

ΦΥΣΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΒΙΒΛΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ	Νικόλαος Αντωνίου , Καθηγητής Πανεπιστημίου Αθηνών Παναγιώτης Δημητριάδης , Φυσικός, Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Κωνσταντίνος Καμπούρης , Φυσικός, Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Κωνσταντίνος Παπαμιχάλης , Φυσικός, Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Λαμπρινή Παπατσιμπα , Φυσικός, Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης
ΚΡΙΤΕΣ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΕΣ	Κωνσταντίνος Κρίκος , Σχολικός Σύμβουλος Πέτρος Περσεφόνης , Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών <i>(Τμήμα Φυσικής)</i> Γεώργιος Τουντουλίδης , Φυσικός, Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης
ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ	Θεόφιλος Χατζητσομπάνης , Μηχανικός ΕΜΠ, Εκπαιδευτικός
ΦΙΛΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ	Βασιλική Αναστασοπούλου , Φιλολόγος
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΠΟΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΓΓΡΑΦΗ	Γεώργιος Κ. Παληός , Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου
ΕΞΩΦΥΛΛΟ	Καραβούζης Σαράντης , Ζωγράφος
ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	ΑΦΟΙ Ν. ΠΑΠΠΑ & ΣΙΑ Α.Ε.Β.Ε. , Ανώνυμος Εκδοτική & Εκτυπωτική Εταιρεία

Πράξη με τίτλο:	Γ' Κ.Π.Σ./ΕΠΕΑΕΚ II/Ενέργεια 2.2.1/Κατηγορία Πράξεων 2.2.1.α: «Αναμόρφωση των προγραμμάτων σπουδών και συγγραφή νέων εκπαιδευτικών πακέτων»
	ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ Δημήτριος Γ. Βλάχος Ομότιμος Καθηγητής του Α.Π.Θ. <i>Πρόεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου</i> «Συγγραφή νέων βιβλίων και παραγωγή υποστηρικτικού εκπαιδευτικού υλικού με βάση το ΔΕΠΠΣ και τα ΑΠΣ για το Γυμνάσιο» Επιστημονικός Υπεύθυνος Έργου Αντώνιος Σ. Μπομπέτσης <i>Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου</i> Γεώργιος Κ. Παληός <i>Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου</i> Αναπληρωτές Επιστημονικοί Υπεύθυνοι Έργου Ιγνάτιος Ε. Χατζηευστρατίου <i>Μόνιμος Πάρεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου</i> Γεώργιος Χαρ. Πολύζος <i>Πάρεδρος Ε.Θ. του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου</i>
Έργο συγχρηματοδοτούμενο 75% από το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και 25% από εθνικούς πόρους.	

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Νικόλαος Αντωνίου, Παναγιώτης Δημητριάδης, Κωνσταντίνος Καμπούρης,
Κωνσταντίνος Παπαμιχάλης, Λαμπρινή Παπασίμπα

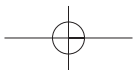
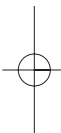
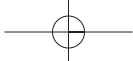
ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ: 

ΦΥΣΙΚΗ

Γ' Γυμνασίου

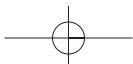
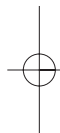
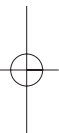
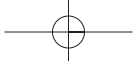
ΒΙΒΛΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑ



Περιεχόμενα

Εισαγωγή	7
Χαρακτηριστικά του βιβλίου του μαθητή	11
Χαρακτηριστικά του βιβλίου του εκπαιδευτικού	13
Ενότητα 1: Ηλεκτρισμός – Απλά ηλεκτρικά κυκλώματα.....	19
Κεφάλαιο 1: Ηλεκτρική δύναμη και φορτίο.....	31
Κεφάλαιο 2: Απλά ηλεκτρικά κυκλώματα	37
Κεφάλαιο 3: Ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος.....	45
Ενότητα 2: Ταλαντώσεις – Κύματα.....	53
Κεφάλαιο 4: Ταλαντώσεις	57
Κεφάλαιο 5: Μηχανικά κύματα	61
Ενότητα 3: Οπτική	65
Κεφάλαιο 6: Οπτική	76
Κεφάλαιο 7: Ανάκλαση του φωτός.....	79
Κεφάλαιο 8: Διάθλαση του φωτός.....	83
Κεφάλαιο 9: Φακοί και οπτικά όργανα	87
Ενότητα 4: Πυρήνας και πυρηνικά φαινόμενα	89
Κεφάλαιο 10: Ο ατομικός πυρήνας	102
Κεφάλαιο 11: Πυρηνικές αντιδράσεις	102



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αγαπητέ συνάδελφε

Ο οδηγός του καθηγητή για τη διδασκαλία της Φυσικής Γ Γυμνασίου συγγράφηκε με κύριο σκοπό να διευκολύνει στην επίτευξη των διδακτικών στόχων κάθε μαθήματος παρά να καθοδηγήσει βήμα προς βήμα στη διδακτική πορεία που θα ακολουθηθεί στην τάξη.

Η γνώση δεν μεταδίδεται από το δάσκαλο στο μαθητή αλλά οικοδομείται από κάθε άτομο χωριστά. Με βάση αυτό το δεδομένο, ο ρόλος του δασκάλου, στο σύγχρονο, διαρκώς μεταβαλλόμενο και εμπλουτιζόμενο με γνώσεις, κοινωνικό περιβάλλον, είναι να οργανώνει κατάλληλες συνθήκες, ώστε να καθοδηγεί τους μαθητές στη διαδικασία της μάθησης και να τους βοηθά να μάθουν.

As μη ξεχνάμε ότι ένας σύγχρονος δάσκαλος:

- ▶ Είναι δημιουργός ευκαιριών μάθησης.
- ▶ Δεν ξεχνά ότι απώτερος σκοπός της εκπαίδευσης είναι η προοδευτική ανεξαρτητοποίηση του μαθητή από τον δάσκαλο.
- ▶ Βιώνει έντονα και βαθιά ότι ο μαθητής ζει σ' ένα κόσμο που διαρκώς αλλάζει, με ολοένα και γρηγορότερους ρυθμούς.
- ▶ Προετοιμάζεται αδιάκοπα.

Ειδικότερα, αντιμετωπίζοντας τη διδασκαλία της Φυσικής ως μια κατ' εξοχή ενεργό διαδικασία οικοδόμησης γνώσης, έχουμε την άποψη ότι τα διδακτικά βήματα καθώς και οι μαθησιακές δραστηριότητες δε μπορεί να είναι αυστηρά καθορισμένες, αλλά ότι κάθε φορά προκύπτουν από τη δυναμική αλληλεπίδραση δασκάλου - μαθητή. Με αυτή τη λογική θεωρούμε ότι το βιβλίο του καθηγητή θα πρέπει να περιέχει με σαφήνεια τους διδακτικούς στόχους και να προτείνει σειρά δραστηριοτήτων και ενεργειών που θα διευκολύνουν την υλοποίησή τους. Τονίζουμε ότι οι προτεινόμενες δραστηριότητες (σχέδιο διδασκαλίας) δεν προορίζονται για τυφλή εφαρμογή. Είναι απλά μια πρόταση. Ο διδάσκων προσαρμόζει τις προτάσεις στους δικούς του μαθητές και στις δικές του αντιλήψεις με τελικό σκοπό την επίτευξη των διδακτικών στόχων. Έτσι, στο βιβλίο του καθηγητή συνήθως περιέχονται περισσότερες δραστηριότητες από όσες μπορούν να πραγματοποιηθούν στον αντίστοιχο χρόνο που διαρκεί η διδασκαλία.

Οι γενικές αρχές στις οποίες στηρίχθηκε η συγγραφή ολόκληρου του διδακτικού πακέτου ενυπάρχουν στο βιβλίο του μαθητή και σε αδρές γραμμές περιγράφονται στη συνέχεια.

Γενικές αρχές της διδασκαλίας σύμφωνα με τις αρχές της σύγχρονης επιστημονικής μεθόδου.

Σύμφωνα με τις αντιλήψεις που κυριαρχούν στη σύγχρονη επιστημονική κοινότητα, η περιγραφή και η ερμηνεία των φυσικών φαινομένων γίνεται στο πλαίσιο της γλώσσας

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

που χρησιμοποιεί η Φυσική επιστήμη, έτσι ώστε να διασφαλίζονται τρεις θεμελιώδεις απαιτήσεις:

α) Η ενότητα που υποκρύπτεται κάτω από την πολλαπλότητα και ποικιλία των φυσικών φαινομένων. Ενότητα, που προκύπτει από τον τρόπο διατύπωσης των φυσικών θεωριών και τον εμπειρικό τους έλεγχο.

β) Η υποθετικο-παραγωγική δόμηση των θεωρητικών προτύπων. Δηλαδή, οι φυσικές θεωρίες (ή τα πρότυπα) θεμελιώνονται πάνω σε μικρό σύνολο, λίγο – πολύ αυθαίρετων υποθέσεων. Οι υπόλοιπες προτάσεις, που αφορούν την περιγραφή ή την ερμηνεία των φυσικών φαινομένων, προκύπτουν από τις υποθέσεις αυτές με τη βοήθεια των νόμων της Λογικής και των Μαθηματικών.

γ) Η δυνατότητα εμπειρικού (πειραματικού) ελέγχου των θεωρητικών προβλέψεων.

Η ενοποιητική και συνεκτική εικόνα που επιχειρούν οι επιστήμονες να μορφοποιήσουν για τον κόσμο, αναπόφευκτα ασκεί σημαντική επίδραση τόσο στο περιεχόμενο όσο και στο χαρακτήρα της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες. Έτσι, η συγκρότηση των διδακτικών πακέτων και η διδασκαλία των φυσικών επιστημών εδράζεται στους ακόλουθους βασικούς άξονες:

Α) Οικοδόμησης της επιστημονικής γλώσσας, που χρησιμοποιεί η σύγχρονη επιστημονική κοινότητα στις φυσικές επιστήμες. Η οικοδόμηση ξεκινά με την «κοινή» γλώσσα που χειρίζονται οι μαθητές και τη διαλεκτική σχέση της με το εμπειρικό υπόβαθρό τους. Αναδεικνύεται έτσι η αναγκαιότητα σύνθεσης μιας νέας γλώσσας, της επιστημονικής, που θα είναι ακριβέστερη της κοινής και προσφορότερη για την περιγραφή και ερμηνεία των φυσικών φαινομένων.

Β) Ενοποιητική περιγραφή και ερμηνεία των φυσικών φαινομένων, αφενός με την αξιοποίηση θεμελιωδών εννοιών, όπως η ενέργεια, και αφετέρου με τη χρήση ενός συνεχώς εμπλουτιζόμενου προτύπου μικροσκοπικής δομής της ύλης, ως ενιαίου τρόπου ερμηνείας τους. Παράλληλα, με συνεχείς αναφορές στο εμπειρικό υπόβαθρο του μαθητή γίνεται διάκριση της μακροσκοπικής περιγραφής των φαινομένων και του προτύπου που χρησιμοποιείται για την ερμηνεία τους.

Γ) Ανάδειξη του εμπειρικού χαρακτήρα των φυσικών επιστημών, στο βαθμό που απαραίτητη προϋπόθεση εγκυρότητας κάθε θεωρητικού προτύπου είναι η δυνατότητα διατύπωσης προβλέψεων, που να μπορούν να ελεγχθούν πειραματικά. Έτσι, μέσω του πειράματος ελέγχεται διαρκώς η αυτοσυνέπεια ολόκληρου του οικοδομήματος.

Οι γενικές αρχές της διδασκαλίας που συνεπάγονται οι παραπάνω απαιτήσεις, καταγράφονται σχηματικά στο διάγραμμα που ακολουθεί.

✓ Προτρέπουμε τους μαθητές να περιγράψουν στο πλαίσιο της γλώσσας που ήδη κατέχουν και χρησιμοποιούν, φυσικά φαινόμενα που παρατηρούν στην καθημερινή ζωή ή, μέσω δραστηριοτήτων, στην τάξη.

Τα φυσικά φαινόμενα, που πρόκειται να μελετηθούν, αρχικά περιγράφονται στο εννοι-

ολογικό πεδίο της καθημερινής γλώσσας που ήδη κατέχει ο μαθητής. Χρησιμοποιούνται εικόνες από την καθημερινή ζωή, δεδομένα από την εμπειρία που έχει συσσωρεύσει κατά τη μέχρι τότε ζωή του και γνώσεις που έχει κατακτήσει κατά τη φοίτηση του στις προηγούμενες σχολικές χρονιές.

✓ Αναδεικνύουμε την ανεπάρκεια των εννοιών της καθημερινής γλώσσας όσον αφορά στην ακριβή και σαφή περιγραφή των φυσικών φαινομένων.

Αντιδιαστέλλουμε την περιγραφή των ίδιων φαινομένων με την καθημερινή γλώσσα και με την επιστημονική. Δείχνουμε ότι η νέα γλώσσα χαρακτηρίζεται από ακρίβεια, σαφήνεια και οικονομία όρων.

✓ Κατά τη διδασκαλία εισάγουμε σταδιακά τις έννοιες της γλώσσας του επιστημονικού πεδίου που διδάσκουμε και τις χρησιμοποιούμε για να περιγράψουμε, να ταξινομούμε και να αναλύουμε τα φυσικά φαινόμενα.

Η διδασκαλία του νέου γλωσσικού περιβάλλοντος υποστηρίζεται από πειράματα επίδειξης και δραστηριότητες μέσα στην τάξη. Έτσι, ώστε με την καθοδήγηση του διδάσκοντος, ο μαθητής να αντιληφθεί ότι για να περιγράψουμε, να αναλύσουμε και να ερμηνεύσουμε τα φυσικά φαινόμενα, είμαστε αναγκασμένοι να ορίσουμε ένα κατάλληλο σύνολο φυσικών εννοιών και να προσδιορίσουμε τις μεταξύ τους σχέσεις. Μαθαίνει, με τον τρόπο αυτό, πώς διαμορφώνεται ένα θεωρητικό μοντέλο.

✓ Δείχνουμε ότι με μικρό αριθμό νέων εννοιών μπορούμε να περιγράψουμε με ενιαίο τρόπο διαφορετικά φαινόμενα και να διατυπώσουμε σχέσεις και φυσικούς νόμους.

➤ Οικοδομούμε και εμπλουτίζουμε, σταδιακά, την επιστημονική γλώσσα. Προσπαθούμε να εξοικειώσουμε τους μαθητές με αυτήν.

➤ Αντιδιαστέλλουμε την επιστημονική γλώσσα με την «καθημερινή». Επιχειρούμε να ανιχνεύσουμε και να άρουμε τις παρανοήσεων των μαθητών.

✓ Παροτρύνουμε τους μαθητές στη διατύπωση ερωτήσεων με στόχο τη βαθύτερη κατανόηση της λειτουργίας του φυσικού κόσμου.

Καθοδηγούμε τους μαθητές στη διαμόρφωση υποθέσεων και τη σύνθεση απλών θεωρητικών μοντέλων για να ερμηνεύσουν τα φυσικά φαινόμενα και τους νόμους, που έχουν ήδη διατυπώσει.

✓ Με συγκεκριμένες πειραματικές δραστηριότητες αναδεικνύουμε τη σημασία της μέτρησης και ελέγχουμε συγκεκριμένες θεωρητικές προβλέψεις. Αξιολογούμε συνολικά το θεωρητικό μοντέλο που χρησιμοποιούμε για την περιγραφή των φαινομένων που μελετάμε.

Θεμελιώδης επιδίωξη είναι ο μαθητής να αποκτήσει την ικανότητα να χρησιμοποιεί τα απλά θεωρητικά μοντέλα που διδάσκεται, ώστε:

(α) να προβλέπει την εξέλιξη φυσικών διαδικασιών και τα αποτελέσματα των πειραμάτων, που περιέχονται στο κείμενο, στις «Δραστηριότητες», στις ασκήσεις ή στον Εργαστηριακό Οδηγό.

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

(β) να ερμηνεύει τα φυσικά φαινόμενα που περιγράφονται, ή τα αποτελέσματα των πειραμάτων που πραγματοποιεί ο ίδιος ή ο διδάσκων.

(γ) να ελέγχει την αξιοπιστία και τις ερμηνευτικές δυνατότητες του θεωρητικού μοντέλου που χρησιμοποιεί, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των θεωρητικών προβλέψεων με τα πειραματικά δεδομένα.

Σύμφωνα με τις παραπάνω αρχές και σε συνάφεια με τη διδακτική μεθοδολογία που αναπτύχθηκε, οι γενικοί διδακτικοί στόχοι της Φυσικής Γ' Γυμνασίου μπορούν να συμπεκνωθούν στους ακόλουθους:

Ο μαθητής, με το πέρας της διδασκαλίας της Φυσικής Γ' Γυμνασίου, πρέπει να είναι ικανός να:

Α. Χρησιμοποιεί ένα ενιαίο πλέγμα επιστημονικών εννοιών, μεγεθών και σχέσεων (λογικών ή μαθηματικών), για να περιγράφει, να αναλύει και να προβλέπει φαινόμενα του Ηλεκτρομαγνητισμού, συναφή με εκείνα που αναπτύσσονται στο βιβλίο.

Β. Ερμηνεύει φυσικά φαινόμενα του μακρόκοσμου, χρησιμοποιώντας απλά θεωρητικά μοντέλα του μικρόκοσμου.

Γ. Ελέγχει και αξιολογεί το εννοιολογικό πλαίσιο που χρησιμοποιεί για να κατανοήσει τη φύση σχεδιάζοντας και πραγματοποιώντας τις κατάλληλες πειραματικές δραστηριότητες.

Ευχόμαστε καλή επιτυχία στο έργο σου
Οι συγγραφείς

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΤΟΥ ΜΑΘΗΤΗ

ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΩΝ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΤΟΥ ΜΑΘΗΤΗ

Εισαγωγή Ενότητας-Κεφαλαίου

Κάθε ενότητα έχει ως προμετωπίδα μια ολοσέλιδη φωτογραφία όπου αναπαριστώνται θέματα που σχετίζονται με βασικές έννοιες που θα συζητηθούν στην ενότητα. Η εικόνα συνοδεύεται από μια μικρή ιστορία, με στόχο να διεγείρει το ενδιαφέρον των μαθητών. Ακολουθούν οι βασικοί στόχοι της ενότητας.

Κάθε κεφάλαιο έχει ως προμετωπίδα μια ολοσέλιδη φωτογραφία με θέμα κάποια κεντρική έννοια που θα μελετηθεί και συνδέεται με τα ενδιαφέροντα των μαθητών, με φαινόμενα της καθημερινής ζωής, ή με σύγχρονες τεχνολογικές εφαρμογές. Η εικόνα συνοδεύεται από μια μικρή ιστορία που επεξηγεί το θέμα που απεικονίζεται σε αυτή και το συνδέει με έννοιες της φυσικής. Τέλος ένα μικρό κείμενο αναφέρεται στους διδακτικούς στόχους του κεφαλαίου.

