education*, Vol.23 (2), pp.92-96.
- 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.
- Skoumios, M. & Hatzinikita, V. (2007). Development of pupils' competences to identify obstacles during research-based science teaching, *International Journal of Learning*.
- Slavin, R. (1990). *Cooperative learning: Theory, research and practice*. Boston: Allyn & Bacon.
- Slavin, R. (1991). Group rewards make groupwork work, response to Kohn. *Educational Leadership*, 48 (5), 89-91.
- Slavin, R. (1996). *Every child, every school: Success for all*. Menlo Park, CA: Corwin Press.
- Slotta, J.D. & Chi, M.T.H. (1996). Understanding constraint-based processes: A precursor to conceptual change in physics. In G.W. Cottrell (Ed.), *Proceedings of the Eighteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 306-311). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- 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.
- Sneider, C. & Pulos, S. (1983). Children's cosmographies: Understanding the Earth's shape and gravity, *Science Education*, 67,205-221.
- Snir, J., Smith, C., and Grosslight, L. (1992). Using Conceptual models to facilitate conceptual change: The case of weight - density differentiation *Cognition and Instruction* 9(3), 221-283
- Solomon, J. (1987). Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*, 14, 63-82.
- Solomon, J. (1987). Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*, 14, 63-82.
- Solomon, J. (1992). *Getting to Know About Energy - in School and Society*. Sunrex The Falmer Press.
- Solomon, J. (1997). Constructivism and primary science. *Primary Science Review*, 49, 2-5.
- Solomon, J. (1998). About argument and discussion. *School Science Review*, 80 (291), 57-62.
- Songer, N. B. & Linn, M. C. (1991). How do students' views of science influence knowledge integration?, *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 761-784.
- Songer, N. B. (1989). Promoting integration of instructed and natural world knowledge in thermodynamics. Ph.D. Dissertation, University of California, Berkeley.
- Stavridou, E. & Solomonidou, C. (1998). Conceptual reorganisation and the construction of the chemical reaction concept during secondary education. *International Journal of Science Education*, 20, 205-221.
- Stavy, R. & Berkovitz, (1980). Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education*, 64 (5), 679-692.
- Stavy, R., & Berkovitz, B. (1980). Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education*, 64, 679-692.
- Stylianidou, F. & Boohan, R. (1999). Pupils reasoning about the nature of change using an abstract picture language. *Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching* (Boston, USA, March 28-31, 1999).
- Stylianidou, F. (1997). Children's learning about energy and processes of change. *School Science Review*, 79 (286), 91-97.
- Summers, M. K. (1983). Teaching heat: An analysis of misconceptions. *School Science Review*, 64, 670-676.
- Taber, K. & Watts, M. (1997). Constructivism and concept learning in chemistry: Perspectives from a case study. *Research in Education*, 58, 10-20.
- Taylor, P., Fraser, B. & Fisher, D. (1997). Monitoring constructivist classroom learning environments. *International Journal of Educational Research*, 27 (4), 293-302.
- Taylor, P., Fraser, B. & White, L. (1994, April). A classroom questionnaire for science educators interested in the constructivism reform of school science. *Paper presented at the annual general meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Anaheim, USA.
- Thomaz, M., Malaquias, I., Valente, M. & Antunes, M. (1995). An attempt to overcome alternative conceptions related to heat and temperature. *Physics Education*, 30 (1), 19-26.
- Thomaz, M.F., Malaquias, I.M., Valente, M.C. & Antunes, M.J. (1993). An attempt to overcome alternative conceptions related to heat and temperature. In: Novak, J.: *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*.

- Ithaca, New York: Cornell University (distributed electronically).
- Thomaz, P. & Schwenz, R. (1998). College physical chemistry students' conceptions of equilibrium and fundamental thermodynamics. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (10), 1151-1160.
- Thorley, N. & Treagust, D. (1987). Conflict within dyadic interaction as a stimulant for conceptual change in physics. *International Journal of Science Education*, 9 (2), 203-216.
- Thorley, N. R., & Treagust, D. F. (1987). Conflict within dyadic interactions as a stimulant for conceptual change in Physics. *International Journal of Science Education*, 9 (2), 203-216.
- Tiberghien, A. & Barboux, M. (1980). Difficulté de l'acquisition de la notion de température par les élèves de 6ème. In *Compte-rendus des Cinquièmes Journées Internationales sur l'Éducation Scientifique Chamonix*: France.
- Tiberghien, A. (1979). Modes and conditions of learning, An example: the learning of some aspects of the concept of heat. In *Proceedings of an International Seminar on Cognitive Development Research in Science and Mathematics*. University of Leeds, Leeds.
