

Οδηγίες για τον εκπαιδευτικό

**ΚΟΣΜΟΙ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ:
ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ,
ΦΩΤΕΙΝΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ ΚΑΙ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ**

Β΄ Τάξη Γυμνασίου

ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΟΥΣΟΥΛΜΑΝΟΠΑΙΔΩΝ 2002 – 2004

ΕΠΕΑΕΚ ΙΙ ΜΕΤΡΟ 1.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑ 1.1.1

**ΦΟΡΕΑΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ: ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ / ΕΛΚΕ**

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΕΡΓΟΥ: ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΑΝΝΑ ΦΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗ

Η ΠΡΑΞΗ ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΚΟΙΝΟΤΙΚΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ (ΕΥΡΩ-
ΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ) ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ ΚΑΤΑ 75% ΚΑΙ 25%
ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ, ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Δράση: ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Ομάδα ανάπτυξης, εφαρμογής και αξιολόγησης εκπαιδευτικού υλικού

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ: Βασίλης Τσελφές

ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗ/ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΟΜΑΔΑ: Δημήτρης Ψύλλος, Πέτρος Καριώτο-
γλου, Νανά Αντωνιάδου, Γιώργος Φασουλόπουλος, Γιώργος Έψιμος και Μα-
νώλης Πατσαδάκης.

ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΕΣ ΠΙΛΟΤΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ: Χρήστος Γκοτζαρίδης και Αντώνης
Πολατίδης.

**ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΙ ΠΟΥ ΣΥΜΜΕΤΕΙΧΑΝ ΣΤΗΝ ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ
ΥΛΙΚΩΝ:** Ευθύμιος Αθανασόπουλος, Βασίλης Αλειφέρης, Ιωάννης Γαβαλάς,
Ευδοκία Γούσγουλα, Κυριακή Δοβρίδου, Δημήτρης Δούζης, Κλεόβουλος Ηλιά-
δης, Μαρία Ιωαννίδου, Κατερίνα Καρατζιά, Στέλιος Κοντός, Αντώνης Κοπασά-
κης, Νίκος Κραγιόπουλος, Γιώργος Λαγκάζαλης, Κων/νος Ματακίδης, Μαρία
Μουστάκα, Αικατερίνη Ντόντη, Βασίλης Ουρλάκης, Δημήτρης Πανιώρας,
Σπύρος Πανταζής, Αναστασία Παραθυρά, Σταύρος Ρόιδος, Ελευθερία Σκουλα-
ρίδου, Νίκος Σουνδουλουνάκης και Όλγα Χαιροπούλου.

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: Κώστας Πιπίλης

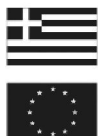
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ: Από έργα φοιτητριών του ΤΕΑΠΗ που πραγ-
ματοποιήθηκαν στο πλαίσιο μαθήματος Θεάτρου Σκιών, με διδάσκουσα την
Αντιγόνη Παρούση

ΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΤΩΝ ΕΤΑΙΡΕΙΩΝ «MULTIMEDIA Α.Ε.»,
«ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΓΡΑΜΜΑΤΑ Α.Ε.» & «ΕΚΤΥΠΩΣΕΙΣ IRIS Α.Ε.Β.Ε.»

ISBN 960-8313-75-9



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΣΥΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



ΠΑΙΔΕΙΑ ΜΠΡΟΣΤΑ
2^ο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Εκπαίδευσης και Αρχικής
Επαγγελματικής Κατάρτισης

**ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΟΥΣΟΥΛΜΑΝΟΠΑΙΔΩΝ 2002-04
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ**

Οδηγίες για τον εκπαιδευτικό

ΚΟΣΜΟΙ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ: ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ, ΦΩΤΕΙΝΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

Β΄ Τάξη Γυμνασίου

**Συγγραφική ομάδα: Βασίλης Τσελφές, Γιώργος
Φασουλόπουλος και Γιώργος Έψιμος**

Αθήνα 2004

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στους μαθητές και στις μαθήτριες, των Γυμνασίων της Θράκης, στα οποία πραγματοποιήθηκε η πιλοτική εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού.

Ευχαριστούμε, επίσης, τους εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν στα επιμορφωτικά σεμινάρια και τις συζητήσεις, με υπομονή και συνέπεια, για δύο σχεδόν σχολικές χρονιές. Οι παρατηρήσεις τους ήταν πολύ σημαντικές για την ολοκλήρωση της δουλειάς μας.

Τέλος, ευχαριστούμε όλους τους συνεργάτες του προγράμματος «Εκπαίδευση Μουσουλμανοπαίδων 2002-2004». Η συνύπαρξή μας στο πεδίο και οι συζητήσεις στους χώρους των συνεδριάσεων συνέθεσαν για μας μια θετική εμπειρία, της οποίας τα σημάδια διατρέχουν τα εκπαιδευτικά υλικά που έχετε στα χέρια σας.

Οι συγγραφείς

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	9
Ο κόσμος του θερμομέτρου: Οδηγίες για τον εκπαιδευτικό	21
Παράρτημα: Φύλλα αξιολόγησης Α' μέρος	53
Ο κόσμος των φωτεινών ακτίνων: Οδηγίες για τον εκπαιδευτικό	77
Παράρτημα: Φύλλα αξιολόγησης Β' μέρος	103
Ο κόσμος των ηλεκτρικών κυκλωμάτων: Οδηγίες για τον εκπαιδευτικό	129
Παράρτημα: Φύλλα αξιολόγησης Γ' μέρος	159

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διδακτική πρόταση, η οποία αναπτύσσεται αναλυτικά στο κείμενο που έχετε στα χέρια σας, αφορά την οργάνωση μαθημάτων Φυσικής για μαθητές Γυμνασίου. Βασικός της στόχος είναι η μάθηση των πρακτικών που υποστηρίζουν τη διδασκαλία και τη μάθηση σε διάφορους κλάδους του σχετικού γνωστικού αντικείμενου, πρακτικών που το διαφοροποιούν σε σημαντικό βαθμό απ' ό,τι άλλο διδάσκονται οι μαθητές του Γυμνασίου. Σε μικρότερο βαθμό η ίδια διδακτική πρόταση στοχεύει στη διδασκαλία και μάθηση κάποιων κομματιών του εννοιολογικού/αναπαραστατικού περιεχομένου. Η συγκεκριμένη επιλογή υπαγορεύεται αφενός από το γεγονός ότι το εννοιολογικό περιεχόμενο μεταβάλλεται με γοργούς ρυθμούς –και στην Επιστήμη και στα Αναλυτικά Προγράμματα – και αφετέρου αποκτά νόημα μέσα σε διαφορετικά και, πολλές φορές, ασύμβατα μεταξύ τους πλαίσια. Η λογική αυτή θεωρούμε ότι καθιστά τη συγκεκριμένη διδακτική πρόταση, μαζί με το εκπαιδευτικό υλικό που τη συνοδεύει, ικανή να ανοίξει τα κανάλια της επικοινωνίας των αμήτων μαθητών με τους ειδικούς της εκπαίδευσης και της επιστήμης. Ως εκ τούτου τη θεωρούμε κατάλληλη τόσο για την εισαγωγική διδασκαλία της Φυσικής, όσο και για τη διδασκαλία σε δίγλωσσα περιβάλλοντα, σαν κι αυτό της εκπαίδευσης των Μουσουλμανοπαίδων.

1. Το πλαίσιο της εκπαιδευτικής προσέγγισης

Η πρώτη επαφή των μαθητών με τις Φυσικές Επιστήμες, είτε αυτή πραγματοποιείται στο Γυμνάσιο είτε στο Δημοτικό, δεν είναι η πρώτη επαφή τους με το Φυσικό Κόσμο. Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές διαθέτουν αναπαραστάσεις για τα φυσικά φαινόμενα (δες π.χ. Driver et al., 1985) και γνωρίζουν τρόπους να παρεμβαίνουν σ' αυτά και να τα διευθετούν στη βάση των «τοπικών» τους στόχων, των ευρύτερων σκοπών τους ή ακόμη και των υπόρρητων αρχών και αξιών της «τοπικής», επίσης, κουλτούρας τους (ο όρος «τοπικός/ή/ό» χρησιμοποιείται για να εντοπίσει σε χώρο και χρόνο το εκάστοτε ουσιαστικό που προσδιορίζει).

Η πρώτη επαφή των μαθητών με τις Φυσικές Επιστήμες είναι –κατά κανόνα– μια επαφή με ένα διαφορετικό, από το βιωματικό, τρόπο προσέγγισης του Φυσικού Κόσμου (δες π.χ. Cobern & Loving, 2001). Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές θα πρέπει να συνειδητοποιήσουν ότι στο πλαίσιο των συγκε-

κριμένων «μαθημάτων» θα πρέπει να αναπτύξουν διαφορετικού περιεχομένου αναπαραστάσεις για τα φυσικά φαινόμενα και να ασκηθούν σε διαφορετικής λογικής παρεμβάσεις. Αυτές οι αναπαραστάσεις και παρεμβάσεις είναι καταρχήν δύσκολο να συνδεθούν με στόχους, σκοπούς, αρχές και αξίες των μαθητών, που να έχουν υποχρεωτικά σχέση με τα προσωπικά εξωσχολικά τους ενδιαφέροντα ή την «τοπική» τους κουλτούρα – όποια κι αν είναι αυτή. **Η πρόκληση, δηλαδή, του ενδιαφέροντος των μαθητών εκτιμούμε ότι θα προκύψει ή δεν θα προκύψει από αυτά καθαυτά διδακτικά γεγονότα και όχι από την πιθανή ιδιαίτερη σημασία που μπορεί να έχουν τα γεγονότα αυτά γι' άλλα πλαίσια της προσωπικής ή κοινωνικής ζωής τους.**

Στις παραπάνω διαπιστώσεις υποβόσκει μια σύγκρουση. Η σύγκρουση ανάμεσα στις βιωματικές αναπαραστάσεις και λογικές παρεμβάσεις των μαθητών με αυτές που προωθούν οι Φυσικές Επιστήμες. Η σύγκρουση αυτή πραγματοποιείται συνήθως μέσα στο πλαίσιο των αξιών της «τοπικής» κουλτούρας των παιδιών.

Για παράδειγμα, μπορεί τα παιδιά –και όχι μόνο– να πιστεύουν στη μοναδικότητα των αναπαραστάσεων της «πραγματικότητας». Τότε βρίσκονται μπροστά στο πρόβλημα του ποιες αναπαραστάσεις είναι αληθείς ή «σωστές» και ποιες όχι. Στο πλαίσιο μιας πιο χρησιμοθηρικής κουλτούρας η σύγκρουση μπορεί να παίρνει τη μορφή του ποιες αναπαραστάσεις είναι πιο χρήσιμες ή του ποιοι τρόποι παρέμβασης είναι πιο αποτελεσματικοί. Στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής παράδοσης η σύγκρουση μπορεί να λύνεται στη βάση του αν ο φορέας της αναπαράστασης είναι ή όχι η «αυθεντία» κ.ο.κ.

Οι συγκρούσεις αυτές δεν μπορούν –κατά κανόνα– να λυθούν αυτόματα και μπορεί να μη λυθούν και ποτέ. Για παράδειγμα, είναι δύσκολο ή μπορεί να μη μας ενδιαφέρει διδακτικά, να πείσουμε τα παιδιά ότι οι «πραγματικότητες» μπορεί να είναι πολλές. Με τη λογική αυτή η λύση τέτοιου τύπου συγκρούσεων δεν αποτελεί άμεσο διδακτικό μας στόχο. Αποτελεί όμως εμπόδιο, που ρητά ή άρρητα θα είναι πάντα παρόν και με κάποιο τρόπο θα πρέπει κάθε φορά να εντοπίζεται, να αντιμετωπίζεται ή και **να χρησιμοποιείται προς όφελος των εκπαιδευτικών μας στόχων.**

Η αντιμετώπιση του εμποδίου αυτού προτείνεται να γίνεται με την ισχυρή «πλαισιοποίηση» των δραστηριοτήτων των μαθημάτων των

Φυσικών Επιστημών, όταν τα παιδιά αποκαθιστούν την πρώτη επαφή μαζί τους. Ο λόγος που υποστηρίζει μια τέτοια πρόταση έχει να κάνει με το γεγονός ότι υπάρχει ένα πλαίσιο δραστηριοτήτων των Φυσικών Επιστημών –το πλαίσιο των παρεμβάσεων τους στο φυσικό κόσμο– όπου οι αρχές, οι λογικές και η γλώσσα επικοινωνίας συμπιπτουν σε ένα βαθμό με αυτές που χρησιμοποιούν τα παιδιά στις υλικές παρεμβάσεις τους στην καθημερινή ζωή. Έτσι τα προβλήματα και οι συγκρούσεις μέσα στο πλαίσιο αυτό μπορούν να λύνονται, καταρχήν, στη βάση κοινά αποδεκτών αρχών.

Εδώ θα θέλαμε να σημειώσουμε ότι η συγκεκριμένη πρόταση δεν συγκρούεται με τις διαθεματικές διδακτικές προσεγγίσεις, με τη λογική ότι μπορεί να συνυπάρξει με άλλες προσεγγίσεις των ίδιων θεμάτων σε παράθεση, σύγκριση ή διασύνδεση με αυτές και πάντως όχι σε «σύντηξη». Η «σύντηξη» των διαφορετικών τρόπων προσέγγισης –αν δεν συνοδεύεται από μια στοιχειώδη καταρχήν μύηση στον κάθε τρόπο προσέγγισης– είναι πιθανό να οδηγήσει το εκπαιδευτικό εγχείρημα στην παραγωγή και καλλιέργεια ενός «δημοσιογραφικού» λόγου, που ισοπεδώνει τις διαφορές των εναλλακτικών προσεγγίσεων, καταργεί (ή μάλλον αποπροσανατολίζει) τη δημιουργική δυναμική των συγκρίσεων και πιθανότατα αφαιρεί από τον παραγόμενο από τους μαθητές λόγο κάθε καινοτόμο περιεχόμενο. Εκτιμούμε, δηλαδή, ότι η σύγκριση ή η διασύνδεση αναπαραστάσεων από εναλλακτικά πλαίσια δεν μπορεί να γίνει πριν οι αναπαραστάσεις συγκροτηθούν στοιχειωδώς μέσα στο δικό τους πλαίσιο. Εκείνο που, επίσης, πρέπει να προσεχτεί είναι η αυξημένη πιθανότητα που παρουσιάζει η δημιουργικά «συγκρουσιακή» συνύπαρξη των εναλλακτικών πλαισίων να λύνεται αυτόματα και αφοριστικά με κριτήρια αυθεντίας. Προτείνεται, δηλαδή, ως διδακτικός στόχος των διαθεματικών προσεγγίσεων που περιλαμβάνουν και τις απόψεις των Φυσικών Επιστημών, η συντήρηση της σύγκρισης–«σύγκρουσης» και όχι η λύση της υπέρ αυτών. Ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτό είναι η «καταστροφή» της εικόνας/μύθου της «ενιαίας» επιστημονικής γνώσης των Φυσικών Επιστημών (δες, για παράδειγμα, το πλαίσιο της σχετικής συζήτησης στους Lewis & Aikenhead, 2001). Και αυτό, άσχετα από το αν η γνώση των Φυσικών Επιστημών προέκυψε από μια συγκλονιστική

ανθρώπινη προσπάθεια με στόχο τη φιλοσοφική «ενοποίηση» της γνώσης για το φυσικό κόσμο.

Με άλλα λόγια, οι δραστηριότητες και οι γνώσεις των Φυσικών Επιστημών πρέπει να επιχειρηθεί να παρουσιαστούν ως δραστηριότητες και γνώσεις μιας άλλης, διαφορετικής, κουλτούρας. Και αυτό, πρώτα απ' όλα γιατί πρόκειται για ένα γεγονός, ανεξάρτητα από το ότι οι φυσικές επιστήμες έχουν δεχτεί επιρροές από άλλες κουλτούρες και έχουν διαχυθεί, λιγότερο ή περισσότερο, σε κάποιες τρίτες.

Επιπλέον, σήμερα πιστεύουμε ότι η μάθηση είναι μια διαδικασία συνειδητής και ενεργού κατασκευής/εποικοδόμησης της γνώσης από τα υποκείμενα. Η διαδικασία αυτή είναι ισχυρά εξαρτημένη από το κοινωνικό πλαίσιο μέσα στο οποίο πραγματοποιείται και η παραγόμενη γνώση είναι, καταρχήν, κατάλληλη για χρήση μέσα στο ίδιο πλαίσιο (Gergen, 1995).

Τέλος, είναι καλό να θυμόμαστε ότι η μάθηση, όταν δεν είναι αποστήθιση, μπορεί και να είναι επώδυνη. Και αυτό γιατί είναι πολύ πιθανό να οδηγεί τα υποκείμενα σε αλλαγή απόψεων και πεποιθήσεων, γεγονός που –κατά κανόνα– ένας εχέφρων άνθρωπος δεν απολαμβάνει.

2. Η διδακτική πρόταση

2.1. Γενικές πρακτικές

Μέσα στην τάξη προσπαθούμε να μάθουν οι μαθητές και όχι εμείς (οι καθηγητές): Δηλαδή, στην τάξη «δουλεύουν» οι μαθητές και όχι εμείς (Penick, 2002). Εμείς, στην τάξη «χαλαρώνουμε». Η δουλειά μας γίνεται, κυρίως, πριν και μετά από το «μάθημα».

Ενώ γνωρίζουμε τι θέλουμε να συμβεί στους μαθητές (θέλουμε να οικοδομήσουν επιστημονικές γνώσεις και πρακτικές, εναλλακτικές προς τις βιωματικές τους), ουσιαστικά, δεν γνωρίζουμε τους ακριβείς τρόπους με τους οποίους οι μαθητές πραγματοποιούν τη μάθηση. Στην καλύτερη περίπτωση γνωρίζουμε την αρχική δομή της γνώσης που διαθέτουν οι μαθητές και την τελική δομή που θέλουμε να κατασκευάσουν. Με τη λογική αυτή μιλάμε για «εποικοδόμηση της γνώσης».

Γνωρίζουμε όμως, εμπειρικά, αρκετές συνθήκες κάτω από τις οποίες λαμβάνει χώρα η μάθηση. Και η πιο παλιά και δοκιμασμένη συνθήκη είναι αυτή που, χοντρικά, αποκαλούμε «καθοδηγούμενη εργασί-

α)/«μαθητεία» (Τσελφές, 2002β). Για παράδειγμα: Όσο πιο πολύ «παρεμβαίνει» κάποιος για να κατασκευάσει ένα κομμάτι του υλικού κόσμου, τόσο πιο πολλά μαθαίνει για τον τρόπο της κατασκευής του. Όσο πιο πολύ μιλάει κάποιος για ένα θέμα, τόσο πιο πολλά μαθαίνει για το θέμα αυτό.

Αν ο καθηγητής είναι αυτός που κατασκευάζει ό,τι εκτιμά πως θα χρειαστεί στο μάθημα και είναι αυτός που κυρίως μιλάει, τότε είναι αυτός που κυρίως θα μάθει νέα πράγματα και όχι οι μαθητές του.

Έξω από την τάξη των Φυσικών Επιστημών δουλεύουμε εμείς (οι καθηγητές). Οι μαθητές μπορεί να δουλεύουν, μπορεί και όχι. Και πάντως αυτό, αν και μπορούμε να το επιδιώξουμε, δεν είναι ούτε στη δικαιοδοσία μας ούτε στις δυνατότητές μας να το επιβάλουμε ή να το ελέγξουμε. Εμείς όμως δουλεύουμε για να μάθουμε ποιες διδακτικές συνθήκες είναι καλές για να μάθουν οι μαθητές μας ό,τι κάθε φορά επιδιώκουμε και ποιες όχι.

Πριν από το μάθημα:

Σχεδιάζουμε προτάσεις παρεμβατικών και αναπαραστατικών δραστηριοτήτων για τους μαθητές μας, συλλέγουμε υλικά, κατασκευάζουμε πλαίσια συζητήσεων, φανταζόμαστε σενάρια για το πώς μπορούν να εξελιχτούν αυτές οι συζητήσεις.

Κρατάμε συστηματικές σημειώσεις για το σχεδιασμό. Αυτό σημαίνει ότι σημειώνουμε και τι θα θέλαμε να συμβεί και τι μπορεί να το εμποδίσει και γιατί περιμένουμε να συμβεί το ένα ή το άλλο. Συγκροτούμε, δηλαδή, τις σημειώσεις μας και σε επίπεδο διδακτικής παρέμβασης και σε επίπεδο θεωρητικής τεκμηρίωσης της παρέμβασης αυτής. Και αυτό το κάνουμε για να μάθουμε (Τσελφές, 2002α).

Μετά από το μάθημα:

Συγγράφουμε άμεσα το ημερολόγιό μας με ό,τι προγραμματισμένο και ό,τι απρόβλεπτο συνέβη στην τάξη. Αργότερα, προσπαθούμε να το ερμηνεύσουμε και να το συμπεριλάβουμε στο σχεδιασμό ενός επόμενου μαθήματος.

Όταν συζητάμε στην τάξη, προσπαθούμε να μη λέμε πράγματα που δεν πιστεύουμε. Όταν διδάσκουμε Φυσικές Επιστήμες, κινδυνεύουμε κάθε στιγμή να πούμε πράγματα που λογικά δεν πιστεύουμε ότι είναι αλήθεια. Το γεγονός αυτό υποστηρίζεται από σταθερές της εκπαιδευτικής μας παράδοσης (Τσελφές, 2002β).

Για παράδειγμα, για λόγους που πιθανότατα έχουν σχέση με την κοινωνική δυναμική της τάξης ή την ενίσχυση των «αδύνατων» μαθητών, μπορεί εύκολα να συμφωνήσουμε με πληροφορίες που κάποιος μαθητής μας έφερε στη συζήτηση ή τη θέση που πήρε, χωρίς να έχουμε καμία δυνατότητα να τις αξιολογήσουμε ή ακόμη και όταν η αξιολόγησή μας είναι μάλλον αρνητική. Μπορεί να δώσουμε γενικής μορφής απαντήσεις ή πληροφορίες, για να βάλουμε τέλος σε μια διαμάχη και έτσι να «σώσουμε» διδακτικό χρόνο, γνωρίζοντας ότι αυτές οι απαντήσεις δεν λένε τίποτα. Μπορεί να πούμε με μεγάλη ευκολία ότι το τάδε φαινόμενο δεν «βγήκε» από το πείραμα γιατί έγιναν λάθη που ένας επιστήμονας δεν θα έκανε, ακόμη και αν δεν έχουμε καμία ένδειξη για κάτι τέτοιο. Και αυτό για να υποστηρίξουμε την ορθότητα του προς μάθηση περιεχομένου. Μπορεί να πιστεύουμε και να λέμε με πάθος ότι οι Φυσικές Επιστήμες ερμηνεύουν και προβλέπουν με ακρίβεια τα γεγονότα/φαινόμενα του φυσικού κόσμου ακόμη και αν γνωρίζουμε ότι δεν ερμηνεύουν ούτε προβλέπουν με ακρίβεια κανένα σχεδόν μη κατασκευασμένο φυσικό φαινόμενο, για να υπερασπίσουμε το κύρος της επιστήμης μας κ.ο.κ.

Όταν συμμετέχουμε στη συζήτηση που εξελίσσεται μέσα στην τάξη γύρω από ένα θέμα, προσπαθούμε να μην κάνουμε ερωτήσεις χωρίς νόημα. Ως ερωτήσεις χωρίς νόημα θεωρούμε εκείνες που γίνονται μέσα σε ένα πλαίσιο, ενώ έχουν νόημα μέσα σ' ένα άλλο.

Για παράδειγμα, έχουμε συνηθίσει, στο πλαίσιο της αξιολόγησης, να υποβάλλουμε στους μαθητές ερωτήσεις για να ελέγξουμε από τις απαντήσεις αν γνωρίζουν κάτι το οποίο εμείς ήδη γνωρίζουμε. Αν κάνουμε το ίδιο μέσα στο πλαίσιο μιας συζήτησης που αφορά την περιγραφή ή την ερμηνεία ενός φαινομένου, καταστρέφουμε τη συζήτηση. Οι μαθητές καταλαβαίνουν με μεγάλη ευκολία ότι η ερώτηση που τους απευθύνουμε δεν ζητά απ' αυτούς να μας πληροφορήσουν για την άποψή τους –για κάτι που δεν ξέρουμε– και αναλαμβάνουν αμέσως το ρόλο του αξιολογούμενου και όχι του διαλεγόμενου κατασκευαστή γνώσης. Αρχίζουν, δηλαδή, να σκέφτονται τι έχουμε στο μυαλό μας ως «σωστή απάντηση» και όχι τι συμβαίνει με το φαινόμενο. Τι θα σκεφτόμασταν άραγε εμείς αν, στο δρόμο, μας πλησίαζε ένας άγνωστος και μας ρωτούσε: «Πώς **με** λένε;» (αναφέρθηκε σε προφορική ομιλία, Penick, 2002).