Το εισαγωγικό κείμενο κάθε κεφαλαίου περιέχει στοιχεία από την ιστορία ή την τεχνολογία, που αφορούν τις έννοιες που θα συζητηθούν στο κεφάλαιο. Επίσης τίθεται και μια σειρά ερωτημάτων χωρίς τις αντίστοιχες απαντήσεις, τα οποία εξάπτουν το ενδιαφέρον και την περιέργεια των μαθητών και κυρίως αποτελούν μια νύξη για το πώς οι έννοιες που θα αναπτυχθούν στο κεφάλαιο συνδέονται με την καθημερινή ζωή. Οι απαντήσεις των ερωτημάτων δίνονται άμεσα ή έμμεσα στις αντίστοιχες παραγράφους του βιβλίου και καλό είναι, την κατάλληλη στιγμή κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, να τονίζεται στους μαθητές η σύνδεση αυτή.

Οργάνωση κειμένου-εικόνας

Το βιβλίο συγκροτείται από 4 γενικές ενότητες: Ηλεκτρισμός, Μηχανικά κύματα-Ταλαντώσεις, Οπτική, Πυρηνικά φαινόμενα-Πυρήνας. Κάθε γενική ενότητα αποτελείται από 2 έως 5 κεφάλαια. Κάθε κεφάλαιο αποτελείται από 5 έως 16 κύριες παραγράφους που υποδιαιρούνται σε υποπαραγράφους, όπου αναλύονται τα στοιχεία του υπό συζήτηση θέματος. Στην έναρξη κάθε παραγράφου με πλάγια γράμματα διατυπώνονται ερωτήματα με στόχο να προβληματίσουν το μαθητή σχετικά με τα φαινόμενα που πρόκειται να μελετηθούν. Με έντονα γράμματα τονίζονται οι σημαντικότερες προτάσεις-συμπεράσματα της παραγράφου.

Οι εικόνες λειτουργούν παράλληλα και επεξηγηματικά με το κείμενο. Πολλές απ' αυτές έχουν σχεδιασθεί έτσι, ώστε να αποτελούν εικονική αναπαράσταση του θεωρητικού μοντέλου, που χρησιμοποιείται για την ερμηνεία των σχετικών φαινομένων. Έτσι, σε πολλές εικονίζονται ταυτόχρονα δυο παράλληλα επίπεδα: το μακροσκοπικό και το μικροσκοπικό. Είναι σημαντικό να τονίζεται στους μαθητές η διαφοροποίηση των δυο περιγραφών και να επισημαίνεται ότι οι μακροσκοπικές ιδιότητες των σωμάτων δεν μεταφέρονται στο μικρόκοσμο (πχ τα ηλεκτρόνια δεν έχουν χρώμα).

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Κάθε παράγραφος ολοκληρώνεται με μια σειρά από ερωτήσεις, οι οποίες έχουν σχεδιασθεί έτσι, ώστε να υποβοηθούν τους μαθητές στην επανάληψη και εμπέδωση των εννοιών που έχουν διδαχθεί. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μια περίληψη, όπου ανακεφαλαιώνονται οι κυριότερες έννοιες καθώς και οι βασικοί όροι που εισάχθηκαν στο κεφάλαιο.

Με στόχο την εξοικείωση των μαθητών με την επίλυση προβλημάτων στο τέλος κάθε ενότητας αναπτύσσεται αναλυτικά η επίλυση ενός ή δυο παραδειγμάτων.

Πειραματικές δραστηριότητες: Δραστηριότητα

Σχεδόν σε κάθε παράγραφο περιλαμβάνεται τουλάχιστον μια πειραματική δραστηριότητα, που μπορεί να διεξαχθεί μέσα στην τάξη κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, με απλά μέσα ή με όργανα που διαθέτει το σχολικό εργαστήριο. Οι δραστηριότητες αυτές είναι δυνατόν να πραγματοποιούνται από τους ίδιους τους μαθητές στην τάξη (ή στο σπίτι) καθώς και από τον διδάσκοντα με τη μορφή πειράματος επίδειξης. Τα πειράματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την ανάδειξη των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών ή έναυσμα για την έναρξη της διδασκαλίας, ή ακόμα, για τον έλεγχο μιας θεωρητικής πρόβλεψης.

Διαθεματικά ένθετα: Φυσική και

Ένθετα στα οποία αναπτύσσονται θέματα γενικότερου ενδιαφέροντος που αφορούν την ιστορία της Φυσικής, εφαρμογές στην Τεχνολογία, διασύνδεση της Φυσικής με τις άλλες φυσικές επιστήμες (Χημεία, Βιολογία), με κοινωνικά και περιβαλλοντικά ζητήματα. Τα ένθετα αυτά είναι δυνατόν να αποτελέσουν έναυσμα για σχετικές συζητήσεις με τους μαθητές. Με τη βοήθεια σχετικής βιβλιογραφίας και τη καθοδήγηση του καθηγητή μπορούν να προκαλέσουν διεύρυνση των γνώσεων του μαθητή και να αποτελέσουν θέματα συνθετικών εργασιών-διαθεματικών δραστηριοτήτων.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ

Σε κάθε ενότητα παρατίθενται:

A. Ιστορική προσέγγιση

Από πολλούς ερευνητές υποστηρίζεται ότι η ιστορική εξέλιξη των Φυσικών Επιστημών, προκαλεί το ενδιαφέρον των μαθητών σχετικά με τις ιστορικές ρίζες των επιστημονικών εννοιών και ιδεών και τους παρέχει σημαντικά εφόδια για την κατανόησή τους. Επίσης είναι ισχυρά εδραιωμένη η άποψη ότι η γνώση από τους εκπαιδευτικούς των εποικοδομητικών διαδικασιών (δόμηση νοητικών προτύπων, δημιουργία εξωτερικών εικονικών αναπαραστάσεων, εποικοδόμηση και χειρισμός αναλογικών προτύπων), που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες για τη δημιουργία νέων εννοιολογικών δομών, είναι ο καλύτερος τρόπος για να μεταφερθεί στο παιδαγωγικό επίπεδο η επιστημονική γνώση.

Για τους παραπάνω λόγους σε κάθε κεφάλαιο προτάσσεται μια ιστορική αναδρομή σχετική με την εξέλιξη των εννοιών που πρόκειται να αναπτυχθούν σ' αυτό.

B. Γενική φιλοσοφία και διάθρωση της ενότητας

Προκειμένου να διαμορφωθεί μια συνολική αντίληψη για τον τρόπο ανάπτυξης κάθε ενότητας, γίνεται μια σύντομη περιγραφή της δομής και της ακολουθίας εισαγωγής των εννοιών σύμφωνα με την φιλοσοφία που περιγράφεται στην εισαγωγή.

Γ. Γενικοί διδακτικοί στόχοι της ενότητας

Περιγράφονται οι γενικοί στόχοι της ενότητας

Δ. Εναλλακτικές αντιλήψεις

Ένα από τα σημαντικότερα εμπόδια που ορθώνονται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, είναι η ύπαρξη των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών. Πριν από πολλές δεκαετίες επικρατούσε η αντίληψη ότι το μυαλό των μαθητών ήταν άγραφο χαρτί (tabula rasa), πάνω στο οποίο ο εκπαιδευτικός έπρεπε να σημειώσει τη γνώση την οποία ο μαθητής θα επεξεργαζόταν, έτσι ώστε να την κατακτήσει. Η αντίληψη αυτή σήμερα έχει ανατραπεί. Οι μαθητές μπαίνουν στη τάξη έχοντας οικοδομήσει αρκετά ισχυρές απόψεις για τα φυσικά φαινόμενα (εναλλακτικές ιδέες, προαντιλήψεις) οι οποίες βρίσκονται σε συμφωνία με τις εμπειρίες τους και τη γλώσσα που χρησιμοποιούν στην καθημερινή τους ζωή. Οι απόψεις αυτές συνήθως διαφοροποιούνται από τις αντίστοιχες των καθηγητών και των μελών της επιστημονικής κοινότητας. Οι μαθητές επιχειρούν να κατανοήσουν τα μαθήματα που διδάσκονται στο σχολείο, αυτά που μελετούν στα βιβλία είτε ακόμη και τις κάθε είδους πειραματικές δραστηριότητες, με βάση τις ήδη διαμορφωμένες απόψεις τους. Έτσι οι μαθητές είναι δυνατόν να αφομοιώνουν τις επιστημονικές έννοιες με ένα τρόπο τελείως διαφορετικό από αυτόν που εμείς ως δάσκαλοι επιδιώκουμε. Επομένως, σημαντική επιδίωξη της διδασκαλίας πρέπει να είναι η αντικατάσταση αυτών των αντιλήψεων από τις επιστημονικά αποδεκτές. Έχει αποδειχθεί

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

από την έρευνα ότι το έργο αυτό του δασκάλου είναι αρκετά επίπονο. Η παρακολούθηση των μαθημάτων, η επίλυση προβλημάτων, η μελέτη δεν επαρκούν, τις περισσότερες φορές, για να κλονίσουν τις παγιωμένες πεποιθήσεις των μαθητών. Περισσότερο αποτελεσματικές έχουν αποδειχθεί κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες, συνοδευόμενες από κατάλληλες ερωτήσεις και συζήτηση.

Προκειμένου να υποβοηθήσουμε το δάσκαλο να καθοδηγήσει τους μαθητές του έτσι ώστε να μπορέσουν να οικοδομήσουν την επιστημονική γλώσσα, στην αρχή κάθε κεφαλαίου παρουσιάζονται οι εναλλακτικές αντιλήψεις που είναι πιθανότερο να αντιμετωπίσει. Επίσης, το «μικρό εργαστήριο» έχει σχεδιασθεί έτσι ώστε να δίδει τη δυνατότητα ανίχνευσης και άρσης μερικών από τις πλέον κοινές εναλλακτικές ιδέες. Επιπλέον αρκετές δραστηριότητες και ερωτήσεις στις εργαστηριακές ασκήσεις, συνδέονται με τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών.

Ε. Διάγραμμα ροής της ύλης της ενότητας








Στ. Οργανόγραμμα

Πίνακας, στον οποίο αναφέρεται ενδεικτικά η ωριαία κατανομή των διδακτικών ενότητων, οι δραστηριότητες που περιλαμβάνει η κάθε μια, καθώς και συμπληρωματικό διδακτικό υλικό που μπορείτε να χρησιμοποιήσετε.

Ζ. Ανάπτυξη των επιμέρους μέρους κεφαλαίων

Για όλες τις διδακτικές ενότητες κάθε κεφαλαίου αναπτύσσονται ενδεικτικά σχέδια μαθημάτων. Ένα τυπικό σχέδιο μαθήματος περιλαμβάνει τα ακόλουθα μέρη:

- Τους στόχους του μαθήματος. Δηλαδή τι θέλουμε να έχει μάθει ή ποιες δεξιότητες θέλουμε να έχει αναπτύξει ο μαθητής στο τέλος της διδασκαλίας.
- Τα μέσα που αιτούνται για τη διεξαγωγή της διδασκαλίας μας. Για παράδειγμα, φύλλα εργασίας, πειραματικές διατάξεις, Η/Υ, λογισμικό, επιδασκόπια, κλπ.
- Τα διδακτικά βήματα που θα ακολουθήσουμε για την επίτευξη των στόχων που έχουμε θέσει καθώς και τις αντίστοιχες διδακτικές ενέργειες. Στον παρακάτω πίνακα παριστάνουμε τις διδακτικές ενέργειες με αντίστοιχα εικονίδια προκειμένου να διακρίνεται με μια ματιά σε κάθε διδακτική ενότητα η φύση της διδακτικής ενέργειας.

Εικονίδιο	ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
	Δραστηριότητα που σχετίζεται με εναλλακτικές αντιλήψεις
	Ε.Α. Εργαστηριακή άσκηση
	Π.Ε. Πείραμα επίδειξης
	Π.Δ. Δραστηριότητα που έχει σχέση με καθημερινή εμπειρία ή με κάποιο επίκαιρο θέμα. Συνήθως παρουσιάζεται στην τάξη από τον καθηγητή είτε με τη μορφή πειράματος επίδειξης ή διαφάνειας κ.τ.λ.
	Δ.Δ. Πρόταση για διαθεματική-συνθετική-δημιουργική εργασία που μπορεί να έχει ποικίλο χαρακτήρα (εργαστηριακό, κατασκευαστικό, βιβλιογραφικό).
	Επίδειξη διαφάνειας από διαφανοσκόπιο (Ο.Η.Ρ.)
	Συζήτηση του καθηγητή με ομάδες μαθητών.

- Τρόπους αξιολόγησης της διδασκαλίας μας. Δηλαδή διαδικασίες με τις οποίες ελέγχουμε σε πió βαθμό πετύχαμε τους στόχους μας. Ο έλεγχος αυτός συνήθως επιτυγχάνεται με ερωτήσεις προς τους μαθητές κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας του συγκεκριμένου μαθήματος, ώστε να ελέγχουμε την επίτευξη των στόχων της διδασκαλίας έναν προς έναν, και με την καθοδηγούμενη από εμάς συμπλήρωση φύλλου εργασίας από τους μαθητές.

Φύλλο εργασίας

Η συμπλήρωση φύλλου εργασίας από τους μαθητές κατά τη διδασκαλία διευκολύνει τον έλεγχο της επιτυχίας των στόχων που έχουμε θέσει και ταυτόχρονα είναι μια διαδικασία εφαρμογής και αφομοίωσης των νέων εννοιών και σχέσεων από τους μαθητές. Έτσι, οι ερωτήσεις του φύλλου εργασίας πρέπει να είναι συναφείς με τους επιδιωκόμενους στόχους, ώστε να είναι δυνατός ο έλεγχος του βαθμού αφομοίωσής τους από τους μαθητές. Με τον τρόπο αυτό πετυχαίνουμε μια ανάδραση, που μας βοηθάει να προσαρμόζουμε τη διδασκαλία μας στις συνθήκες της συγκεκριμένης τάξης.

Η μορφή των φύλλων εργασίας συναρτάται με το περιεχόμενο της διδασκαλίας και τα χρησιμοποιούμενα μέσα. Ειδικότερα, όταν η διδασκαλία συνοδεύεται από κάποιες μορφής πειραματική δραστηριότητα, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις βασικές μορφές φύλλων εργασίας που αντιστοιχούν σε: α) Διδασκαλία με περιορισμένες δραστηριότητες, β) Διδασκαλία που στηρίζεται σε κάποιο πείραμα επίδειξης, γ) Διδασκαλία που αφορά στην πειραματική δραστηριότητα των μαθητών (εργαστήριο κατά ομάδες).

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Ένα τυπικό, πλήρες φύλλο εργασίας περιλαμβάνει:

- 1) Τους στόχους της δραστηριότητας.
 - 2) Μικρό αριθμό επισημάνσεων που αφορούν στο θεωρητικό υπόβαθρο της πειραματικής διαδικασίας ή τη λειτουργία της πειραματικής διάταξης.
 - 3) Τα όργανα που απαιτούνται για τη συναρμολόγηση και τη λειτουργία της πειραματικής διάταξης.
 - 4) Μικρό σύνολο οδηγιών για την εκτέλεση του πειράματος.
 - 5) Επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.
Συγκεκριμένα:
 - a) Πίνακες μετρήσεων, που συμπληρώνονται από το μαθητή κατά τη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας.
 - b) Άξονες για το σχεδιασμό πειραματικών γραφικών παραστάσεων.
 - c) Ερωτήσεις που αφορούν στην περιγραφή των παρατηρούμενων φαινομένων, με τους όρους της επιστημονικής γλώσσας που έχει διδαχθεί ο μαθητής.
 - d) Ερωτήσεις που αφορούν στη διατύπωση συμπερασμάτων που προκύπτουν από την επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων.
 - e) Ερωτήσεις που αφορούν στη διατύπωση θεωρητικών προβλέψεων και επικύρωσή τους ή όχι από τα αποτελέσματα του πειράματος.
 - f) Αιτιολόγηση των αποκλίσεων μεταξύ της θεωρητικής πρόβλεψης και των πειραματικών δεδομένων: [Η πειραματική διάταξη ικανοποιεί τις απαραίτητες προϋποθέσεις και συνθήκες για τη διεξαγωγή του πειράματος, ώστε τα πειραματικά δεδομένα να είναι αξιόπιστα; Τα αποτελέσματα του πειράματος επηρεάζονται σημαντικά από παράγοντες που αγνοήσαμε στη θεωρητική ερμηνεία των αποτελεσμάτων; κλπ].
- Το μέρος του φύλλου εργασίας που αφορά στην πειραματική διαδικασία συμπληρώνεται από το μαθητή μέσα στην τάξη (μετρήσεις, γραφικές παραστάσεις, περιγραφές φαινομένων). Το υπόλοιπο (συμπεράσματα, ερωτήσεις αξιολόγησης κλπ), εφόσον δεν επαρκεί ο χρόνος, συμπληρώνεται στο σπίτι.
- Η αξιολόγηση της διδασκαλίας είναι μέρος των διδακτικών βημάτων που ακολουθούμε για την επίτευξη των στόχων και διατρέχει το σύνολο της διδακτικής διαδικασίας.
- Έτσι για κάθε κεφάλαιο αναφέρονται οι διδακτικοί στόχοι και προτείνονται ενδεικτικά μια σειρά από διδακτικές ενέργειες για την επίτευξη του κάθε στόχου. Σε κάθε διδακτική ενέργεια αντιστοιχεί και ένα εικονίδιο που τοποθετείται στο αριστερό μέρος της σελίδας. Έτσι, μπορείτε να διακρίνετε αμέσως τη φύση των διδακτικών ενεργειών, που αναπτύσσονται στο κείμενο.