- Tiberghien, A. (1980). Un exemple de restructuration de l'organisation conceptuelle à l'occasion d'un enseignement concernant la notion de chaleur. In *Compte-rendus des Deuxièmes Journées sur l'Éducation Scientifique*. Chamonix: France.
- Tiberghien, A. (1983). Critical review on the research aimed at elucidating the sense that the notions of temperature and heat have for students aged 10 to 16 years, in Delacôte, G., A. Tiberghien, and J. Schwartz (Eds.), *Research on Physics Education, Proceedings of the First International Workshop*, La Londe Les Maures, France (Éditions du CNRS, Paris, 1983), 75-90.
- Tiberghien, A. (1984). Critical review on the research aimed at elucidating the sense that the notion of temperature and heat have for students aged 10 to 16 years, In *Research on Physics Education, Proceedings of an International Workshop, la Londe les Maures*, CNRS, Paris, 75-90
- Tiberghien, A. (1985). Heat and Temperature, part B, In R. Driver, E. Guesnes & A. Tiberghien (Eds.), *Children's Ideas in Science*. (pp. 52-84). Milton Keynes: Open University Press.
- Tiberghien, A. (1988). Learning and teaching at middle school level of concepts and phenomena in physics: the case of temperature in Mandl et al. (eds.). *Learning and Instruction: European research in an International context*. Pergamon Press. 631-648.
- Tiberghien, A. (1990). Learning and teaching at middle school level of concepts and phenomena in physics: The case of temperature, in *Learning and Instruction: European research in an international context, Volume 2.2*, edited by H. Mandl, E. de Corte, N. Bennett, H. F. Friedrich (Oxford : Pergamon Press, 1990), 631-648.
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analysing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, 4 (1), 71-87.
- Tiberghien, A. (1998). Analysis of teaching and learning: how differentiating and relating them. *Paper presented at the Fourth European Science Education Summer School*.
- TIMSS (1995). *Third international mathematics and science study*, Washington, DC: National Center for Education Statistics.
- Tirosh, D., Stavy, R. & Cohen, S. (1998). Cognitive conflict and intuitive rules. *International Journal of Science Education*, 20 (10), 1257-1269.
- Tobin, K. & Tippins, D. (1993). Constructivism as a referent for teaching and learning. In K. Tobin (Ed.), *The practice of constructivism in science education* (pp. 3-21). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Tobin, K. (1990). Social constructivism perspectives on the reform of science education. *The Australian Science Teachers' Journal*, 36 (4), 29-35.
- Tomizawa, C. (1985). *Developing concept of heat at elementary and secondary levels*. LERP Report No 1, Int. Christian Univ.
- Tomizawa, C. (1986). A possible approach to the development of the concept of the temperature. LERP Report No 2, Int. Christian Univ.
- Triplett, G. (1973). Research on heat and temperature in cognitive development. *Journal of Children's Mathematics Behavior*, 2, 27-43.
- Trumper, R. (1993). Children's energy concepts: A cross-age study. *International Journal of Science Education*, 15, 139-148.
- Van Roon, P., Van Sprang, H. & Verdonk, A. (1994). Work and Heat: on a road towards thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 16 (2), 131-144.
- Van Roon, P.H. (1992). "Work" and "heat" in teaching thermodynamics. In: Schmidt, H. J.: *Empirical research in chemistry and physics education*. Dortmund, Hongkong: The International Council of Association for Science Education, 135-148.
- Veiga, L., Pereira, D. & Maskill, R. (1989). Teachers' language and pupils' ideas in science lessons: can teachers avoid reinforcing wrong ideas?. *International Journal of Science Education*, 11 (4),

- 465-479.
- Veiga, M.L.F.C. (1988). A study of the scientific and everyday versions of some fundamental science concepts. Unpublished PhD thesis, University of East Anglia, Norwich.
- Vellom, P., Anderson, C. W. & Palincsar, A. S. (1994). Constructing facts and mediational means in the middle school science classroom. *Paper presented at the meeting of the American Educational Research Association*, New Orleans, L. A.
- Vergnaud, G. (1994). *Apprentissages et didactiques, ou en est-on?*, Paris, Hachette Education.
- Vérin, A. & Bazan, M. (1992). *Le concept d'objectif - obstacle à propos de transformation de la matière*, Séminaire AEDB - Cordoue, Espagne.
- Vérin, A. (1995). Mettre par écrit ses idées pour les faire évoluer en sciences. *Repères* n° 12.