Όλοι γνωρίζουμε ότι η διαδικασία της συζήτησης γύρω από ένα φαινόμενο είναι δύσκολο να μην εξελιχτεί σε διαδικασία αξιολόγησης. Αυτό όμως το δύσκολο πράγμα πρέπει να το καταφέρουμε. Και ένας τρόπος είναι να μη μιλάμε εμείς πολύ μέσα στην τάξη ή όταν συζητάμε, να συζητάμε και για φυσικά φαινόμενα για τα οποία δεν γνωρίζουμε πολλά πράγματα. Να είστε σίγουροι ότι υπάρχουν πάρα πολλά τέτοια φαινόμενα, με τα οποία δεν υπάρχει λόγος να διστάζουμε να εμπλακούμε.

2.2. Ειδικές πρακτικές

Προσοχή: Δεν κάνουν όλες οι πρακτικές για όλα τα κομμάτια του κόσμου που κατασκευάζουν και συζητούν οι Φυσικές Επιστήμες.

2.2.1. Επιλογή του κομματιού του υλικού κόσμου που θα επικεντρωθούμε

Οι Φυσικές Επιστήμες δεν μελετούν «τα φαινόμενα του φυσικού κόσμου» γενικώς. Μελετούν εκείνα τα φαινόμενα του φυσικού κόσμου που μπορούν να τα προσεγγίσουν «εργαστηριακά» (Hacking, 1995). Μπορούν, δηλαδή, να τα κατασκευάσουν μέσα στο εργαστήριο ή να τα πλησιάσουν με τις κατασκευές του εργαστηρίου τους. Αυτό είναι απόλυτα προφανές για τους περισσότερους κλάδους της Φυσικής και της Χημείας. Αλλά και η Αστρονομία χωρίς τηλεσκόπια, εξάντες και φωτογραφικές μηχανές είναι Αστρολογία, όπως και η Βιολογία χωρίς νυστέρι, χρωστικές και μικροσκόπια είναι «Φυσική Ιστορία». Τα τηλεσκόπια, οι εξάντες, οι φωτογραφικές μηχανές, το νυστέρι, οι χρωστικές και τα μικροσκόπια δεν είναι οντότητες του φυσικού κόσμου που υπάρχουν από μόνες τους. Είναι κατασκευασμένες φυσικές οντότητες που υπάρχουν και «παρεμβαίνουν», με προσχεδιασμένο τρόπο, στην παραγωγή της γνώσης των επιστημών που τις κατασκεύασε.

Έτσι όταν διαλέγουμε να ασχοληθούμε στην τάξη με ένα φυσικό φαινόμενο –απ’ αυτά που προτείνει το αναλυτικό πρόγραμμα των Φυσικών Επιστημών για τη Γενική Εκπαίδευση– είναι καλό να έχουμε στο μυαλό μας ότι θα πρέπει να διαλέξουμε ένα «εργαστηριακό» φαινόμενο και όχι (καταρχήν) ένα φαινόμενο του βιωματικού κόσμου. Τα εργαστηριακά φαινόμενα είναι μάλλον απίθανο να συμβαίνουν τέτοια και στο βιωματικό κόσμο. Γι’ αυτό και η μετάβαση από το βιωματικό κόσμο στον εργαστηριακό (η επιλογή για την οποία συζητάμε) είναι δύσκολη, όπως είναι

δύσκολη και καθόλου αυτονόητη και η αντίστροφη μετάβαση (το ποια, δηλαδή, είναι η σημασία των εργαστηριακών φαινομένων στην καθημερινή ζωή).

Η πρώτη μετάβαση (η επιλογή του εργαστηριακού φαινομένου) είναι μια πρώτη δική μας δουλειά. Το βασικό κριτήριο της επιλογής είναι καθαρά επιστημονικό: Απλότητα. Για παράδειγμα, τα εργαστηριακά φαινόμενα που κατασκευάζουμε με συσκευές απόσταξης ή ηλεκτρόλυσης είναι άκρως πολύπλοκα και όταν τα παρουσιάζουμε ως απλά, μάλλον αποκρύπτουμε σημαντικό μέρος από τα πράγματα που γνωρίζουμε. Αντίθετα, τα φαινόμενα που κατασκευάζονται με συσκευές όπως ο καθρέφτης, ο φακός, το θερμόμετρο, κ.ο.κ., μπορούν να είναι αρκετά απλά.

2.2.2. Κατασκευή του εργαστηριακού κόσμου στη βάση τεχνικών οδηγιών (κυρίως τι θα κατασκευαστεί) και περιγραφή του παραγόμενου τεχνήματος (κυρίως πώς είναι και πώς κατασκευάστηκε)

Η κατασκευή του κομματιού του εργαστηριακού κόσμου που θα συζητηθεί στα μαθήματα είναι δουλειά των μαθητών. Γιατί αυτοί πρέπει να μάθουν πώς κατασκευάζεται. Και η γνώση αυτή είναι εν πολλοίς άρρητη και δημιουργείται μέσα από διαδικασίες αλληλεπίδρασης/δοκιμής και πλάνης, που αν δεν τις πραγματοποιήσουν τα υποκείμενα της γνώσης δεν θα μάθουν ποτέ τα κατασκευαστικά «μυστικά» που κάνουν τα κομμάτια του εργαστηριακού κόσμου να «δουλεύουν» όπως θέλουμε (με προβλέψιμο, δηλαδή, τρόπο).

Δική μας δουλειά είναι να κατασκευάσουμε τις οδηγίες που θα απευθύνουμε στους μαθητές για να τους καθοδηγήσουμε. Οι οδηγίες αυτές δεν είναι δυνατόν να είναι πλήρεις. Δεν είναι δυνατόν να οδηγούν μονοσήμαντα τη διαδικασία της κατασκευής. Διαθέτουμε όμως μια «τεχνική γλώσσα», που είναι αρκετά συγγενής με την καθημερινή/φυσική γλώσσα, με την οποία μπορούμε καταρχήν να επικοινωνήσουμε και με την οποία μπορούμε να συντάξουμε τις οδηγίες. Από εκεί και μετά αφήνουμε τη δοκιμή και πλάνη να «δουλέψει».

Παράλληλα προωθούμε και την καλλιέργεια αυτού του τεχνικού λόγου από τα παιδιά. Κάθε φορά ζητάμε να περιγράφουν τι κάνουν και πώς το κάνουν. Οι Φυσικές Επιστήμες διαχειρίζονται πολλά και διαφορετικά είδη

λόγου με τα οποία αναπαριστούν τόσο τα φαινόμενα που μελετούν όσο και τις παρεμβάσεις μας σ' αυτά. Όλα αυτά τα είδη λόγου πρέπει να καλλιεργηθούν. Η επιστήμη δεν υπάρχει ούτε χωρίς τις κατασκευές και τις παρεμβάσεις της, αλλά ούτε και χωρίς το λόγο που τις αναπαριστά και τις καθιστά αντικείμενο επικοινωνίας. Και το πρώτο σε σημασία είδος λόγου που καλό θα ήταν να καλλιεργήσουμε στην τάξη είναι ο λόγος της εκάστοτε τοπικής κουλτούρας μέσω του οποίου είναι καταρχήν δυνατό να αναπαρασταθούν τα εργαστηριακά φαινόμενα (επικοινωνία τοπικής/αυτόχθονος επιστήμης με την εργαστηριακή επιστήμη).

2.2.3. Περιγραφές φαινομένων (κυρίως τι μπορεί να κάνει το κατασκευάσμα μας)

Ζητάμε από τα παιδιά να κάνουν δοκιμές (παρεμβάσεις) και περιγραφές (αναπαραστάσεις) για το τι μπορεί να κάνει το κομμάτι του εργαστηριακού κόσμου που κατασκεύασαν: Η εστίαση αφορά τα διαφορετικά φαινόμενα που μπορεί να πραγματοποιήσει το κομμάτι του εργαστηριακού κόσμου που κατασκευάσαμε.

Τα διάφορα κομμάτια του φυσικού κόσμου «κάνουν» ταυτόχρονα ή ανεξάρτητα πολλά και διαφορετικά πράγματα.

Η δυσκολία με τον προσδιορισμό ενός φαινομένου έχει να κάνει με το γεγονός ότι συνήθως πολλά «φαινόμενα» συνυπάρχουν στο ίδιο κομμάτι του φυσικού κόσμου και εξελίσσονται μαζί στον ίδιο χώρο και χρόνο. Εμείς επιλέγουμε ποιο θα παρατηρούμε, θα περιγράψουμε, θα εξετάζουμε, θα συζητάμε, θα τροποποιούμε κ.ο.κ.

2.2.4. Μετρήσεις

Στις Φυσικές Επιστήμες συζητάμε κυρίως (και βέβαια όχι μόνο) με βάση τις έννοιες που μπορούν να μετρηθούν. Στη Φυσική συζητάμε σχεδόν αποκλειστικά χρησιμοποιώντας τέτοιες έννοιες.

Κάθε περιγραφικός όρος (που θα παραμείνει μέσα στη συζήτηση από τη στιγμή που μετρήσαμε κάτι) θα πρέπει να μπορεί να συνδεθεί με data (τα οποία **κατασκευάζονται** με τις διαδικασίες των μετρήσεων).

Η μέτρηση αποτελεί παρέμβαση στον εργαστηριακό κόσμο μέσω μιας μετρητικής συσκευής, η οποία είναι και αυτή κατασκευασμένη.

Οι μετρητικές συσκευές είναι κομμάτια του κόσμου και πρέπει και αυτές να περιγραφούν πριν χρησιμοποιηθούν (πώς είναι και τι κάνουν). Οι μετρητικές συσκευές έχουν προκύψει με ευρύτατη με συναίνεση. Είναι αυτές που είναι, επειδή έχουμε συμφωνήσει να είναι έτσι.

Οι μετρήσεις είναι διαδικασίες αντιστοίχισης των μετρούμενων χαρακτηριστικών του εργαστηριακού κόσμου που εμείς κατασκευάσαμε με χαρακτηριστικά των μετρητικών συσκευών, που συμφώνησαν, σε άλλο πλαίσιο και με δικές τους λογικές, οι επιστήμονες. Είναι το πρώτο σημείο όπου ο εκπαιδευτικός εργαστηριακός μας κόσμος έρχεται σε άμεση επαφή με τον επίσημο/επαγγελματικό επιστημονικό. Και το γεγονός αυτό πρέπει να γίνει ρητό. Οι μετρήσεις γίνονται με τρόπο που έχει συμφωνηθεί και πρέπει να μαθευτούν ως τέτοιες. Πρέπει, δηλαδή, τα παιδιά να μάθουν συγκεκριμένους τρόπους παρέμβασης, μέσω των οποίων να παράγουν για κάθε έννοια και κάποιο ή κάποια data. Μόνο μετά από αρκετή άσκηση θα μπορέσουμε ίσως να συζητήσουμε περισσότερα πράγματα για τη θεωρία που βρίσκεται πίσω από κάθε τύπου μέτρηση ή την αντίστοιχη μετρητική συσκευή.

2.2.5. Δραστηριότητες παρεμβάσεων για να μεταβάλουμε τα χαρακτηριστικά που μετρήσαμε

Για να κατανοήσουν τα παιδιά, με τη λογική του «μεγέθους», τα χαρακτηριστικά του εργαστηριακού κόσμου που έφτιαξαν, περιέγραψαν και μέτρησαν, πρέπει να μπορούν να παρεμβαίνουν και να τα αλλάζουν. Και αυτό οδηγεί σε μια νέα σειρά δραστηριοτήτων. Η συζήτηση γύρω απ' αυτές θα πρέπει, πέρα από τις κυρίαρχες έννοιες, να σταθεροποιήσει και κάποιες συμμεταβολές αυτών των εννοιών/μεγεθών, σε ένα πρώτο ποιοτικό επίπεδο. Αυτές θα αποτελέσουν στη συνέχεια αντικείμενο νέων διερευνήσεων.

2.2.6. Διερεύνηση συμμεταβολών

Εδώ πρέπει να διδαχτεί η διαδικασία κωδικοποίησης των συμμεταβολών. Δηλαδή, η «ρουτίνα» της παραγωγής σειρών από data που αφορούν την ίδια έννοια, παραγωγή τεκμηρίων από τη σύγκριση των data, γενίκευση (με χρήση πινάκων ή και διαγραμμάτων) για παραγωγή μιας νέας ιδέας (όπως αναλογία, αντίστροφη αναλογία κ.ο.κ., ως σχέσης που αφορά δύο έννοιες/μεγέθη).

2.2.7. Προσπάθεια ερμηνείας των νέων ιδεών που παράγουμε

Συζήτηση για την παραγωγή ερμηνευτικών υποθέσεων με συναίνεση. Γιατί, δηλαδή, συμβαίνουν όσα διαπιστώσαμε ότι συμβαίνουν; Στο όριο αυτών των συζητήσεων προτείνουμε τη βιβλιογραφική δουλειά. Προτείνουμε, δηλαδή, να ψάξουν τα παιδιά και να βρουν τι λένε τα βιβλία της Φυσικής για τα θέματα που έχουν τεθεί στις συζητήσεις.

Η λογική, δηλαδή, της συγκεκριμένης διδακτικής πρότασης λέει ότι η ώρα της επικοινωνίας με τις επίσημες/επαγγελματικές επιστημονικές αναπαραστάσεις έρχεται τελευταία. Ο λόγος για, αυτό είναι από απλός έως απλοϊκός: Για να επικοινωνήσουμε με κάποιον γύρω από ένα θέμα και να καταλάβουμε τι ισχυρίζεται πρέπει να γνωρίζουμε κι εμείς κάποια τουλάχιστον πράγματα για το θέμα αυτό. Και για τα θέματα που αφορούν κομμάτια του εργαστηριακού κόσμου δεν μάθαμε και ούτε πρόκειται να μάθουμε σπουδαία πράγματα από την καθημερινή μας ζωή.

2.2.8. Παρέμβαση για την κατασκευή χρήσιμων κομματιών του καθημερινού μας κόσμου από την εμπειρία που αποκτήθηκε

Στο τέλος, ζητάμε από τους μαθητές μας να κάνουν μια προσωπική και φιλότιμη προσπάθεια αναπλαισίωσης των γνώσεων που κατάκτησαν μέσα στην καθημερινή τους ζωή. Η προσέγγιση και εδώ έχει αφετηρία τις παρεμβατικές δραστηριότητες. Ποτέ όμως δεν ξεχνάμε να προσθέσουμε και τις αντίστοιχες αναπαραστατικές.

Ζητάμε από τα παιδιά να φτιάξουν κάτι χρήσιμο για την καθημερινή μας ζωή με βάση κάτι από αυτά που έκαναν ή έμαθαν. Οι κατασκευές που μπορεί να είναι από παιχνίδια και διακοσμητικά μέχρι «χρήσιμα» αντικείμενα, είναι καλό να εκτεθούν και οι μαθητές-κατασκευαστές να συντάξουν τον οδηγό ξενάγησης στην έκθεσή τους.

Στη συνέχεια του κειμένου θα βρείτε αναλυτικές οδηγίες για τη διαχείριση του διδακτικού υλικού (για κάθε μάθημα/ενότητα).

Θα βρείτε επίσης και φύλλα αξιολόγησης των μαθημάτων. Τα φύλλα αυτά είναι καλό να τα συμπληρώνετε για να διευκολύνετε την ανατροφοδότησή σας.

Επίσης, θυμηθείτε: Οι μαθητές σας ίσως να δουλεύουν για πρώτη φορά σε ομάδες (και με φύλλα εργασίας). Παίρνει χρόνο να συνηθίσουν. Αλλά συνηθίζουν. Γι' αυτό δείξτε υπομονή και ... επιμονή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Cobern, W. & Loving, C. (2001). Defining science in a multicultural world: Implications for science education. *Science Education*, 85(1), 50-67.

Driver, R., Guesne, E. and Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.

Gergen, K. (1995). Social Construction and the Educational Process. In L. Steffe & J. Gale, (Eds), *Constructivism in Education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Hacking, I. (1995). *Representing and Intervening*. Cambridge: Cambridge University Press.

Lewis, B. & Aikenhead, G. (2001). Shifting perspectives from universalism to cross-culturalism. *Science Education*, 85(1), 3-5.

Penick, J. (2002). A Strategy for Using Questions and Inquiry, presented in *2nd International Conference on Science Education*, The Cyprus Pedagogical Institute, Nicosia.

Τσελφές, Β. (2002α). Διδακτικές πρακτικές και διδακτικές θεωρίες: Αναγνώριση μιας αμφίδρομης σχέσης, *Διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Έρευνα και Πράξη*, 1, 12-23.

Τσελφές, Β. (2002β). Δοκιμή και πλάνη: Το εργαστήριο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Αθήνα: Νήσος.

Α΄ Μέρος

Οδηγίες για τον εκπαιδευτικό

**Ο ΚΟΣΜΟΣ
ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟΥ**

Γιώργος Έφιμος και Γιώργος Φασουλόπουλος

1^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 1):

ΜΑΘΑΙΝΟΥΜΕ ΤΙΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΑΣ:

Ο «ΘΕΡΜΑΝΤΗΡΑΣ» (I)

Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των τεσσάρων. Συζητούν και αποφασίζουν κατά ομάδα, κρατούν σημειώσεις στο φύλλο εργασίας, αλλά παραδίδουν ένα ομαδικά συμπληρωμένο και συμφωνημένο φύλλο εργασίας. Ο καθηγητής επεμβαίνει όταν του το ζητήσει η ομάδα ή όταν το ζητούν οι οδηγίες του φύλλου εργασίας.

Ξεκινάμε τη διδασκαλία του «κόσμου του θερμομέτρου» από το «θερμαντήρα» και στη συνέχεια τον «ψυκτήρα», καθώς αυτές είναι οι βασικές συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν από τους μαθητές στη συγκεκριμένη σειρά μαθημάτων. Ιστορικά, επίσης, οι δύο αυτές συσκευές αποτέλεσαν τα βασικά εργαλεία παραγωγής φαινομένων στα πρώτα επιστημονικά βήματα στην περιοχή της «Θερμότητας». Η λογική της χρήσης τους στηριζόταν στο απλό σχήμα «πομπός-δέκτης» (θερμότητας ή ψύχους) και δεν διαφέρει ουσιαστικά από τη βιοματική λογική των μαθητών μας (και όχι μόνο).

Στόχοι της πρώτης ενότητας είναι:

- Να βρεθούν οι μαθητές μας μέσα σ' ένα οικείο γι' αυτούς περιβάλλον παρεμβάσεων, στο πλαίσιο των θερμικών φαινομένων.
- Να συνδέσουν την έννοια του «θερμαντήρα» με μια συγκεκριμένη συσκευή και να αναγνωρίσουν τα βασικά λειτουργικά της μέρη.
- Να κατανοήσουν τις οδηγίες ασφαλούς χρήσης του συγκεκριμένου τύπου θερμαντήρα.

Σημαντικά τεκμήρια επιτυχίας του μαθήματος αποτελούν:

- α) Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας και κυρίως,
- β) Η εύστοχη διαχείριση των όρων που σχετίζονται με τη χρήση ενός θερμαντήρα κατά τη διάρκεια των συζητήσεων που πραγματοποιούνται στην τάξη. Τέτοιοι όροι είναι, για παράδειγμα, οι: «θερμαντήρας», «ζεσταίνω/θερμαίνω», «διακόπτης», «αέριο» κτλ.

Ειδικότερα:

Στο πρώτο κομμάτι αυτής της ενότητας είναι πιθανόν οι μαθητές να αναφερθούν τόσο σε συγκεκριμένες συσκευές θέρμανσης (φούρνος, μάτι κουζίνας, αναπτήρας κ.λπ.), όσο και σε τρόπους θέρμανσης αντικειμένων που δεν απαιτούν τη χρήση κάποιας συσκευής (π.χ. «το αφήνουμε στον ήλιο του μεσημεριού», «το τρίβουμε» κ.λπ.). Επιβραβεύουμε και τις δύο περιπτώσεις, ενθαρρύνοντας την έκφραση απόψεων από όσο το δυνατόν περισσότερους μαθητές. Σε κάθε περίπτωση όμως, προωθούμε τη λογική του «πομπού–δέκτη». Προσπαθούμε, δηλαδή, να εστιάσουμε στο γεγονός ότι για να ζεσταθεί κάτι χρειάζεται να υπάρχει πάντα και κάτι άλλο (π.χ. ο ήλιος, τα χέρια μας κ.λπ.) που το ζεσταίνει.

Δεν ζητάμε από τους μαθητές μας να «ορίσουν» τι είναι φιάλη αερίου, διακόπτης, εστία κ.ο.κ. Επιζητούμε μόνο να εντοπίσουν, μέσω του λόγου τους, τη σημασία του κάθε μέρους του θερμαντήρα στη λειτουργία του (μας ενδιαφέρει η λειτουργική κατανόηση των όρων).

Ιδιαίτερη σημασία αποδίδεται, για λόγους ασφαλείας, στο τελευταίο κομμάτι της πρώτης ενότητας. Ένας δόκιμος τρόπος έναρξης της συζήτησης θα μπορούσε να σχετίζεται με την υποθετική άρνηση καθεμιάς από τις οδηγίες χρήσης. Με άλλα λόγια, θα μπορούσαμε να ζητήσουμε από τους μαθητές μας απαντήσεις σε ερωτήματα του τύπου «τι θα γίνει αν πρώτα ανοίξουμε το διακόπτη παροχής του αερίου και αργότερα ανάψουμε το σπέρτο ή τον αναπτήρα;». Προφανώς κάτι τέτοιο απαιτεί από το διδάσκοντα να τονίσει ότι αναφερόμαστε μόνο σε υποθετικό επίπεδο.

Η (προφορική) συζήτηση δεν έχει σημασία αν πραγματοποιηθεί σε καλά ελληνικά. Σημαντικό είναι να συμμετέχουν σ' αυτή όσο γίνεται περισσότεροι μαθητές και η σημασία αυτών που λένε (όπως την αντιλαμβάνεται ο διδάσκων) να προσεγγίζει το διδακτικό στόχο.

1° ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 2):

ΜΑΘΑΙΝΟΥΜΕ ΤΙΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΑΣ:

Ο «ΘΕΡΜΑΝΤΗΡΑΣ» (II)

Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των τεσσάρων. Ο καθηγητής επεμβαίνει όταν του το ζητήσει η ομάδα ή όταν το ζητούν οι οδηγίες του φύλλου εργασίας.

Στόχοι της δεύτερης ενότητας είναι:

- Να εξοικειωθούν οι μαθητές με τη χρήση της συσκευής του θερμαντήρα και
- Να θυμηθούν και να εφαρμόσουν τις οδηγίες ασφαλούς χρήσης ενός θερμαντήρα.

Σημαντικά τεκμήρια επιτυχίας του μαθήματος αποτελούν:

α) Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας και

β) Η επιτυχής έκβαση της πειραματικής δραστηριότητας.

Η επιτυχία κρίνεται και από τη συζήτηση μετά από καθεμία από τις δύο δραστηριότητες.

Ειδικότερα:

Στο πρώτο κομμάτι αυτής της ενότητας είναι αρκετά πιθανό οι μαθητές να αναφερθούν στις οδηγίες ασφαλούς χρήσης του θερμαντήρα με ορολογία διαφορετική από αυτήν που προτείνεται μέσα από τα φύλλα εργασίας. Δεν θεωρούμε λανθασμένες τέτοιου τύπου εκφράσεις, αρκεί το νόημά τους (όπως το αντιλαμβάνεται ο διδάσκων) να προσεγγίζει τη σημασία κάποιας από τις οδηγίες χρήσης του θερμαντήρα.

Ένας δόκιμος τρόπος έναρξης της συζήτησης μπορεί να γίνει στη βάση της ύπαρξης δύο διαφορετικών απαντήσεων στα φύλλα εργασίας. Η διαφορετική άποψη ή η διαφωνία είναι από τις καλύτερες αφετηρίες για συζήτηση.

Στο δεύτερο μέρος της ενότητας πραγματοποιείται η πρώτη επαφή των μαθητών με τη χρήση του θερμαντήρα. Ιδιαίτερη προσοχή συνεπώς θα πρέπει να δίνεται από το διδάσκοντα στην προσεκτική χρήση της συσκευής και στην εφαρμογή των οδηγιών ασφαλούς χρήσης. Όσον

αφορά τα «ειδικά ποτήρια», καλύτερα για την περίπτωση είναι τα δοχεία ζέσεως των 250 ml.

Επιδιώκουμε τη συμμετοχή όλων των μελών κάθε ομάδας στην πραγματοποίηση της πειραματικής δραστηριότητας, προσπαθώντας να αποφύγουμε φαινόμενα της μορφής «ένας τα κάνει όλα». Η συμβολή, με οποιοδήποτε τρόπο, των μαθητών στην πειραματική δραστηριότητα ευνοεί τη συμμετοχή τους στη μετέπειτα συζήτηση, τελικό ζητούμενο της διδασκαλίας.