Αξιολόγηση

Σύμφωνα με το Δ.Ε.Π.Π.Σ η αξιολόγηση της διδασκαλίας της Φυσικής και του μαθητή αποσκοπεί:

1) Στο να ελέγξει:

- Την επίτευξη των διδακτικών στόχων της συγκεκριμένης διδακτικής διαδικασίας
- Την καταλληλότητα του διδακτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε
- Την πρόοδο του μαθητή

2) Στο να διαπιστώσει αν οι μαθητές :

- Ορίζουν με πληρότητα και σαφήνεια τις έννοιες της Φυσικής.
- Χρησιμοποιούν ορθά την γλώσσα και τα μαθηματικά για να περιγράφουν και να ερμηνεύουν τα φυσικά φαινόμενα.
- Συσχετίζουν τους όρους και τις έννοιες της Φυσικής που έχουν διδαχθεί στην περιγραφή και ανάλυση των φυσικών φαινομένων
- Αντλούν δεδομένα από πίνακες τιμών, γραφικές παραστάσεις και μετρήσεις, ώστε να προσδιορίζουν τις ποσοτικές σχέσεις των μεγεθών στα φυσικά φαινόμενα
- Διατυπώνουν υποθέσεις και να κατασκευάζουν νοητικά μοντέλα για να ερμηνεύουν τα φυσικά φαινόμενα στο μικροσκοπικό επίπεδο.

Τα εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της διδασκαλίας μπορεί να είναι:

- Η διαγνωστική αξιολόγηση για τον έλεγχο των προαπαιτούμενων γνώσεων των μαθητών για την ενεργούμενη διδασκαλία. Στην κατηγορία αυτή μπορούμε να εντάξουμε και την ανάδειξη των πρότερων αντιλήψεων των μαθητών στη πρώτη φάση της διδασκαλίας εποικοδομητικού τύπου.
- Η διαμορφωτική αξιολόγηση για το σταδιακό έλεγχο της επίτευξης των διδακτικών στόχων. Ερωτήσεις κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, Μικρο- τεστ και ενδιάμεσες ασκήσεις αποτελούν τα εργαλεία για τη διαμορφωτική αξιολόγηση.
- Η αυτοαξιολόγηση του μαθητή μέσω της επιβεβαίωσης /διάψευσης των προβλέψεων του καθώς και η αξιολόγηση της προσπάθειας του σε μια εργαστηριακή άσκηση ή δραστηριότητα. Η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται στις εργαστηριακές ασκήσεις και τις πειραματικές δραστηριότητες.
- Η αξιολόγηση της συνολικής διδακτικής διαδικασίας με τη συμπλήρωση κατάλληλου φύλλου αξιολόγησης. Δείγματα φύλλων αξιολόγησης υπάρχουν στο βιβλίο του καθηγητή για κάθε κεφάλαιο.

Τα εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση του διδακτικού υλικού (διαφανειών, φύλλου εργασίας, εκπαιδευτικού λογισμικού, πειράματος επίδειξης κ.α.) που χρησιμοποιήθηκε σε μια διδακτική παρέμβαση για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων είναι:

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

- Τα αποτελέσματα της διαμορφωτικής αξιολόγησης που αφορούν στη συγκεκριμένη φάση της χρησιμοποίησης του διδακτικού υλικού.
- Η συγκριτική έρευνα για τη θετική /αρνητική επίπτωση του χρησιμοποιούμενου διδακτικού υλικού στην επίτευξη των διδακτικών στόχων.

Τα εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση του μαθητή είναι:

- Ερωτήσεις κυρίως ανοικτού/κλειστού τύπου για τη διαπίστωση του επιπέδου κατανόησης της διδαχθείσας γνώσης. Οι ερωτήσεις που παρατίθενται στο τέλος κάθε κεφαλαίου του βιβλίου του μαθητή, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία με τίτλο «Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες» αποτελείται από ερωτήσεις κλειστού τύπου. Η δεύτερη κατηγορία ερωτήσεων με τίτλο «Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις στις ερωτήσεις που ακολουθούν» έχουν στόχο την εφαρμογή και εμπέδωση της γνώσης που διδάχθηκε στους μαθητές.
- Η επίλυση ασκήσεων από το βιβλίο του μαθητή για τον έλεγχο της δυνατότητας του μαθητή να εφαρμόζει την διδαχθείσα γνώση.
- Η επίλυση προβλημάτων από το βιβλίο του μαθητή για τον έλεγχο της δυνατότητας του να αναλύει, να συνθέτει και να αξιολογεί συγκεκριμένες καταστάσεις με βάση τη γνώση που έχει διδαχθεί.
- Οι ανακεφαλαιωτικές εξετάσεις (διαγωνίσματα) για την εκτίμηση του συνολικού μαθησιακού αποτελέσματος.
- Οι επαναλήψεις –ανακεφαλαιώσεις.
- Οι συνθετικές εργασίες που ανατίθενται και παρουσιάζονται από τους μαθητές στην τάξη ή σε ευρύτερο ακροατήριο.
- Η αξιολόγηση των δεξιοτήτων που απέκτησε ο μαθητής στο εργαστήριο, στη χρήση συσκευών, στη διεξαγωγή μετρήσεων, στον υπολογισμό φυσικών ποσοτήτων και την γραφική αναπαράσταση φυσικών φαινομένων.

ΕΝΟΤΗΤΑ 1

Ηλεκτρισμός – Απλά Ηλεκτρικά Κυκλώματα

A. Ιστορική Προσέγγιση

Η σημερινή πλούσια γνώση που έχουμε για την δομή του ηλεκτρομαγνητισμού οφείλεται κυρίως στους ακόλουθους μεγάλους σταθμούς της επιστημονικής έρευνας, με χρονολογική σειρά:

- ☐ 1570: Συστηματική μελέτη των μαγνητών από τον Gilbert .
- ☐ 1660: Η πρώτη Ηλεκτροστατική μηχανή από τον Otto van Guericque.
- ☐ 1733: Ηλεκτροστατική έλξη και άπωση από τον Dyfay.
- ☐ 1745: Δημιουργία φιάλης Leyden από τον Bousemprouk.
- ☐ 1752: Ερμηνεία ατμοσφαιρικών ηλεκτροστατικών φαινομένων από τον B. Franklin.
- ☐ 1785: Ηλεκτροστατική δύναμη από τον Coulomb.
- ☐ 1800: Βολταϊκή στήλη από τον Volta.
- ☐ 1820: Επίδραση ευθυγράμμου ρευματοφόρου αγωγού σε μαγνητική βελόνα από τον Oersted.
- ☐ 1821: Σύνδεση μαγνητικού πεδίου και ηλεκτρικού ρεύματος (Νόμος του Ampere) από τον Ampere.
- ☐ 1821: Νόμος Biot-Savart από τους Biot και Savart.
- ☐ 1822: Το μαγνητικό πεδίο επιδρά σε ρευματοφόρο αγωγό από τον Laplace.
- ☐ 1827: Νόμος του Ohm από τον Ohm.
- ☐ 1829: Ηλεκτρομαγνήτης από τον Henry.
- ☐ 1831: Νόμος Επαγωγής από τον Faraday.
- ☐ 1841: Νόμος του Joule από τον Joule.
- ☐ 1873: Ηλεκτρικός κινητήρας από τον Faraday.

Γύρω στα 1570 ο Άγγλος William Gilbert άρχισε να μελετά συστηματικά τους μαγνήτες και να αναζητά υλικά που μετά από τριβή να συμπεριφέρονται όπως το κεχριμπάρι. Το 1600 δημοσίευσε το βιβλίο «Περί μαγνητών» στο οποίο συνοψίζει όλα τα απο-

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

τελέσματα των πειραμάτων του και ανοίγει το δρόμο για την μελέτη των ηλεκτρικών και των μαγνητικών φαινομένων

Από ο 1660 ο Γερμανός φυσικός Otto van Guericque πειραματίστηκε με διάφορα υλικά για να παρατηρήσει ισχυρότερη ελκτική δύναμη από αυτή που παρατηρούσε με το κεχριμπάρι και την ονόμασε «ηλεκτρισμός». Το θειάφι ήταν ένα τέτοιο υλικό με το οποίο πειραματίστηκε και το χρησιμοποίησε για να φτιάξει τη πρώτη «ηλεκτροστατική μηχανή» μια γεννήτρια στατικού ηλεκτρισμού.

Στις αρχές του 16ου αιώνα ο Άγγλος Gray πραγματοποίησε μια σειρά από πειράματα με τα οποία κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο «ηλεκτρισμός» μπορεί να ρέει από το ένα σώμα στο άλλο, δηλαδή να συμπεριφέρεται ως ρευστό και το ονόμασε «ηλεκτρικό ρευστό» σε αναλογία με την καλορική θεωρία για τη Θερμότητα και το «θερμικό ρευστό». Με βάση τη δυνατότητα ροής του ηλεκτρικού ρευστού από τα διάφορα σώματα τα κατέταξε σε καλούς και κακούς αγωγούς του ηλεκτρισμού.

Το 1733 ο Γάλλος Dufay παρατήρησε το φαινόμενο της έλξης και της άπωσης μικρών κομματιών φελλού κρεμασμένων από πετονιά, από διαφορετικά από διαφορετικά ηλεκτρισμένα με τριβή υλικά. Από αυτά τα πειράματα κατέληξε στο συμπέρασμα για την ύπαρξη δύο ειδών ηλεκτρισμού.

Το 1745 ο Ολλανδός Bousemprouk στο Πανεπιστήμιο του Leyden, κατασκεύασε τη πρώτη «φιάλη Leyden» στην οποία μπορούσε να «αποθηκευτεί» το ηλεκτρικό ρευστό και έτσι να έχουμε στη διάθεση μας μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικού ρευστού.

Το 1747 ο Αμερικανός B. Franklin, κάνοντας πειράματα, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το ηλεκτρικό ρευστό υπάρχει στα σώματα σε ορισμένες ποσότητες χωρίς ωστόσο αυτά να εμφανίζονται κατ' ανάγκη ηλεκτρισμένα. Με την τριβή μπορεί να προστεθεί η να διαφύγει ηλεκτρικό ρευστό από ένα σώμα. Με αυτό τον τρόπο ερμήνευσε την αποθήκευση ηλεκτρικού ρευστού στις Leyden. Επίσης συνέδεσε την εκφόρτιση της φιάλης Leyden μέσω εμφάνισης σπινθήρα, με τα ατμοσφαιρικά φαινόμενα της αστραπής και του κεραυνού. Οι ερμηνείες του τον οδήγησαν στην κατασκευή του πρώτου αλεξικέραυνου.

Το 1771 ο Ιταλός Βιολόγος Galvani κάνοντας πειράματα με βατράχια παρατήρησε ότι οι μύες των ποδιών των βατράχων συσπώνται όταν έρχονταν σε επαφή με δυο διαφορετικά μεταλλικά ηλεκτρόδια. Το φαινόμενο αυτό το ονόμασε «ζωικό ηλεκτρισμό».

Το 1794 ο Ιταλός Volta ανακάλυψε ότι μπορούσε να παράγει ηλεκτρισμό βυθίζοντας δυο ηλεκτρόδια από διαφορετικά μέταλλα σε αλατόνερο. Πειραματιζόμενος πάνω σε αυτό το 1800 κατασκεύασε τη πρώτη ηλεκτρική πηγή (μπαταρία) η οποία μπορούσε να παράγει ηλεκτρισμό για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Τα πρώτα βήματα της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας

Κατά τα τέλη του 18ου αιώνα ο Ηλεκτρισμός χαρακτηρίζεται από ένα πλήθος παρατηρήσεων και πειραματικών αποτελεσμάτων που είχαν προκύψει με τη χρήση της φιάλης Laden και της μπαταρίας του Volta. Δεν είχε διατυπωθεί ούτε ένα ποσοτικός νόμος και οπωσδήποτε απείχε πολύ η διατύπωση μιας θεωρίας αντίστοιχης με την Νευτώνεια θεωρία για τη Μηχανική. Η αρχή για τη διαπίστωση του πρώτου νόμου ήταν μια παρατήρηση του Bentzamin Franklin ότι στο εσωτερικό ενός κοίλου φορτισμένου αγωγού δεν ασκούνται δυνάμεις σε φορτία. Ο Φραγκλίνος ανέφερε στον φίλο του J. Priestley, ο οποίος την παραλλήλισε με την απόδειξη του Νεύτωνα για την μη άσκηση βαρυτικών δυνάμεων στο εσωτερικό κοίλης σφαίρας από την ίδια τη σφαίρα. Ο συλλογισμός του J. Priestley, ώθησε τον Γάλλο φυσικό Coulomb το 1785 να διατυπώσει για τις ηλεκτρικές δυνάμεις ένα νόμο ανάλογο του νόμου της Παγκόσμιας έλξης και να τον επιβεβαιώσει πειραματικά χρησιμοποιώντας τον περίφημο «ζυγό στρέψης».

Στις αρχές του 18ου αιώνα ο μεγάλος Άγγλος πειραματικός επιστήμονας M. Faraday πρόβαλε την άποψη ότι όλες οι αλληλεπιδράσεις πραγματοποιούνται μέσω ενός πεδίου δυνάμεων. Ο Γερμανός μαθηματικός Gauss ξεκινώντας από το νόμο του Coulomb και χρησιμοποιώντας την έννοια της ηλεκτρικής ροής, διατύπωσε το νόμο του Gauss, ένα γενικό νόμο που συνδέει το ηλεκτρικό πεδίο με τις πηγές του.

Μέχρι τις αρχές του 18ου αιώνα ο ηλεκτρισμός και ο μαγνητισμός αντιμετωπιζόνταν ως δύο εντελώς διαφορετικές κατηγορίες φαινομένων. Το 1820 ο Δανός Oersted πραγματοποίησε ένα ιστορικό πείραμα. Παρατήρησε ότι όταν αγωγός διαρρέετε από ρεύμα και πλησιάσει μια μαγνητική βελόνα τότε αυτή αποκλίνει από τη θέση ισορροπίας της. Ο αγωγός συμπεριφέρεται σαν μαγνήτης. Ο δρόμος για την ενότητα μαγνητισμού και ηλεκτρισμού είχε ανοίξει.

Ακολούθησε ο Γάλλος Ampere που με τον νόμο που φέρει το όνομα του συνέδεσε το μαγνητικό πεδίο με το ηλεκτρικό ρεύμα και οι Biot και Savart που διατύπωσαν μια εναλλακτική μορφή του ίδιου νόμου.

Το 1822 ο Άγγλος Laplace διαπίστωσε ότι το μαγνητικό πεδίο ασκεί δύναμη όχι μονό σε μαγνήτες σε σιδερένια αντικείμενα αλλά και σε ρευματοφόρους αγωγούς .

Το 1827 Ο Ohm διατύπωσε τον ομώνυμο νόμο.

Το 1829 ο Αμερικανός J. Henry έδειξε ότι εάν ένα σύρμα, από το οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, τυλιχτεί σε κυκλικές σπείρες, τότε η μαγνητική έλξη που ασκείται από αυτό γίνεται πολύ ισχυρότερη. Ενισχύεται δε πολύ περισσότερο αν στο εσωτερικό του τυλιγμένου σύρματος τοποθετήσουμε μια σιδερένια ράβδο. Έτσι κατασκευάστηκε ο πρώτος ηλεκτρομαγνήτης. Ο Henry χρησιμοποίησε ένα ηλεκτρομαγνήτη για να σηκώσει ένα σιδερένιο αντικείμενο βάρους ενός τόνου.

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Το 1831 ο Άγγλος Faraday κατόρθωσε μετά από προσπάθειες δέκα χρόνων να ανακαλύψει το φαινόμενο της ηλεκτρικής επαγωγής. Επέτυχε να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα πηνίο που ήταν συζευγμένο με ένα δεύτερο από το οποίο διερχόταν ηλεκτρικό ρεύμα, όταν διέκοπτε το ρεύμα στο δεύτερο πηνίο. Το 1873 ο Faraday εφαρμόζοντας το φαινόμενο της επαγωγής κατασκεύασε το πρώτο πειραματικό ηλεκτρικό κινητήρα.

Η επιστήμη άρχισε να συναντιέται με την τεχνολογία και στον τομέα του ηλεκτρομαγνητισμού. Η βιομηχανική επανάσταση με τη χρήση του ηλεκτρισμού είχε αρχίσει.

Β. Γενική Φιλοσοφία και Διάρθρωση της Ενότητας

Η ενότητα δομείται σύμφωνα με τη βασική φιλοσοφία που διατρέχει ολόκληρο το διδακτικό πακέτο: Ενώ ταυτόχρονα επιδιώκεται να αναδειχθεί η οικονομία και ο ενοποιητικός χαρακτήρας των όρων της επιστημονικής γλώσσας. Οι προσπάθειες για την επίτευξη αυτού του στόχου στηρίζεται σε τρεις άξονες: (α) Γίνεται προσπάθεια να ερμηνευτούν φαινόμενα του Ηλεκτρομαγνητισμού με βάση τους θεμελιώδεις νόμους της Μηχανικής. Έτσι ώστε να γίνει κατανοητό ότι η Φυσική αποτελεί ενιαίο επιστημονικό πεδίο και όχι άθροισμα ανεξάρτητων θεματικών περιοχών. (β) Χρησιμοποιείται ως βασικός ενοποιητικός κρίκος, σε όλα τα επίπεδα περιγραφής ή ερμηνείας των φυσικών φαινομένων και σε όλες τις ενότητες, η έννοια της ενέργειας. Κατά την περιγραφή κάθε φυσικού φαινομένου προσδιορίζονται και οι ενεργειακές μεταβολές που το συνοδεύουν. (γ) Φαινόμενα του μακρόκοσμου, που μπορούν να αναχθούν σε μικροσκοπικές δομές (για παράδειγμα ηλεκτρικό ρεύμα, φαινόμενο Joule, κτλ), ερμηνεύονται με τη χρήση απλών μικροσκοπικών μοντέλων.

Η ενότητα αποτελείται από τρία κεφάλαια: 1. «Ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις – Ηλεκτρικό φορτίο» 2. «Απλά ηλεκτρικά κυκλώματα» και 3. Ηλεκτρική ενέργεια

Στο κεφάλαιο 1, «Ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις – Ηλεκτρικό φορτίο» περιγράφονται οι ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις φορτισμένων σωμάτων.

Εισάγεται η έννοια του ηλεκτρικού φορτίου, η σχέση του με την ηλεκτρική δύναμη και ο τρόπος ανίχνευσής του. Γίνεται αναφορά στη δομή της ύλης και τονίζεται ότι το φορτίο αποτελεί χαρακτηριστικό των δομικών σωματιδίων της (ηλεκτρόνια-πρωτόνια). Αναφέρονται οι βασικές ιδιότητες του ηλεκτρικού φορτίου, με ιδιαίτερη έμφαση στην κβάντωση και τη διατήρησή του. Ταξινομούνται τα σώματα ανάλογα με την ηλεκτρική τους συμπεριφορά σε μονωτές και σε αγωγούς. Περιγράφεται η μικροσκοπική δομή των μονωτών και των μετάλλων.

Περιγράφεται το φαινόμενο της ηλεκτρίσης των σωμάτων με τριβή και με επαγωγή.