- Viennot, L. & Rozier, S. (1994). Pedagogical outcomes of research in science education: Examples in mechanics and thermodynamics. In: Fensham, P., Gunstone, R., White, R.: *The content of science*. London: The Falmer Press, 237-254.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1(2):205-221.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1(2), 205-221.
- Viennot, L. (1998). Experimental facts and ways of reasoning in thermodynamics: Learners' common approach. An I.C.P.E. book. International Commission on Physics Education.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. (1992). Mental models of the Earth: A study of conceptual change in childhood, *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Vosniadou, S. & Kempner, W.F. (1993). Mental Models of Heat, *Paper presented at the biennial meeting of the society for research in child development*, (New Orleans).
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The Development of Higher Psychological Processes*, Cambridge: Harvard University Press.
- Vygotsky, L. (1987). Thinking and speech. In R. Rieber, & A. Carton (Eds.), *The collected works of L.S. Vygotsky* (pp. 37-285). New York: Plenum.
- Warren, J. W. (1983). Energy and its carriers: a critical analysis, *Physics Education*, 18, 209-212.
- Watson, B. & Kopnick, R. (1990). Teaching for conceptual change: confronting children's experience. *Phi Delta Kappan*, 680-685.
- Watts, D. M. & Gilbert, J.K. (1985). Appraising the understanding of science concepts: heat, Department of Educational Studies, University of Surrey, Guildford.
- Wegerif, R., & Mercer, N. (1996). Computers and reasoning through talk in the classroom. *Language and Education*, 10 (1), 47-64.
- Weil-Barais, A. (1995). La formation des connaissances en sciences expérimentales. In D. Gaonac'h & Golder, C. (Éds). *Manuel de Psychologie pour l'enseignement*, (pp. 410-437). Paris : Hachette.
- White, R. and Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*. Chapter 3. Prediction – Observation – Explanation (pp. 44-63). London: Falmer.
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. London and New York: The Falmer Press.
- 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.
- 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.
- Winnykamen, F. (1998). Approche psychologique de la tutelle. In A. Dumas-Carré & A. Weil-Barais (Eds.) *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. Berne: Peter Lang.
- Wiser, M. & Carey, S. (1983). When heat and temperature were one. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 267-298). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Wiser, M. & Kipman, D. (1988). The differentiation of heat and temperature: An evaluation of the effect of microcomputer models on students' misconceptions. Technical Report TR88-20.
- Wiser, M. (1986). The differentiation of heat and temperature: History of science and novice-expert shift. In S. Strauss (Ed.): *Ontogeny, Phylogeny & Historical Development*, Norwood, N.J.: Ablex Publishing Company, 1-48.
- Zemansky, M.W. (1971). The use of the word 'heat' in elementary and in intermediate instruction in physics, *In Seminar on the Teaching of Physics in Schools* (Ed, S.Sikjoer) Gyldendal: Copenhagen.
- Zimmerman, B. J. & Blom, D. E. (1983). Toward an empirical test of the role of cognitive conflict in learning. *Developmental Review*, 3, 18-38.
- 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.
- Κουμαράς, Π. (1989). *Μελέτη της εποικοδομητικής προσέγγισης στην πειραματική διδασκαλία του ηλεκτρισμού*, Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή, Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Σκουμιάς Μ. & Ψυχάρης Σ. (2007). Διδακτική διαχείριση «λαθών» μαθητών στις φυσικές επιστήμες: η περίπτωση των διαδικασιών κοινωνικο-γνωστικής σύγκρουσης και η συσχέτισή τους με τα κίνητρα των μαθητών. Ανακοίνωση στο Πανελλήνιο εκπαιδευτικό συνέδριο με τίτλο «Τα Λάθη των Μαθητών: δείκτες αποτελεσματικότητας ή κλειδιά για τη βελτίωση της ποιότητας της εκπαίδευσης;», ΚΕΕ, Αθήνα.
- 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. Μιχαλίδης (επιμ.), *Πρακτικά του 3^{ου} Πανελλήνιου 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. (2004). Από το «σώμα» στο σύστημα «σώμα-περιβάλλον». Μια πρόταση για τη διδακτική επεξεργασία του εμποδίου που αφορά στη θερμοκρασία σωμάτων σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον. Στο Δ. Κολιόπουλος & Α. Βαβουράκη (επιμ.), *«Διδακτική Φυσικών επιστημών και Τεχνολογίας. Οι προκλήσεις του 21^{ου} αιώνα»*, Ένωση για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Ε.ΔΙ.Φ.Ε.), Αθήνα, σελ. 15-25.
- 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.