Δεδομένου ότι οι μαθητές δεν έχουν ξεπεράσει το χρονικό διάστημα των 2 λεπτών θέρμανσης του νερού, τους αφήνουμε να διαπιστώσουν με εμπειρικό τρόπο (έλεγχος της θερμοκρασίας του νερού με το χέρι) τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα δοχεία (A) και (B). Στη συζήτηση που θα ακολουθήσει αναμένουμε να αναδειχθούν οι δύο πιο βασικοί τρόποι σκέψης γύρω από τη συγκεκριμένη διαφορά.

Ο ένας στηρίζεται στη λογική του «πομπού–δέκτη»: Το νερό στο δοχείο (A) είναι πιο ζεστό επειδή το ζεστάναμε.

Ο άλλος στηρίζεται στη λογική της εμπειρικής και εκ των υστέρων δοκιμής: Το νερό στο δοχείο (A) είναι πιο ζεστό από το νερό στο δοχείο (B), επειδή το ένιωσα με το χέρι μου.

Και οι δύο λογικές αντιμετωπίζουν προβλήματα στο επιστημονικό πλαίσιο. Η πρώτη αγνοεί την αλληλεπίδραση του ποτηριού (B) με το περιβάλλον. Μια αλληλεπίδραση που γνωρίζουν οι μαθητές μας αλλά που εύκολα ξεχνούν όταν υπάρχει στο προσκήνιο ένας θερμαντήρας. Η δεύτερη αντιμετωπίζει το χέρι ως θερμόμετρο. Μια αντιμετώπιση που θα διευκρινιστεί σε επόμενο μάθημα.

Βέβαια, η προτεινόμενη πειραματική διαδικασία είναι απλή και κοινή για το σύνολο των ομάδων της τάξης. Παρ' όλα αυτά, κατά τη διάρκεια της τελικής συζήτησης, επιδιώκουμε την περιγραφή της διαδικασίας από όλες τις ομάδες, ακόμη κι αν αυτό οδηγεί σε επαναλήψεις. Σημαντικό είναι στην προφορική αυτή συζήτηση να συμμετέχουν όσο γίνεται περισσότεροι μαθητές και η σημασία αυτών που λένε (όπως την αντιλαμβάνεται ο διδάσκων) να προσεγγίζει το διδακτικό στόχο.

1° ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 3):

ΜΑΘΑΙΝΟΥΜΕ ΤΙΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΑΣ: Ο «ΨΥΚΤΗΡΑΣ»

Συνεχίζουμε τη διδασκαλία του «κόσμου του θερμομέτρου» με τον «ψυκτήρα», στη λογική που περιγράψαμε στην ενότητα (1).

Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των τεσσάρων και ο καθηγητής επεμβαίνει όταν του το ζητήσει η ομάδα ή όταν το ζητούν οι οδηγίες του φύλλου εργασίας.

Στόχοι της τρίτης ενότητας είναι:

- Να συνδέσουν οι μαθητές την έννοια του «ψυκτήρα» με τη συγκεκριμένη συσκευή και να αναγνωρίσουν τα βασικά του μέρη.
- Να εξοικειωθούν με τη χρήση της συσκευής.

Σημαντικά τεκμήρια επιτυχίας του μαθήματος αποτελούν:

- α) Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας.
- β) Η εύστοχη χρήση των όρων που σχετίζονται με τη χρήση ενός ψυκτήρα κατά τη διάρκεια των συζητήσεων που πραγματοποιούνται στην τάξη. Τέτοιοι όροι είναι, για παράδειγμα, οι: «ψυκτήρας», «κρυώνω/ψύχω», «πάγος» κ.λπ.
- γ) Η επιτυχής έκβαση της πειραματικής δραστηριότητας.

Ειδικότερα:

Στο πρώτο κομμάτι αυτής της ενότητας είναι πιθανόν οι μαθητές να αναφερθούν τόσο σε συγκεκριμένες συσκευές ψύξης (ψυγείο), όσο και σε τρόπους ψύξης αντικειμένων που δεν απαιτούν τη χρήση κάποιας συσκευής (π.χ. «το αφήνουμε έξω τη νύχτα» ή «στα κρύα νερά μιας πηγής», «στο χιόνι» κ.λπ.). Επιβραβεύουμε και τις δύο περιπτώσεις, ενθαρρύνοντας την έκφραση απόψεων από όσο το δυνατόν μεγαλύτερο κομμάτι των μαθητών. Σε κάθε περίπτωση πάντως προωθούμε την έννοια της αλληλεπίδρασης (του σώματος με το περιβάλλον, με τα νερά, με το χιόνι κ.λπ.), παρά το μοντέλο «πομπού–δέκτη» (που στην περίπτωσή μας αφορά το ψύχος).

Ένας δόκιμος τρόπος έναρξης της συζήτησης μπορεί να γίνει στη βάση των ερωτήσεων που αναγράφονται στη συνέχεια του φύλλου εργασίας.

Στο δεύτερο μέρος της ενότητας πραγματοποιείται η πρώτη επαφή των μαθητών με τη χρήση του ψυκτήρα, χρήση που είναι εμφανώς ασφαλής. Όσον αφορά το «μεγάλο γυάλινο δοχείο», πρόκειται για δοχείο ζέσεως των 500 ή 600 ml, ενώ τα «ποτήρια» είναι δοχεία ζέσεως των 250 ml ή και πλαστικά ποτήρια μιας χρήσεως (είναι αρκετά πιο αγωγίμα από τα γυάλινα).

Επιτρέπουμε στους μαθητές να διαπιστώσουν με εμπειρικό τρόπο (έλεγχος της θερμοκρασίας του νερού με το χέρι) τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα δοχεία (Α) και (Β).

Αναμένουμε, τέλος, οι μαθητές μας να λειτουργήσουν με τον ψυκτήρα όπως και στην περίπτωση της δεύτερης ενότητας.

2° ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 4):

ΜΑΘΑΙΝΟΥΜΕ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Η διδακτική σειρά του «κόσμου του θερμομέτρου» αναφέρεται και στο φαινόμενο της θερμικής διαστολής των σωμάτων, για δύο κυρίως λόγους. Αφενός μεν διότι στη διαστολή βασίζεται η λειτουργία των θερμομέτρων και των θερμοσκοπίων, βασικών εργαλείων στα επόμενα μαθήματα, αφετέρου δε διότι η διαστολή αποτελεί φαινόμενο που μπορεί να ευνοήσει τη συζήτηση μέσα στο πλαίσιο των θερμικών φαινομένων και τη βελτίωση της γλωσσικής τους περιγραφής και κατανόησης.

Και εδώ οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των τεσσάρων. Ο καθηγητής επεμβαίνει όταν του το ζητήσει η ομάδα ή όταν το ζητούν οι οδηγίες του φύλλου εργασίας.

Ο στόχος της τέταρτης ενότητας συνίσταται στο να συνδέσουν οι μαθητές την έννοια «διαστολή» με συγκεκριμένες όψεις του φυσικού κόσμου. Πρέπει, δηλαδή, να έχουμε υπόψη μας ότι τα βήματα που επιχειρούμε είναι αρκετά ασαφή για να επιτευχθεί μια σύνδεση της θέρμανσης με τη «διαστολή» των αερίων. Συγκεκριμένα, θερμαίνουμε το δοχείο με το νερό και περιμένουμε οι μαθητές μας να υποθέσουν ότι θερμαίνεται το μπουκάλι, ο αέρας μέσα στο μπουκάλι, ότι το γεγονός αυτό αυξάνει τον όγκο του αέρα και έτσι φουσκώνει το μπαλόνι. Επιπλέον περιμένουμε να γενικεύσουν στην κατεύθυνση: Αφού αυτό συμβαίνει με τον αέρα, μάλλον θα συμβαίνει και με όλα τα αέρια.

Οι μαθητές μας, όμως, δεν έχουν λόγους να κατασκευάσουν τέτοιες αλυσίδες συλλογισμών.

Έτσι, σημαντικά τεκμήρια επιτυχίας του μαθήματος αποτελούν μόνο:

α) Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας και κυρίως

β) Οι ζωγραφιές των μαθητών σχετικά με το υπό παρατήρηση φαινόμενο, και

γ) Οι επιτυχημένες προσπάθειες περιγραφής της πειραματικής διαδικασίας, κατά τη διάρκεια των συζητήσεων που πραγματοποιούνται στην τάξη.

Ειδικότερα:

Στο κομμάτι της ενότητας που αφορά την προετοιμασία του πειράματος, παροτρύνουμε τους μαθητές να φουσκώσουν το μπαλόνι που θα

χρησιμοποιήσουν στο πείραμα, όχι μόνο «για να σιγουρευτούν ότι δεν έχει κάποια μικρή τρύπα», αλλά και επειδή με αυτό τον τρόπο χαλαρώνουν τα ελαστικά τοιχώματα του μπαλονιού και το φαινόμενο είναι πιο εύκολο να πραγματοποιηθεί και να παρατηρηθεί.

Κατάλληλο για ένα τέτοιο πείραμα είναι το κλασικό μπουκάλι της μπίρας, για δύο λόγους. Από τη μια σε ένα τέτοιο μπουκάλι υπάρχει αρκετή ποσότητα αέρα ώστε με ένα τυπικό μπαλόνι να επιτυγχάνεται το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα, δηλαδή το φούσκωμά του. Από την άλλη, το κλασικό μπουκάλι μπίρας μπορεί να βυθίζεται σε δοχείο με νερό χωρίς να επιπλέει (τουλάχιστον αν το ύψος του νερού δεν ξεπερνά τα 2/3 περίπου του μπουκαλιού), κάτι που προφανώς θα δυσκόλευε την παρατήρηση του φαινομένου.

Εννοείται πως κάθε πείραμα που πραγματοποιείται μέσα στην τάξη, είτε από τους μαθητές είτε από το διδάσκοντα, θα πρέπει νωρίτερα να έχει δοκιμαστεί από τον ίδιο το διδάσκοντα. Μια τέτοια διαδικασία αναδεικνύει τα όρια και τις πρακτικές δυσκολίες κάθε πειράματος, και κατά συνέπεια ευνοεί τη βελτιστοποίηση της διδακτικής του χρήσης.

Η συζήτηση που πραγματοποιείται μετά την ολοκλήρωση του πειράματος αποτελεί σημαντικό κομμάτι της διδακτικής ενότητας. Ζητούμε από τους μαθητές να αναφέρουν τις παρατηρήσεις τους τόσο για τον τρόπο προετοιμασίας του πειράματος, όσο και για την εξέλιξή του. Επιζητούμε απαντήσεις που αφορούν το ρόλο του κάθε στοιχείου της πειραματικής διάταξης (νερό, μπαλόνι, θερμαντήρας κτλ.). Εστιάζουμε στον «αέρα που υπάρχει μέσα στο μπουκάλι» και στη σχέση του με το φούσκωμα του μπαλονιού. Στην περίπτωση που η ανταπόκριση των μαθητών θεωρηθεί ικανοποιητική, μπορούμε να επεκτείνουμε τη συζήτηση σε υποθετικές τροποποιήσεις του πειράματος (χρήση μεγαλύτερου ή μικρότερου μπουκαλιού, βούτηγμα του μπουκαλιού με το φουσκωμένο μπαλόνι μέσα σε κρύο νερό κ.λπ.).

2° ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 5):

ΜΑΘΑΙΝΟΥΜΕ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ (II)

Στην ενότητα αυτή συνεχίζουμε την ενασχόλησή μας με το φαινόμενο της διαστολής. Μετατοπιζόμαστε όμως, από τον εργαστηριακό χώρο και τον προφορικό/τεχνικό λόγο των οδηγιών, προς το χώρο των αναπαραστάσεων και τον εγγράμματο/θεωρητικό λόγο. Στην περίπτωση μας μάλιστα επιχειρούμε αυτήν τη μετάβαση με ένα κείμενο που έχει λογοτεχνικές αξιώσεις. Το κείμενο αυτό λόγω του μεγέθους του δίνεται σε δύο μέρη και προτείνεται να δουλευτεί με όρους κατανόησής του.

Η διδακτική αξία του κειμένου εκτιμούμε πως βρίσκεται στο γεγονός ότι μπορεί μέσα από την κατανόηση των περιγραφών του να οδηγήσει στη λειτουργική κατανόηση αφηρημένων εννοιών. Εννοιών, όπως είναι η «διαστολή», όταν αναφέρεται σε κάποιο υλικό και όχι σε ένα συγκεκριμένο σώμα. Όπως, επίσης, είναι και η διαφάνεια και η συμπιεστότητα των υλικών.

Προκρίναμε μια τέτοια προσέγγιση επειδή θεωρούμε ότι η πραγματοποίηση και άλλων εργαστηριακών δραστηριοτήτων (όπως τα κλασικά «σφαίρα – δακτύλιος», «θερμαινόμενη ράβδος» κ.λπ.) δεν αποσυνδέουν την έννοια της διαστολής από τα συγκεκριμένα κάθε φορά αντικείμενα. Η προσπάθεια γενίκευσης από δύο ή τρεις εργαστηριακές εφαρμογές (που ασφαλώς δεν είναι κακό να γίνουν) συνήθως δεν πετυχαίνει.

Ο κάθε μαθητής διαβάζει το φύλλο εργασίας ατομικά. Η συμπλήρωση όμως του φύλλου εργασίας γίνεται ομαδικά. Ο καθηγητής παρεμβαίνει κάθε φορά που κάποιος μαθητής θα το ζητήσει. Η τελική συζήτηση πραγματοποιείται με τη συμμετοχή όλων των μαθητών υπό την καθοδήγηση του καθηγητή.

Οι στόχοι της ενότητας είναι:

- Να κατανοήσουν οι μαθητές τα βασικά σημεία του παραμυθιού του «Συνεδρίου των Υλικών».
- Να συνδέσουν την έννοια «διαστολή» με τα υλικά του φυσικού κόσμου, πέραν των αερίων.
- Να κατανοήσουν τις ποσοτικές διαφορές της διαστολής που εμφανίζονται σε διαφορετικές κατηγορίες υλικών.

Σημαντικά τεκμήρια επιτυχίας του μαθήματος αποτελούν:

α) Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας και κυρίως

β) Η συμμετοχή των μαθητών στη συζήτηση που πραγματοποιείται εντός της τάξης.

Η συζήτηση πραγματοποιείται από τη στιγμή που όλοι οι μαθητές έχουν διαβάσει το σχετικό κείμενο–παραμύθι και αποτελεί σημαντικό κομμάτι της διδακτικής ενότητας. Μπορούμε να ξεκινήσουμε ζητώντας από τους μαθητές να αναφέρουν τις γενικές τους εντυπώσεις από το παραμύθι (τους άρεσε ή όχι, τι τους άρεσε, τι όχι κτλ.). Ένας επιπλέον δόκιμος τρόπος έναρξης της συζήτησης μπορεί να γίνει στη βάση των ερωτήσεων που αναγράφονται στη συνέχεια του φύλλου εργασίας.

Βαθμιαία (και κυρίως στο δεύτερο μέρος του παραμυθιού), καλό είναι η συζήτηση να επικεντρωθεί στο φαινόμενο της θερμικής διαστολής. Πιθανά θέματα συζήτησης θα μπορούσαν να αποτελούν οι πτυχές της διαστολής, όπως αυτές περιγράφονται μέσα στο παραμύθι ή η σύνδεση του παραμυθιού με την προηγούμενη διδακτική ενότητα (διαστολή του αέρα).

Στην περίπτωση που η ανταπόκριση των μαθητών θεωρηθεί ικανοποιητική, μπορούμε να επεκτείνουμε τη συζήτηση και στην αναζήτηση φαινομένων που ανήκουν στις εμπειρίες των μαθητών και τα οποία σχετίζονται με τη θερμική διαστολή κάποιων αντικειμένων (μορφή καλωδίων της ΔΕΗ το χειμώνα και το καλοκαίρι, σκεύη από γυαλί που σπάνε με την ανομοιόμορφη θέρμανσή τους κτλ.). Είναι πιθανό σε αυτό το σημείο της συζήτησης οι μαθητές να αναφερθούν και σε φαινόμενα που δεν σχετίζονται με τη διαστολή, όπως είναι για παράδειγμα το φούσκωμα του γάλατος κατά τη θέρμανσή του. Δεν απορρίπτουμε την έκφραση και τέτοιων απόψεων χαρακτηρίζοντάς τις «λανθασμένες». Επιχειρούμε, αν μπορούμε, να εξηγήσουμε γιατί πιθανότατα δεν συμφωνούμε. Δεν ξεχνούμε ότι ενδιαφερόμαστε για τη συμμετοχή των μαθητών στη συζήτηση.

Τέλος, καλό είναι να έχουμε υπόψη μας ότι μια σε βάθος κατανόηση της διαστολής μέσα από το κείμενο του παραμυθιού μπορεί να προκαλέσει ενδιαφέρουσες απορίες:

- Πώς μπορούν τα αέρια και να διαστέλλονται και να κλείνονται σε ένα πολύ μικρό και σταθερό δοχείο;
- Όταν τα αέρια καταλαμβάνουν όλο το χώρο που έχουν στη διάθεσή τους, διαστέλλονται;

3^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 6):

ΦΤΙΑΧΝΟΥΜΕ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ

Η διδασκαλία του «κόσμου του θερμομέτρου» αναφέρεται στον τρόπο λειτουργίας ενός θερμοσκοπίου, καθώς θεωρείται πως το όργανο αυτό μπορεί να αποτελέσει παράγοντα-κλειδί στη σύνδεση του φαινομένου της θερμικής διαστολής με τη λειτουργία των θερμομέτρων.

Επισημαίνεται ότι, παρά το γεγονός ότι εντός του φύλλου εργασίας χρησιμοποιείται ο όρος «θερμόμετρο», το όργανο που κατασκευάζουν οι μαθητές είναι ένα *θερμοσκόπιο*. Η διαφοροποίηση αυτή δεν θεωρείται σκόπιμο να τονιστεί στους μαθητές, με τη λογική ότι δεν υπάρχει ιδιαίτερος λόγος (τουλάχιστον στη βάση των συγκεκριμένων διδακτικών στόχων) να εμπλέκονται οι μαθητές και με τη χρήση εναλλακτικής ορολογίας.

Οι μαθητές εργάζονται με τις ομάδες τους. Ο καθηγητής επεμβαίνει όταν του το ζητήσει η ομάδα ή όταν το ζητούν οι οδηγίες του φύλλου εργασίας.

Ο στόχος της έκτης ενότητας συνίσταται στο να συνδέσουν οι μαθητές την έννοια «διαστολή» με τη λειτουργία ενός απλού θερμομέτρου (θερμοσκοπίου).

Σημαντικά τεκμήρια επιτυχίας του μαθήματος αποτελούν:

α) Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας και (κυρίως)

β) Οι ζωγραφιές των μαθητών σχετικά με το υπό παρατήρηση φαινόμενο, και

γ) Οι επιτυχημένες προσπάθειες περιγραφής της πειραματικής διαδικασίας, κατά τη διάρκεια των συζητήσεων που πραγματοποιούνται στην τάξη.

Ειδικότερα:

Στο κομμάτι της ενότητας που αφορά την προετοιμασία του πειράματος, προτείνουμε στους μαθητές να δείξουν στον καθηγητή τους το μπουκάλι που θα χρησιμοποιήσουν στο πείραμα, καθώς υπάρχουν ορισμένα σημεία στην κατασκευή του τα οποία απαιτούν προσοχή.

Το κυριότερο αφορά τη στεγανότητα του μπουκαλιού: αν υπάρχει κάποια σχισμή στο φελλό ή στη σύνδεσή του με το γυάλινο καλαμάκι, το νερό κατά τη διαστολή του θα διαφεύγει και ως εκ τούτου το αναμενόμενο φαινόμενο δεν θα είναι δυνατόν να παρατηρηθεί. Προβλήματα στη

στεγανότητα μπορούν να λυθούν εύκολα κυρίως με λίγο περισσότερο σφίξιμο του φελλού (ή και με την αντικατάστασή του).

Καλό είναι το καλαμάκι να έχει τοποθετηθεί έτσι ώστε ένα επαρκές μήκος του να βρίσκεται εκτός του μπουκαλιού. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγονται φαινόμενα υπερχειλίσης του νερού.

Για λόγους καλύτερης εποπτείας του φαινομένου, καλό είναι να φαίνεται η στάθμη του νερού στο καλαμάκι και πριν από τη θέρμανσή του. Αυτό το πετυχαίνουμε αν γεμίσουμε το μπουκάλι με νερό μέχρι τα χείλη και στη συνέχεια, κλείνοντάς το, πιέσουμε λίγο περισσότερο το φελλό στο μπουκάλι.

Θυμηθείτε πως κάθε πείραμα που πραγματοποιείται μέσα στην τάξη, θα πρέπει νωρίτερα να έχει δοκιμαστεί από τον ίδιο το διδάσκοντα. Μια τέτοια διαδικασία αναδεικνύει τα όρια και τις πρακτικές δυσκολίες κάθε πειράματος, και κατά συνέπεια ευνοεί τη βελτιστοποίηση της διδακτικής του χρήσης.

Κατά τη διάρκεια της συζήτησης ζητούμε από τους μαθητές να αναφέρουν τις παρατηρήσεις τους τόσο για τον τρόπο προετοιμασίας του πειράματος, όσο και για την εξέλιξή του. Επιζητούμε απαντήσεις που αφορούν το ρόλο του κάθε στοιχείου της πειραματικής διάταξης (νερό, καλαμάκι, θερμαντήρας κτλ.). Επιχειρούμε να καθοδηγήσουμε το λόγο των μαθητών προς τη σύνδεση του ύψους της στάθμης του νερού με τη θερμοκρασία του (κρύο νερό – χαμηλή στάθμη, ζεστό νερό – υψηλή στάθμη). Είναι αρκετά πιθανό, μέχρι την έναρξη της συζήτησης, οι στάθμες στα μπουκάλια των μαθητών να έχουν μετατοπιστεί. Μπορεί να έχουν ανέβει πάνω από τη θέση της τελευταίας ένδειξης ή να έχουν επανέλθει στην αρχική τους θέση (ανάλογα με το πού άφησαν οι μαθητές την κατασκευή τους όταν τελείωσαν το πείραμα). Τα φαινόμενα αυτά μπορείτε να τα εκμεταλλευτείτε διδακτικά. Ζητήστε από τους μαθητές σας να τα εξηγήσουν. Βοηθήστε τους να αποδώσουν στο σύστημα μπουκάλι-νερό-καλαμάκι τις δυνατότητες ενός οργάνου που μας δίνει ένα μέτρο της θερμοκρασίας. Δηλαδή, τις δυνατότητες ενός *θερμομέτρου*.

Στην περίπτωση που η ανταπόκριση των μαθητών θεωρηθεί ικανοποιητική, μπορούμε να επεκτείνουμε τη συζήτηση σε ερωτήσεις υποθετικών μετατροπών στο πείραμα (π.χ. «τι θα γίνει αν χρησιμοποιήσουμε μπουκάλι που χωράει περισσότερο νερό;» ή «πιο στενό καλαμάκι»). Μπορούμε επίσης να αναφερθούμε στη σύγκριση του οργάνου που κατασκεύασαν οι μαθητές και ενός τυπικού θερμομέτρου.

3^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 7):

ΜΑΘΑΙΝΟΥΜΕ ΓΙΑ ΤΑ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ

Οι μαθητές εργάζονται με τις ομάδες τους. Ο καθηγητής επεμβαίνει όταν του το ζητήσει η ομάδα ή όταν το ζητούν οι οδηγίες του φύλλου εργασίας.

Στόχοι της εβδομης ενότητας είναι:

- Να αναγνωρίσουν οι μαθητές τα βασικά μέρη ενός τυπικού θερμομέτρου.
- Να εξοικειωθούν οι μαθητές με τη χρήση του θερμομέτρου.

Βασικό τεκμήριο επιτυχίας του μαθήματος αποτελούν οι ζωγραφιές των μαθητών και η συνέπειά τους με τις απαντήσεις που δίνουν στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας.

Η συμμετοχή όλων των μελών της κάθε ομάδας στην πραγματοποίηση της πειραματικής δραστηριότητας θα χρειαστεί στην περίπτωση αυτή και κάποιο συντονισμό. Η διαδικασία λήψης ταυτόχρονων μετρήσεων (χρόνος και θερμοκρασία) με επιτυχία θα απαιτήσει ίσως κάποιες δοκιμές και αρκετή υπομονή.

Βεβαιωθείτε πάντως πριν από οποιαδήποτε μέτρηση ότι όλοι οι μαθητές σας μπορούν να διαβάσουν την κλίμακα του θερμομέτρου. Η ανάγνωση κλίμακας δεν είναι μια αυτονόητη δεξιότητα.