Ερμηνεύονται τα φαινόμενα αυτά στο μικροσκοπικό επίπεδο, με βάση τις ηλεκτρικές ιδιότητες των δομικών σωματιδίων από τα οποία συνίστανται τα σώματα.

Αναφέρονται οι βασικές ιδιότητες της ηλεκτρικής δύναμης και διατυπώνεται ο νόμος του Coulomb. Ερμηνεύεται στο μικροσκοπικό επίπεδο το φαινόμενο της έλξης μονωτικών σωματιδίων από φορτισμένο σώμα.

Εισάγεται η έννοια του ηλεκτρικού πεδίου. Πώς περιγράφονται οι ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις με τη βοήθεια της έννοιας του ηλεκτρικού πεδίου. Πώς ανιχνεύουμε ένα ηλεκτρικό πεδίο σε μια περιοχή του χώρου.

Στο κεφάλαιο 2, «Ηλεκτρισμός – απλά κυκλώματα» περιγράφονται και μελετώνται φαινόμενα που σχετίζονται με τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος από μεταλλικούς αγωγούς.

Γίνεται μικροσκοπική εισαγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος ως προσανατολισμένη κίνηση φορτισμένων σωματιδίων. Αναφέρονται φαινόμενα που έχουν κοινή αιτία το ηλεκτρικό ρεύμα. Εισάγονται τα βασικά μεγέθη (ένταση ηλεκτρικού ρεύματος–ηλεκτρική τάση) και περιγράφονται τα όργανα μέτρησής τους. Αναφέρονται τα ενεργειακά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος. Εισάγεται η έννοια της ηλεκτρικής πηγής, του ηλεκτρικού κυκλώματος και του ηλεκτρικού δίπολου. Διερευνάται ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα από ενεργειακή άποψη: Εφαρμόζεται η γενική αρχή διατήρησης της ενέργειας και επισημαίνονται οι μετατροπές της ενέργειας στην πηγή και στα ηλεκτρικά δίπολα που περιλαμβάνει.

Διατυπώνεται και διερευνάται ο νόμος του Ohm. Εισάγεται η έννοια της αντίστασης και του αντιστάτη. Διατυπώνεται ο νόμος της αντίστασης μεταλλικού σύρματος και ερμηνεύεται στο μικροσκοπικό επίπεδο. Διερευνάται η σχέση της αντίστασης του σύρματος με τη θερμοκρασία του.

Μελετώνται απλά ηλεκτρικά κυκλώματα. Εισάγεται η έννοια της ισοδύναμης αντίστασης και γίνεται ο υπολογισμός της στην παράλληλη και στη σε σειρά σύνδεση αντιστατών. Περιγράφεται η αρχή λειτουργίας του ροοστάτη και του ποτενσιόμετρου και ο τρόπος χρήσης τους σε απλά κυκλώματα.

Στο Κεφάλαιο 3, περιγράφεται το φαινόμενο Joule και διατυπώνεται ο νόμος του Joule ως φαινομενολογικός νόμος που προκύπτει από συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία (πείραμα επίδειξης). Το φαινόμενο Joule ερμηνεύεται με τη χρήση απλού μικροσκοπικού μοντέλου. Περιγράφονται συσκευές καθημερινής χρήσης που λειτουργούν με βάση το φαινόμενο Joule και εξηγείται ο τρόπος λειτουργίας τους.

Συζητείται το θέμα της μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε ενέργεια άλλης μορφής από τις ηλεκτρικές συσκευές. Προσδιορίζονται οι συνθήκες κάτω από τις οποίες συμβαίνει αυτό και υπολογίζεται η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που μετατρέπεται σε ενέργεια άλλων μορφών κατά τη λειτουργία μιας ηλεκτρικής συσκευής. Εισάγεται η έννοια της ισχύος μιας μηχανής.

Γ. Γενικοί Διδακτικοί Στόχοι των Κεφαλαίων 1, 2 και 3

Οι γενικοί στόχοι των κεφαλαίων 1 και 2 της ενότητας 1 προκύπτουν από τη φιλοσοφία που τα διέπει, πάνω στην οποία στηρίχτηκε η συγγραφή τους. Έτσι, σύμφωνα με τις αρχές που διατυπώθηκαν στην αρχική παράγραφο, οποιαδήποτε διδακτική μέθοδος και σχέδιο διδασκαλίας, ανεξάρτητα των μέσων που διατίθενται, πρέπει να θεμελιώνεται στους επόμενους τρεις στόχους.

Ο μαθητής να αποκτήσει την ικανότητα:

- α. Να χρησιμοποιεί ένα ενιαίο πλέγμα επιστημονικών εννοιών, μεγεθών και σχέσεων (λογικών ή μαθηματικών) για να περιγράφει, να αναλύει και να προβλέπει φαινόμενα του Ηλεκτρισμού, συναφή με εκείνα που αναπτύσσονται στο βιβλίο.
- β. Να ερμηνεύει φυσικά φαινόμενα του μακρόκοσμου, χρησιμοποιώντας απλά θεωρητικά μοντέλα του μικρόκοσμου.
- γ. Να ελέγχει και να αξιολογεί το εννοιολογικό πλαίσιο που χρησιμοποιεί για να κατανοήσει τη φύση σχεδιάζοντας και πραγματοποιώντας τις κατάλληλες πειραματικές δραστηριότητες.

Δ. Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στον Ηλεκτρισμό



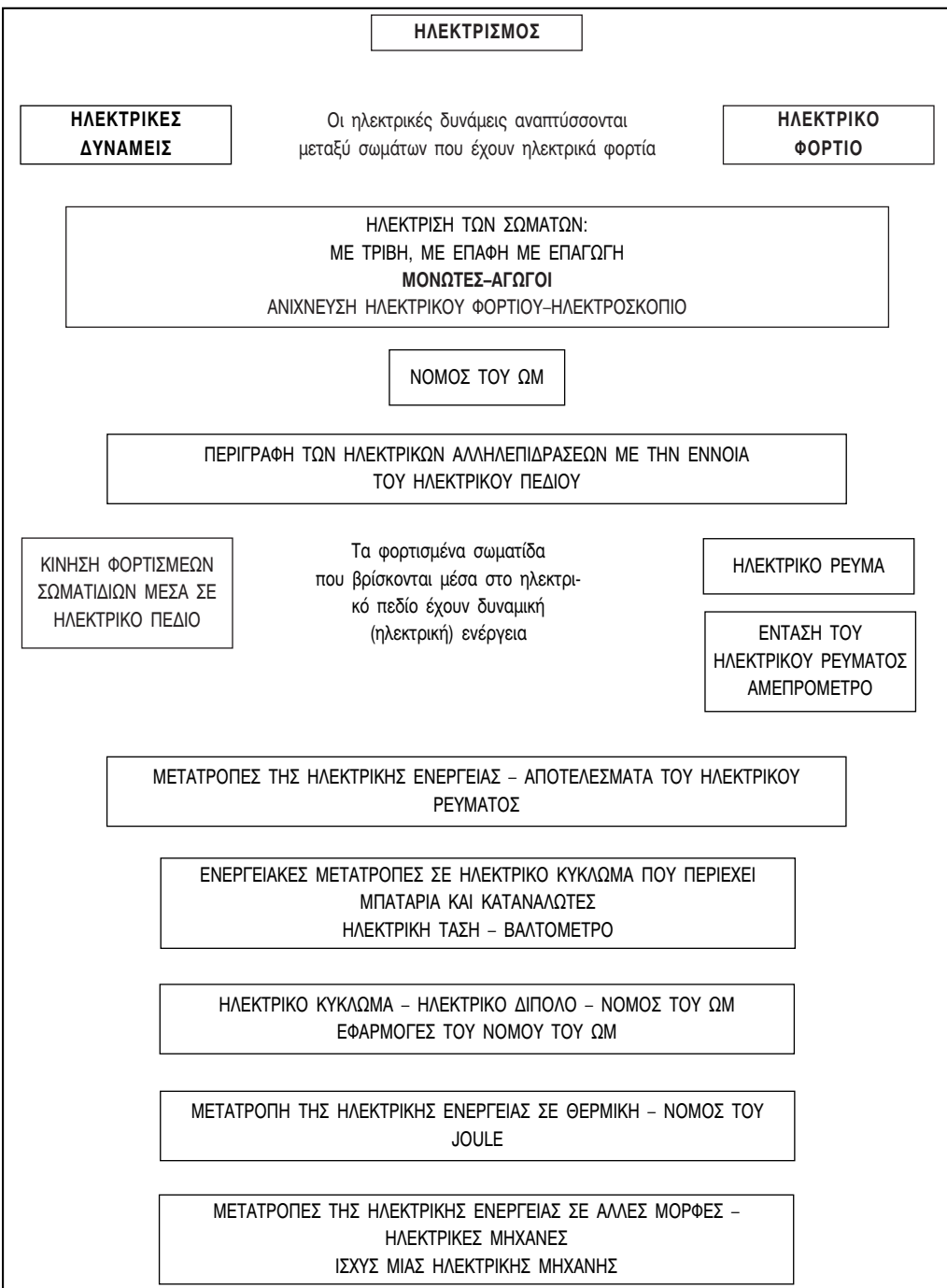
1. Σύγχυση/ταύτιση μεταξύ ηλεκτρικών/μαγνητικών δυνάμεων.
2. Ταύτιση ηλεκτρισμένου/φορτισμένου σώματος.
3. Ταύτιση ηλεκτρονίου/ηλεκτρικού φορτίου.
4. Τα φορτία που κινούνται στο κύκλωμα παράγονται από την πηγή.
5. Τα ηλεκτρόνια κινούνται με μεγάλες ταχύτητες, όπως το φως.
6. Η πηγή παράγει ηλεκτρόνια.
7. Σύγχυση των εννοιών ηλεκτρικό ρεύμα και ηλεκτρική τάση, τάση/ένταση.
8. Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος μετά την αντίσταση γίνεται μικρότερη.
9. Τα ηλεκτρόνια κινούνται με μικρότερη ταχύτητα όταν περνούν από μια αντίσταση.
10. Η ισοδύναμη αντίσταση είναι πάντα μεγαλύτερη από τις αντιστάσεις των αντιστατών ανεξάρτητα από τον τρόπο σύνδεσής τους.
11. Όταν μεταβάλουμε (προσθέτουμε, αφαιρούμε) αντιστάτες σε ένα κλειστό κύκλωμα δεν μεταβάλλεται η ένταση του ρεύματος που περνά από τη πηγή.
12. Στο βραχυκύκλωμα, το κύκλωμα δεν διαρρέετε από ηλεκτρικό ρεύμα

13. Σύγκριση σχέσης παραγόμενης θερμότητας σε αντιστάτη με την αντίσταση του αντιστάτη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. R. Duit and Peter Haeussler, "Learning and teaching Energy", The content of science, The falmer Press, USA 1995.
2. R. Driver, A. Squires, P. Rushworth, V. Wood-Robinson, "Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών- Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών", Εκδόσεις Τυπωθήτω, Γιώργος Δάρδανος, Αθήνα 1998.

Ε. Συνοπτικό Διάγραμμα Ροής της Ύλης της Ενότητας 1



ΣΤ. Οργανόγραμμα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΟ

Σχέδιο Διδασκαλίας (7 διδακτικές ώρες)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΦΑΝΕΙΣ
<input type="checkbox"/> Γνωριμία με την ηλεκτρική δύναμη	Π.Δ. Έλξη μεταξύ πλαστικού χάρακα και μικρών χαρτιών Π.Ε. Φόρτιση γυάλινης ράβδου και ράβδου εβονίτη. Παρατήρηση έλξης και άπωσης Π.Ε. Πειράματα με ηλεκτροστατική μηχανή Βίμσχορστ Π.Ε. της εικόνας 1.10	Διαφάνεια Πίνακας 1.1 Διαφάνεια Εικόνα 1.10
<input type="checkbox"/> Το ηλεκτρικό φορτίο		Διαφάνεια Εικόνα 1.10
<input type="checkbox"/> Το ηλεκτρικό φορτίο στο εσωτερικό του ατόμου		Διαφάνεια Εικόνα 1.11
<input type="checkbox"/> Τρόποι ηλεκτρίσης και η μικροσκοπική ερμηνεία τους	Ε.Α.1 Ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις, Πείραμα 1 και 2	Διαφάνεια Εικόνα 1.13 Διαφάνεια Εικόνα 1.16 Διαφάνεια Πίνακας 1.2 Διαφάνεια Εικόνα 1.19
<input type="checkbox"/> Ο νόμος του Κουλόμπ		Διαφάνεια Εικόνα 1.30 Διαφάνεια Εικόνα 1.31 Διαφάνεια Εικόνα 1.33
<input type="checkbox"/> Το ηλεκτρικό πεδίο	Π.Ε. Αισθητοποίηση ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου Π.Ε. Αισθητοποίηση ηλεκτρικού πεδίου με μηχανή Βίμσχορστ και ηλεκτρικό θύσανο	Διαφάνεια Εικόνα 1.38a Διαφάνεια Εικόνα 1.41
	ΠΔ. Κίνηση φορτισμένων σωματιδίων σε ηλεκτρικό πεδίο–Πείραμα επίδειξης	Διαφάνεια Εικόνα 1.42

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΜΕΤΑΦΕΡΕΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Σχέδιο Διδασκαλίας (8 διδακτικές ώρες)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΦΑΝΕΙΣ
<input type="checkbox"/> Το ηλεκτρικό ρεύμα		Διαφάνεια Εικόνα 2.6 Διαφάνεια Εικόνα 2.7
<input type="checkbox"/> Ηλεκτρικό κύκλωμα	Π.Ε. Επίδειξη διαφόρων τύπων αμπερομέτρων Π.Ε. Συνδεσμολογία απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. Σύνδεση βολτομέτρου στο κύκλωμα	Διαφάνεια Εικόνα 2.11 Διαφάνεια Εικόνα 2.12 Διαφάνεια Εικόνα 2.21 Διαφάνεια Εικόνα 2.23
<input type="checkbox"/> Ηλεκτρικά δίπολα	Π.Ε. Επίδειξη διπόλων Ε.Α. 2. Νόμος του ΟΗΜ	Διαφάνεια Εικόνα 2.33 Διαφάνεια Εικόνα 2.34
<input type="checkbox"/> Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η αντίσταση ενός αγωγού	Ε.Α. 3. Νόμος αντίστασης συρμάτινου αγωγού	Διαφάνεια Εικόνα 2.35 Διαφάνεια Εικόνα 2.36 Διαφάνεια Εικόνα 2.37 Διαφάνεια Εικόνα 2.38
	Π.Δ. Λειτουργία του ροοστάτη Π.Δ. Λειτουργία ποτενσιόμετρου	Διαφάνεια Εικόνα 2.39 Διαφάνεια Εικόνα 2.39α Διαφάνεια Εικόνα 2.39β
<input type="checkbox"/> Μελέτη απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων	Ε.Α. 4. Σύνδεση αντιστατών σε σειρά Ε.Α. 5. Σύνδεση αντιστατών παράλληλα Ε.Α. 6. Διακοπή και Βραχυκύκλωμα	

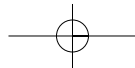
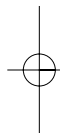
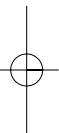
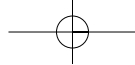
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Σχέδιο Διδασκαλίας (6 διδακτικές ώρες)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΦΑΝΕΙΣ
<input type="checkbox"/> Θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος <input type="checkbox"/> Χημικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος <input type="checkbox"/> Μαγνητικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος <input type="checkbox"/> Ηλεκτρική και μηχανική ενέργεια <input type="checkbox"/> Βιολογικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος <input type="checkbox"/> Ενέργεια και ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος	Π.Ε. Ηλεκτρόλυση Π.Ε. Πείραμα του Έρστεντ Π.Ε. Δύναμη Λαπλάς Π.Ε. Ηλεκτρομαγνήτης Π.Δ. Ηλεκτρικός κινητήρας και ηλεκτρική γεννήτρια Π.Ε. Μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας σε μαγνητική	Διαφάνεια Εικόνα 3.10 Διαφάνεια Εικόνα 3.16 Διαφάνεια Εικόνα 3.17 Διαφάνεια Εικόνα 3.30 Δ.Δ. Σύνδεση με τη ιστορία των Φ.Ε. «Τα πειράματα από τις διαλέξεις για το κοινό του Φαρανταίου» Δ.Δ. Σύνδεση με την κοινωνία «Ο άνθρωπος καταναλωτής ηλεκτρικής ενέργειας και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον»

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. R. Driver at all: Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών – Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών, Εκδόσεις ΤΥΠΩΘΗΤΩ, Γ. Δαρδανός, Αθήνα 1998
2. «Αναπαραστάσεις του Φυσικού κόσμου», Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 1999.



Ζ. Ανάπτυξη Κεφαλαίου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΟ

Διδακτικοί στόχοι

Ο μαθητής να αποκτήσει τις ακόλουθες ικανότητες:

1. Να αναπαράγει ή να περιγράφει απλά φαινόμενα στα οποία να αναπτύσσονται ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις.
2. Να περιγράφει απλές ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις χρησιμοποιώντας την έννοια του ηλεκτρικού φορτίου. Να μπορεί να ανιχνεύει το αν ένα σώμα είναι φορτισμένο χρησιμοποιώντας ένα ηλεκτρικό εκκρεμές.
3. Να συσχετίζει το μέτρο του ηλεκτρικού φορτίου με το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης που προκαλεί. Να περιγράφει με ποιο τρόπο μετράμε το ηλεκτρικό φορτίο.
4. Να περιγράφει τη μικροσκοπική δομή της ύλης και να αποδίδει το ηλεκτρικό φορτίο στις ηλεκτρικές ιδιότητες των ηλεκτρονίων και των πρωτονίων.
5. Να αναφέρει τις βασικές ιδιότητες του φορτίου και να τις συσχετίζει με τη μικροσκοπική ερμηνεία του.
6. Να περιγράφει την ηλέκτριση με τριβή και με επαφή και να τις ερμηνεύει στο μικροσκοπικό επίπεδο.
7. Να διακρίνει τα σώματα σε αγωγούς και μονωτές και να περιγράφει χρησιμοποιώντας απλό μικροσκοπικό μοντέλο την ηλεκτρική συμπεριφορά των μονωτών και των μετάλλων. Να εξηγεί τη λειτουργία του ηλεκτροσκοπίου.
8. Να περιγράφει την ηλέκτριση με επαγωγή και να την ερμηνεύει χρησιμοποιώντας το μοντέλο των ελεύθερων ηλεκτρονίων των μετάλλων.
9. Να διατυπώνει και να εφαρμόζει σε απλά προβλήματα το νόμο του Coulomb.
10. Να διατυπώνει τον ορισμό του ηλεκτρικού πεδίου. Να περιγράφει πώς ανιχνεύουμε ένα ηλεκτρικό πεδίο σε μια περιοχή του χώρου.
11. Να περιγράφει τις ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις των φορτισμένων σωμάτων με τη βοήθεια της έννοιας του ηλεκτρικού πεδίου.

Βασικά διδακτικά βήματα για την επίτευξη των στόχων

Η διδασκαλία των ηλεκτρικών αλληλεπιδράσεων καθώς και των τρόπων ηλέκτρισης προτείνεται να πλαισιωθεί με όσο το δυνατόν περισσότερες δραστηριότητες ή πειράματα επίδειξης και να συνδυαστεί με τις αντίστοιχες εργαστηριακές ασκήσεις του Εργαστηριακού Οδηγού. Οι δραστηριότητες και τα πειράματα επίδειξης είναι απαραίτητο να συνδυαστούν με φύλλα εργασίας που πρέπει να συμπληρωθούν από τους μαθητές μέσα στην τάξη. Ενδεικτικά φύλλα εργασίας, καθώς και σχέδια μαθημάτων περιέχονται στο παρόν βιβλίο του καθηγητή.

§1.1-1.2 Γνωριμία με την ηλεκτρική δύναμη – Δυναμικό φορτίο**Στόχοι 1, 2, 3**

- ☐ Να αναπαράγει ή να περιγράφει απλά φαινόμενα στα οποία να αναπτύσσονται ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις.
- ☐ Να περιγράφει απλές ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις χρησιμοποιώντας την έννοια του ηλεκτρικού φορτίου. Να μπορεί να ανιχνεύει το ηλεκτρικό φορτίο χρησιμοποιώντας ένα ηλεκτρικό εκκρεμές.
- ☐ Να συσχετίζει το μέτρο του ηλεκτρικού φορτίου με το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης που προκαλεί. Να περιγράφει με ποιο τρόπο μετράμε το ηλεκτρικό φορτίο.



Εισάγω την έννοια της ηλεκτρίσης των σωμάτων και της ηλεκτρικής αλληλεπίδρασης πραγματοποιώντας τα πειράματα επίδειξης που παριστάνουν οι εικόνες 1.3-5. Ζητώ από τους μαθητές να ανακαλέσουν γνώστές τους αλληλεπιδράσεις (βαρυτικές και μαγνητικές) και να προτείνουν τρόπους διάκρισης των ηλεκτρικών αλληλεπιδράσεων από τις μαγνητικές και τις βαρυτικές. Πάλι μέσω πειραμάτων επίδειξης ζητώ από τους μαθητές να ανιχνεύσουν ιδιότητες των ηλεκτρισμένων σωμάτων. Διαπιστώνουν ότι οι δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ δύο ηλεκτρισμένων σωμάτων μπορεί να είναι είτε ελκτικές είτε απωστικές.

Εισάγω την έννοια του φορτίου ως το φυσικό μέγεθος-ιδιότητα των σωμάτων- που προκαλεί τις ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις. Επιδεικνύω ένα ηλεκτρικό εκκρεμές και δείχνω πώς μπορεί να ανιχνευτεί φορτίο σε ένα σώμα.

Συσχετίζω το ηλεκτρικό φορτίο ενός ηλεκτρισμένου σώματος με την ηλεκτρική δύναμη που προκαλεί σε ένα άλλο ηλεκτρισμένο σώμα. Τονίζω ότι δύο σώματα είναι όμοια ή αντίθετα φορτισμένα αν ασκούν, αντίστοιχα, ίδια ή αντίθετη δύναμη (ελκτική είτε απωστική) σε ένα τρίτο φορτισμένο σώμα. Δεν υπάρχει φορτισμένο σώμα που να απωθεί δύο αντίθετα φορτισμένα σώματα (θα έλκει το ένα και θα απωθεί το άλλο). Αυτό μας οδηγεί να δεχθούμε την ύπαρξη δύο ειδών φορτίου που συμβατικά ονομάζονται θετικά και αρνητικά.



Τονίζω ότι το ηλεκτρικό φορτίο ενός ηλεκτρισμένου σώματος είναι εξ ορισμού ανάλογο του μέτρου της ηλεκτρικής δύναμης που προκαλεί σε ένα φορτισμένο σώμα. Το ηλεκτρικό φορτίο μετριέται μέσω της ηλεκτρικής δύναμης που προκαλεί. Με βάση αυτή τη θεμελιώδη σχέση ηλεκτρικής δύναμης-φορτίου, εισάγω τον τρόπο μέτρησης του φορτίου και τις βασικές ιδιότητες του φορτίου. Για να υποστηρίξω τη διδασκαλία μου πραγματοποιώ το πείραμα επίδειξης της εικόνας 1.10. Μπορούμε αντί για ηλεκτρικό εκκρεμές να χρησιμοποιήσουμε το ηλεκτροσκόπιο.

§1.3 Το ηλεκτρικό φορτίο στο εσωτερικό του ατόμου**Στόχοι 4, 5**

- ☐ Να περιγράφει τη μικροσκοπική δομή της ύλης και να αποδίδει το ηλεκτρικό φορτίο στις ηλεκτρικές ιδιότητες των ηλεκτρονίων και των πρωτονίων.
- ☐ Να αναφέρει τις βασικές ιδιότητες του φορτίου και να τις συσχετίζει με τη μικροσκοπική ερμηνεία του.

Ζητώ από τους μαθητές να συσχετίσουν το φορτίο και τις ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις των σωμάτων με τη μικροσκοπική δομή τους. Τονίζω ότι το φορτίο είναι ιδιότητα των στοιχειωδών σωματιδίων από τα οποία αποτελούνται τα άτομα των σωμάτων. Περιγράφω το ατομικό μοντέλο και ζητώ από τους μαθητές να απεικονίσουν σε σχέδιο ένα ουδέτερο άτομο, ένα θετικό και ένα αρνητικό ιόν. Με βάση το ατομικό μοντέλο εξηγώ με ποιο τρόπο φορτίζονται τα σώματα. Δεδομένου ότι η φόρτιση οφείλεται στη μετακίνηση ηλεκτρονίων από ένα σώμα σε ένα άλλο κατευθύνω τους μαθητές να συμπεράνουν δύο βασικές ιδιότητες του φορτίου: α) Το φορτίο διατηρείται, και β) Το φορτίο ενός σώματος είναι πάντοτε πολλαπλάσιο του φορτίου του ηλεκτρονίου.

§1.4 Τρόποι ηλέκτρισης και η μικροσκοπική ερμηνεία**Στόχοι 6, 7, 8**

- ☐ Να περιγράφει την ηλέκτριση με τριβή και με επαφή και να τις ερμηνεύει στο μικροσκοπικό επίπεδο.
- ☐ Να διακρίνει τα σώματα σε αγωγούς και μονωτές και να περιγράφει χρησιμοποιώντας απλό μικροσκοπικό μοντέλο την ηλεκτρική συμπεριφορά των μονωτών και των μετάλλων. Να εξηγήει τη λειτουργία του ηλεκτροσκοπίου.
- ☐ Να περιγράφει την ηλέκτριση με επαγωγή και να την ερμηνεύει χρησιμοποιώντας το μοντέλο των ελεύθερων ηλεκτρονίων των μετάλλων. Να εξηγήει τη διαφορά μεταξύ ηλεκτρισμένου ή φορτισμένου σώματος.



Τρίβω μια πλαστική ταινία στις σελίδες ενός βιβλίου. Με το ηλεκτρικό εκκρεμές ελέγχω αν φορτίστηκε. Ζητώ από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν το μικροσκοπικό μοντέλο της φόρτισης των σωμάτων και να ερμηνεύσουν το φαινόμενο της φόρτισης της ταινίας. Τους ζητώ να διατυπώσουν κρίσεις σχετικά με τα φορτία που απέκτησαν με την τριβή η ταινία και οι σελίδες του βιβλίου.

Φορτίζω με τριβή ένα μεταλλικό κύλινδρο με μονωτική λαβή. Χρησιμοποιώ ηλεκτρικό εκκρεμές που έχει ελαφρό σφαιρίδιο από αλουμινόχαρτο. Ακουμπώ το φορτισμένο κύλινδρο στο σφαιρίδιο. Οι μαθητές παρατηρούν ότι το σφαιρίδιο απωθείται από τον κύλινδρο. Το σφαιρίδιο φορτίστηκε κατά την επαφή του με τον φορτισμένο κύλινδρο. Ζητώ από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν το μικροσκοπικό μοντέλο φόρτισης των σωμάτων και να εξηγήσουν το φαινόμενο της φόρτισης με επαφή.

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



Δείχνω στους μαθητές μια ηλεκτροστατική μηχανή Wimshurst. Εξηγώ πώς εκμεταλλευόμαστε το φαινόμενο της ηλεκτρίσης με τριβή και επαγωγή για να απομονώσουμε μεγάλες ποσότητες φορτίου. Χρησιμοποιώ τη μηχανή για να φορτίσω έναν μεταλλικό κύλινδρο μονωμένο. Με ένα ηλεκτρικό εκκρεμές ανιχνεύω το φορτίο που απέκτησε ο αγωγός.

Φορτίζω ένα μεταλλικό κύλινδρο. Με το ηλεκτρικό εκκρεμές δείχνω ότι το φορτίο έχει κατανομηθεί σε όλη την εξωτερική επιφάνειά του. Κάνω το ίδιο με μια πλαστική ράβδο. Δείχνω ότι το φορτίο παραμένει εντοπισμένο στην περιοχή της φόρτισης με τριβή. Με βάση τα εμπειρικά δεδομένα ταξινομώ τα σώματα σε μονωτές και αγωγούς. Εξηγώ τη συμπεριφορά των μονωτών και των αγωγών ανατρέχοντας στο μικροσκοπικό επίπεδο.



Περιγράφω το μοντέλο των ελεύθερων ηλεκτρονίων για τα μέταλλα. Δείχνω στους μαθητές ένα ηλεκτροσκόπιο. Εξηγώ τη λειτουργία του και πώς το χρησιμοποιούμε για την ανίχνευση φορτίου, με βάση το μοντέλο των ελεύθερων ηλεκτρονίων.



Δείχνω στους μαθητές μια μεταλλική ράβδο, μονωμένη. Φορτίζω με τριβή μια πλαστική ταινία. Ζητώ από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν το μοντέλο των ελεύθερων ηλεκτρονίων και να προβλέψουν πώς θα φορτιστεί η μεταλλική ράβδος αν πλησιάσω τη φορτισμένη ταινία στο ένα άκρο της ράβδου, χωρίς να έρθουν σε επαφή. Χρησιμοποιώ δύο ηλεκτροσκόπια για να επιβεβαιώσω ή να διαψεύσω τις απόψεις που διατυπώνουν. Εισάγω την έννοια της φόρτισης με επαγωγή. Πλησιάζω στο δίσκο του ηλεκτροσκοπίου μια φορτισμένη πλαστική ταινία και στη συνέχεια την απομακρύνω. Ζητώ από τους μαθητές να εξηγήσουν την κίνηση των φύλλων του ηλεκτροσκοπίου, που παρατηρούν, με βάση το μοντέλο των ελεύθερων ηλεκτρονίων. Επιμένω στη διάκριση του φορτισμένου σώματος και του ηλεκτρισμένου σώματος.

§1.5 Νόμος του Κουλόμπ

Στόχος 9

□ Να διατυπώνει και να εφαρμόζει σε απλά προβλήματα το νόμο του Coulomb.

Η διδασκαλία του νόμου του Coulomb περιορίζεται σε θεωρητικό επίπεδο και σε αριθμητικές εφαρμογές. Πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα ότι η ηλεκτρική δύναμη υπό-τετραπλασιάζεται όταν η απόσταση των σημειακών φορτίων διπλασιάζεται. Οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι με ποσά που μεταβάλλονται ανάλογα ή αντιστρόφως ανάλογα. Δυσκολεύονται να αφομοιώσουν τη σχέση του αντίστροφου τετραγώνου.

§1.6 Το ηλεκτρικό πεδίο**Στόχοι 10, 11**

- ☐ Να διατυπώνει τον ορισμό του ηλεκτρικού πεδίου. Να περιγράφει πώς ανιχνεύουμε ένα ηλεκτρικό πεδίο σε μια περιοχή του χώρου.
- ☐ Να περιγράφει τις ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις των φορτισμένων σωμάτων με τη βοήθεια της έννοιας του ηλεκτρικού πεδίου.



Η έννοια του ηλεκτρικού πεδίου είναι αρκετά αφηρημένη. Εισάγω την έννοια του ηλεκτρικού πεδίου ως ιδιότητα του χώρου γύρω από ένα φορτισμένο σώμα: Δύο σώματα αλληλεπιδρούν μέσω του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργεί το καθένα από αυτά στο χώρο γύρω του. Κάθε φορτισμένο σώμα που τοποθετείται μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο δέχεται ηλεκτρική δύναμη. Και αντίστροφα, όπου ανιχνεύεται ηλεκτρική δύναμη υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο. Επικεντρώνω τη διδασκαλία στη διαδικασία ανίχνευσης ηλεκτρικών πεδίων στο χώρο. Το πεδίο μεταξύ των πόλων μιας ηλεκτροστατικής μηχανής, μπορεί να ανιχνευτεί μέσω της παρατήρησης των κινήσεων φορτισμένων σωματιδίων μέσα σε αυτό (βλέπε σχετική στον εργαστηριακό οδηγό το πείραμα επίδειξης στη σελ. 53). Το πεδίο ενός φορτισμένου αγωγού μπορεί να ανιχνευτεί μέσω του φαινομένου της ηλεκτρικής επαγωγής: Τοποθετώ το ηλεκτροσκόπιο κοντά σε αφόρτιστο, μονωμένο, μεταλλικό αγωγό, που τον έχω συνδέσει με τον ένα πόλο ηλεκτροστατικής μηχανής. Ζητώ από τους μαθητές να ανιχνεύσουν την ύπαρξη ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή παρατηρώντας τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου.



Με την ολοκλήρωση των μαθημάτων της Ηλεκτροστατικής κρίνεται χρήσιμο να διεξαχθεί από τους μαθητές η εργαστηριακή άσκηση «Ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις του Εργαστηριακού Οδηγού. Με τις πειραματικές δραστηριότητες που περιέχονται, ο μαθητής θα αποκτήσει μια αμεσότερη εμπειρία των ηλεκτροστατικών φαινομένων και θα εξοικειωθεί με τη γλώσσα και την ορολογία της Ηλεκτροστατικής, που έχει διδαχθεί.

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 1

Τμήμα:

Όνομα και επίθετο:

ΠΕΙΡΑΜΑ ΕΠΙΔΕΙΞΗΣ: ΗΛΕΚΤΡΙΣΗ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΣΗ ΣΩΜΑΤΩΝ

1. Συμπλήρωσε το κείμενο:

Φορτίζω την πλαστική ράβδο τρίβοντάς τη σε πλαστική σακούλα. Η ράβδος απέκτησε θετικό φορτίο γιατί κατά την τριβή, ηλεκτρόνια μεταφέρθηκαν από
 Γύρω από τη ράβδο έχει αναπτυχθεί ένα
 Κάθε φορτισμένο σώμα που βρίσκεται μέσα στο
 της φορτισμένης ράβδου, δέχεται ηλεκτρική Έτσι, όταν το θετικά φορτισμένο άκρο της ράβδου πλησιάσει το μεταλλικό δίσκο του ηλεκτροσκοπίου, τα του μετάλλου έλκονται προς αυτό.

2. Πόσο είναι το ολικό ηλεκτρικό φορτίο του μεταλλικού συστήματος ενός ηλεκτροσκοπίου;

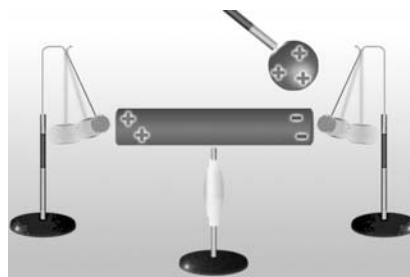
α. Πριν πλησιάσω την πλαστική φορτισμένη ράβδο:

β. Όταν το φορτισμένο άκρο της ράβδου βρίσκεται κοντά στο ηλεκτροσκόπιο, χωρίς να το ακουμπάει:

3. Στον ουδέτερο, μονωμένο αγωγό του σχήματος πλησιάζω τη θετικά φορτισμένη ράβδο, χωρίς να τον ακουμπήσει.

Πώς θα μετακινηθούν τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του αγωγού; Εξήγησε:

.....



Πόσο είναι το ολικό φορτίο του αγωγού;

.....

Πώς θα φορτιστούν τα άκρα του αγωγού; Στο σχήμα τοποθέτησε + στα σημεία που συγκεντρώνεται θετικό φορτίο και - στα σημεία του αγωγού που συγκεντρώνεται αρνητικό φορτίο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΑΠΛΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

Διδακτικοί στόχοι

Ο μαθητής να αποκτήσει τις ακόλουθες ικανότητες:

1. Ορίζει το ηλεκτρικό ρεύμα ως προσανατολισμένη κίνηση φορτισμένων σωματιδίων κατά μήκος ενός αγωγού. Προσδιορίζει ως αιτία της διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος από μια ηλεκτρική συσκευή το ηλεκτρικό πεδίο που αναπτύσσεται μέσα στον αγωγό από μια ηλεκτρική πηγή.
2. Σχετίζει την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος με το αποτέλεσμα που προκαλεί όταν διαρρέει ένα λαμπτήρα (ισχυρή-ασθενής φωτοβολία). Συνδέει την ένταση και τη φορά του ηλεκτρικού ρεύματος με το πλήθος των φορτισμένων σωματιδίων που διέρχονται από μια διατομή του αγωγού ανά μονάδα χρόνου. Ορίζει την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος. Μετράει την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει απλό κύκλωμα με ένα αμπερόμετρο.
3. Περιγράφει ένα σύνολο συγκεκριμένων φαινομένων που έχουν κοινή αιτία το ηλεκτρικό ρεύμα.
4. Ορίζει την ηλεκτρική τάση μεταξύ των πόλων μιας πηγής, από την οποία διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, ως την ενέργεια που μεταφέρεται από την πηγή σε κάθε C φορτίου που διέρχεται από αυτή. Ομοίως ορίζει την ηλεκτρική τάση μεταξύ των πόλων ενός καταναλωτή, ως την ενέργεια ανά C, που μεταφέρεται από το ηλεκτρικό ρεύμα σε αυτόν. Μετράει με τη βοήθεια βολτομέτρου, την ηλεκτρική τάση στους πόλους μιας ηλεκτρικής συσκευής που είναι συνδεδεμένη σε απλό κύκλωμα.
5. Περιγράφει τα χαρακτηριστικά ενός ηλεκτρικού διπόλου και αναφέρει παραδείγματα ηλεκτρικών διπόλων. Σε κάθε δίπολο σχετίζει την τάση που εφαρμόζεται στους πόλους του με την ένταση που το διαρρέει, ως σχέση αίτιου-αποτελέσματος. Χρησιμοποιεί απλό κύκλωμα που περιλαμβάνει λαμπτήρα, αμπερόμετρο και βολτόμετρο για να δείξει τη μεταβολή του ρεύματος όταν μεταβάλλεται η εφαρμοζόμενη τάση. Ορίζει την αντίσταση ηλεκτρικού διπόλου.
6. Σχεδιάζει πειραματική διάταξη για τον πειραματικό έλεγχο του νόμου του Ohm. Διατυπώνει λεκτικά και με μαθηματικό συμβολισμό το νόμο του Ohm. Σχεδιάζει τη γραφική παράσταση έντασης-τάσης για συγκεκριμένους αντιστάτες. Εφαρμόζει το νόμο του Ohm στην επίλυση προβλημάτων. Χρησιμοποιεί το μοντέλο των ελευθέρων ηλεκτρονίων για να ερμηνεύσει σε μικροσκοπικό επίπεδο την προέλευση του νόμου του Ohm.
7. Διατυπώνει, λεκτικά και με μαθηματικά σύμβολα, τη σχέση της αντίστασης μεταλλικού σύρματος με το μήκος, το εμβαδόν της διατομής του και του υλικού κατασκευής του.
8. Περιγράφει πειραματική διαδικασία για να δείξει πώς μεταβάλλεται η αντίσταση

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

αντιστάτη με συνάρτηση με τη θερμοκρασία του. Χρησιμοποιεί την αντίστοιχη σχέση σε απλές αριθμητικές εφαρμογές.