3^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 8):

ΣΥΓΚΡΙΝΟΥΜΕ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ

Οι μαθητές εργάζονται στις ομάδες τους. Ο καθηγητής επεμβαίνει όταν του το ζητήσει η ομάδα ή όταν το ζητούν οι οδηγίες του φύλλου εργασίας.

Στόχοι της όγδοης ενότητας είναι:

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι το νερό και ο υδράργυρος διαστέλλονται με διαφορετικό τρόπο.
- Να αναγνωρίσουν τη γραμμική εξέλιξη της θερμικής διαστολής του υδραργύρου ως βασικό λόγο για τον οποίο επιλέγουμε να χρησιμοποιούμε υδράργυρο στα θερμόμετρα.
- Να αναγνωρίσουν, ίσως, και την «αδράνεια» του θερμομέτρου με νερό (μεγάλη θερμοχωρητικότητα).

Σημαντικά τεκμήρια επιτυχίας του μαθήματος αποτελούν:

- α) Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας και η συνέπειά τους με τις αντίστοιχες ζωγραφιές.
- β) Η συμμετοχή των μαθητών στη συζήτηση που πραγματοποιείται εντός της τάξης.

Ειδικότερα:

Η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιείται σε αυτή την ενότητα απαιτεί αρκετό χρόνο για την προετοιμασία της. Με δεδομένο ότι η κατασκευή του «θερμομέτρου νερού» δεν αποτελεί στόχο της συγκεκριμένης ενότητας, ο διδάσκων θα μπορούσε να βοηθήσει τους μαθητές του. Τα σημεία στα οποία θα πρέπει να δοθεί περισσότερη προσοχή (στεγανότητα κτλ.) περιγράφονται στο φυλλάδιο οδηγιών της έκτης ενότητας.

Κατά τη διάρκεια της συζήτησης ζητούμε από τους μαθητές να αναφέρουν τις παρατηρήσεις τους τόσο για τον τρόπο προετοιμασίας του πειράματος, όσο και για την εξέλιξή του. Εστιάζουμε στη σημασία της βαθμονόμησης του θερμομέτρου νερού (θερμοσκοπίου), με ερωτήσεις του τύπου «*τι συμπέρασμα μπορώ να βγάλω αν αργότερα χρησιμοποιήσω κάπου το θερμόμετρο νερού και η στάθμη φτάσει μέχρι το σημάδι των 40 °C;*». Εστιάζουμε επίσης στη σύγκριση της συμπεριφοράς των δύο υλικών στα θερμόμετρα (νερό και υδράργυρος) κατά την αύξηση της

θερμοκρασίας. Ένας δόκιμος τρόπος εξέλιξης της συζήτησης μπορεί να γίνει στη βάση των ερωτήσεων που αναγράφονται στη συνέχεια του φύλλου εργασίας.

Η προτεινόμενη πειραματική διαδικασία είναι αρκετά πολύπλοκη. Αν επιμείνουμε στις επιμέρους ατέλειες που μπορούν να εμφανιστούν κατά τη διάρκειά της θα κινδυνεύσουμε να χάσουμε το στόχο (που με όρους κατασκευής είναι να κατασκευάσουν οι μαθητές μια νέα κλίμακα). Η πρόταση εδώ είναι, να ανεχτείτε τις κατασκευαστικές ατέλειες και να τις εκμεταλλευτείτε διδακτικά, βάζοντας κάποιες απ' αυτές ως θέμα στην τελική σας συζήτηση.

3^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 9):

ΦΤΙΑΧΝΟΥΜΕ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ ΜΕ ΟΙΝΟΠΝΕΥΜΑ

Οι μαθητές εργάζονται με τις ομάδες τους. Ο καθηγητής επεμβαίνει όταν του το ζητήσει η ομάδα ή όταν το ζητούν οι οδηγίες του φύλλου εργασίας.

Ο στόχος της ένατης ενότητας συνίσταται στο να κατανοήσουν οι μαθητές τον τρόπο που επηρεάζει τη λειτουργία ενός θερμομέτρου το είδος του διαστελλόμενου υγρού.

Σημαντικά τεκμήρια επιτυχίας του μαθήματος αποτελούν:

α) Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας και η συνέπειά τους με τις αντίστοιχες ζωγραφιές.

β) Η συμμετοχή των μαθητών στη συζήτηση που πραγματοποιείται εντός της τάξης.

Ειδικότερα:

Η επικινδυνότητα του οινόπνευματος **δεν** είναι ο μοναδικός λόγος που το φύλλο εργασίας προτείνει την παροχή βοήθειας από τον καθηγητή (στο σημείο που το οινόπνευμα πρόκειται να εισαχθεί στα θερμομέτρα που κατασκευάζουν οι μαθητές). Ο διδάσκων φροντίζει να έχει διαθέσιμη μια ποσότητα διαλύματος οινόπνευματος (μπλε) με νερό σε τέτοια περιεκτικότητα, που το διάλυμα να είναι δύσκολο ή και αδύνατο να αναφλεγεί (περιεκτικότητα κάτω από 40%).

Μπορεί επίσης, αν θέλει, να φροντίσει να εισαχθούν **διαφορετικής** περιεκτικότητας διαλύματα σε διαφορετικά θερμομέτρα. Με αυτό τον τρόπο, η εμφάνιση διαφοροποιήσεων στα αποτελέσματα των ομάδων μπορεί, στη συνέχεια του μαθήματος, να προκαλέσει το ενδιαφέρον των μαθητών και να αποτελέσει «όχημα» για εκτενή συζήτηση.

Η συζήτηση που πραγματοποιείται μετά την ολοκλήρωση του πειράματος και την ανακοίνωση των αποτελεσμάτων αποτελεί σημαντικό κομμάτι της διδακτικής ενότητας. Η διαφοροποίηση ανάμεσα στα αποτελέσματα των ομάδων μπορεί να τονιστεί. Αξίζει μάλιστα τον κόπο να ζητηθεί από τους μαθητές να αναρτήσουν σε κάποιο ταμπλό ή στον πίνακα τις σχετικές ζωγραφιές της κάθε ομάδας και να παρατηρήσουν τις διαφορές. Σε κάθε περίπτωση η διαφοροποίηση αυτή αποτελεί καλό

σημείο έναρξης της συζήτησης. Ζητούμε από τους μαθητές να προσπαθήσουν να ερμηνεύσουν τη διαφορά που παρατηρείται, τονίζοντας παράλληλα ότι (φαινομενικά, τουλάχιστον) οι πειραματικές συνθήκες ήταν κοινές για όλες τις ομάδες. Βαθμιαία, η συζήτηση μπορεί να οδηγηθεί προς το «πόσο οινόπνευμα είχε η κάθε ομάδα μέσα στο θερμόμετρό της» και στον τρόπο με τον οποίο κάτι τέτοιο θα μπορούσε να επιδρά στις τελικές ενδείξεις.

4^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 10):

ΕΚΤΙΜΟΥΜΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των τεσσάρων στο πρώτο μέρος του μαθήματος (άσκηση 1) και σε ομάδες των δύο στο δεύτερο μέρος (άσκηση 3). Σε κάθε περίπτωση συζητούν και αποφασίζουν κατά ομάδα, και συμπληρώνουν ομαδικά ένα φύλλο εργασίας. Ο καθηγητής επεμβαίνει όταν του το ζητήσει η ομάδα ή όταν το ζητούν οι οδηγίες του φύλλου εργασίας.

Η διδασκαλία του «κόσμου του θερμομέτρου» αναφέρεται στη σύγκριση των δύο «μεθόδων» εκτίμησης της θερμοκρασίας (αφή και θερμομέτρο), καθώς θεωρείται πως μέσω αυτής αναδεικνύεται η σημασία της χρήσης θερμομέτρων. Επιπλέον, οι προσπάθειες υποκειμενικής εκτίμησης της θερμοκρασίας μπορούν, υπό κατάλληλες συνθήκες, να αποτελέσουν αφετηρία για τη δημιουργία θεμάτων προς συζήτηση μέσα στην τάξη.

Ο στόχος της δέκατης ενότητας συνίσταται στο να διαπιστώσουν οι μαθητές την ύπαρξη περιορισμών όσον αφορά τη χρήση της αφής στην εκτίμηση της θερμοκρασίας ενός σώματος.

Τέτοιοι περιορισμοί αφορούν τόσο τη σύγκριση της θερμοκρασίας σωμάτων που είναι φτιαγμένα από διαφορετικά υλικά, όσο και την υποκειμενικότητα της χρήσης όρων, όπως «ζεστό», «χλιαρό», «κρύο» κτλ.

Σημαντικά τεκμήρια επιτυχίας του μαθήματος αποτελούν:

α) Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας και

β) Οι απόψεις των μαθητών, όπως αυτές αναδεικνύονται κατά τη διάρκεια των συζητήσεων που πραγματοποιούνται στην τάξη.

Ειδικότερα:

Κατά τη διάρκεια της θερμομέτρησης των διάφορων υλικών είναι πιθανό οι μαθητές, διαπιστώνοντας την ανυπαρξία σημαντικών αποκλίσεων ανάμεσα στις μετρήσεις τους, να παραπονεθούν ότι *«το θερμομέτρο χάλασε»*. Σε μια τέτοια περίπτωση τους ενθαρρύνουμε να συνεχίσουν (π.χ. *«τα θερμομέτρα έχουν ελεγχθεί, δεν είναι χαλασμένα»*, *«δοκιμάστε τα στο χέρι σας»*). Άλλωστε η ανυπαρξία σημαντικών αποκλίσεων μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμη κατά τη διάρκεια της μετέπειτα συζήτησης, όταν διαπιστωθεί πως ήταν κοινή για όλες τις ομάδες.

Επίσης προκειμένου να αποφύγουμε μεγάλες αποκλίσεις κατά τη θερμομέτρηση (από φαινόμενα «αδράνειας»), παρέχουμε στους μαθητές νερό, π.χ. από κάποιον κουβά και όχι από τη βρύση, προκειμένου η θερμοκρασία του να βρίσκεται κοντύτερα στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Βοηθούμε, όπου κάτι τέτοιο θεωρείται απαραίτητο, τους μαθητές να πραγματοποιήσουν με σωστό τρόπο τη θερμομέτρηση κάθε υλικού, αποφεύγοντας φαινόμενα όπως η ανεπαρκής επαφή του υλικού με το θερμόμετρο, επαφή του θερμομέτρου με τα χέρια ή η έντονη τριβή του θερμομέτρου με το υλικό.

Κατά τη διάρκεια της συζήτησης που ακολουθεί την ολοκλήρωση του πρώτου μέρους του μαθήματος:

- Τονίζουμε ότι οι διαφοροποιήσεις στη θερμομέτρηση της τάξης των 0-2°C είναι μικρές και ως εκ τούτου ότι μπορούμε να θεωρούμε πως οι συγκεκριμένες θερμοκρασίες απέχουν μεταξύ τους «σχεδόν καθόλου».
- Αναδεικνύουμε διαφορές μεταξύ των ομάδων όσον αφορά την υποκειμενική (με την αφή) εκτίμηση της θερμοκρασίας. Μπορούμε, επίσης, να αναζητήσουμε υλικά που «δυσκόλεψαν» περισσότερο τους μαθητές να καταλήξουν σε μια κοινά αποδεκτή άποψη για τη θερμοκρασία τους.

Ο χωρισμός της τάξης που προτείνεται από το φύλλο εργασίας στη συνέχεια, καλό είναι να γίνει μετά από συμφωνία των μαθητών με τον καθηγητή. Φροντίζουμε πάντως να μοιράσουμε στις δύο ομάδες (3α και 3β) τους μαθητές που ίσως ξεχωρίζουν, αναφορικά με πειραματικές δεξιότητες ή ικανότητες επικοινωνίας και διαλόγου. Επισημαίνουμε, τέλος, στους μαθητές ότι οι δραστηριότητες που προτείνονται στα δύο φύλλα εργασίας είναι απολύτως ισάξιες μεταξύ τους, όσον αφορά τη δυσκολία πραγματοποίησής τους.

Ειδικά στους μαθητές που πρόκειται να ακολουθήσουν τις οδηγίες του φύλλου εργασίας (3α), τονίζουμε ότι πρέπει να προσέξουν τη θερμοκρασία του νερού που θερμαίνεται, έτσι ώστε αυτή να μην περάσει τους 40-50°C, προφανώς για λόγους ασφαλείας.

Κατά τη διάρκεια της συζήτησης που ακολουθεί την ολοκλήρωση του μαθήματος:

- Καλούμε μία μία τις ομάδες των μαθητών να αναφερθούν στη θερμοκρασία που μέτρησαν για το νερό που δεν θερμάνθηκε/ψύχθηκε («ποτήρι Β»). Καθοδηγούμε τη συζήτηση προς το γεγονός ότι οι δια-

φορές μεταξύ των θερμομετρήσεων των διάφορων ομάδων μπορούν να χαρακτηριστούν «μικρές».

- Καλούμε μία μία τις ομάδες των μαθητών να αναφερθούν στην εκτίμηση που έκαναν για τη θερμοκρασία του νερού στο «ποτήρι Β». Προσπαθούμε να αναδείξουμε την αντίθεση ανάμεσα στις ομάδες (3α) και (3β), επισημαίνοντας ότι όλες οι ομάδες προσπαθούν να εκτιμήσουν τη θερμοκρασία νερού που δεν έχει υποστεί σημαντική θερμοκρασιακή μεταβολή από την αρχή του πειράματος (*«ζεστάναμε / κρυώσαμε το νερό του άλλου ποτηριού»*).
- Προκαλούμε τους μαθητές να ανατρέξουν στην άσκηση και τη συζήτηση που πραγματοποιήθηκαν στο πρώτο μέρος του μαθήματος. Τους ζητάμε να καταλήξουν σε κάποιο κοινό συμπέρασμα.

Καλό, τέλος, είναι να θυμόμαστε ότι η εκτίμηση της θερμοκρασίας με το χέρι (με την αφή) δείχνει πόσο γρήγορα ανταλλάσσει το χέρι ποσά θερμότητας με το σώμα που ακουμπά. Έτσι, η συγκεκριμένη εκτίμηση εξαρτάται μεν από τη θερμοκρασία του σώματος, εξαρτάται όμως και από τη θερμική του αγωγιμότητα. Επίσης, να μην ξεχνάμε ότι οι λέξεις «ζεστό» και «κρύο» χρησιμοποιούνται στη γλώσσα μας για να χαρακτηρίσουν ιδιότητες υλικών, χρωμάτων, ανθρώπινων διαθέσεων κ.ο.κ. Δεν χρησιμοποιούνται μόνο για να προσδιορίσουν θερμοκρασίες.

4^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 11):

ΕΡΜΗΝΕΥΟΥΜΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των τεσσάρων. Συζητούν και αποφασίζουν κατά ομάδα. Συμπληρώνουν ομαδικά ένα φύλλο εργασίας. Ο καθηγητής επεμβαίνει όταν του το ζητήσει η ομάδα ή όταν το ζητούν οι οδηγίες του φύλλου εργασίας.

Στόχοι της ενδέκατης ενότητας είναι:

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι τη συνθήκη τερματισμού της μεταφοράς θερμότητας από ένα σώμα σε ένα άλλο αποτελεί η εξίσωση των θερμοκρασιών των δύο σωμάτων και
- Να κρίνουν καθέναν από τους τρεις διαφορετικούς τρόπους ερμηνείας ενός θερμικού φαινομένου.

Τεκμήρια επιτυχίας του μαθήματος αποτελούν:

α) Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας και

β) Οι απόψεις των μαθητών, όπως αυτές αναδεικνύονται κατά τη διάρκεια των συζητήσεων που πραγματοποιούνται στην τάξη.

Ειδικότερα:

Λόγω της έκτασης της συγκεκριμένης ενότητας, η εξοικονόμηση διδακτικού χρόνου είναι σημαντική. Ως εκ τούτου, ο διδάσκων θα πρέπει, πριν από την έναρξη του μαθήματος, να έχει ετοιμάσει (θερμάνει/ψύξει) το νερό που οι μαθητές πρόκειται να χρησιμοποιήσουν στα πειράματά τους. Υπολογίζεται ότι η κάθε ομάδα μαθητών πρόκειται να χρειαστεί τουλάχιστον 200ml κρύου (περίπου 4°C) και 100 ml ζεστού (περίπου 40°C) νερού. Διαφορετικά, ίσως χρειαστεί η συγκεκριμένη ενότητα να αναπτυχθεί σε δύο διδακτικές ώρες.

Το «μεγάλο γυάλινο δοχείο» που περιγράφεται στο φύλλο εργασίας έχει χωρητικότητα 500 ή 600ml, ενώ το «ποτήρι» είναι δοχείο ζέσεως των 250ml ή, καλύτερα, πλαστικό ποτήρι μιας χρήσεως.

Υπενθυμίζουμε στους μαθητές ότι η προετοιμασία της πειραματικής διάταξης θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί **πριν** από τη βύθιση του μικρού δοχείου στο μεγαλύτερο και ότι η λήψη μετρήσεων θα πρέπει να ακολουθήσει **αμέσως**. Σε περίπτωση που διαπιστώσουμε

σημαντική καθυστέρηση, εφοδιάζουμε εκ νέου τους μαθητές με ποσότητες κρύου και ζεστού νερού και τους ζητάμε να επαναλάβουν τη διαδικασία.

Κατά τη διάρκεια της συζήτησης που ακολουθεί την ολοκλήρωση του πειράματος:

- Καλούμε μία μία τις ομάδες των μαθητών να περιγράψουν την προετοιμασία και τον τρόπο εξέλιξης του πειράματος. Παρά το γεγονός ότι η προτεινόμενη διαδικασία είναι κοινή για όλες τις ομάδες, επιδιώκουμε την περιγραφή της από όσο το δυνατόν περισσότερους μαθητές, ακόμη κι αν κάτι τέτοιο οδηγεί σε επαναλήψεις.
- Καθοδηγούμε τη συζήτηση προς τη σύγκριση των θερμοκρασιών των δύο ποσοτήτων νερού. Καλούμε τους μαθητές να εστιάσουν στην έναρξη και στη λήξη του πειράματος.
- Επιδιώκουμε σύνδεση με το επόμενο μέρος της ενότητας, καλώντας τους μαθητές να αναζητήσουν τι είναι αυτό που σταματάει όταν οι δύο θερμοκρασίες εξισώνονται. Ζητάμε από τους μαθητές να απαντήσουν σε ερωτήματα του τύπου *«τι θερμοκρασίες θα έχουν οι δύο ποσότητες αν περιμένουμε άλλα πέντε λεπτά;»*.

Στην αρχή του επόμενου μέρους της ενότητας (διαπραγμάτευση των τριών τρόπων ερμηνείας του φαινομένου), διαθέτουμε αρκετό χρόνο στους μαθητές να σκεφτούν, να συζητήσουν και να αποφασίσουν την επιλογή τους, χωρίς να παρέμβουμε.

Στη συνέχεια, οι ερωτήσεις του φύλλου εργασίας μπορούν να αποτελέσουν μια καλή βάση για την πραγματοποίηση συζήτησης εντός της τάξης. Χωρίζουμε την τάξη σε τρεις ομάδες-οπαδούς της κάθε ερμηνείας και καλούμε τους μαθητές να υπερασπιστούν τη θέση τους. **Προσοχή:** Σε καμία περίπτωση δεν υποβιβάζουμε κάποια από τις ερμηνείες. Δεν ξεχνάμε άλλωστε ότι τα «πειστήρια» για την απόρριψη κάποιας από τις τρεις απόψεις μπορούν να αντληθούν **μόνο** από τη μικροσκοπική θεώρηση του φαινομένου (ταχύτητες μορίων νερού κτλ.), η οποία απουσιάζει από το γνωστικό υπόβαθρο των συγκεκριμένων μαθητών, οπότε και δεν έχει νόημα η αναφορά σ' αυτή.

4^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 12):

ΜΕΤΡΑΜΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ (I)

Οι μαθητές εργάζονται στις ομάδες τους. Ο καθηγητής επεμβαίνει όταν του το ζητήσει η ομάδα ή όταν το ζητούν οι οδηγίες του φύλλου εργασίας.

Ο στόχος της δωδέκατης ενότητας συνίσταται στο να συνδέσουν οι μαθητές την έννοια «θερμότητα» με την επίδραση της συσκευής του θερμαντήρα πάνω στο θερμαινόμενο σώμα.

Σημαντικά τεκμήρια επιτυχίας του μαθήματος αποτελούν:

α) Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας και

β) Οι απόψεις των μαθητών, όπως αυτές αναδεικνύονται κατά τη διάρκεια των συζητήσεων που πραγματοποιούνται στην τάξη.

Ειδικότερα:

Κατά τη διάρκεια της αρχικής συζήτησης, υπενθυμίζουμε ότι οι όροι «ζεστό» και «κρύο» είναι καθαρά υποκειμενικοί. Θα μπορούσαμε, για παράδειγμα, να αναζητήσουμε απαντήσεις σε ερωτήματα που αφορούν ένα «ζεστό» και ένα «ζεστότερο» σώμα.

Παράγοντα-κλειδί στην επιτυχία αυτού του μαθήματος αποτελεί η ύπαρξη ποικιλίας ανάμεσα στα αποτελέσματα των ομάδων, όσον αφορά το χρόνο που απαιτήθηκε προκειμένου το θερμαινόμενο νερό να φτάσει την τελική θερμοκρασία των 80°C. Προς αυτή την κατεύθυνση προτείνονται τα εξής:

- Σε περίπτωση που ο αριθμός των μαθητών είναι μικρότερος από οκτώ, είναι καλύτερο να σχηματιστούν ομάδες των δύο ή τριών ατόμων (και όχι των τεσσάρων, όπως προτείνεται παραπάνω).
- Φροντίζουμε να υπάρχει εμφανής διαφοροποίηση στην ποσότητα νερού που αποφασίζει κάθε ομάδα να θερμάνει. Αποφεύγουμε δηλαδή το ενδεχόμενο όλες οι ομάδες να διαλέξουν, π.χ., ποσότητα νερού ίση με το μισό της χωρητικότητας του δοχείου. Φροντίζουμε, επίσης, για λόγους εξοικονόμησης χρόνου, αν υπάρχει κάποια ομάδα που συνήθως καθυστερεί στην ολοκλήρωση των πειραμάτων, να καθοδηγήσουμε τα μέλη της να μη χρησιμοποιήσουν μεγάλη ποσότητα νερού.

Τονίζουμε στους μαθητές ότι η ένταση της φλόγας του θερμαντήρα πρέπει να είναι περίπου η ίδια («μέτρια») στις πειραματικές διατάξεις όλων των ομάδων και καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Υπενθυμίζουμε ότι το χρώμα μιας φλόγας τέτοιας έντασης είναι το μπλε.

Η περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας από τους μαθητές μπορεί να αποτελέσει σημείο έναρξης της συζήτησης. Παρά το γεγονός ότι η προτεινόμενη διαδικασία είναι κοινή για όλες τις ομάδες, επιδιώκουμε την περιγραφή της από όσο το δυνατόν περισσότερους μαθητές, ακόμη κι αν κάτι τέτοιο οδηγεί σε επαναλήψεις.

Στη συνέχεια της συζήτησης:

- Καλούμε μία μία τις ομάδες των μαθητών να αναφερθούν ιδιαίτερα, αφενός μεν στην ποσότητα νερού που αποφάσισαν να θερμάνουν, αφετέρου δε στο χρόνο που χρειάστηκε για να ολοκληρώσουν την πειραματική διαδικασία. Τονίζουμε τις διαφοροποιήσεις ανάμεσα στο χρόνο που απαιτήθηκε από την κάθε ομάδα. Καλούμε τους μαθητές να αναζητήσουν πιθανές αιτίες για κάτι τέτοιο.
- Καθοδηγούμε τη συζήτηση προς την «επίδραση» του θερμαντήρα πάνω στο θερμαινόμενο νερό. Αποδίδουμε την ονομασία «*θερμότητα*» σε αυτό το «κάτι» που μεταφέρεται από το θερμαντήρα στο δοχείο με το νερό. Καλούμε τους μαθητές να συνδέσουν το πείραμα που πραγματοποίησαν με τον τρόπο ερμηνείας (1) που περιγράφηκε στην αρχή του μαθήματος.
- Αναγράφουμε την καινούργια έννοια στον πίνακα της τάξης και καλούμε τους μαθητές να τη χρησιμοποιήσουν στο λόγο τους, με ερωτήσεις που αφορούν, π.χ., τη σύνδεσή της με το χρόνο λειτουργίας του θερμαντήρα ή την ποσότητα του θερμαινόμενου νερού.