9. Περιγράφει τον ροοστάτη και το ποτενσιόμετρο. Εξηγεί τη λειτουργία τους και τον τρόπο χρήσης τους σε κύκλωμα ηλεκτρικού ρεύματος.
10. Σχεδιάζει και συναρμολογεί απλά ηλεκτρικά κυκλώματα. Ορίζει την έννοια της ισοδύναμης αντίστασης κυκλώματος που περιλαμβάνει σύνολο αντιστατών συνδεδεμένο με μια ηλεκτρική πηγή. Υπολογίζει την ισοδύναμη αντίσταση κυκλώματος που αποτελείται από πηγή και δύο αντιστάτες συνδεδεμένους (α) σε σειρά, (β) παράλληλα.

Βασικά διδακτικά βήματα για την επίτευξη των στόχων

§2.1 Το ηλεκτρικό ρεύμα

Στόχοι 1, 2

- ❑ Ορίζει το ηλεκτρικό ρεύμα ως προσανατολισμένη κίνηση φορτισμένων σωματιδίων κατά μήκος ενός αγωγού. Προσδιορίζει ως αιτία της διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος από μια ηλεκτρική συσκευή το ηλεκτρικό πεδίο που αναπτύσσεται μέσα στον αγωγό από μια ηλεκτρική πηγή.
- ❑ Σχετίζει την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος με το αποτέλεσμα που προκαλεί όταν διαρρέει ένα λαμπτήρα (ισχυρή – ασθενής φωτοβολία). Συνδέει την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος με το πλήθος των φορτισμένων σωματιδίων που διέρχονται από μια διατομή του αγωγού ανά μονάδα χρόνου. Ορίζει την ένταση και τη φορά του ηλεκτρικού ρεύματος. Μετράει την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει απλό κύκλωμα με ένα αμπερόμετρο.



Εισάγω την έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος ως προσανατολισμένη κίνηση φορτισμένων σωματιδίων μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο. Προς τούτο, δείχνω στους μαθητές την κίνηση σφαιριδίων μεταξύ των φορτισμένων πόλων μιας ηλεκτροστατικής μηχανής και πραγματοποιώ το πείραμα επίδειξης που απεικονίζουν οι εικόνες 2.2 και 2.3. Ζητώ από τους μαθητές να περιγράψουν τι συμβαίνει στο εσωτερικό των μεταλλικών καλωδίων σύνδεσης του ηλεκτροσκοπίου και του πόλου της μηχανής, κατά τη φόρτιση του ηλεκτροσκοπίου, χρησιμοποιώντας τις έννοιες «ηλεκτρικό πεδίο», «ελεύθερα ηλεκτρόνια», «κίνηση φορτισμένων σωματιδίων μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο» και «ηλεκτρικό ρεύμα».



Δείχνω στους μαθητές μια μπαταρία. Τονίζω ότι μεταξύ των πόλων μιας μπαταρίας δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο. Προς επικύρωση του ισχυρισμού αυτού, πραγματοποιώ το πείραμα επίδειξης της εικόνας 2.5. Σχεδιάζω και συναρμολογώ κύκλωμα που περιλαμβάνει μπαταρία και λαμπάκι. Υπενθυμίζω στους μαθητές ότι στα μέταλλα υπάρχουν φορτισμένα σωματίδια, που μπορούν να κινούνται ελεύθερα (τα ελεύθερα ηλεκτρόνια). Τους δείχνω ότι η φωτο-

βολία του λαμπτήρα συνδέεται με τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος από αυτόν. Συνδέω το λαμπτήρα με διαφορετικό αριθμό ηλεκτρικών στοιχείων, ώστε οι μαθητές να παρατηρήσουν ότι άλλοτε φωτοβολεί ισχυρότερα και άλλοτε ασθενέστερα. Οδηγούνται στο συμπέρασμα ότι το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει το λαμπτήρα είναι άλλοτε ισχυρότερο και άλλοτε ασθενέστερο. Πώς θα μετρήσουμε την ένταση ενός ηλεκτρικού ρεύματος; Καθοδηγώ τους μαθητές να συνδέσουν την έννοια της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος με τον αριθμό των φορτισμένων σωματιδίων που διέρχονται από μια διατομή του σύρματος ανά μονάδα χρόνου (κάθε δευτερόλεπτο) και επομένως με το φορτίο που διέρχεται από τη διατομή αυτή στη μονάδα του χρόνου. Φέρνω το παράδειγμα της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων σε ένα δρόμο. Χρησιμοποιώ κατάλληλο συμβολισμό και εισάγω την έννοια της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος. Εισάγω τις μονάδες μέτρησης του ηλεκτρικού ρεύματος. Δείχνω στους μαθητές ένα αμπερόμετρο και το χρησιμοποιώ για να δείξω πώς μετράμε το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει ένα απλό κύκλωμα που περιλαμβάνει μπαταρία και λαμπτήρα. Ζητώ από τους μαθητές να σχεδιάσουν στο τετράδιό τους το σχετικό κύκλωμα.

Στόχος 3

- ☐ Περιγράφει ένα σύνολο συγκεκριμένων φαινομένων που έχουν κοινή αιτία το ηλεκτρικό ρεύμα.

Ζητώ από τους μαθητές να περιγράψουν φαινόμενα που έχουν ως κοινή αιτία το ηλεκτρικό ρεύμα. Πραγματοποιώ σχετικά πειράματα επίδειξης:

1. Απόκλιση μαγνητικής βελόνας από μαγνητικό πεδίο ρεύματος.
2. Περιστροφή του ρότορα κινητήρα σχολικού εργαστηρίου.
3. Ηλεκτρόλυση ηλεκτρολυτικού διαλύματος.
4. Θέρμανση νερού σε θερμιδόμετρο που περιέχει αντιστάτη.



Ζητώ από τους μαθητές να σκεφτούν πόσες δυνατότητες κατεύθυνσης έχει η κίνηση των ηλεκτρονίων σε έναν αγωγό από τον οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Εισάγω την έννοια της φοράς του ηλεκτρικού ρεύματος. Ρωτώ τους μαθητές αν η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος επηρεάζει τα φαινόμενα που οφείλονται σε αυτό. Τους ζητώ να τεκμηριώσουν τις απαντήσεις τους με βάση τα πειράματα επίδειξης που τους παρουσίασα.

§2.2 Ηλεκτρικό κύκλωμα

Στόχος 4

- ☐ Ορίζει την ηλεκτρική τάση μεταξύ των πόλων μιας πηγής, από την οποία διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, ως την ενέργεια που μεταφέρεται από την πηγή σε κάθε C φορτίου που διέρχεται από αυτή.

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

- ❑ Ορίζει την ηλεκτρική τάση μεταξύ των πόλων ενός καταναλωτή, ως την ενέργεια ανά C, που μεταφέρεται από το ηλεκτρικό ρεύμα σε αυτόν.
- ❑ Μετράει με τη βοήθεια βολτομέτρου, την ηλεκτρική τάση στους πόλους μιας ηλεκτρικής συσκευής που είναι συνδεδεμένη σε απλό κύκλωμα



Συναρμολογώ ένα κύκλωμα που περιέχει μπαταρία, αμπερόμετρο, διακόπτη και λαμπτήρα. Δείχνω ότι μόνον όταν ο διακόπτης είναι κλειστός από το κύκλωμα διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Εισάγω τις έννοιες «κύκλωμα», «ανοικτό κύκλωμα» και «κλειστό κύκλωμα».



Ζητώ από τους μαθητές να ανακαλέσουν ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι προσανατολισμένη κίνηση φορτισμένων σωματιδίων μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται μεταξύ των πόλων μιας μπαταρίας. Πάνω στα σωματίδια ασκείται ηλεκτρική δύναμη από το πεδίο και επομένως παράγεται έργο. Η ενέργεια που μεταφέρεται από την ηλεκτρική πηγή μέσω του έργου αυτού στις διάφορες συσκευές που διαρρέει το ηλεκτρικό ρεύμα ορίζεται ως «ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος». Η ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος μετατρέπεται σε ενέργεια άλλης μορφής όταν αυτό διαρρέει διάφορες ηλεκτρικές συσκευές (καταναλωτές). Δείχνω στους μαθητές ότι όταν από το κύκλωμα διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα τότε ο λαμπτήρας φωτοβολεί και θερμαίνεται. Τους ζητώ να περιγράψουν τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν στο κύκλωμα.

Εισάγω την έννοια της διαφοράς δυναμικού (ηλεκτρικής τάσης) μεταξύ των δύο πόλων της ηλεκτρικής πηγής ως την ενέργεια που μεταφέρεται από την πηγή σε ένα κουλόμπ (1 C) ηλεκτρικού φορτίου που διέρχεται από αυτή. Ομοίως εισάγω την έννοια της διαφοράς δυναμικού στα άκρα ενός καταναλωτή, ως την ενέργεια που μεταφέρεται από το ηλεκτρικό ρεύμα στον καταναλωτή, όταν περάσει από αυτόν φορτίο ίσο με ένα κουλόμπ (1 C). Εισάγω τις μονάδες ηλεκτρικής τάσης.



Δείχνω στους μαθητές ένα βολτόμετρο και το χρησιμοποιώ για να μετρήσω την ηλεκτρική τάση στους πόλους της μπαταρίας και του λαμπτήρα στο κύκλωμα που έχω συναρμολογήσει. Τους δείχνω πώς συμβολίζονται τα διάφορα στοιχεία ενός απλού κυκλώματος και τους ζητώ να σχεδιάσουν το κύκλωμα του πειράματος επίδειξης χρησιμοποιώντας τα νέα σύμβολα.

§2.3 Ηλεκτρικά δίπολα

Στόχοι 5, 6

- ❑ Περιγράφει τα χαρακτηριστικά ενός ηλεκτρικού διπόλου και αναφέρει παραδείγματα ηλεκτρικών διπόλων. Σε κάθε δίπολο σχετίζει την τάση που εφαρμόζεται στους πόλους του με την ένταση που το διαρρέει, ως σχέση αιτίου-αποτελέσματος.
- ❑ Χρησιμοποιεί απλό κύκλωμα που περιλαμβάνει λαμπτήρα, αμπερόμετρο και βολτόμετρο για να δείξει τη μεταβολή του ρεύματος όταν μεταβάλλεται η εφαρμοζόμενη τάση.

- ☐ Ορίζει την αντίσταση ηλεκτρικού διπόλου.
- ☐ Σχεδιάζει πειραματική διάταξη για τον πειραματικό έλεγχο του νόμου του Ohm. Διατυπώνει λεκτικά και με μαθηματικό συμβολισμό το νόμο του Ohm.
- ☐ Σχεδιάζει τη γραφική παράσταση έντασης-τάσης για συγκεκριμένους αντιστάτες. Εφαρμόζει το νόμο του Ohm στην επίλυση προβλημάτων.
- ☐ Χρησιμοποιεί το μοντέλο των ελεύθερων ηλεκτρονίων για να ερμηνεύσει σε μικροσκοπικό επίπεδο την προέλευση του νόμου του Ohm.



Δείχνω στους μαθητές ηλεκτρικές συσκευές: Αντιστάτη, κινητήρα σχολικού εργαστηρίου, συσκευή ηλεκτρόλυσης. Τους βοηθώ να κάνουν την κατάλληλη αφαίρεση και να επισημάνουν τα κοινά χαρακτηριστικά των συσκευών αυτών, όταν είναι συνδεδεμένες σε κύκλωμα από το οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Τους οδηγώ στην έννοια του ηλεκτρικού διπόλου. Τονίζω ότι όταν στους πόλους ηλεκτρικού διπόλου εφαρμόσω μια διαφορά δυναμικού, τότε από αυτό διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, του οποίου η τιμή εξαρτάται από τη δομή του διπόλου και την εφαρμοζόμενη τάση. Εφαρμόζω την ίδια τάση σε δύο διαφορετικούς αντιστάτες και σε ένα κινητήρα και μετρώ το αντίστοιχο ηλεκτρικό ρεύμα. Εφαρμόζω διαφορετικές τάσεις στον ίδιο αντιστάτη ή στον κινητήρα και μετρώ τα αντίστοιχα ρεύματα. Εισάγω την έννοια της αντίστασης ενός διπόλου και τις μονάδες της.



Ο νόμος του Ohm διδάσκεται στο σχολικό εργαστήριο, με τους μαθητές χωρισμένους σε ομάδες, έτσι ώστε να μπορέσουν να διεξάγουν πειραματικές δραστηριότητες και επεξεργασία δεδομένων. Οι μαθητές πραγματοποιούν τη σχετική εργαστηριακή άσκηση του Εργαστηριακού Οδηγού. Εναλλακτικά διδάσκω το νόμο του Ohm πραγματοποιώντας πείραμα επίδειξης και το φύλλο εργασίας που περιέχει ο Εργαστηριακός Οδηγός. Πριν από τη διεξαγωγή της εργαστηριακής δραστηριότητας τους υπενθυμίζω την αιτιακή σχέση μεταξύ της ηλεκτρικής τάσης στα άκρα αγωγού και του ρεύματος που διέρχεται απ' αυτόν. Τους καθοδηγώ ώστε να καταλήξουν στην υπόθεση ότι και τα αντίστοιχα φυσικά μεγέθη, ηλεκτρική τάση και ένταση, συνδέονται με μια «ποσοτική σχέση». Τους εξηγώ, στη συνέχεια, τους στόχους της εργαστηριακής άσκησης και αναλύω τον τρόπο με τον οποίο θα τους επιτύχουμε. Μετά τη διεξαγωγή της πειραματικής δραστηριότητας, οι μαθητές επεξεργάζονται τα πειραματικά τους δεδομένα. Σχεδιάζουν τη γραφική παράσταση τάσης έντασης που αντιστοιχεί στον αντιστάτη. Διατυπώνουν λεκτικά και με μαθηματικό συμβολισμό το νόμο του Ohm. Επισημαίνω ότι ο νόμος του Ohm δεν είναι γενικός νόμος της φύσης. Εισάγω την έννοια του αντιστάτη και της αντίστασης. Ζητώ από τους μαθητές να εφαρμόσουν το νόμο του Ohm σε συγκεκριμένα αριθμητικά παραδείγματα.

Δείχνω στους μαθητές πώς μπορούμε να μετρήσουμε την αντίσταση ενός αντιστάτη με ένα ωμόμετρο.



Ζητώ από τους μαθητές να ανακαλέσουν το μοντέλο των ελεύθερων ηλεκτρονίων που κινούνται σε πλέγμα ιόντων και να εξηγήσουν την προέλευση της αντίστασης των μεταλλικών αγωγών σε μικροσκοπικό επίπεδο.

§2.4 Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η αντίσταση ενός αγωγού**Στόχος 7**

- ☐ Διατυπώνει, λεκτικά και με μαθηματικά σύμβολα, τη σχέση της αντίστασης μεταλλικού σύρματος με το μήκος, το εμβαδόν της διατομής του και του υλικού κατασκευής του.

Μέσω πειράματος επίδειξης και φύλλου εργασίας (εργαστηριακή άσκηση του Εργαστηριακού Οδηγού: «Νόμος της αντίστασης συρμάτινου αγωγού») οι μαθητές καθοδηγούνται στη διατύπωση του φαινομενολογικού νόμου της αντίστασης συρμάτινου αγωγού ως συνάρτηση του εμβαδού της διατομής του, του μήκους και του υλικού του. Εισάγω την έννοια της ειδικής αντίστασης του υλικού του αγωγού.

Στόχος 8

- ☐ Περιγράφει πειραματική διαδικασία για να δείξει πώς μεταβάλλεται η αντίσταση αντιστάτη σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του.
- ☐ Χρησιμοποιεί την αντίστοιχη σχέση σε απλές αριθμητικές εφαρμογές.



Πείραμα επίδειξης – φύλλο εργασίας (βλέπε ενδεικτικά φύλλα εργασίας): Βυθίζω σε δοχείο ζέσης που περιέχει νερό ένα σύρμα από λαμπτήρα πυρακτώσεως. Έχω συνδέσει τα άκρα του σύρματος με ένα ωμόμετρο. Θερμαίνω το νερό με ένα λύχνο και μετρώ τη θερμοκρασία του με θερμόμετρο. Ζητώ από τους μαθητές να καταγράψουν σε πίνακα μετρήσεων τιμές της θερμοκρασίας και τις αντίστοιχες τιμές της αντίστασης του σύρματος. Σε σύστημα αξόνων αντίστασης θερμοκρασίας σχεδιάζουν το πειραματικό γράφημα της μεταβολής της αντίστασης του αγωγού σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του. Οδηγούνται στο συμπέρασμα ότι η θερμοκρασία μεταβάλλεται γραμμικά σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. Διατυπώνω τη σχέση αντίστασης – θερμοκρασίας αντιστάτη και ζητώ από τους μαθητές να την εφαρμόσουν σε απλά αριθμητικά προβλήματα.

Στόχος 9

- ☐ Περιγράφει τον ροοστάτη και το ποτενσιόμετρο.
- ☐ Εξηγεί τη λειτουργία τους και τον τρόπο χρήσης τους σε κύκλωμα ηλεκτρικού ρεύματος.



Περιγράφω το ροοστάτη ως συσκευή μεταβλητής αντίστασης, της οποίας η λειτουργία στηρίζεται στο νόμο της αντίστασης συρμάτινου αγωγού. Πραγματοποιώ την πειραματική δραστηριότητα που περιγράφεται στον εργαστηριακό οδηγό. Συναρμολογώ κύκλωμα με μπαταρία, λαμπτήρα, αμπερόμετρο και ροοστάτη σε σειρά. Επιδεικνύω τον τρόπο σύνδεσης του ροοστάτη στο κύκλωμα και τις μεταβολές που επιφέρει στην ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος η μετακίνηση του δρομέα. Ζητώ να μου αναφέρουν εφαρμογές του ροοστάτη που έχουν δει.



Περιγράφω το ποτενσιόμετρο ως συσκευή μεταβλητής αντίστασης, με την οποία μπορούμε να ρυθμίζουμε την τάση στα άκρα ενός κυκλώματος. Πραγματοποιώ την πειραματική δραστηριότητα που περιγράφεται στον εργαστηριακό οδηγό. Συναρμολογώ κύκλωμα με μπαταρία, λαμπτήρα, βολτόμετρο και ποτενσιόμετρο. Συνδέω το δρομέα και το ένα άκρο του ποτενσιόμετρου με τα άκρα του λαμπτήρα. Με το βολτόμετρο μετρώ την τάση στα άκρα του λαμπτήρα. Επιδεικνύω τον τρόπο σύνδεσης του ποτενσιόμετρου στο κύκλωμα και τις μεταβολές στην τάση στα άκρα του λαμπτήρα, που επιφέρει η μετακίνηση του δρομέα.

§2.5 Εφαρμογές αρχών διατήρησης στη μελέτη απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων

Στόχος 10

- ☐ Σχεδιάζει και συναρμολογεί απλά ηλεκτρικά κυκλώματα.
- ☐ Ορίζει την έννοια της ισοδύναμης αντίστασης κυκλώματος που περιλαμβάνει σύνολο αντιστάτων συνδεδεμένο με μια ηλεκτρική πηγή.
- ☐ Υπολογίζει την ισοδύναμη αντίσταση κυκλώματος που αποτελείται από πηγή και δύο αντιστάτες συνδεδεμένους (α) σε σειρά, (β) παράλληλα.

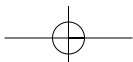
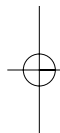
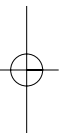
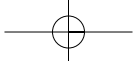
Εισάγω την έννοια της ισοδύναμης αντίστασης μιας συνδεσμολογίας αντιστάτων πραγματοποιώντας πείραμα επίδειξης. Για παράδειγμα, συναρμολογώ κυκλώματα όπως αυτά των εικόνων 2.49, 2.50 του βιβλίου του μαθητή και δείχνω ότι, αν εφαρμόσω την ίδια τάση, η ένταση του ρεύματος που διέρχεται από την πηγή είναι ίδια.



Πείραμα επίδειξης ή εργαστηριακή άσκηση (εργαστηριακές ασκήσεις: «Αντιστάτες σε σειρά», «Αντιστάτες παράλληλα» του Εργαστηριακού Οδηγού): Σχεδιάζω κύκλωμα με δύο αντιστάτες στη σειρά, καθώς και το ισοδύναμό του. Με τη βοήθεια αμπερομέτρων και βολτομέτρου, δείχνω τη σχέση των τάσεων και των ρευμάτων του κυκλώματος και οδηγώ τους μαθητές στη διατύπωση των αντιστοίχων συμπερασμάτων. Ζητώ από τους μαθητές να σχεδιάσουν τα κυκλώματα στο τετράδιό τους. Τους υποβοηθώ να εφαρμόσουν το νόμο του Ohm σε συνδυασμό με τα συμπεράσματα που προέκυψαν από το πείραμα επίδειξης, για να υπολογίσουν την αντίσταση του ισοδύναμου αντιστάτη. Η διδασκαλία πραγματοποιείται στο εργαστήριο ή στην τάξη με τη μορφή μετωπικού εργαστηρίου ή πειράματος επίδειξης και φύλλου εργασίας, όπως περιγράφεται στον Εργαστηριακό Οδηγό.

Ακολουθώ παρόμοια διαδικασία για τη διδακτική προσέγγιση του υπολογισμού της ισοδύναμης αντίστασης δύο αντιστάτων συνδεδεμένων παράλληλα.

Στο τέλος του Κεφαλαίου μπορεί να γίνει και η εργαστηριακή άσκηση 6 “Διακοπή-Βραχυκύκλωμα” που αποσκοπεί στη μελέτη συμπεριφοράς ενός κυκλώματος και στις εφαρμογές του στην καθημερινή ζωή.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Διδακτικοί στόχοι

Ο μαθητής να αποκτήσει τις ακόλουθες ικανότητες:

1. Περιγράφει πειραματική διαδικασία και σχεδιάζει την αντίστοιχη πειραματική διάταξη με την οποία μπορεί να μετρήσει τη θερμότητα που μεταφέρεται από ένα αντιστάτη, από τον οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, προς το περιβάλλον του. Εξηγεί πώς μπορούμε να βρούμε πειραματικά τη σχέση της θερμότητας με την ένταση και το χρόνο διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος καθώς και με την αντίσταση του αντιστάτη. Διατυπώνει το νόμο του Joule και το χρησιμοποιεί στην επίλυση απλών προβλημάτων.
2. Ερμηνεύει θεωρητικά το φαινόμενο Joule, συνδυάζοντας το ήδη γνωστό του μικροσκοπικό μοντέλο της δομής του μεταλλικού αγωγού, τη μικροσκοπική προέλευση της θερμοκρασίας και του ηλεκτρικού ρεύματος.
3. Περιγράφει και εξηγεί τη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών – εφαρμογών του φαινομένου Joule.
4. Περιγράφει τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν σε γνωστές από την καθημερινή ή σχολική εμπειρία του, ηλεκτρικές συσκευές. Προσδιορίζει τα κοινά χαρακτηριστικά τους και τις προϋποθέσεις λειτουργίας τους. Σχεδιάζει και συναρμολογεί κύκλωμα που περιλαμβάνει μπαταρία και ηλεκτρικό κινητήρα, ώστε ο κινητήρας να λειτουργήσει. Χρησιμοποιεί αμπερόμετρο και βολτόμετρο, για να μετρά την ηλεκτρική τάση στα άκρα του κινητήρα και την ένταση του ρεύματος που διέρχεται απ' αυτόν.
5. Σε κύκλωμα όπως αυτό που περιγράφεται στο στόχο (δ), εφαρμόζει τις σχέσεις μεταξύ των μεγεθών: ηλεκτρική ενέργεια που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα στον κινητήρα, διαφορά δυναμικού μεταξύ των πόλων του, φορτίο που μεταφέρεται σε ορισμένο χρόνο από τον έναν πόλο του στον άλλο, ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται από τον κινητήρα. Αποδεικνύει τη σχέση της ενέργειας που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα στον κινητήρα, σε συνάρτηση με την έντασή του, το χρόνο λειτουργίας και την ηλεκτρική τάση στους πόλους του. Να εφαρμόζει τη σχέση αυτή στην επίλυση απλών προβλημάτων.
6. Ορίζει και υπολογίζει την ισχύ μιας ηλεκτρικής μηχανής. Διακρίνει, αναφέροντας παραδείγματα, τις έννοιες «ισχύς» και «ενέργεια».

Βασικά διδακτικά βήματα για την επίτευξη των στόχων

§3.1 Θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος

Στόχος 1

- Περιγράφει πειραματική διαδικασία και σχεδιάζει την αντίστοιχη πειραματική διάταξη με την οποία μπορεί να μετρήσει τη θερμότητα που μεταφέρεται από ένα αντιστάτη, από τον οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, προς το περιβάλλον του.
- Εξηγεί πώς μπορούμε να βρούμε πειραματικά τη σχέση της θερμότητας με την ένταση και το χρόνο διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος καθώς και με την αντίσταση του αντιστάτη. Διατυπώνει το νόμο του Joule και το χρησιμοποιεί στην επίλυση απλών προβλημάτων.



Με τη βοήθεια πειράματος επίδειξης (κύκλωμα που περιλαμβάνει ηλεκτρικό λαμπτήρα ή θερμιδόμετρο με ηλεκτρικό αντιστάτη) και αναφορές στην καθημερινή εμπειρία, κατευθύνω τους μαθητές στο συμπέρασμα ότι «αν από έναν αντιστάτη διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, τότε μεταφέρεται από αυτόν προς το περιβάλλον του θερμότητα». Αναζητώ μαζί με τους μαθητές τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται το ποσόν της ηλεκτρικής ενέργειας που μετατρέπεται από έναν αντιστάτη σε ισοδύναμο ποσό θερμότητας. Τους καθοδηγώ ώστε να διαμορφώσουν υποθέσεις και να αναρωτηθούν για τη μορφή του φυσικού νόμου που μπορεί να ισχύει μεταξύ της ηλεκτρικής ενέργειας που μετατρέπεται σε θερμότητα από έναν αντιστάτη αντίστασης R , όταν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I από αυτόν για ορισμένο χρονικό διάστημα t .



Εξηγώ με ποιο τρόπο μπορούμε να ελέγξουμε πειραματικά τις υποθέσεις μας και να «εξεναγκάσουμε» τη φύση να μας αποκαλύψει τα μυστικά της. Θέτω στους μαθητές το ερώτημα: «Πώς μπορώ να βρω πειραματικά ένα φυσικό νόμο, όταν υποψιάζομαι ότι κάποιο φυσικό μέγεθος εξαρτάται από τη μεταβολή δύο ή περισσότερων άλλων μεγεθών, όπως συμβαίνει στην προκειμένη περίπτωση;». Τους υποβοηθώ, ώστε να διαμορφώσουν μόνοι τους την απάντηση: «Κατά την πειραματική διαδικασία φροντίζω να μεταβάλλω κάθε φορά ένα φυσικό μέγεθος, διατηρώντας όλα τα άλλα σταθερά».

Εφαρμόζω το γενικό αυτό κανόνα για την πειραματική επιβεβαίωση του νόμου του Joule.

Ζητώ από τους μαθητές να προτείνουν τρόπους μέτρησης καθενός από τα μεγέθη που θέλουμε να συσχετίσουμε, με βάση τις μέχρι τώρα γνώσεις τους από τη θερμότητα και τον ηλεκτρισμό.



Σχεδιάζω μια πειραματική διάταξη, σύμφωνα με τις τελικές προτάσεις και τους στόχους που διαμορφώθηκαν από τη συζήτηση που προηγήθηκε με τους μαθητές. Εφά όσον είναι εφικτό, πραγματοποιώ τα σχετικά

πειράματα και ζητώ από τους μαθητές να καταγράψουν τα πειραματικά δεδομένα. Ακολουθεί επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων, σχεδιασμός των αντίστοιχων γραφημάτων και συναγωγή συμπερασμάτων.

Υποβοηθώ τους μαθητές να κάνουν γενίκευση των πειραματικών αποτελεσμάτων και να διατυπώσουν λεκτικά και με μαθηματική μορφή το νόμο του Joule.



Ζητώ από τους μαθητές να εφαρμόσουν το νόμο του Joule σε απλά αριθμητικά προβλήματα: Υποβοηθώ τους μαθητές να επιλύσουν απλά προβλήματα που σχετίζονται με το νόμο του Joule. Προσδιορίζω σαφώς τα δεδομένα και τα ζητούμενα κάθε προβλήματος, καθώς και τα βήματα της διαδικασίας επίλυσης. Κάθε μαθητής εργάζεται μόνος του. Απαντώ στις απορίες που αναδύονται κατά τη διάρκεια της εργασίας κάθε μαθητή.

Στόχος 2

- ☐ Ερμηνεύει θεωρητικά το φαινόμενο Joule, συνδυάζοντας το ήδη γνωστό του μικροσκοπικό μοντέλο της δομής του μεταλλικού αγωγού, τη μικροσκοπική προέλευση της θερμοκρασίας και του ηλεκτρικού ρεύματος



Ζητώ από τους μαθητές να ανατρέξουν στη μικροσκοπική δομή των μεταλλικών αγωγών για να ερμηνεύσουν το φαινόμενο Joule. Τους υπενθυμίζω τη σχέση θερμοκρασίας – κινητικής ενέργειας των δομικών λίθων ενός υλικού και την έννοια της θερμικής ενέργειας σώματος. Τους υποβοηθώ να συνδυάσουν τις εμπλεκόμενες μικροσκοπικές διαδικασίες (κίνηση ελεύθερων ηλεκτρονίων μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο, σύγκρουση ελεύθερων ηλεκτρονίων και ιόντων του μεταλλικού πλέγματος κτλ), ώστε να μπορέσουν να περιγράψουν το μικροσκοπικό μηχανισμό αύξησης της θερμοκρασίας μεταλλικού αγωγού από τον οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα.

Στόχος 3

- ☐ Περιγράφει και εξηγεί τη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών – εφαρμογών του φαινομένου Joule



Ζητώ από τους μαθητές να αναφέρουν συσκευές, γνωστές από την καθημερινή ζωή, των οποίων η λειτουργία στηρίζεται στο φαινόμενο Joule. Να τις περιγράψουν και να τις σχεδιάσουν σχηματικά. Τους ζητώ να αναλύσουν τον τρόπο λειτουργίας αυτών των συσκευών, σύμφωνα με τις γνώσεις που απέκτησαν σχετικά με το φαινόμενο Joule.

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

§3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 Βιολογικά, χημικά, μαγνητικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος. Ηλεκτρική και μηχανική ενέργεια και ισχύς**Στόχος 4**

- ❑ Περιγράφει τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν σε γνωστές από την καθημερινή ή σχολική εμπειρία του, ηλεκτρικές συσκευές.
- ❑ Προσδιορίζει τα κοινά χαρακτηριστικά τους και τις προϋποθέσεις λειτουργίας τους. Σχεδιάζει και συναρμολογεί κύκλωμα που περιλαμβάνει μπαταρία και ηλεκτρικό κινητήρα, ώστε ο κινητήρας να λειτουργήσει.
- ❑ Χρησιμοποιεί αμπερόμετρο και βολτόμετρο, για να μετρά την ηλεκτρική τάση στα άκρα του κινητήρα και την ένταση του ρεύματος που διέρχεται απ' αυτόν.

Ζητώ από τους μαθητές να αναφέρουν ηλεκτρικές συσκευές από την καθημερινή τους εμπειρία και να περιγράψουν τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν κατά τη λειτουργία τους. Τους κατευθύνω να προσδιορίσουν τα κοινά χαρακτηριστικά όλων αυτών των ηλεκτρικών συσκευών: α) έχουν δύο πόλους, β) στους πόλους τους εφαρμόζεται ηλεκτρική τάση, γ) απ' αυτές διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, δ) μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε ενέργεια άλλης μορφής.



Συναρμολογώ κύκλωμα που περιλαμβάνει ηλεκτρική πηγή, ροοστάτη, κινητήρα, αμπερόμετρο και βολτόμετρο. Ο κινητήρας μπορεί να ανυψώνει μικρό βάρος με τη βοήθεια νήματος. Με το αμπερόμετρο μετρώ την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται από τον κινητήρα και με το βολτόμετρο, την τάση στα άκρα του. Ζητώ από τους μαθητές να περιγράψουν τις μετατροπές ενέργειας κατά τη λειτουργία του κινητήρα. Αλλάζω την ένταση του ρεύματος και την τάση στα άκρα του και ζητώ από τους μαθητές να διαμορφώσουν υποθέσεις για να εξηγήσουν, στη γλώσσα της ενέργειας, τις παρατηρούμενες μεταβολές.

Στόχος 5

- ❑ Σε κύκλωμα όπως αυτό που περιγράφεται στο στόχο (δ), εφαρμόζει τις σχέσεις μεταξύ των μεγεθών: ηλεκτρική ενέργεια που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα στον κινητήρα, διαφορά δυναμικού μεταξύ των πόλων του, φορτίο που μεταφέρεται σε ορισμένο χρόνο από τον έναν πόλο του στον άλλο, ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται από τον κινητήρα.
- ❑ Αποδεικνύει τη σχέση της ενέργειας που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα στον κινητήρα, σε συνάρτηση με την έντασή του, το χρόνο λειτουργίας και την ηλεκτρική τάση στους πόλους του. Να εφαρμόζει τη σχέση αυτή στην επίλυση απλών προβλημάτων.



Σχεδιάζω στον πίνακα και ζητώ από τους μαθητές να αντιγράψουν στο τετράδιό τους κύκλωμα που περιλαμβάνει ηλεκτρική πηγή, ηλεκτρική συσκευή (για παράδειγμα ηλεκτρικό κινητήρα), αμπερόμετρο και βολτόμετρο συνδεδεμένο στα άκρα της συσκευής. Υποβοηθώ τους μαθητές να

συνδυάσουν τις ήδη γνωστές τους σχέσεις μεταξύ των εννοιών: ηλεκτρική ενέργεια – ηλεκτρική τάση – ηλεκτρικό φορτίο – ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, και να υπολογίσουν την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει η ηλεκτρική συσκευή.

Υποβοηθώ τους μαθητές στην επίλυση σχετικών προβλημάτων με τον τρόπο που αναφέρθηκε στην ανάλυση του στόχου γ.

Στόχος 6

- ☐ Ορίζει και υπολογίζει την ισχύ μιας ηλεκτρικής μηχανής. Διακρίνει, αναφέροντας παραδείγματα, τις έννοιες «ισχύς» και «ενέργεια».



Συναρμολογώ πάλι τη διάταξη που αναφέρθηκε στην ανάλυση του στόχου 5. Τροφοδοτώ τον ηλεκτρικό κινητήρα με διαφορετικές τάσεις και ηλεκτρικά ρεύματα. Ζητώ από τους μαθητές να συγκρίνουν την ενέργεια και τους χρόνους που απαιτούνται για την ανύψωση του βάρους σε κάθε περίπτωση. Εισάγω την έννοια της ισχύος μιας μηχανής και επιδιώκω μέσω παραδειγμάτων ώστε οι μαθητές να διακρίνουν την ωφέλιμη ενέργεια που αποδίδει μια συσκευή από την ισχύ της συσκευής. Εισάγω τις μονάδες της ισχύος και αναφέρω παραδείγματα μηχανών και την αντίστοιχη ισχύ τους.