Αν και για το συγκεκριμένο φαινόμενο δεν αναμένονται προσπάθειες περιγραφής του με βάση τις ερμηνείες (2) ή (3), στην περίπτωση που εκφραστούν δεν τις απορρίπτουμε. Καλούμε απλώς το συγκεκριμένο μαθητή να προσπαθήσει να χρησιμοποιήσει και τον αποδεκτό τρόπο ερμηνείας.

Αυτό είναι το πρώτο μάθημα στο οποίο οι μαθητές καλούνται να χρησιμοποιήσουν την έννοια «θερμότητα» στο λόγο τους. Η σύγχυση με τη συγγενή έννοια «θερμοκρασία» θα πρέπει να είναι αναμενόμενη. Προσπαθούμε σε πρώτη φάση να τις διαχωρίσουμε αποδίδοντας στην πρώτη το χαρακτηριστικό της μεταφοράς από σώμα σε σώμα και στη δεύτερη το χαρακτήρα ενός αριθμού («*αυτό που μετράει το θερμόμετρο*»).

Στην περίπτωση που η ανταπόκριση των μαθητών θεωρηθεί ικανοποιητική, μπορούμε να επεκτείνουμε τη συζήτηση σε υποθετικές αλλαγές στις παραμέτρους του πειράματος (π.χ. αύξηση της έντασης της φλόγας του θερμαντήρα).

Δεν ζητάμε από τους μαθητές να «ορίσουν» τι είναι θερμότητα. Επιζητάμε μόνο να συνδέσουν, μέσω του λόγου τους, την έννοια αυτή με τη λειτουργία του θερμαντήρα και τις συνέπειές της στη θερμοκρασία του νερού.

4^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 13):

ΜΕΤΡΑΜΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ (II)

Οι μαθητές εργάζονται στις ομάδες τους.

Ο στόχος της δέκατης τρίτης ενότητας συνίσταται στο να συνδέσουν οι μαθητές την έννοια «θερμότητα» με την επίδραση της συσκευής του ψυκτήρα πάνω στο «ψυχόμενο» σώμα.

Σημαντικά τεκμήρια επιτυχίας του μαθήματος αποτελούν:

α) Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας και

β) Οι απόψεις των μαθητών, όπως αυτές αναδεικνύονται κατά τη διάρκεια των συζητήσεων που πραγματοποιούνται στην τάξη.

Ειδικότερα:

Σε αντίθεση με το διδακτικό σενάριο του προηγούμενου μαθήματος, στο συγκεκριμένο μάθημα δεν επιδιώκεται η ύπαρξη ποικιλίας ανάμεσα στα αποτελέσματα των ομάδων, σχετικά με το χρόνο που απαιτείται προκειμένου το νερό να φτάσει τη θερμοκρασία των 5°C. Ως εκ τούτου, προτείνεται όλες οι ομάδες να χρησιμοποιήσουν την ίδια ποσότητα νερού (περίπου 100ml). Το ποτήρι που αναφέρεται στο φύλλο εργασίας είναι δοχείο ζέσεως των 250ml ή πλαστικό ποτήρι μιας χρήσεως.

Κατά τη διάρκεια της σχετικής συζήτησης:

- Καλούμε μία μία τις ομάδες των μαθητών να αναφερθούν στην προετοιμασία και την εξέλιξη της πειραματικής διαδικασίας. Παρά το γεγονός ότι η προτεινόμενη διαδικασία είναι κοινή για όλες τις ομάδες, επιδιώκουμε την περιγραφή της από όσο το δυνατόν περισσότερους μαθητές, ακόμη κι αν αυτό οδηγεί σε επαναλήψεις.
- Καθοδηγούμε τη συζήτηση προς την επίδραση του ψυκτήρα πάνω στο «ψυχόμενο» νερό. Είναι πολύ πιθανό να εκφραστούν απόψεις που αντικατοπτρίζουν το δεύτερο τρόπο ερμηνείας θερμικών φαινομένων («ο ψυκτήρας δίνει ψύχος/κρύο στο νερό»). Στην περίπτωση που γίνει κάτι τέτοιο, δεν απορρίπτουμε τις απόψεις αυτές ως λανθασμένες. Απλά, υπενθυμίζουμε στους μαθητές ότι «στη Φυσική έχουμε συμφωνήσει να μιλάμε για τα θερμικά φαινόμενα με τον όρο θερμοότητα» και καλούμε τους μαθητές να προσπαθήσουν να κάνουν κάτι τέτοιο.

- Η ανυπαρξία ενός εμφανώς ζεστού σώματος στο πείραμα αναμένεται να δυσκολέψει τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν την έννοια «θερμότητα» στις περιγραφές τους. Μπορούμε να τους βοηθήσουμε, υπενθυμίζοντας τον πρώτο τρόπο ερμηνείας των θερμικών φαινομένων και καλώντας τους να εντοπίσουν ποιο είναι το «ζεστό» και ποιο το «κρύο» σώμα στο συγκεκριμένο πείραμα.

Στην περίπτωση που η ανταπόκριση των μαθητών θεωρηθεί ικανοποιητική, μπορούμε να επεκτείνουμε τη συζήτηση σε υποθετικές αλλαγές στις παραμέτρους του πειράματος (π.χ. αλλαγή της ποσότητας ψυχόμενου νερού).

Να θυμόμαστε και εδώ ότι δεν ζητάμε από τους μαθητές να «ορίσουν» τι είναι θερμότητα. Επιζητάμε μόνο να συνδέσουν, μέσω του λόγου τους, την έννοια αυτή με τη λειτουργία του ψυκτήρα και την ψύξη του νερού.

4^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 14):

ΜΕΤΡΑΜΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ (III)

Οι μαθητές εργάζονται με τις ομάδες τους. Ο καθηγητής επεμβαίνει όταν του το ζητήσει η ομάδα ή όταν το ζητούν οι οδηγίες του φύλλου εργασίας.

Στόχοι της πρώτης ενότητας είναι:

- Να παρατηρήσουν οι μαθητές το φαινόμενο του βρασμού και
- Να διαφοροποιήσουν οι μαθητές τις έννοιες «θερμότητα» και «θερμοκρασία».

Σημαντικά τεκμήρια επιτυχίας του μαθήματος αποτελούν:

- α) Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας.
- β) Ο τρόπος που χειρίζονται οι μαθητές τις δύο έννοιες κατά τη διάρκεια των συζητήσεων που πραγματοποιούνται στην τάξη.

Ειδικότερα:

Το σημείο του πειράματος το οποίο σχετίζεται περισσότερο με τους διδακτικούς στόχους της ενότητας εντοπίζεται στις τελευταίες μετρήσεις των μαθητών. Έτσι, προτείνεται η ένταση της φλόγας του θερμαντήρα να είναι δυνατή, ώστε να μη χαθεί πολύς διδακτικός χρόνος για τη θέρμανση του νερού πριν το σημείο βρασμού του (100°C). Επιπλέον, τονίζουμε στους μαθητές να προσέξουν το νερό που θερμαίνεται, ιδιαίτερα όταν η ένδειξη του θερμομέτρου πλησιάζει τους 100°C.

Το ποτήρι που αναφέρεται στο φύλλο εργασίας είναι δοχείο ζέσεως των 250ml.

Προσοχή χρειάζεται όσον αφορά τον τρόπο καταγραφής δεδομένων που προτείνεται από το φύλλο εργασίας (ζωγράφισμα της στάθμης του θερμομέτρου). Αυτός ο τρόπος γλιτώνει μεν τους μαθητές από τη συγκέντρωση τιμών θερμοκρασίας σε πίνακα και τη μετέπειτα πραγματοποίηση γραφικής παράστασης (κλασική μέθοδος), απαιτεί όμως από αυτούς εξοικείωση, την οποία πιθανώς δεν έχουν. Γι' αυτόν το λόγο φροντίζουμε, όπου το θεωρούμε απαραίτητο, να βοηθήσουμε τους μαθητές σε αυτό τον τρόπο καταγραφής δεδομένων. Προφανώς, η βοήθειά μας θα πρέπει να περιοριστεί στις πρώτες μετρήσεις του πειράματος.

Κατά τη διάρκεια της συζήτησης:

- Καλούμε μία μία τις ομάδες των μαθητών να αναφερθούν στην προετοιμασία και την εξέλιξη της πειραματικής διαδικασίας. Παρά το γεγονός ότι η προτεινόμενη διαδικασία είναι κοινή για όλες τις ομάδες, επιδιώκουμε την περιγραφή της απ' όσο το δυνατόν περισσότερους μαθητές, ακόμη κι αν αυτό οδηγεί σε επαναλήψεις.
- Καθοδηγούμε τη συζήτηση προς τις αλλαγές που πραγματοποιούνται καθώς ξεκινάει το φαινόμενο του βρασμού. Αρχικά ζητάμε απαντήσεις σε ερωτήματα που σχετίζονται με τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά του βρασμού (εμφάνιση ατμών, ήχος κτλ.).
- Στη συνέχεια καλούμε τους μαθητές να «διαβάσουν» τα δεδομένα που έχουν συλλέξει στο πείραμα. Ζητούμε συγκρίσεις ανάμεσα στα δεδομένα που συλλέχτηκαν πριν από το βρασμό και σε αυτά που συλλέχτηκαν κατά τη διάρκειά του (θερμοκρασία). Καλούμε, επίσης, τους μαθητές να εκφραστούν σχετικά με τη λειτουργία του θερμαντήρα (μεταφορά θερμότητας). Προσπαθούμε να καθοδηγήσουμε τους μαθητές να «διακρίνουν» ότι μελετούν ένα φαινόμενο στο οποίο μεταφέρεται θερμότητα προς ένα σώμα χωρίς να αυξάνεται η θερμοκρασία του.
- Εστιάζουμε στο τελευταίο γεγονός, ζητώντας τους να προσπαθήσουν να το ερμηνεύσουν. Στην πραγματικότητα δεν ενδιαφέρει μια επιστημονική ερμηνεία. Ενδιαφέρει μόνο η προσπάθεια για ερμηνεία. Μέσα από την προσπάθεια αυτή αναμένεται να προκύψει μια κάποια διαφοροποίηση της θερμότητας από τη θερμοκρασία.

Δεν ζητάμε από τους μαθητές να «ορίσουν» τι είναι ο βρασμός. Επιζητάμε μόνο να συνδέσουν, μέσω του λόγου τους, την έννοια αυτή με τα παρατηρήσιμα στο πείραμα χαρακτηριστικά του.

4^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 15):

ΠΡΟΒΛΕΠΟΥΜΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

Ο στόχος της δέκατης πέμπτης ενότητας συνίσταται στο να χρησιμοποιήσουν οι μαθητές τις γνώσεις που απέκτησαν στις προηγούμενες ενότητες για να σχεδιάσουν και να εκτελέσουν ένα πείραμα.

Σημαντικό τεκμήριο επιτυχίας του μαθήματος αποτελεί η επιτυχία στο στήσιμο και την εκτέλεση της πειραματικής δραστηριότητας.

Ειδικότερα:

Η επιβεβαίωση ή όχι της πρόβλεψης θα πρέπει να γίνει από το πείραμα. Δεν έχει νόημα να δοθεί από το διδάσκοντα η «σωστή» απάντηση στο ερώτημα που τίθεται σε αυτή την ενότητα, τουλάχιστον πριν από την πραγματοποίηση του πειράματος από τους μαθητές. Σε διαφορετική περίπτωση δεν υπάρχει λόγος να πραγματοποιηθεί το πείραμα.

Παρέχουμε στους μαθητές οποιοδήποτε υλικό θεωρούν ότι τους χρειάζεται για την πραγματοποίηση του πειράματος.

Θεωρούμε δεδομένο ότι τα σφάλματα από απώλειες θερμότητας (στη μετάγγιση κυρίως του νερού) θα είναι σημαντικά. Έτσι το πειραματικό αποτέλεσμα είναι απίθανο να συμπίσει με το θεωρητικά αναμενόμενο.

Γι' αυτό, κατά τη διάρκεια της συζήτησης καλούμε μία μία τις ομάδες να περιγράψουν το πείραμα που σχεδίασαν και το αποτέλεσμα που βρήκαν. Τους ζητάμε στη συνέχεια να εκτιμήσουν ποια από τις προβλέψεις «υποδεικνύει» το αποτέλεσμα αυτό. Επιδιώκουμε σύγκριση ανάμεσα στις επιλογές της κάθε ομάδας, καλώντας τους μαθητές να εντοπίσουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε κάθε περίπτωση.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΦΥΛΛΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Α' ΜΕΡΟΣ

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

1. Καταφέρνουν οι μαθητές να εντοπίσουν τρόπους θέρμανσης ενός αντικειμένου;
 - Αριθμός επιτυχημένων τρόπων θέρμανσης που αναφέρθηκαν:
 - Αριθμός μαθητών που απάντησε με μη αναμενόμενο τρόπο στο συγκεκριμένο ερώτημα:

Παραδείγματα τέτοιων απαντήσεων:

- α).....
β).....
γ).....

1. Αριθμός μαθητών που απέτυχε να αναγνωρίσει κάποια από τα μέρη του θερμαντήρα:
2. Αριθμός μαθητών που δεν συμπλήρωσε με επιτυχία το κείμενο κατανόησης:

Σημεία στα οποία εντοπίζονται αδυναμίες:

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

3. Αναγνωρίζουν οι μαθητές τη σημασία καθεμιάς από τις οδηγίες χρήσης του θερμαντήρα;

Σημεία στα οποία εντοπίζονται αδυναμίες:

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

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 2^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

1. Καταφέρνουν οι μαθητές να θυμηθούν τις οδηγίες ασφαλούς χρήσης του θερμαντήρα;

- Αριθμός μαθητών που έδωσε λανθασμένες απαντήσεις στο πρώτο μέρος της ενότητας (ερωτήσεις σωστό/λάθος):
- Σε ποια σημεία εντοπίζονται αδυναμίες των μαθητών να περιγράψουν τον ασφαλή τρόπο χρήσης του θερμαντήρα;

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

2. Καταφέρνουν οι μαθητές να εφαρμόσουν τις οδηγίες του φύλλου εργασίας;

- Αριθμός μαθητών που απέτυχε να φέρει σε πέρας την πειραματική διαδικασία:
- Σε ποια σημεία εντοπίζονται αδυναμίες των μαθητών να περιγράψουν την πειραματική διαδικασία;

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

- Πόσοι μαθητές αντιμετώπισαν τη διαφορά των δοχείων (A) και (B) με τη λογική του «πομπού-δέκτη»;
- Πόσοι μαθητές αντιμετώπισαν τη διαφορά των δοχείων (A) και (B) με τη λογική της δοκιμής με το χέρι;
- Πόσοι μαθητές αντιμετώπισαν τη διαφορά των δοχείων (A) και (B) και με τις δύο λογικές;
- Εμφανίστηκε μήπως και τρίτη λογική;

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

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 3^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

1. Καταφέρνουν οι μαθητές σας να εντοπίσουν τρόπους ψύξης ενός αντικειμένου;
- Αριθμός μαθητών που συμπεριέλαβε και αποτυχημένες απαντήσεις στο συγκεκριμένο ερώτημα:

Παραδείγματα τέτοιων απαντήσεων:

α).....

β).....

Αριθμός μαθητών που δεν συμπλήρωσε με επιτυχία το κείμενο κατανόησης:

Σημεία στα οποία εντοπίζονται αδυναμίες:

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

- Πόσοι μαθητές αντιμετώπισαν τη διαφορά των δοχείων (Α) και (Β) με τη λογική του «πομπού–δέκτη»;
- Πόσοι μαθητές αντιμετώπισαν τη διαφορά των δοχείων (Α) και (Β) με τη λογική της δοκιμής με το χέρι;
- Πόσοι μαθητές αντιμετώπισαν τη διαφορά των δοχείων (Α) και (Β) και με τις δύο λογικές;
- Εμφανίστηκε μήπως και τρίτη λογική;

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

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 4^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

1. Καταφέρνουν οι μαθητές να ετοιμάσουν και να φέρουν σε πέρας την πειραματική διαδικασία;
 - Αριθμός μαθητών που απέτυχαν να ετοιμάσουν μια λειτουργική πειραματική διάταξη:
 - Αριθμός μαθητών που απέτυχαν να φέρουν σε πέρας την πειραματική διαδικασία:

Σημεία στα οποία εντοπίζονται αδυναμίες:

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

2. Αριθμός μαθητών των οποίων οι ζωγραφιές δεν αναδεικνύουν το φαινόμενο της θερμικής διαστολής του αέρα:

Σχετικά εναλλακτικά σχέδια:

3. Αριθμός μαθητών που δεν συμπλήρωσε με επιτυχία το κείμενο κατανόησης:

Σημεία στα οποία εντοπίζονται αδυναμίες:

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

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 5^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

1. Συμμετέχουν οι μαθητές στη σχετική συζήτηση;
 - Αριθμός μαθητών που δεν συμμετείχε καθόλου στη συζήτηση εντός της τάξης:

Σημεία στα οποία εντοπίζονται αδυναμίες στο πλαίσιο της επικοινωνίας:

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

2. Κατανοούν οι μαθητές το κείμενο–παραμύθι του φύλλου εργασίας;
 - Αριθμός μαθητών που απάντησε με επιτυχία στις ερωτήσεις κατανόησης:
 - Αριθμός μαθητών που απάντησε με επιτυχία σε λιγότερες από τις μισές ερωτήσεις κατανόησης:

Σημεία στα οποία εντοπίζονται αδυναμίες:

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

3. Κατανόησαν οι μαθητές της έννοιες της διαφάνειας και τις συμπεριπτώσεις των υλικών;

Συνδέθηκε από κάποιους μαθητές η συμπεριστασία των αερίων με τη διαστολή τους; Πώς;

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

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 6^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

1. Καταφέρνουν οι μαθητές σας να ετοιμάσουν και να φέρουν σε πέρας την πειραματική διαδικασία;
 - Αριθμός μαθητών που απέτυχαν να ετοιμάσουν μια λειτουργική πειραματική διάταξη:
 - Αριθμός μαθητών που απέτυχαν να φέρουν σε πέρας την πειραματική διαδικασία:

Σημεία στα οποία εντοπίζονται αδυναμίες:

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

2. Αριθμός μαθητών των οποίων οι ζωγραφιές δεν αναδεικνύουν το φαινόμενο της θερμικής διαστολής του νερού:

Σχετικά εναλλακτικά σχέδια:

3. Αριθμός μαθητών που δεν συμπλήρωσε με επιτυχία το κείμενο κατανόησης:

Σημεία στα οποία εντοπίζονται αδυναμίες:

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

4. Μπόρεσαν οι μαθητές σας να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα υστέρησης που εμφανίζονται στις ενδείξεις των θερμομέτρων – θερμοσκοπίων;

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

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 7^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....

Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

1. Καταφέρνουν οι μαθητές να θυμηθούν τα βασικά μέρη ενός θερμομέτρου νερού;
 - Αριθμός μαθητών που δεν κατάφερε να συμπληρώσει με επιτυχία τα κενά κουτάκια:
2. Καταφέρνουν οι μαθητές να αναγνωρίσουν τα βασικά μέρη ενός θερμομέτρου υδραργύρου;
 - Αριθμός μαθητών που δεν συμπλήρωσε με επιτυχία τις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας (Ναι / Όχι):
 - Αριθμός μαθητών που σχεδίασε ζωγραφιές ασυνεπείς με τις απαντήσεις του:
 - Αριθμός μαθητών που σχεδίασε ζωγραφιές στις οποίες αναδεικνύονται τα βασικά χαρακτηριστικά ενός θερμομέτρου υδραργύρου:

Πιθανά εναλλακτικά σχέδια:

3. Καταφέρνουν οι μαθητές να διαβάσουν τη θερμοκρασία με τη χρήση ενός θερμομέτρου υδραργύρου;
 - Αριθμός μαθητών που σημείωσε τις θερμοκρασίες πάνω στα σχήματα των θερμομέτρων με ασυνεπή τρόπο, σε σχέση με τις σημειωμένες αριθμητικές τιμές:

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 8^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

1. Καταφέρνουν οι μαθητές να φέρουν σε πέρας την πειραματική διαδικασία;
 - Αριθμός μαθητών που απέτυχε να συνθέσει την πειραματική διάταξη:
 - Αριθμός μαθητών που απέτυχε να πραγματοποιήσει την πειραματική διαδικασία:

Σε ποια σημεία εντοπίζονται οι αδυναμίες των μαθητών κατά τη σύνθεση της διάταξης και την πραγματοποίηση της πειραματικής διαδικασίας;

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

2. Καταφέρνουν οι μαθητές να επεξεργαστούν τα δεδομένα που συνέλεξαν κατά τη διάρκεια του πειράματος;
 - Αριθμός μαθητών που δεν κατάφερε να μεταφέρει τα σημάδια από το καλαμάκι του θερμοσκοπίου στο χαρτί:
 - Αριθμός μαθητών που έδωσε απαντήσεις ασυνεπείς με τη ζωγραφιά που σχεδίασε:
3. Καταφέρνουν οι μαθητές σας να ερμηνεύσουν τα δεδομένα του πειράματος;
 - Αριθμός μαθητών που δεν συμπλήρωσε με επιτυχία τις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας (Ναι / Όχι):
 - Εναλλακτικές ερμηνείες που ακούστηκαν:

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

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 9^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

1. Καταφέρνουν οι μαθητές να φέρουν σε πέρας την πειραματική διαδικασία;
 - Αριθμός μαθητών που απέτυχε να συνθέσει την πειραματική διάταξη:
 - Αριθμός μαθητών που απέτυχε να πραγματοποιήσει την πειραματική διαδικασία:

Σε ποια σημεία εντοπίζονται οι αδυναμίες των μαθητών κατά τη σύνθεση της διάταξης και την πραγματοποίηση της πειραματικής διαδικασίας;

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

2. Καταφέρνουν οι μαθητές να επεξεργαστούν τα δεδομένα που συνέλεξαν κατά τη διάρκεια του πειράματος;
 - Αριθμός μαθητών που δεν κατάφερε να μεταφέρει τα σημάδια από το καλαμάκι του θερμοσκοπίου στο χαρτί:
 - Αριθμός μαθητών που έδωσε απαντήσεις ασυνεπείς με τη ζωγραφιά που σχεδίασε:
 - Αριθμός μαθητών που δεν έδειξε να αντιλαμβάνεται τη διαφοροποίηση ανάμεσα στα αποτελέσματα των ομάδων:
3. Καταφέρνουν οι μαθητές σας να ερμηνεύσουν τα δεδομένα του πειράματος;
 - Αριθμός μαθητών που δεν συμπλήρωσε με επιτυχία το κείμενο κατανόησης:

- Εναλλακτικές ερμηνείες που ακούστηκαν:

.....

.....

.....

.....

.....

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 10^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....

Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

Αριθμός ομάδων στο 1^ο μέρος της ενότητας:

Αριθμός ομάδων στο 2^ο μέρος της ενότητας:

1. Καταφέρνουν οι μαθητές να φέρουν σε πέρας την πειραματική διαδικασία του πρώτου μέρους;

- Αριθμός μαθητών που απέτυχε να ταξινομήσει τα διάφορα υλικά με βάση την εκτίμησή του για τη θερμοκρασία τους:
- Αριθμός μαθητών που απέτυχε να θερμομετρήσει τα διάφορα υλικά:
- Αριθμός μαθητών που συμπέρανε πως οι θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ των σωμάτων δεν μπορούν να θεωρηθούν μικρές:

Σε ποια σημεία εντοπίζονται οι αδυναμίες των μαθητών;

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

2. Καταφέρνουν οι μαθητές να φέρουν σε πέρας την πειραματική διαδικασία του δεύτερου μέρους;

- Αριθμός μαθητών που απέτυχε να θερμομετρήσει το δοχείο με το νερό:
- Αριθμός μαθητών που απέτυχε να αποδώσει μια εκτίμηση για τη θερμοκρασία του νερού στα δύο δοχεία:

Σε ποια σημεία εντοπίζονται οι αδυναμίες των μαθητών;

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

3. Συμμετέχουν οι μαθητές στη σχετική συζήτηση;
- Αριθμός μαθητών που δεν συμμετείχε καθόλου στη συζήτηση εντός της τάξης:
 - Αριθμός μαθητών που δεν έδειξε να αντιλαμβάνεται τη διαφοροποίηση ανάμεσα στα αποτελέσματα των ομάδων:

Σημεία στα οποία εντοπίζονται αδυναμίες:

.....

.....

.....

.....

4. Καταφέρνουν οι μαθητές σας να αναγνωρίσουν το πλεονέκτημα της χρήσης θερμομέτρου στην εκτίμηση της θερμοκρασίας ενός σώματος;
- Αριθμός μαθητών που εξακολουθεί να συνδέει τη θερμοκρασία με την αισθητηριακή εκτίμηση του χεριού:

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 11^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

1. Καταφέρνουν οι μαθητές σας να φέρουν σε πέρας την πειραματική διαδικασία;
 - Αριθμός μαθητών που δεν κατάφερε να στήσει την πειραματική διάταξη:
 - Αριθμός μαθητών που απέτυχε να συγκεντρώσει μετρήσεις χρόνου και θερμοκρασίας:
 - Αριθμός μαθητών που εμφανίζει ασυνέπεια ανάμεσα στις μετρήσεις που πήρε και τις απαντήσεις που δίνει στο φύλλο εργασίας (αρχική και τελική τιμή θερμοκρασιών του νερού):

Σε ποια σημεία εντοπίζονται οι αδυναμίες των μαθητών;

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

2. Συμμετέχουν οι μαθητές σας στη σχετική συζήτηση;
 - Αριθμός μαθητών που δεν συμμετείχε καθόλου στη συζήτηση εντός της τάξης:
 - Αριθμός μαθητών που δεν έδειξε να αντιλαμβάνεται την εξίσωση των θερμοκρασιών των δύο ποσοτήτων νερού:

Σημεία στα οποία εντοπίζονται αδυναμίες:

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

3. Καταφέρνουν οι μαθητές σας να διαπραγματευτούν τους τρεις τρόπους ερμηνείας του πειράματος που περιγράφονται στο φύλλο εργασίας;
- Αριθμός μαθητών που δεν έδειξε να αντιλαμβάνεται τις διαφορές ανάμεσα στους τρεις τρόπους ερμηνείας:
 - Αριθμός μαθητών που ασπάστηκε τον πρώτο τρόπο ερμηνείας (θερμότητα):
 - Αριθμός μαθητών που ασπάστηκε το δεύτερο τρόπο ερμηνείας (ψύχος):
 - Αριθμός μαθητών που ασπάστηκε τον τρίτο τρόπο ερμηνείας (αλληλεξουδετέρωση):

Ενδιαφέρουσες εναλλακτικές απόψεις:

.....

.....

.....

.....

.....

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 12^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

1. Συμμετέχουν οι μαθητές σας στην αρχική συζήτηση;
 - Αριθμός μαθητών που δεν συμμετείχε καθόλου στη συζήτηση:
 - Αριθμός μαθητών που δεν έδειξε να αντιλαμβάνεται τις βασικές διαφορές ανάμεσα στους τρεις τρόπους ερμηνείας των θερμικών φαινομένων:
2. Καταφέρνουν οι μαθητές να φέρουν σε πέρας την πειραματική διαδικασία;
 - Αριθμός μαθητών που δεν κατάφερε να στήσει την πειραματική διάταξη:
 - Αριθμός μαθητών που απέτυχε να συγκεντρώσει μετρήσεις χρόνου και θερμοκρασίας:
 - Αριθμός μαθητών που εμφανίζει ασυνέπεια ανάμεσα στις μετρήσεις που πήρε και τις απαντήσεις που δίνει στο φύλλο εργασίας (αρχική και τελική θερμοκρασία νερού):

Σε ποια σημεία εντοπίζονται οι αδυναμίες των μαθητών;

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

3. Συμμετέχουν οι μαθητές σας στη συζήτηση που ακολουθεί την ολοκλήρωση του πειράματος;
 - Αριθμός μαθητών που δεν συμμετείχε καθόλου στη συζήτηση:
 - Αριθμός μαθητών που δεν έδειξε να αντιλαμβάνεται τη διαφοροποίηση ανάμεσα στις ομάδες, όσον αφορά το χρόνο εκτέλεσης του πειράματος:

Σημεία στα οποία εντοπίζονται αδυναμίες:

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

4. Καταφέρνουν οι μαθητές σας να συνδέσουν την έννοια «θερμότητα» με το πείραμα που πραγματοποιήθηκε;
- Αριθμός μαθητών που χρησιμοποίησε την έννοια «θερμότητα» κατά τη διάρκεια της σχετικής συζήτησης:
 - Αριθμός μαθητών που δεν έδειξε να αντιλαμβάνεται τη σύνδεση της έννοιας «θερμότητα» με το πείραμα:
 - Αριθμός μαθητών που συνέδεσε την έννοια της «θερμότητας» με τη θερμοκρασία του νερού:
 - Αριθμός μαθητών που δεν συμπλήρωσε με επιτυχία το κείμενο κατανόησης:

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 13^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

1. Καταφέρνουν οι μαθητές να φέρουν σε πέρας την πειραματική διαδικασία;
 - Αριθμός μαθητών που δεν κατάφερε να στήσει την πειραματική διάταξη:
 - Αριθμός μαθητών που απέτυχε να συγκεντρώσει μετρήσεις χρόνου και θερμοκρασίας:
 - Αριθμός μαθητών που εμφανίζει ασυνέπεια ανάμεσα στις μετρήσεις που πήρε και τις απαντήσεις που δίνει στο φύλλο εργασίας (αρχική και τελική θερμοκρασία νερού):

Σε ποια σημεία εντοπίζονται οι αδυναμίες των μαθητών;

.....
.....

2. Συμμετέχουν οι μαθητές σας στη συζήτηση που ακολουθεί την ολοκλήρωση του πειράματος;
 - Αριθμός μαθητών που δεν συμμετείχε καθόλου στη συζήτηση:

Σημεία στα οποία εντοπίζονται αδυναμίες:

.....
.....

3. Καταφέρνουν οι μαθητές σας να συνδέσουν την έννοια «θερμότητα» με το πείραμα που πραγματοποιήθηκε;
 - Αριθμός μαθητών που χρησιμοποίησε την έννοια «θερμότητα» κατά τη διάρκεια της σχετικής συζήτησης:
 - Αριθμός μαθητών που δεν έδειξε να αντιλαμβάνεται τη σύνδεση της έννοιας «θερμότητα» με το πείραμα:
 - Αριθμός μαθητών που δεν συμπλήρωσε με επιτυχία το κείμενο κατανόησης:

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 14^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

1. Καταφέρνουν οι μαθητές να φέρουν σε πέρας την πειραματική διαδικασία;
 - Αριθμός μαθητών που δεν κατάφερε να στήσει την πειραματική διάταξη:
 - Αριθμός μαθητών που χρειάστηκε βοήθεια για να κατανοήσει τον τρόπο συλλογής δεδομένων που απαιτεί το φύλλο εργασίας:
 - Αριθμός μαθητών που απέτυχε να συλλέξει δεδομένα χρόνου και θερμοκρασίας:
 - Αριθμός μαθητών που εμφανίζει ασυνέπεια ανάμεσα στις μετρήσεις που πήρε και τις απαντήσεις που δίνει στο φύλλο εργασίας (θερμοκρασία νερού στις πρώτες και τις τελευταίες μετρήσεις):

Σε ποια σημεία εντοπίζονται οι αδυναμίες των μαθητών;

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

2. Διακρίνουν οι μαθητές σας το φαινόμενο του βρασμού;
 - Αριθμός μαθητών που ζωγράφισε απεικονίσεις του νερού στις οποίες δεν είναι εμφανής η παρουσία φυσαλίδων και η έντονη παραγωγή ατμών κατά το βρασμό:
3. Συμμετέχουν οι μαθητές σας στη συζήτηση που ακολουθεί την ολοκλήρωση του πειράματος;
 - Αριθμός μαθητών που δεν συμμετείχε καθόλου στη συζήτηση:

Σημεία στα οποία εντοπίζονται αδυναμίες:

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

4. Καταφέρνουν οι μαθητές σας να διαφοροποιήσουν τις έννοιες «θερμότητα» και «θερμοκρασία» στο συγκεκριμένο φαινόμενο;

- Αριθμός μαθητών που χρησιμοποίησε μόνο την έννοια «θερμότητα» κατά τη διάρκεια της σχετικής συζήτησης:
- Αριθμός μαθητών που χρησιμοποίησε μόνο την έννοια «θερμοκρασία» κατά τη διάρκεια της σχετικής συζήτησης:
- Αριθμός μαθητών που δεν έδειξε να αντιλαμβάνεται τη διαφοροποίηση ανάμεσα στις δύο έννοιες:

Σημεία στα οποία εντοπίζονται αδυναμίες:

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

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 15^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

1. Καταφέρνουν οι μαθητές να σχεδιάσουν μια πειραματική διαδικασία;
 - Αριθμός μαθητών που δεν κατάφερε να σχεδιάσει κάποιο πείραμα:
 - Αριθμός μαθητών που σχεδίασε πείραμα το οποίο όμως δεν μπορεί να δώσει απάντηση στο συγκεκριμένο ερώτημα:

Σε ποια σημεία εντοπίζονται οι αδυναμίες των μαθητών;

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

2. Καταφέρνουν οι μαθητές να φέρουν σε πέρας την πειραματική διαδικασία;
 - Αριθμός μαθητών που δεν κατάφερε να στήσει την πειραματική διάταξη που σκέφτηκε:
 - Αριθμός μαθητών που σχεδίασε κάποιο πείραμα, αλλά βρήκε αποτέλεσμα διαφορετικό από αυτό που αναμένεται θεωρητικά (45°C):

Πώς αντιμετωπίστηκε το γεγονός της απόστασης των πειραματικών αποτελεσμάτων από την αναμενόμενη θεωρητική τιμή;

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

Β΄ Μέρος

Οδηγίες για τον εκπαιδευτικό

**Ο ΚΟΣΜΟΣ
ΤΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ**

Βασίλης Τσελφές και Γιώργος Φασουλόπουλος

1° ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 1):

ΜΑΘΑΙΝΟΥΜΕ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣ (I)

Ξεκινάμε τη διδασκαλία για το φως από τη σκιά, γιατί η συνύπαρξη του φωτός με -περισσότερη ή λιγότερη, χρωματιστή ή όχι- σκιά (απουσία φωτός ή κάποιων χαρακτηριστικών του) μας επιτρέπει να εντοπίζουμε τόσο την ύπαρξή του όσο και τις ιδιότητές του.

Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των τεσσάρων. Συζητούν και αποφασίζουν κατά ομάδα. Συμπληρώνουν, επίσης, ομαδικά και συναινετικά ένα φύλλο εργασίας. Ο καθηγητής επεμβαίνει όταν του το ζητήσει η ομάδα ή όταν το ζητούν οι οδηγίες του φύλλου εργασίας.

Στόχος της πρώτης ενότητας είναι:

Να συνδέσουν τα παιδιά τις έννοιες **φως** και **σκιά** με συγκεκριμένα κομμάτια του υλικού κόσμου, παρεμβαίνοντας σ' αυτά και εξετάζοντάς τα/διευθετώντας τα. Τα κομμάτια αυτά του υλικού κόσμου είναι σημαντικό να κατηγοριοποιηθούν στη σκέψη των μαθητών στις εξής κατηγορίες:

1. «Φωτεινές πηγές», βγάζουν φως και βοηθούν στο σχηματισμό των σκιών.
2. «Σώματα», των οποίων οι σκιές σχηματίζονται.
3. «Οθόνες», που πάνω τους σχηματίζονται οι σκιές.

Σημαντικό τεκμήριο επιτυχίας του μαθήματος αποτελεί η επιτυχής απεικόνιση της διάταξης: Φωτεινή πηγή, σώμα που δημιουργεί τη σκιά και οθόνη που πάνω της σχηματίζεται η σκιά (να υπάρχουν και οι τρεις κατηγορίες σωμάτων στην απεικόνιση και στη σωστή σειρά).

Η επιτυχία κρίνεται από τη ζωγραφιά και τη συζήτηση γύρω απ' αυτή. Άλλα στοιχεία της ζωγραφιάς, πέρα από τα τρία σώματα (όπως ακτίνες, άνθρωποι κ.ο.κ.), πρέπει να μας κινήσουν το ενδιαφέρον και να προκαλέσουμε συζήτηση γύρω απ' αυτά (είναι πιθανό να υποκρύπτουν εναλλακτικές ιδέες).

Η (προφορική) συζήτηση δεν έχει σημασία αν πραγματοποιηθεί σε καλά ελληνικά. Σημαντικό είναι να συμμετέχουν σ' αυτή όσο γίνεται περισσότεροι μαθητές και η σημασία αυτών που λένε (όπως την αντιλαμβάνεται ο διδάσκων) να προσεγγίζει το διδακτικό στόχο.

Βασικά, δεν ζητάμε από τα παιδιά να «ορίσουν» τι είναι φως, σκιά κ.ο.κ. Επιζητάμε μόνο να συνδέσουν μέσω του λόγου τους και των παρεμβάσεών τους τις έννοιες **φως** και **σκιά** με τις υλικές οντότητες **φακός, σώμα, οθόνη** σε **συγκεκριμένη διάταξη**.

1° ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 2):

ΜΑΘΑΙΝΟΥΜΕ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣ (II)

Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των τεσσάρων. Συζητούν και αποφασίζουν κατά ομάδα και συμπληρώνουν ένα τουλάχιστον ομαδικό φύλλο εργασίας. Ο καθηγητής επεμβαίνει όταν του το ζητήσει η ομάδα ή όταν το ζητούν οι οδηγίες του φύλλου εργασίας.

Στόχος της δεύτερης ενότητας είναι:

Να συνδέσουν τα παιδιά την έννοια της **σκιάς** με συγκεκριμένα **σχήματα** και **χαρακτηριστικά** (των σωμάτων), καθώς και με τις διατάξεις που τα δημιουργούν. Δεν περιμένουμε τα σχήματα και τα χαρακτηριστικά τους να είναι όμοια σε όλους τους μαθητές. Για παράδειγμα, το πώς θα βγει η σκιά στην πρώτη περίπτωση θα εξαρτηθεί από το πώς θα είναι προσανατολισμένη η γομολάστιχα. Από την άλλη μεριά, στην τέταρτη περίπτωση η σκιά μπορεί να είναι και τριγωνική και κυκλική, ανάλογα με την απόσταση του χαρτονιού με την τρύπα από το φακό.

Σημαντικό τεκμήριο επιτυχίας του μαθήματος αποτελεί η επιτυχής απεικόνιση τόσο της διάταξης (φωτεινή πηγή, σώμα που δημιουργεί τη σκιά και οθόνη που πάνω της σχηματίζεται η σκιά), όσο και του σχήματος της κάθε σκιάς.

Η επιτυχία κρίνεται από τις ζωγραφιές και τη συζήτηση γύρω απ' αυτές (συζήτηση που μπορεί να προκαλέσει κατά την κρίση του ο διδάσκων).

Η (προφορική) συζήτηση δεν έχει σημασία αν πραγματοποιηθεί σε καλά ελληνικά. Σημαντικό είναι να συμμετέχουν σ' αυτή όσο γίνεται περισσότεροι μαθητές και η σημασία αυτών που λένε (όπως την αντιλαμβάνεται ο διδάσκων) να σχετίζεται με τις ζωγραφιές και να προσεγγίζει το διδακτικό στόχο.

Δεν απογοητευόμαστε αν τα παιδιά δεν μιλήσουν συγκεκριμένα για τα διάφορα χαρακτηριστικά των σκιών που δημιουργήθηκαν. Επιζητάμε κυρίως να διακρίνουν αυτά τα χαρακτηριστικά και να τα απεικονίσουν στις ζωγραφιές τους. Ταυτόχρονα επιδιώκουμε να συζητούν με συνέπεια προς τις ζωγραφιές αυτές (να μην αντιφάσκουν τα σχήματα με όσα προσπαθούν να πουν). Τη συζήτηση προκαλούμε ζητώντας από την κάθε ομάδα να εξηγήσει τι αναπαριστά στις ζωγραφιές της.

Εκμεταλλευόμαστε την τέταρτη περίπτωση, όπου ελπίζουμε ότι κάποιες ομάδες θα βγάλουν τρίγωνη σκιά και κάποιες άλλες κυκλική (στην περίπτωση που δεν θα εμφανιστούν δύο είδη σκιών, προκαλέστε εσείς το πρόβλημα, δείχνοντας ότι το χαρτόνι μπορεί να βγάλει και άλλου είδους σκιά) για να θέσουμε ζήτημα ερμηνείας: **Πώς μπορεί να συμβαίνει αυτό;**

Ζητάμε από τις ομάδες να σκεφτούν ερμηνείες και να επιχειρηματολογήσουν γι' αυτές.

Κάνουμε διαγωνισμό για την καλύτερη ερμηνεία και παραπέμπουμε τη «λύση» του «μυστηρίου» σε επόμενη διδακτική ώρα.

Συμβουλευόμαστε τα παιδιά να αναζητήσουν «λύσεις» στο εξωσχολικό τους περιβάλλον.

Αντίστοιχες διαδικασίες και ενέργειες οργανώνουμε και για την περίπτωση του γυαλιού, όπου κάποιοι μαθητές είναι πιθανό ότι θα σχεδιάσουν μια «αχνή» σκιά και κάποιοι άλλοι όχι.

Σε κάθε περίπτωση, δεν επιμένουμε στα «καλά ελληνικά». Επιμένουμε στη σημασία αυτών που λένε οι μαθητές, ακόμη και με νοήματα. Τα νοήματα/νεύματα αποτελούν την πρώτη μορφή θεωρητικού λόγου (ακόμη και για μη δίγλωσσους μαθητές, ακόμη και για επιστήμονες), καθώς αυτός αναδύεται μέσα από τις παρεμβατικές/εργαστηριακές διαδικασίες.

1° ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 3)

ΜΑΘΑΙΝΟΥΜΕ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣ (III)

Στην πρώτη φάση αυτού του μαθήματος συζητάμε, για μια ακόμη φορά, για τις διατάξεις που δημιουργούν σκιές και επιχειρούμε να συνδέσουμε το γεγονός της δημιουργίας τους με μια ιδιότητα των σωμάτων (διαφανή, αδιαφανή, ημιδιαφανή). Στη φάση αυτή οι μαθητές εργάζονται ως τάξη.

Στη συνέχεια (όταν καλούνται να ζωγραφίσουν την πορεία του φωτός) εργάζονται σε ομάδες των τεσσάρων (με τον τρόπο που ήδη έχουμε περιγράψει: Συζητούν και αποφασίζουν κατά ομάδα, συμπληρώνουν ένα τουλάχιστον ομαδικό φύλλο εργασίας κ.ο.κ.).

Στόχος της τρίτης ενότητας είναι:

Να συνδέσουν τα παιδιά την έννοια του **φωτός**, της **σκιάς** και των **διατάξεων που τη δημιουργούν**, με την έννοια των **φωτεινών ακτίνων** (γεωμετρικές γραμμές που ξεκινούν από τις φωτεινές πηγές, περνούν ή δεν περνούν μέσα από τα σώματα και καταλήγουν πάνω στην οθόνη, όπου σχηματίζονται οι εικόνες της σκιάς).

Σημαντικό τεκμήριο επιτυχίας του μαθήματος αποτελεί η **επιτυχής απεικόνιση των φωτεινών ακτίνων** (γεωμετρικών γραμμών) πάνω στα έτοιμα διαγράμματα που υπάρχουν στα φύλλα εργασίας.

Η επιτυχία κρίνεται από τις ζωγραφιές και τη συζήτηση γύρω απ' αυτές.

Οι ζωγραφιές σε κάθε περίπτωση πρέπει να διαφέρουν μεταξύ τους (οι ακτίνες δεν περνούν από τη γομολάστιχα, περνούν εν μέρει από τις ζελατίνες, περνούν σχεδόν όλες από το γυαλί, περνούν από την τριγωνική τρύπα αλλά όχι από το χαρτόνι). Πρέπει όμως να είναι σε συμφωνία με το σχήμα των σκιών που σχηματίζονται κάθε φορά πάνω στην οθόνη.

Οι δυνατότητες έκφρασης όλων των λεπτομερειών πάνω στα σχήματα είναι εκ των πραγμάτων περιορισμένες, αλλά είναι πιθανό ότι θα δείχνουν τόσο τις γνώσεις των παιδιών όσο και τις εναλλακτικές τους ιδέες.

Για παράδειγμα, στο σχήμα με τη γομολάστιχα θα θέλαμε να υπάρχουν ακτίνες που πέφτουν πάνω στο «σώμα» της γομολάστιχας και σταματούν ή γυρίζουν πίσω. Θα θέλαμε επίσης να υπάρχουν ακτίνες που περνούν στο όριο της γομολάστιχας και καταλήγουν στο όριο της

σκιάς της, πάνω στην οθόνη. Για τις ζελατίνες τα πράγματα είναι πιο δύσκολα. Οι ακτίνες που πέφτουν πάνω στο σώμα τους, τι γίνονται; Η Νευτώνεια άποψη θα ήθελε να πέφτουν πάνω στην κάθε ζελατίνα ακτίνες όλων των χρωμάτων και να περνούν πίσω της μόνο αυτές που έχουν το χρώμα της. Κάτι τέτοιο δεν πρέπει μάλλον να περιμένουμε ότι θα εμφανιστεί. Ένα αναμενόμενο σχήμα των παιδιών μπορεί να δείχνει ακτίνες που πέφτουν πάνω στη ζελατίνα και περνούν πίσω της έχοντας πάρει το χρώμα της. Αυτό μάλλον υποκρύπτει μια παλιότερη άποψη για την αλληλεπίδραση του φωτός με τα σώματα (το φως χρωματίζεται, παίρνοντας το χρώμα των σωμάτων μέσα από τα οποία περνάει).

Σε κάθε περίπτωση η προφορική συζήτηση πάνω στο τι ζωγράφισαν τα παιδιά στην κάθε ομάδα είναι σημαντική. Προφανώς, δεν έχει σημασία αν πραγματοποιηθεί σε καλά ελληνικά. Σημασία έχει να καταλάβουμε εμείς τι φαντάζονται τα παιδιά ότι συμβαίνει και να το σχολιάσουμε.

Για παράδειγμα, στην περίπτωση που τα παιδιά έχουν ζωγραφίσει όλες τις ακτίνες που πέφτουν πάνω στο «σώμα» της γομολάστιχας μόνο να σταματούν ή μόνο να γυρίζουν πίσω, έχει αξία να τους πούμε ότι συμβαίνουν και τα δύο. Στην περίπτωση όμως που φαίνεται ότι τα παιδιά φαντάζονται πως οι ζελατίνες χρωματίζουν το φως, δεν έχει μάλλον σημασία να τους πούμε (σ' αυτήν τη φάση) τη Νευτώνεια άποψη. Μπορούμε όμως να πούμε ότι την ιδέα τους αυτή την υποστήριξε ο Γκαίτε, που τελικά αποδείχθηκε ότι δεν είχε δίκιο και να τους υποσχεθούμε ότι θα μάθουν για τις καλύτερες ιδέες όταν θα συζητήσουν αναλυτικότερα για τα χρώματα.

Μπορούμε πάντως να σταθούμε στην τέταρτη περίπτωση (όπου δημιουργήθηκε το πρόβλημα με τις κυκλικές και τριγωνικές σκιές) για να θέσουμε ξανά το ζήτημα ερμηνείας (σε σχέση αυτήν τη φορά με την πορεία των ακτίνων που έχουν ζωγραφίσει τα παιδιά).

Το ζήτημα αυτό χειριστείτε το ως ελεύθερη έρευνα:

Ζητάμε από τα παιδιά και τις ομάδες να πουν τι βρήκαν στις εκτός σχολείου αναζητήσεις τους και να επιχειρηματολογήσουν σχετικά.

Αποφασίζουμε για την πιο αξιόπιστη πρόταση (αυτήν που θα πείσει τους άλλους) και βραβεύουμε(;) το μαθητή ή την ομάδα που την εισηγήθηκε.

Σε κάθε περίπτωση, δεν περιμένουμε ότι θα ακούσουμε μια πλήρη ερμηνεία. Η πρώτη αξιοπρεπής ερμηνεία είναι εμπειρική, παρουσιάστη-

κε από τον Κέπλερ και στηρίχτηκε στην υπόθεση ότι οι φωτεινές πηγές συντίθενται από άπειρο αριθμό σημειακών πηγών που καθεμία ακτινοβολεί ευθύγραμμα προς όλες τις κατευθύνσεις.

Εμείς πάντως, τονώνουμε την αυτοπεποίθηση των παιδιών αναφέροντάς τους ότι το συγκεκριμένο πρόβλημα παρέμεινε άλυτο για 2.000 χρόνια. Επιπλέον, δεχόμαστε ερμηνείες που θα επιχειρούν να στηρίχτούν στο γεγονός ότι ο φακός εκπέμπει ακτίνες ευθύγραμμα, από διάφορα σημεία του σε διάφορες κατευθύνσεις, μια και είναι πολύ κοντά στην υπόθεση του Κέπλερ.

1^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 4):

ΜΑΘΑΙΝΟΥΜΕ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣ (IV)

Στις πρώτες φάσεις του μαθήματος οι μαθητές εργάζονται στις ομάδες τους. Από τη στιγμή που θα ολοκληρωθεί η «καλλιτεχνική» τους παραγωγή και θα αρχίσει η επίδειξη και η κριτική των κατασκευών τους το μάθημα εξελίσσεται με συμμετοχή ολόκληρης της τάξης.

Στόχος αυτού του μαθήματος είναι η βαθύτερη (έστω και άρρητη) **κατανόηση των φαινομένων που σχετίζονται με τις σκιές**. Ειδικότερα μας ενδιαφέρει οι μαθητές να αποκαταστήσουν μια ώριμη παρεμβατική σχέση με την οντότητα του φωτός (την οντότητα που ξεκινάει από τις φωτεινές πηγές και καταλήγει ή δεν καταλήγει στις φωτιζόμενες επιφάνειες-οθόνες). Μας ενδιαφέρει, δηλαδή, να μπορούν να χειριστούν με σχετική επιτυχία το αόρατο κομμάτι του φωτός (παρεμβαίνοντας στην επίση, αόρατη πορεία του με κάποια αδιαφανή σώματα).

Για το σκοπό αυτόν δίνουμε τον απαραίτητο σε κάθε ομάδα χρόνο για να εντοπίσει τις περιοχές της σκιάς και της παρασκιάς πάνω στις οθόνες και να μεταβάλει τα σχετικά μεγέθη τους μετατοπίζοντας τη γομολάστιχα στο χώρο που υποτίθεται ότι κινείται το φως.

Παρεμβαίνουμε και προκαλούμε συζητήσεις ζητώντας τους να σχολιάζουν τα διάφορα χαρακτηριστικά των ζωγραφιών τους.

Πιθανό πρόβλημα:

Επειδή ο φακός έχει σχετικά εστιασμένη δέσμη (από το κοίλο κάτοπτρο που υπάρχει πίσω από το λαμπάκι) και από το γυάλινο φακό (που υπάρχει μπροστά απ' αυτό), τα φαινόμενα της παρασκιάς δεν αναμένεται να είναι ιδιαίτερα έντονα όταν η γομολάστιχα βρίσκεται πάνω στην προέκταση του άξονα του φακού. Πιο έκκεντρες θέσεις της γομολάστιχας θα δίνουν μάλλον και πιο εκτεταμένες περιοχές παρασκιάς.

Τα καθαρότερα πάντως φαινόμενα τα περιμένουμε όταν θα έχουμε σε χρήση και τους δύο φακούς μαζί. Γι' αυτό φροντίζουμε να δώσουμε αρκετό χρόνο και σε αυτήν τη δραστηριότητα.

Αν η «καλλιτεχνική» δραστηριότητα (το παιχνίδι με τις σκιές) τραβήξει σε μάκρος, θυσιάστε την τελική συζήτηση. Η άρρητη παρεμβατική εμπειρία των παιδιών πάνω στην αόρατη, ευθύγραμμη διαδιδόμενη και από μη σημειακή πηγή εκπεμπόμενη δέσμη, αναμένεται να έχει καλύτε-

ρα αποτελέσματα από την όποια προσπάθεια προφορικής ερμηνείας των φαινομένων.

Αν η καλλιτεχνική δραστηριότητα εκφυλιστεί γρήγορα, προσπαθήστε με μια «σε μέτωπο» συζήτηση να κάνετε μια «επανάληψη» του θεωρητικού περιεχομένου που διαχειρίστηκαν τα παιδιά στη διάρκεια και των τεσσάρων ενοτήτων του περί σκιάς μαθήματος.

2^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 5):

ΜΑΘΑΙΝΟΥΜΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΗΓΗ ΑΚΤΙΝΩΝ ΛΕΙΖΕΡ (LASER)

Στο μάθημα αυτό οι μαθητές θα εργαστούν στις ομάδες τους για να διαβάσουν το μάλλον εκτεταμένο κείμενο και για να συμπληρώσουν τις μάλλον περιορισμένες σε έκταση λοιπές δραστηριότητες.

Αν όμως εκτιμάτε ότι η λειτουργική κατανόηση του κειμένου (όχι η λέξη προς λέξη κατανόησή του) είναι δύσκολη για κάποια από τις ομάδες σας, να παρεμβαίνετε για να τους διευκολύνετε (πάντα στην κατεύθυνση της κατανόησης του περιεχομένου και όχι της ανάγνωσής του). Το κείμενο πάντως πρέπει να γίνει κατανοητό και λίγη δουλειά Φιλολόγου θα μας κάνει καλό...

Στόχος αυτού του μαθήματος είναι **να εξοικειωθούν οι μαθητές με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των πηγών λέιζερ** και συγκεκριμένα **να τα διαφοροποιήσουν με αυτά των φακών**, που ήδη έχουν χρησιμοποιήσει.

Οι πηγές λέιζερ που έχουν στα χέρια τους οι μαθητές σας δεν είναι στην ουσία επικίνδυνες διατάξεις. Μπορούν όμως να γίνουν αν χρησιμοποιηθούν σαν φακοί. Αν, δηλαδή, χρησιμοποιηθούν παρατεταμένα και εστιασμένα για να φωτίσουν κάτι που θέλουμε να δούμε (Φανταστείτε τον οφθαλμίατρό σας που φωτίζει με το φακό του το μάτι σας, παρατεταμένα και εστιασμένα, για να δει τα πιθανά του προβλήματα). Ένα τέτοιο «παιχνίδι» οφθαλμίατρου με μια πηγή λέιζερ στη θέση του φακού είναι πραγματικά επικίνδυνο. Γι' αυτό επιδιώκουμε οι μαθητές μας να διαφοροποιήσουν σαφώς την πηγή λέιζερ από το φακό σε όλες του (αν είναι δυνατόν) τις εκδοχές και τις χρήσεις.

Οι πηγές φωτεινής ακτινοβολίας λέιζερ (Laser), που έχουν οι μαθητές σας στα χέρια τους είναι, από την άλλη μεριά, χρησιμότερα εργαστηριακά εργαλεία, γιατί παράγουν αυτό που καμιά άλλη διάταξη δεν μπορεί να παράγει. Αυτό, που, από την άλλη μεριά, χρησιμοποιούμε σε κάθε περίπτωση που επιθυμούμε να αναπαραστήσουμε ένα φωτεινό φαινόμενο ή να το ερμηνεύσουμε. Παράγει μια περίπου πραγματική φωτεινή ακτίνα. **Υλοποιεί**, δηλαδή, την πιο κλασική **θεωρητική αναπαράσταση**

του φωτός. Και την υλοποιεί με απρόσμενη συνέπεια. Δεν είναι μόνο η μορφή φωτεινής ακτίνας που εμφανίζει. Αν και είναι δέσμη, δεν έχει τις κλασικές ιδιότητες της δέσμης. Για παράδειγμα, μη σας περάσει από το μυαλό να χρησιμοποιήσετε κάποια από τα φωτεινά είδωλα που δημιουργούν οι πηγές λέιζερ με τη χρήση εναλλακτικών «κεφαλών», σαν είδωλα που δημιουργεί μια οποιαδήποτε διάταξη προβολής (τα είδωλα αυτά, π.χ., δεν αναστρέφονται με την παρεμβολή ενός φακού). Η δέσμη λέιζερ συμπεριφέρεται ως μια μοναδική ακτίνα φωτός. Και γι' αυτό αξίζει τον κόπο να τα χρησιμοποιήσουμε.

Ελέγξτε, λοιπόν, τη λειτουργική κατανόηση του κειμένου από τους μαθητές σας και αφήστε χρόνο για την τελευταία φάση όπου θα συζητήσετε μαζί τους τις διαφορές που θα εντοπίσουν ανάμεσα στο φακό και την πηγή λέιζερ.

Δώστε την ευκαιρία να ακουστούν όλες οι πιθανές διαφορές που θα εντοπιστούν. Ζητήστε διευκρινίσεις για ό,τι έγραψαν ή ζωγράρισαν. Και πάντα με στόχο την επικοινωνία μαζί τους (να καταλάβετε και να καταλάβουν οι συμμαθητές τους τι σκέφτονται) και όχι υποχρεωτικά τη σωστή γλωσσική εκφορά.

Έχετε, επίσης, υπόψη σας ότι ίσως κάποιοι από τους μαθητές σας να είναι αρκετά εξοικειωμένοι με αυτές τις συσκευές. Κυκλοφορούν στα περίπτερα ακόμη και σαν μπρελόκ και αρκετά παιδιά έχουν ήδη παίξει με αυτά.

2^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 6):

Ο ΚΟΣΜΟΣ ΤΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ (I)

Και στο μάθημα αυτό οι μαθητές δουλεύουν στις ομάδες τους μέχρι την τελική φάση της συζήτησης, όπου (με τη συμμετοχή όλης της τάξης) θα επιχειρήσετε να αναπαραστήσετε γλωσσικά τα φαινόμενα της ανάκλασης, της διάχυσης και της απορρόφησης (κυρίως σε αντιδιαστολή μεταξύ τους).

Οι στόχοι αυτού του μαθήματος είναι δύο:

Ο πρώτος **στόχος** έχει σχέση με τη **διάδοση του φωτός** (ευθύγραμμη διάδοση) και κυρίως με τη **διαδικασία παρατήρησης** αυτής της διάδοσης.

Ο δεύτερος **στόχος** έχει να κάνει με τη **διάκριση των φαινομένων** της ανάκλασης, της διάχυσης και της απορρόφησης.

Για τον πρώτο στόχο, το διδακτικά ενδιαφέρον σημείο αναμένεται να είναι εκείνο που αφορά τη διαδικασία παρατήρησης της δέσμης λείζερ (φωτεινής ακτίνας) που βγαίνει από τη συσκευή. Τα παιδιά δεν αναμένεται να έχουν πρόβλημα με την αποδοχή της ευθύγραμμης διάδοσης (την οποία μάλλον θα γνωρίζουν ήδη). Εκείνο με το οποίο τα παιδιά θα δυσκολευτούν, μάλλον, να συμφωνήσουν, είναι το γεγονός ότι δεν μπορούμε να δούμε το φως (ως οντότητα που βγαίνει από τη φωτεινή πηγή). Έτσι η εμφάνιση της κόκκινης γραμμής πάνω στο λευκό χαρτί (ή χαρτόνι) είναι πιθανότερο ότι θα τα πείθει πως «μερικές φορές μπορούμε να δούμε το φως», παρά πως στη συγκεκριμένη περίπτωση «βλέπουμε φωτισμένη με κόκκινο φως μια περιοχή του χαρτιού/χαρτονιού».

Σε κάθε περίπτωση πάντως μπορούμε να προχωρήσουμε και χωρίς να ξεπεράσουμε αυτή την παρανόηση.

Για το δεύτερο στόχο τα «φαινόμενα» μπορούν να μιλήσουν από μόνα τους (σε ό,τι αφορά τη διαφοροποίηση ανάκλασης – διάχυσης – απορρόφησης). Τα «φαινόμενα» όμως για να είναι τόσο σαφή πρέπει να «κατασκευαστούν» με προσοχή. Πρέπει, δηλαδή, η δέσμη λείζερ να πέσει εκεί που πατάει ο καθρέφτης στο θρανίο παράλληλα και προς το θρανίο.

Γι' αυτό, όταν τα παιδιά εκτελούν τη διαδικασία, γυρίστε από ομάδα σε ομάδα και δείτε τι ακριβώς βλέπουν. Αν παιδευτούν αρκετά χωρίς να

προκύψει το αναμενόμενο αποτέλεσμα, βοηθήστε τα (καλό θα ήταν βέβαια να έχετε δοκιμάσει και σεις από πριν να πετύχετε μια καλή εικόνα για καθεμία από τις περιπτώσεις).

Πριν από τη συζήτηση με όλη την τάξη, ζητήστε διευκρινίσεις από την κάθε ομάδα για τις ζωγραφιές της. Προσπαθήστε να καταλάβετε και τις αδυναμίες που εμφάνισε η διαδικασία παρατήρησης που εφάρμοσαν και τις τυχόν παρανοήσεις τους.

Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να αποτελέσουν ενδιαφέρουσες αφηγήσεις για τη συζήτηση.

2^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 7):

Ο ΚΟΣΜΟΣ ΤΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ (II)

Και εδώ οι μαθητές εργάζονται στις ομάδες τους, αν και η βοήθεια του εκπαιδευτικού μπορεί να είναι απαραίτητη στο ξεκίνημα κάποιων διαδικασιών που μπορούν να περιγραφούν ευκολότερα προφορικά (ή ακόμη και με νεύματα) παρά με γραπτό κείμενο.

Στην τελευταία φάση της διατύπωσης του «νόμου της ανάκλασης» το μάθημα εξελίσσεται με ολόκληρη την τάξη.

Πρώτος στόχος του μαθήματος είναι να **συνδέσουν** οι μαθητές την **κατεύθυνση πρόσπτωσης της δέσμης λέιζερ** (φωτεινής ακτίνας) πάνω στον καθρέφτη με την **κατεύθυνση ανάκλασης της δέσμης**, μέσω μιας παρεμβατικής διαδικασίας δοκιμής και πλάνης.

Η σύνδεση αυτή επιχειρείται να γίνει **κατ' αρχήν** άρρητα (με τη διαδικασία του «ποιος τα κατάφερε», «να μας πει πώς», όπου οι απαντήσεις «έτσι» συνοδευόμενες με νεύματα θεωρούνται ικανοποιητικές).

Σε δεύτερη φάση η σύνδεση επιχειρείται να γίνει γραφικά (με τη διαδικασία της σχεδίασης της προσπίπτουσας και της ανακλώμενης δέσμης).

Και **σε τρίτη φάση** επιχειρείται να πραγματοποιηθεί μια ρητή σύνδεση. Στη φάση αυτή δεν περιμένουμε μια πλήρη εκδοχή της σχέσης προσπίπτουσας και ανακλώμενης ακτίνας. Περιμένουμε μάλλον μια πρόταση που θα συνδέει με κάποιον τρόπο την προσπίπτουσα ακτίνα, την ανακλώμενη ακτίνα και τις κατευθύνσεις τους.

Δεύτερος στόχος του μαθήματος είναι η ολοκλήρωση μιας **καθοδηγούμενης διαδικασίας μέτρησης** των γωνιών πρόσπτωσης και ανάκλασης.

Εδώ, μπορεί να ζητηθεί από τους μαθητές η παρέμβαση του καθηγητή σε τεχνικά ζητήματα (χρήση του μοιρογνωμονίου, υποδείξεις για το πώς πρέπει να κρατηθεί η πηγή λέιζερ, πώς να χαραχτούν οι γραμμές πάνω στο χαρτί κ.ο.κ.). Σε κάθε περίπτωση η βοήθεια θεωρούμε ότι πρέπει να δίνεται με φειδώ (να παιδευτούν, δηλαδή, πρώτα οι μαθητές και αν ο εκπαιδευτικός που τους παρακολουθεί διαπιστώσει ότι κινούνται περισσότερο προς την παραίτηση παρά προς την επιτυχία, τότε να παρέμβει).

Αν οι δύο παραπάνω διαδικασίες τελειώσουν με επιτυχία, τότε είναι πιθανό ότι **στην τελική φάση της συζήτησης** οι μαθητές θα ενοποιήσουν τις εμπειρίες τους από την πρώτη και τη δεύτερη δραστηριότητα (την εμπειρία της κατεύθυνσης των ακτίνων από το χειρισμό της δέσμης λέιζερ με την εμπειρία της οπτικοποίησής τους και της μέτρησης της κατεύθυνσής τους) και **θα αποκαταστήσουν μια πιο ξεκάθαρη (και ρητή) σχέση** μεταξύ της προσπίπτουσας ακτίνας, της ανακλώμενης και των κατευθύνσεών τους σε σχέση με τον καθρέφτη (γωνίες πρόσπτωσης και ανάκλασης).

Στην τελική φάση, πάντως, θεωρούμε ότι η εμφάνιση περισσότερων από μίας μορφών του νόμου της ανάκλασης και η συζήτηση για την ομογενοποίησή τους, είναι προτιμότερη από την υπαγόρευση μιας εκδοχής από το διδάσκοντα. Έτσι κι αλλιώς πρόκειται για έναν εμπειρικό νόμο που η πρώτη θεωρητική του ερμηνεία δόθηκε στο πλαίσιο της κβαντικής ηλεκτροδυναμικής το '60 (και έδωσε βραβείο Νόμπελ).

2^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 8):

Ο ΚΟΣΜΟΣ ΤΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ (III)

Στο μάθημα αυτό οι μαθητές εργάζονται αποκλειστικά στην ομάδα τους. Αν και το μάθημα είναι κυρίως κατασκευαστικό, οι οδηγίες και οι διατάξεις που πρέπει να κατασκευαστούν θεωρούνται σχετικά εύκολες (μετά την όση εμπειρία έχουν αποκτήσει ήδη οι μαθητές σας), έτσι ώστε η βοήθειά σας να προσφερθεί μόνο όταν ζητηθεί.

Βασικός στόχος αυτού του μαθήματος είναι να συνδέσουν οι μαθητές τη συγκεκριμένη **τεθλασμένη πορεία του φωτός** (την πορεία της διάθλασης) με τη **συγκεκριμένη διάταξη** που την προκαλεί (τη διάταξη νερό – αέρας – φωτεινή ακτίνα).

Γι' αυτό η έμφαση δίνεται στην κατασκευή της διάταξης και τα παράλληλα φαινόμενα που τη συνοδεύουν (και από τα οποία δεν μπορούμε να απαλλαγούμε). Δευτερευόντως δηλαδή, τίθεται ως **στόχος** επίσης του μαθήματος, η σύνδεση της ίδιας διάταξης με το φαινόμενο της ανάκλασης (της ίδιας ακτίνας που διαθλάται).

Η πορεία της ακτίνας μέσα στο νερό γίνεται ευκολότερα ορατή από ό,τι η πορεία της ακτίνας στον αέρα (όπου χρειάζεται χαρτί/χαρτόνι σε απόλυτα και ευαίσθητα κατάλληλο προσανατολισμό). Συγκεκριμένα, η πορεία αυτή αποκαλύπτεται αν μέσα στο νερό διαλυθεί ένα σώμα που συγκροτείται από μακρομόρια, τα οποία διαχέουν το φως. Καταλληλότερο σώμα φαίνεται να είναι η οδοντόκρεμα.

Προσοχή:

Πρέπει να διαλυθεί πολύ μικρή ποσότητα οδοντόκρεμας γιατί οι μεγάλες ποσότητες προκαλούν εντονότερη διάχυση, με αποτέλεσμα η δέσμη λείζερ από ένα σημείο και μετά να αρχίζει να μοιάζει περισσότερο σαν κωνική αποκλίνουσα δέσμη (παρά σαν ακτίνα), η οποία και σύντομα εξαφανίζεται.

Το παιχνίδι με το τρέμουλο της κηλίδας στο ταβάνι αναμένεται να προκαλέσει μια ισχυρή σύνδεση της ανάκλασης με το φαινόμενο της διάθλασης.

2° ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 9):

Ο ΚΟΣΜΟΣ ΤΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ (IV)

Στο μάθημα αυτό οι μαθητές εργάζονται στις ομάδες τους. Συζητούν όλοι μαζί με τον καθηγητή τους στο τέλος του μαθήματος για τα ζητήματα εφαρμογών.

Ο πρώτος **στόχος** του μαθήματος είναι η **κατανόηση μιας θεωρητικής πρότασης (ενός μοντέλου)** που ερμηνεύει μια εμπειρικά διαπιστωμένη κανονικότητα (εμπειρικό νόμο).

Για την εξυπηρέτηση αυτού του στόχου χρησιμοποιούμε μια αναλογία (που προτείνεται να αντιμετωπιστεί από τους μαθητές με τη μορφή του προβλήματος της χελώνας).

Είναι γεγονός ότι η συγκεκριμένη επιλογή μπορεί να δημιουργήσει ανιμιστικές παρανοήσεις στους μαθητές. Θεωρούμε όμως ότι αυτή η «παράπλευρη απώλεια» είναι σχετικά μικρή, αν η διδακτική μας πρόταση πετύχει να κάνει κατανοητό ένα μοντέλο που ερμηνεύει ένα φαινόμενο τόσο σύνθετο όσο η διάθλαση. Άλλωστε και η «αρχή της ελάχιστης δράσης» που χρησιμοποιήθηκε ως μοντέλο ερμηνείας της διάθλασης (και της ανάκλασης), πριν από την εμφάνιση της ερμηνείας της κβαντικής ηλεκτροδυναμικής, είχε τέτοια χαρακτηριστικά: Για να λειτουργήσει η συγκεκριμένη αρχή πρέπει το φως, με κάποιο τρόπο, να «γνωρίζει» από ποιο σημείο πρόκειται να περάσει στο μέλλον. Διαφορετικά, η αρχή της ελάχιστης δράσης μάλλον περιγράφει εκ των υστέρων μια ιδιότητα της διαδρομής του φωτός, παρά προβλέπει την πορεία του (αφού δεν προβλέπει την κατεύθυνση στην οποία θα κινηθεί).

Ο δεύτερος **στόχος** του μαθήματος είναι «κατασκευαστικός». Οι μαθητές καλούνται **να συνδέσουν**, μέσω των παρεμβάσεών τους, συγκεκριμένες **διατάξεις** με συγκεκριμένες **πορείες ακτίνων**.

Θεωρούμε ότι τα παιδιά, εργαζόμενα σε ομάδες, μπορούν και να λύσουν το πρόβλημα της χελώνας και να το αντιστοιχίσουν με την πορεία του φωτός.

Η χάραξη της πορείας των ακτίνων, βέβαια, μπορεί να δημιουργήσει ορισμένα προβλήματα, τα οποία όμως είναι πιθανό ότι δεν θα είναι προβλήματα κατανόησης αλλά προβλήματα πολυπλοκότητας των διαδικασιών: Πρέπει να ελέγχουν ταυτόχρονα από πού έρχεται το φως

(νερό ή αέρα), που έχει τη μεγαλύτερη και που τη μικρότερη ταχύτητα, ποιος δρόμος είναι μικρότερος και ποιος μεγαλύτερος, με ποια κατεύθυνση πετυχαίνεται ο μικρότερος ή ο μεγαλύτερος δρόμος μέχρι τη διαχωριστική επιφάνεια κ.ο.κ. Η επιτυχής διαχείριση όλων αυτών των μεταβλητών χρειάζεται αρκετές δοκιμές (και πλάνες) και άρα χρόνο και υπομονή.

Με την ίδια λογική χρειάζονται χρόνο και υπομονή και οι κατασκευές που οδηγούν στα φαινόμενα της ολικής ανάκλασης των ακτίνων ή της πολλαπλής ολικής ανάκλασής τους. Η επιτυχία, όμως, «αμείβει» τους κατασκευαστές-μαθητές με πρωτόγνωρες εμπειρίες.

Για τις εφαρμογές θα μπορούσατε ίσως να βρείτε οπτικές ίνες ή πρίσματα ολικής ανάκλασης από φωτογραφικές μηχανές, για να επιδείξετε στους μαθητές σας.

3^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 10):

Ο ΚΟΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΙΔΩΛΩΝ (I)

Στο μάθημα αυτό η εργασία των παιδιών στις ομάδες τους εναλλάσσεται με συζητήσεις με όλη την τάξη. Έτσι ο εκπαιδευτικός, εδώ, δεν θα «χαλαρώσει» ιδιαίτερα και θα χρειαστεί να επιστρατεύσει τη διαίσθηση και την εμπειρία του για να αξιοποιήσει επαρκώς το χρόνο του.

Πρώτος **στόχος** αυτού του μαθήματος είναι (σε αντίθεση με όλα σχεδόν τα άλλα μαθήματα) η **«καταστροφή»/αποσταθεροποίηση μιας σχέσης**. Συγκεκριμένα, μας ενδιαφέρει τα παιδιά να αρχίσουν να διερωτώνται για το μονοσήμαντο της σχέσης ανάμεσα σε αυτό που βλέπουν «με τα μάτια τους» και σε αυτό που «πραγματικά» υπάρχει.

Θεωρούμε ότι η ύπαρξη αυτής της μονοσήμαντης σχέσης στο μυαλό των παιδιών εμποδίζει την κατανόηση της δημιουργίας των «ειδώλων».

Το ρόλο αυτής της αποσταθεροποίησης εκτιμούμε ότι μπορεί να τον παίξει η πρώτη δραστηριότητα με τις ερωτήσεις. Γι' αυτό, αφού τα παιδιά σκεφτούν και απαντήσουν, προτείνουμε ο εκπαιδευτικός να ανοίξει μια συζήτηση με έμφαση στις ερωτήσεις που έτυχε να έχουν απαντηθεί διαφορετικά από διαφορετικούς μαθητές (και έτσι υπάρχει πιθανότητα να οδηγήσουν σε σύγκρουση απόψεων).

Δεύτερος **στόχος** του μαθήματος είναι η **επαναποκατάσταση μιας σχέσης** μεταξύ του «πραγματικού» αντικειμένου και αυτού που βλέπουμε, **με τη μεσολάβηση όμως των φωτεινών ακτίνων**.

Τη σχέση αυτή τη δηλώνουμε (δεν περιμένουμε να την «ανακαλύψουν» τα παιδιά) και επιχειρούμε να την εγκυροποιήσουμε/σταθεροποιήσουμε με τις δύο πειραματικές δραστηριότητες που ακολουθούν (δημιουργίας ειδώλων από διάθλαση σε ελεύθερη επιφάνεια νερού).

Για την επαναποκατάσταση της σχέσης, αν και υπάρχει σχετικό κείμενο στα φύλλα εργασίας των παιδιών, η διδακτική παρέμβαση του εκπαιδευτικού θεωρείται αποφασιστική.

Τέλος, τα παιδιά, ίσως χρειαστούν βοήθεια στην πραγματοποίηση της διάταξης με το νόμισμα (και συγκεκριμένα καθοδήγηση για τη θέση που πρέπει να σταθούν για να παρατηρήσουν το είδωλό του). Να είστε διαθέσιμοι.

3^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 11):

Ο ΚΟΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΙΔΩΛΩΝ (II)

Στο μάθημα αυτό οι μαθητές θα εργαστούν στις ομάδες τους. Μια μικρή συζήτηση, πάντως, με όλη την τάξη, γύρω από το ερώτημα αν «ο κάθε παρατηρητής βλέπει το δικό του είδωλο», θα ήταν ενδεδειγμένη.

Στόχος αυτού του μαθήματος είναι **να συνδέσουν** οι μαθητές **τα είδωλα** που δημιουργούνται μέσω του επίπεδου καθρέφτη **με ορισμένα χαρακτηριστικά του αντικειμένου**, αλλά **και με τον «παρατηρητή»** που «βλέπει» το είδωλο.

Για το σκοπό αυτόν ζητάμε από τα παιδιά να παρατηρήσουν το είδωλο ενός μολυβιού και να απαντήσουν σε μια σειρά από ερωτήσεις που προκαλούν αυτές τις συνδέσεις.

Για παράδειγμα, η απάντηση στο «μικρότερο, μεγαλύτερο ή ίσο» έχει να κάνει και με ένα χαρακτηριστικό της «κατοπτρικής συμμετρίας» και με το γεγονός ότι από μια θέση παρατήρησης πίσω από το αντικείμενο το είδωλο μπορεί να εκτιμηθεί ως «μικρότερο», σαν συνέπεια της προοπτικής.

Το «ορθό ή ανεστραμμένο» έχει, επίσης, να κάνει με τον παρατηρητή. Ένας ξαπλωμένος παρατηρητής βλέπει στο είδωλο άλλα χαρακτηριστικά του μολυβιού να απεικονίζονται «ορθά» και άλλα να αντιστρέφονται από τα «δεξιά στα αριστερά» από ό,τι ένας όρθιος παρατηρητής (αν βέβαια κρατήσει το σύστημα συντεταγμένων του σταθερά συνδεμένο, π.χ., με τη Γη).

Για το λόγο αυτόν θεωρούμε ότι τόσο η διαδικασία της παρατήρησης του ειδώλου όσο και αυτή της ταύτισης του ειδώλου του κεριού με το ίδιο το κερί, μέσω του καθρέφτη-γυαλιού, χρειάζονται και προσοχή και χρόνο για να πραγματοποιηθούν και να κατανοηθούν (με κάποιο τρόπο).

Η τελευταία δραστηριότητα έχει στόχο να αποσυνδέσει το μέγεθος του καθρέφτη από τα χαρακτηριστικά του ειδώλου.

Δεν πετυχαίνει πάντα, αλλά αξίζει τον κόπο να δοκιμαστεί.

3° ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 12):

Ο ΚΟΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΙΔΩΛΩΝ (III)

Οι μαθητές και εδώ εργάζονται στις ομάδες τους. Η δική σας βοήθεια ίσως χρειαστεί αν διαπιστώσετε σημαντικές παρανοήσεις κατά τον έλεγχο των απαντήσεων που συμπληρώνουν οι μαθητές σας.

Στόχος του μαθήματος αυτού είναι να συνδέσουν οι μαθητές σας τα φανταστικά είδωλα που δημιουργούνται από τους σφαιρικούς καθρέφτες με τα αντικείμενα που τα προκαλούν, μέσω δύο κατηγοριών σύγκρισης: του μεγέθους (μεγαλύτερο, μικρότερο, ίσο) και του προσανατολισμού (όρθιο, ανεστραμμένο).

Δευτερευόντως, αποτελεί στόχο και η σύγκριση των σφαιρικών καθρεφτών με τους επίπεδους, μέσω των ιδιοτήτων των ειδώλων τους (έτσι γίνεται και μια μικρή επανάληψη του μαθήματος με τους επίπεδους καθρέφτες).

Θεωρούμε ότι τα παιδιά είναι πλέον εξοικειωμένα τόσο με το πλαίσιο των εργαστηριακών μαθημάτων όσο και με την οντότητα του ειδώλου, ώστε θα τα καταφέρουν χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα.

Στην τελευταία ερώτηση/δραστηριότητα μη δώσετε απάντηση. Αφήστε να δούμε αν θα ψάξουν τα αυτοκίνητα για να ελέγξουν την απάντησή τους και αν θα αναγνωρίσουν τον τύπο του καθρέφτη που έχουν τα αυτοκίνητα.

3^ο ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 13):

Ο ΚΟΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΙΔΩΛΩΝ (IV)

Στο μάθημα αυτό υπάρχουν αρκετές δραστηριότητες που θα αξιζε τον κόπο να συζητηθούν και σε ολόκληρη την τάξη (αφού πρώτα ολοκληρωθούν στο πλαίσιο των ομάδων). Αν συμβεί κάτι τέτοιο (τα παιδιά δείξουν ενδιαφέρον και για μια πιο «δημόσια» συζήτηση), τότε η ενότητα αυτή ίσως χρειαστεί και δεύτερη διδακτική ώρα για να ολοκληρωθεί. Διαθέστε τη. Αξίζει τον κόπο.

Πρώτος στόχος του μαθήματος είναι να συνδέσουν τα παιδιά την έννοια του πραγματικού ειδώλου με μια συγκεκριμένη διάταξη που την προκαλεί και να τη διαφοροποιήσουν από την έννοια του φανταστικού ειδώλου.

Δεύτερος στόχος είναι να «περιηγηθούν» τα παιδιά στον κόσμο των ειδώλων που δημιουργούνται με καθρέφτες και είτε να κατασκευάσουν διάφορα κομμάτια του (πραγματικά) είτε να τα αναπαραστήσουν (με ζωγραφιές), κάνοντας ταυτόχρονα και μια επανάληψη των προηγούμενων μαθημάτων.

Κατά τη διάρκεια των διάφορων δραστηριοτήτων, κυρίως της επανάληψης, τα παιδιά είναι πιθανό ότι θα χρειαστούν τη βοήθειά σας (για τεχνικά ζητήματα ή για ζητήματα κατανόησης). Να είστε έτοιμοι να προσφέρετε κάθε φορά την ελάχιστη δυνατή βοήθεια ώστε να «ξεκολλήσει» η ομάδα και να συνεχίσει μόνη της (τουλάχιστον μέχρι το επόμενο πρόβλημα).

Να είστε επίσης έτοιμοι να διαχειριστείτε δημόσια τις κατασκευές και τις ζωγραφιές των παιδιών.

3° ΜΑΘΗΜΑ (ΕΝΟΤΗΤΑ 14):

Ο ΚΟΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΙΔΩΛΩΝ (V)

Οι μαθητές, στο μάθημα αυτό, θα εργαστούν στις ομάδες τους. Βέβαια, η δραστηριότητα με το παράθυρο και το είδωλό του στον τοίχο θα φέρει όλες τις ομάδες (ας ελπίσουμε διαδοχικά) στο «δημόσιο» χώρο της αίθουσας. Αυτό ούτε να το αποφύγουμε μπορούμε ούτε είναι κακό.

Στόχος του μαθήματος είναι να συνδέσουν οι μαθητές τους «φακούς» πρώτα με συγκεκριμένες πορείες ακτίνων και στη συνέχεια με την παραγωγή ειδώλων.

Και στις δύο περιπτώσεις είναι πιθανό ότι οι ομάδες θα χρειαστούν τεχνική βοήθεια.

Στην πρώτη, γιατί η κίνηση του φακού μπροστά από την ακτίνα λέιζερ δεν είναι εύκολο να περιγραφεί με κείμενο (ή ακόμη και με σχήμα), όσο εύκολο είναι να περιγραφεί με ένα νεύμα: «έτσι».

Στη δεύτερη περίπτωση είναι πιθανό να μην υπάρχει ηλιόλουστο παράθυρο στην αίθυσά σας την ώρα και τη μέρα του μαθήματος. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιήστε για αντικείμενο το φωτιστικό φακό. Θα μπορέσετε να δημιουργήσετε το είδωλο του πυρακτωμένου νήματος του λαμπτήρα του φακού (αν βέβαια με πολλή προσοχή και όχι από ιδιαίτερα μεγάλη απόσταση κατευθύνετε τη δέσμη του φωτιστικού φακού πάνω στο συγκλίνοντα φακό). Στην περίπτωση αυτή βέβαια δεν μπορείτε να πείσετε για την αναστροφή του ειδώλου.

Επιμείνετε τέλος στους λογαριασμούς και την κατανόηση της ισχύος του φακού. Θα χρειαστεί για το επόμενο μάθημα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΦΥΛΛΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Β' ΜΕΡΟΣ

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....

Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

Μπορούν να χειριστούν οι μαθητές τα βασικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των φακών;

Έλεγχος

- Αριθμός μαθητών που απέτυχε να χειριστεί τις τάσεις των μπαταριών:
- Αριθμός μαθητών που απέτυχε να χειριστεί την τάση λειτουργίας της λάμπας του φακού:

Πρόβλεψη:

- Αριθμός μαθητών που απέτυχε να χειριστεί τη σχέση των τάσεων των μπαταριών με την τάση λειτουργίας της λάμπας:
- Πού εντοπίζονται, βασικά, οι αδυναμίες;

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

Κατασκευή οθόνης:

- Πόσα διαφορετικά είδη κατασκευών προέκυψαν;

.....

- Πόσες κατασκευές δεν ήταν τελικά λειτουργικές;

.....

Διάταξη:

- Ποια και πόσα είδη διατάξεων προέκυψαν;

1^ο:

2^ο:.....

3^ο:.....

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 2^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

Θυμούνται οι μαθητές όσα έκαναν στην προηγούμενη ενότητα;

Απεικόνιση διατάξεων

- Αριθμός μαθητών που απέτυχε να σχεδιάσει τη διάταξη της:

1^{ης} περίπτωσης

Σχετικά εναλλακτικά σχέδια:

2^{ης} περίπτωσης

Σχετικά εναλλακτικά σχέδια:

3^{ης} περίπτωσης

Σχετικά εναλλακτικά σχέδια:

4^{ης} περίπτωσης

Σχετικά εναλλακτικά σχέδια:

Απεικόνιση σκιών:

Εναλλακτικές εικόνες σκιάς 1^{ης} περίπτωσης:

Εναλλακτικές εικόνες σκιάς 2^{ης} περίπτωσης:

Εναλλακτικές εικόνες σκιάς 3^{ης} περίπτωσης:

Εναλλακτικές εικόνες σκιάς 4^{ης} περίπτωσης:

Να θυμάστε ότι αν δεν εμφανιστούν διαφορετικά εναλλακτικά σχέδια οι μαθητές δεν ζωγραφίζουν ό,τι βλέπουν. Ζωγραφίζουν, πιθανότατα, ό,τι νομίζουν πως θα θέλατε εσείς να δείτε!

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 3^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

Θυμούνται οι μαθητές σας όσα έκαναν στην προηγούμενη ενότητα;

Απεικόνιση διατάξεων

- Αριθμός μαθητών που απέτυχε να επιλέξει την κατάλληλη διάταξη:
.....

Σχετικές εναλλακτικές απαντήσεις:

Απεικόνιση ακτίνων που δημιουργούν τις σκιές:

Εναλλακτικές εικόνες σκιάς 1^{ης} περίπτωσης:

Εναλλακτικές εικόνες σκιάς 2^{ης} περίπτωσης:

Εναλλακτικές εικόνες σκιάς 3^{ης} περίπτωσης:

Εναλλακτικές εικόνες σκιάς 4^{ης} περίπτωσης:

Εναλλακτικές ερμηνείες για την τέταρτη περίπτωση:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 4^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

Εντόπισαν οι μαθητές σας περιοχές παρασκιάς;

- Σημειώστε τις εναλλακτικές εικόνες που εμφανίστηκαν στην προσπάθεια να σχεδιαστεί η περιοχή της σκιάς και της παρασκιάς.

- Είχαμε μη αναμενόμενες απαντήσεις στις ερωτήσεις; Σε τι ποσοστό; Πού εκτιμάτε ότι οφείλεται αυτό;

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

- Σημειώστε τις εναλλακτικές εικόνες που εμφανίστηκαν στην προσπάθεια να σχεδιαστούν οι ζητούμενες δύο περιπτώσεις σκιών με χρήση δύο φακών.

- Σημειώστε κάποια/κάποιες από τις «καλλιτεχνικές» κατασκευές που σας προξένησαν το ενδιαφέρον.

- Πέτυχε, τελικά, η «καλλιτεχνική» δραστηριότητα ή καταναλώσατε μεγάλο μέρος του μαθήματος στη θεωρητική «επανάληψη»;

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 5^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

- Υπήρξαν προβλήματα λειτουργικής κατανόησης του κειμένου; Μπορείτε να συγκεκριμενοποιήσετε κάποια απ' αυτά;

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

- Ποια χαρακτηριστικά λειτουργίας της συσκευής λέιζερ παρουσίασαν δυσκολία στο να εντοπιστούν; Σε τι έκταση;

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

- Συνοψίστε ποιες διαφορές ανάμεσα στο φακό και την πηγή λέιζερ εντοπίστηκαν από τους μαθητές σας:

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

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 6^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

- Δημιούργησε ιδιαίτερα προβλήματα η φράση: «Με τον τρόπο αυτό η ακτίνα που βγαίνει από την πηγή λέιζερ θα φωτίζει το χαρτί εκεί από όπου περνάει και θα είναι σαν να βλέπετε την ίδια την ακτίνα»; Μπορείτε να εντοπίσετε κάποιο με ιδιαίτερο ενδιαφέρον;

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

- Παρουσιάστηκαν προβλήματα στις ζωγραφιές των μαθητών; Οφείλονταν σε παρανοήσεις ή σε δυσκολίες σχετικές με την πειραματική διάταξη; Κάποια με ιδιαίτερο ενδιαφέρον;

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

- Είχαμε ικανοποιητικά ποσοστά επιτυχίας στις επιλογές των απαντήσεων; Κάποια ιδιαίτερα προβλήματα;

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

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 7^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

Τι ποσοστό μαθητών πέτυχε, από μόνο του, να κατευθύνει τη δέσμη λέιζερ, μέσω του καθρέφτη, σε όποιο σημείο του ταβανιού ήθελε;

.....
.....

Τι ποσοστό μαθητών πέτυχε το ίδιο πράγμα μετά από υπόδειξη των συμμαθητών του;

.....
.....

Τι ποσοστό μαθητών δεν κατάφερε τελικά να χειριστεί τη δραστηριότητα;

.....
.....

Τι ποσοστό μαθητών πέτυχε να σχεδιάσει καλά τις ακτίνες (προσπίπτουσα και ανακλώμενη);

.....
.....

Τι ποσοστό μαθητών πέτυχε να εντοπίσει ρητά την ισότητα (ομοιότητα ή σχέση με κάποια άλλη διατύπωση) των γωνιών πρόσπτωσης και ανάκλασης, πριν από τη διαδικασία της μέτρησής τους;

.....
.....

Τι ποσοστό μαθητών πέτυχε να εντοπίσει ρητά την ισότητα των γωνιών πρόσπτωσης και ανάκλασης, μετά τη διαδικασία της μέτρησής τους;

.....
.....

Κάποιο ενδιαφέρον και μη αναμενόμενο γεγονός;

.....
.....

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 8^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

Υπήρξαν ομάδες μαθητών που χρειάστηκαν τη βοήθειά σας για να μπορέσουν να στήσουν τη διάταξη; Πόσες;

.....

Τι ποσοστό μαθητών σας απέτυχε να ζωγραφίσει με επιτυχία την πορεία της διαθλώμενης ακτίνας; Τι εναλλακτικά σχήματα προέκυψαν;

.....

Τι ποσοστό μαθητών σας απέτυχε να ζωγραφίσει με επιτυχία την πορεία της ανακλώμενης ακτίνας; Τι εναλλακτικά σχήματα προέκυψαν;

.....

Τι ερμηνείες δόθηκαν για το τρέμουλο της φωτεινής κηλίδας στο ταβάνι;

.....

.....

.....

.....

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 9^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

Τι ποσοστό μαθητών δεν κατάφερε να λύσει (και να κατανοήσει) το πρόβλημα της θαλάσσιας χελώνας;

.....
.....

Τι ποσοστό μαθητών δεν κατάφερε να σχεδιάσει κατά τον αναμενόμενο τρόπο την πορεία της ακτίνας «από τον αέρα στο νερό»;

.....
.....

Τι ποσοστό μαθητών δεν κατάφερε να σχεδιάσει κατά τον αναμενόμενο τρόπο την πορεία της ακτίνας «από το νερό στον αέρα»;

.....
.....

Ποιες από τις κατασκευές των διαθλώμενων και ανακλώμενων ακτίνων παρουσίασαν τόσες δυσκολίες ώστε εμπόδισαν μία τουλάχιστον από τις ομάδες μαθητών να τις πραγματοποιήσει;

Ποιες ήταν ακριβώς οι κατασκευαστικές αδυναμίες;

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

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 10^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

Ποιες ερωτήσεις προκάλεσαν διαφορετικές απαντήσεις;

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

Ποιες ερωτήσεις χρησιμοποιήθηκαν ως αφορμή για συζήτηση και **πέτυχαν** στο σκοπό τους (προκάλεσαν «σύγκρουση» απόψεων);

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

Ποιες ερωτήσεις χρησιμοποιήθηκαν ως αφορμή για συζήτηση και **δεν πέτυχαν** στο σκοπό τους (οδήγησαν αμέσως σε συναίνεση);

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

Τι προβλήματα δημιουργήθηκαν κατά τη διαδικασία υλοποίησης των πειραματικών διατάξεων;

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 11^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

Τι ποσοστά εμφανίστηκαν στις απαντήσεις των ερωτήσεων:

- Φαίνεται το «είδωλο» του μολυβιού μεγαλύτερο, μικρότερο ή ίσο με το μολύβι που έχετε βάλει μπροστά στον καθρέφτη;
 - Μεγαλύτερο: ... Μικρότερο: ... Ίσο: ...
 - Αν πλησιάσετε το μολύβι στον καθρέφτη το «είδωλο» φαίνεται:
 - Να μεγαλώνει: ... Να μικραίνει: ... Να μην αλλάζει: ...
 - Φαίνεται το «είδωλο» του μολυβιού να έχει τον ίδιο προσανατολισμό με το μολύβι που έχετε μπροστά στον καθρέφτη;
 - Έχει τον ίδιο προσανατολισμό: ..., είναι ανεστραμμένο (τα πάνω - κάτω): ..., είναι ανεστραμμένο (τα δεξιά - αριστερά): ..., είναι ανεστραμμένο (τα μπρος - πίσω): ...
 - Φαίνεται το «είδωλο» του μολυβιού να είναι πάνω στον καθρέφτη, μπρος από τον καθρέφτη ή πίσω του;
 - Πάνω στον καθρέφτη: ..., μπρος από τον καθρέφτη: ..., πίσω από τον καθρέφτη: ...
 - Βλέπετε όλοι το ίδιο είδωλο ή ο καθένας από τους μαθητές της ομάδας, ανάλογα με το πού στέκεται, βλέπει και διαφορετικό «είδωλο» του ίδιου μολυβιού;
- Όλοι βλέπουν το ίδιο είδωλο: ..., ο καθένας βλέπει διαφορετικό είδωλο: ...

Τι προβλήματα παρουσίασε η δραστηριότητα σύγκρισης του ειδώλου που δημιούργησαν τα παιδιά με το γυαλί;

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

Πώς ήταν τα ποσοστά των απαντήσεων στην ερώτηση:

- Υπάρχει κάποια σχέση ανάμεσα στην απόσταση «αναμμένου κεριού – γυαλιού» και «ειδώλου αναμμένου κεριού – γυαλιού»;
Όχι: . . . , είναι ίδιες / ίσες: . . . , είναι περίπου ίδιες / ίσες: . . .

Πέτυχαν τα παιδιά να αποσυνδέσουν το μέγεθος του καθρέφτη από τα χαρακτηριστικά των ειδώλων που δημιουργεί;

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

Τι εναλλακτικές ιδέες προβλήθηκαν;

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

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 12^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

Τι ποσοστό μαθητών δεν κατάφερε να συμπληρώσει τον πίνακα για τον κοίλο καθρέφτη χωρίς τη βοήθειά σας;

.....
.....

Τι ποσοστό μαθητών δεν κατάφερε να συμπληρώσει τον πίνακα για τον κυρτό καθρέφτη χωρίς τη βοήθειά σας;

.....
.....

Με τι ποσοστά διάλεξαν απαντήσεις οι μαθητές σας:

- Ποιοι καθρέφτες δημιουργούν είδωλα μεγαλύτερα από τα αντικείμενα;
Οι επίπεδοι: . . . , Οι κοίλοι: . . . , Οι κυρτοί: . . .
- Ποιοι καθρέφτες δημιουργούν είδωλα μόνο μικρότερα από τα αντικείμενα;
Οι επίπεδοι: . . . , Οι κοίλοι: . . . , Οι κυρτοί: . . .
- Ποιοι καθρέφτες δημιουργούν ανεστραμμένα είδωλα των αντικειμένων;
Οι επίπεδοι: . . . , Οι κοίλοι: . . . , Οι κυρτοί: . . .

Με τι ποσοστά διάλεξαν καθρέφτη για τα αυτοκίνητα;

Τον επίπεδο: . . . , Τον κοίλο: . . . , Τον κυρτό: . . .

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 13^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

Τι ποσοστό ομάδων δεν κατάφερε να κατασκευάσει το πραγματικό είδωλο χωρίς τη βοήθειά σας;

.....
.....

Τι ποσοστό ομάδων δεν κατάφερε να κατασκευάσει «τη φωτιά μέσα στο νερό»;

.....
.....

Τι ποσοστό ομάδων δεν κατάφερε να κατασκευάσει πολλαπλά είδωλα με τους επίπεδους καθρέφτες;

.....
.....

Τι ποσοστό ομάδων δεν ασχολήθηκε να ζωγραφίσει τη «μάχη» του Περσέα με τη Μέδουσα;

.....
.....

Είχαν οι ζωγραφίες της «μάχης» τη σωστή διάταξη Περσέα - καθρέφτη - Μέδουσας;

.....
.....

Εμφανίστηκαν κάποιες ζωγραφιές που φανερώνουν παρανοήσεις; Ποιες;

Τι ποσοστό ομάδων δεν ασχολήθηκε να ζωγραφίσει τη «μάχη» του Αρχιμήδη με τα ρωμαϊκά πλοία;

.....
.....

Είχαν οι ζωγραφιές της «μάχης» τη σωστή διάταξη Ήλιου - καθρέφτη - πλοίων;

.....
.....

Εμφανίστηκαν κάποιες ζωγραφιές που φανερώνουν παρανοήσεις; Ποιες;

Τι ποσοστό ομάδων δεν ασχολήθηκε να ζωγραφίσει την πορεία των ακτίνων στα «πιάτα» των τηλεοράσεων;

.....
.....

Είχαν οι ζωγραφιές των «πιάτων» σωστές πορείες ακτίνων;

.....
.....

Εμφανίστηκαν κάποιες ζωγραφιές που φανερώνουν παρανοήσεις;
Ποιες;

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 14^{ης} ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τάξη: Ημερομηνία:.....
Αριθμός μαθητών: Αριθμός ομάδων:.....

Τι ποσοστό ομάδων δεν κατάφερε να ζωγραφίσει ικανοποιητικά τις πορείες των ακτίνων μέσα από τους φακούς;

.....
.....

Πέτυχε η κατασκευή του ειδώλου του παραθύρου;
Αν όχι, πώς χειριστήκατε εναλλακτικά το ζήτημα και με τι αποτελέσματα και προβλήματα;

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

Είχε προβλήματα η μέτρηση της εστιακής απόστασης;

.....
.....

Τι ποσοστό μαθητών δεν κατάφερε να υπολογίσει την ισχύ;

.....
.....

Διατυπώθηκαν ενδιαφέρουσες υποθέσεις για τις συνέπειες της χρήσης του δακτυλίου-διαφράγματος;

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