Υποβοηθώ τους μαθητές να εφαρμόσουν τον ορισμό της ισχύος και να υπολογίσουν την ηλεκτρική ισχύ που καταναλώνει ο κινητήρας σε συνάρτηση με την τάση των πόλων του και την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται απ' αυτόν.

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 1

Τμήμα:

Όνομα και επίθετο:

Πειραματική διαδικασία: Πώς μεταβάλλεται η αντίσταση ενός σύρματος με τη θερμοκρασία;

Στη διπλανή πειραματική διάταξη ο αντιστάτης είναι βυθισμένος μέσα σε νερό. Η θερμοκρασία του είναι ίση με τη θερμοκρασία του νερού και τη μετράμε με το εικονιζόμενο θερμόμετρο. Μετράμε και την αντίσταση του αντιστάτη με το ωμόμετρο. Παρατηρούμε ότι όταν η θερμοκρασία (θ) του αντιστάτη μεταβάλλεται, μεταβάλλεται και η αντίστασή του (R).

**A**

Μέτρησε την αντίσταση του αντιστάτη σε διαφορετικές θερμοκρασίες και καταχώρησε τις τιμές θερμοκρασίας (θ) – αντίστασης (R) στον πίνακα Α.

B

Τοποθέτησε τα πειραματικά σημεία θερμοκρασίας – αντίστασης στους άξονες R - θ . Παρατήρησε ότι τα πειραματικά σημεία βρίσκονται σχεδόν πάνω σε μια ευθεία. Σχεδίασε την ευθεία που διέρχεται πλησιέστερα στο σύνολο των σημείων.

Γ

Ποια είναι η μορφή της μαθηματικής σχέσης που συνδέει την αντίσταση του αντιστάτη με τη θερμοκρασία του, σύμφωνα με τα πειραματικά σου αποτελέσματα;

ΠΙΝΑΚΑΣ Α	
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ θ °C	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ R Ω

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1

Τμήμα:

Όνομα και επίθετο:

1. Κλειστό κύκλωμα (ή απλά κύκλωμα) ονομάζουμε ένα σύνολο από ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές συσκευές, που συνδέονται μεταξύ τους με καλώδια, έτσι ώστε να σχηματίζονται κλειστές διαδρομές. Από ένα κλειστό κύκλωμα είναι δυνατό να διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα.
 - α. Σχεδίασε ένα κύκλωμα που περιλαμβάνει μια μπαταρία, ένα λαμπτήρα, ένα διακόπτη και καλώδια.
 - β. Σημείωσε με (+) τον πόλο της μπαταρίας που έχει υψηλότερο δυναμικό και με (-) τον πόλο με το χαμηλότερο δυναμικό. Όταν ο διακόπτης είναι κλειστός, σημείωσε με ένα βέλος (→) την κατεύθυνση της κίνησης των ηλεκτρονίων κατά μήκος των καλωδίων του κυκλώματος. Ποια είναι η συμβατική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος; Σημείωσέ τη με ένα βέλος και γράψε από κάτω «συμβατική φορά του ηλ. ρεύματος».
 - γ. Στο κύκλωμα που έχεις σχεδιάσεις πρόσθεσε ένα βολτόμετρο, έτσι ώστε να μπορούμε να μετράμε την ηλεκτρική τάση (διαφορά δυναμικού) στους πόλους της μπαταρίας.
2. Αν η ηλεκτρική τάση της μπαταρίας είναι 6 V, πόση είναι η μεταβολή της ηλεκτρικής ενέργειας ενός ηλεκτρονίου, που ξεκινά από τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας και φτάνει στο θετικό; [Το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο είναι $e=1,6 \times 10^{-19}$ C.]
3. Περιγράψε τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν κατά τη λειτουργία του κυκλώματος που έχεις σχεδιάσει.

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 2

Τμήμα:

Όνομα και επίθετο:

1. Ένας ηλεκτρικός φανός αποτελείται από μια μπαταρία, ένα λαμπάκι και ένα διακόπτη, συνδεδεμένα μεταξύ τους.
 - α. Σχεδίασε το κύκλωμα του ηλεκτρικού φανού.
 - β. Όταν ο φανός λειτουργεί, να περιγράψεις τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν σ' αυτόν.

2. Ένας ηλεκτρικός κινητήρας ανεβάζει, με σταθερή ταχύτητα, έναν ανελκυστήρα βάρους $w=100.000\text{ N}$, κατά 15 m , σε 30 s . Υπολόγισε την ισχύ του κινητήρα. Σύγκρινε την ισχύ του κινητήρα με την ισχύ ενός αρσιβαρίστα, που σηκώνει σε ύψος 2 m , βάρη μάζας 100 kg , σε 2 s ($g=10\text{ m/s}^2$).

ΕΝΟΤΗΤΑ 2

Ταλαντώσεις - Κύματα

Β. Γενική Φιλοσοφία και Διάρθρωση της Ενότητας

Σε αυτή την ενότητα μελετώνται οι βασικές έννοιες: ταλάντωση, μηχανικό κύμα και τρόποι διάδοσής του, ήχος και τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του (ύψος, ακουστότητα και χροιά).

Αρχικά ορίζεται η περιοδική κίνηση. Η ταλάντωση ορίζεται ως η περιοδική κίνηση μεταξύ δύο ακραίων θέσεων γύρω από μια θέση ισορροπίας. Η ταλάντωση συνδέεται με την άσκηση δύναμης στο σώμα και αναφέρεται η περίπτωση της απλής αρμονικής ταλάντωσης. Εισάγονται τα χαρακτηριστικά φυσικά μεγέθη για τη μελέτη μιας ταλάντωσης, η περίοδος, η συχνότητα, η απομάκρυνση και το πλάτος. Φέρονται ως παραδείγματα ταλάντωσης η κούνια και το εκκρεμές του ρολογιού. Τέλος μελετάμε τις ενεργειακές μεταβολές που παρατηρούνται κατά τη χρονική διάρκεια μιας περιόδου στην ταλάντωση.

Προκειμένου να μελετήσουν οι μαθητές την ταλάντωση περιγράφεται η κίνηση του απλού εκκρεμούς. Γίνεται ποιοτική αναφορά στους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η περίοδος της κίνησης του απλού εκκρεμούς και πώς προκύπτει η καταλληλότητα του για τη μέτρηση του χρόνου. Μελετώνται οι ενεργειακές μεταβολές κατά τη διάρκεια μιας περιόδου στην κίνηση σώματος δεμένου στην άκρη ελατηρίου και συνδέεται η ενέργεια με το πλάτος της ταλάντωσης.

Τα μηχανικά κύματα ορίζονται ως μηχανισμός μεταφοράς μιας διαταραχής. Τονίζεται ότι κατά τη διάδοση του κύματος μεταφέρεται ενέργειας και όχι μάζα. Ορίζονται τα εγκάρσια, διαμήκη και τα κύματα επιφανείας και ερμηνεύεται μικροσκοπικά η διάδοση του κύματος. Μελετώνται ποιοτικά τα χαρακτηριστικά των μηχανικών κυμάτων με τη βοήθεια της λεκάνης κυματισμών και του ελατηρίου κυματισμών (Slinky), με πειράματα επίδειξης ή με τις αντίστοιχες εργαστηριακές ασκήσεις. Αναφέρονται οι κυματικές ιδιότητες της ανάκλασης και της διάθλασης των μηχανικών κυμάτων.

Ο ήχος ορίζεται ως διάμηκες κύμα που διαδίδεται στον αέρα και δεν διαδίδεται στο κενό και έχει τις κυματικές ιδιότητες (ανάκλαση).

Ερμηνεύεται μικροσκοπικά ο τρόπος διάδοσης του ήχου. Ορίζονται τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου (ύψος, ακουστότητα και χροιά) και συνδέονται με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά μεγέθη του κύματος.

Η ενότητα «Ταλαντώσεις - Κύματα» αποτελείται από δύο κεφάλαια. Κάθε κεφάλαιο αποτελείται από 4-5 κύριες παραγράφους που υποδιαιρούνται σε υποπαραγράφους, όπου αναλύονται τα στοιχεία του υπό συζήτηση θέματος. Στην έναρξη κάθε παραγρά-

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

φου με πλάγια γράμματα διατυπώνονται ερωτήματα με στόχο να προβληματίσουν το μαθητή σχετικά με τα φαινόμενα που πρόκειται να μελετηθούν. Με έντονα γράμματα τονίζονται οι σημαντικότερες προτάσεις-συμπεράσματα της παραγράφου.

Οι εικόνες λειτουργούν παράλληλα και επεξηγηματικά στο κείμενο. Πολλές απ' αυτές έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να αποτελούν εικονική αναπαράσταση του θεωρητικού μοντέλου που χρησιμοποιείται για την ερμηνεία των σχετικών φαινομένων. Έτσι σε πολλές εικονίζονται ταυτόχρονα δυο παράλληλα επίπεδα: το μακροσκοπικό και το μικροσκοπικό ή η μαθηματική περιγραφή του φαινομένου.

Κάθε παράγραφος ολοκληρώνεται με μια σειρά από ερωτήσεις οι οποίες έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να υποβοηθούν τους μαθητές στην επανάληψη και εμπέδωση των εννοιών που έχουν διδαχθεί. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μια περίληψη, όπου ανακεφαλαιώνονται οι κυριότερες έννοιες καθώς και οι βασικοί όροι που εισήχθησαν στο κεφάλαιο.

Με στόχο την εξοικείωση των μαθητών με την επίλυση προβλημάτων στο τέλος κάθε ενότητας αναπτύσσεται αναλυτικά η επίλυση ενός ή δύο παραδειγμάτων.

Δ. Εναλλακτικές Απόψεις των Μαθητών για τον Ήχο



Παραγωγή του ήχου: Πολλοί μαθητές αυτής της ηλικίας δεν συνδέουν τις δονήσεις της πηγής του ήχου με την παραγωγή του, αλλά θεωρούν ότι η παραγωγή συνδέεται με ορισμένα φυσικά χαρακτηριστικά της πηγής. Πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι τα παιδιά αυτής της ηλικίας δεν έχουν διαμορφώσει μια ενιαία άποψη για την παραγωγή του ήχου και σχετικά μικρό ποσοστό (40%) αναφέρουν στη διαδικασία παραγωγής του ήχου την εμπλοκή του αέρα.

Διάδοση του ήχου: Οι αντιλήψεις των μαθητών μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες:

- Μικροσκοπικού χαρακτήρα: Ο ήχος αντιμετωπίζεται ως οντότητα που μεταφέρεται από το ένα μόριο στο άλλο.
- Μακροσκοπικού χαρακτήρα: Ο ήχος είναι μια ουσία που ταξιδεύει – ρέει μέσω του αέρα.

Ακοή: Οι περισσότεροι μαθητές των τελευταίων τάξεων του γυμνασίου συνδέουν την ακοή με το μηχανισμό διάδοσης του ήχου στον αέρα και τις δονήσεις του τυμπάνου και ελάχιστοι αναφέρονται στο ρόλο του εγκεφάλου.

Χαρακτηριστικά του ήχου: Οι μαθητές συγχέουν την ταχύτητα διάδοσης του ήχου με το πλάτος των δονήσεων. Θεωρούν ότι μεγαλύτερο πλάτος αντιστοιχεί σε μικρότερη ταχύτητα και κατά συνέπεια εμφανίζονται δυσκολίες στη συζήτηση για το ύψος και την ένταση του ήχου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. R. Driver, A. Squires, P. Rushworth, V. Wood-Robinson, Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών- Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών, Εκδόσεις Τυπωθήτω, Γιώργος Δαρδανός, Αθήνα 1998.
2. «Αναπαραστάσεις του Φυσικού κόσμου», Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 1999.

ΣΤ. Οργανόγραμμα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

Σχέδιο Διδασκαλίας (4 διδακτικές ώρες)		
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΦΑΝΕΙΣ
<input type="checkbox"/> Περιοδική κίνηση και ταλάντωση. Δύναμη στην απλή αρμονική ταλάντωση <input type="checkbox"/> Μεγέθη που χαρακτηρίζουν μια ταλάντωση. Το απλό εκκρεμές <input type="checkbox"/> Ενέργεια στην ταλάντωση	Π.Δ. Σύστημα ελατήριο – σώμα Π.Δ. Απλό εκκρεμές Ε.Α. Επαλήθευση των νόμων του απλού εκκρεμούς	Διαφάνεια Εικόνα 4.3 Διαφάνεια Εικόνα 4.5 Διαφάνεια Εικόνα 4.9 Διαφάνεια Εικόνα 4.11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

Σχέδιο Διδασκαλίας (5 διδακτικές ώρες)		
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΦΑΝΕΙΣ
<input type="checkbox"/> Μηχανικά κύματα – είδη κυμάτων <input type="checkbox"/> Κύμα και ενέργεια <input type="checkbox"/> Χαρακτηριστικά μεγέθη του κύματος. Θεμελιώδης εξίσωση της κυματικής <input type="checkbox"/> Κυματικά φαινόμενα <input type="checkbox"/> Ήχος – Ηχητικά κύματα	Π.Ε. Δημιουργία κυμάτων με ελατήρια κυματισμών Π.Ε. Δημιουργία κυμάτων με λεκάνη κυματισμού και με ελατήρια κυματισμών Ε.Α. Μηχανικά κύματα Π.Ε. Ανάκλαση και διάθλαση κυμάτων με λεκάνη κυματισμού	Διαφάνεια Εικόνα 4.1 Διαφάνεια Εικόνα 4.5 Διαφάνεια Εικόνα 4.11 Διαφάνεια Εικόνα 4.9 Διαφάνεια Εικόνα 5.12

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

<input type="checkbox"/> Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου	Π.Ε. Παραγωγή απλών ήχων με χορδές, περιστροφή πλαστικών σωλήνων και κτυπήματα κουτιών Π.Ε. Ταλάντωση χορδών	Διαφάνεια Εικόνα 5.15 Διαφάνεια Εικόνα 5.16 Διαφάνεια Πίνακας 5.2 Διαφάνεια Πίνακας 5.3
---	---	--

Ζ. Ανάπτυξη Επιμέρους Κεφαλαίων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

Εισαγωγή του μαθητή στην έννοια της περιοδικής κίνησης και της ταλάντωσης

Η εισαγωγή στις ταλαντώσεις γίνεται με παραδείγματα περιοδικών κινήσεων που εμπίπτουν στην εμπειρία των μαθητών. Εισάγουμε την περιοδική κίνηση χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα την κίνηση του γιο-γιο και της κούνιας καθώς και την κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο. Τονίζοντας τη βασική διαφορά μεταξύ κυκλικών κινήσεων και της κίνησης του γιο-γιο ορίζουμε την ταλάντωση ως περιοδική κίνηση μεταξύ δύο ακραίων θέσεων γύρω από μια θέση ισορροπίας.

Επιπλέον είναι δυνατόν να αναφερθούμε σε περιοδικά φαινόμενα, όπως την κίνηση του καρδιακού μυ, και να μιλήσουμε για τον τρόπο ανίχνευσης παθολογικών καταστάσεων από τη διατάραξη της περιοδικότητας της κίνησης (καρδιογράφημα). Η συζήτηση μπορεί να γίνει με χρήση σχετικής διαφάνειας ή της εικόνας 4.2 του βιβλίου.

§4.1-4.4 Περιοδικές κινήσεις – Ταλαντώσεις – Δύναμη στην απλή αρμονική ταλάντωση – Μεγέθη που χαρακτηρίζουν μια ταλάντωση – Το απλό εκκρεμές – Ενέργεια στην ταλάντωση

Διδακτικοί στόχοι

Ο μαθητής να αποκτήσει τις ακόλουθες ικανότητες:

1. Να ορίζει την περιοδική κίνηση και να περιγράφει συγκεκριμένα παραδείγματα περιοδικών κινήσεων
2. Να διακρίνει την ταλάντωση από άλλες περιοδικές κινήσεις και να αναφέρει σχετικά παραδείγματα
3. Να ορίζει τις έννοιες της περιόδου, της συχνότητας και του πλάτους σε μια ταλάντωση
4. Να χρησιμοποιεί τις παραπάνω έννοιες στην περιγραφή της κίνησης του απλού εκκρεμούς
5. Να περιγράφει το μηχανισμό της μετατροπής της δυναμικής ενέργειας σε κινητική και αντιστρόφως και της διατήρησης της μηχανικής ενέργειας σε μια ταλάντωση

Ενδεικτικά διδακτικά βήματα και παρατηρήσεις

Στόχοι 1, 2, 3

- ☐ Να ορίζει την περιοδική κίνηση και να περιγράφει συγκεκριμένα παραδείγματα περιοδικών κινήσεων
- ☐ Να διακρίνει την ταλάντωση από άλλες περιοδικές κινήσεις και να αναφέρει σχετικά παραδείγματα
- ☐ Να ορίζει τις έννοιες της περιόδου, της συχνότητας και του πλάτους σε μια ταλάντωση

Σύνδεση με προηγούμενες γνώσεις. Υπενθυμίζω στους μαθητές την έννοια της δύναμης και τη σύνδεσή της με τη μεταβολή της ταχύτητας, καθώς επίσης και την έννοια της συνισταμένης.

Τονίζω μαθητές ότι για να πραγματοποιήσει ένα σώμα ταλάντωση πρέπει πάνω του να ασκηθεί συνισταμένη δύναμη με τις κατάλληλες ιδιότητες. Υπενθυμίζω ότι για την πραγματοποίηση της ευθύγραμμης ομαλής και της ευθύγραμμης ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης, που έχουν μελετηθεί στην προηγούμενη τάξη, η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο σώμα πρέπει να έχει συγκεκριμένη μορφή. Επισημαίνω στους μαθητές ότι όλες οι μορφές δυνάμεων (ηλεκτρική, μαγνητική, βαρυτική, τάση του νήματος, δύναμη ελατηρίου) είναι δυνατόν να προκαλέσουν ταλάντωση, αρκεί να έχουν συγκεκριμένη μορφή.



Πείραμα επίδειξης: Ταλάντωση σώματος στερεωμένου στην ελεύθερη άκρη ελατηρίου. Συναρμολογώ τη σχετική διάταξη (βλέπε απαιτούμενα όργανα και χαρακτηριστικά της διάταξης στην αντίστοιχη εργαστηριακή άσκηση) και θέτω σε ταλάντωση το σώμα που έχω στερεώσει στην ελεύθερη άκρη του ελατηρίου. Ζητώ από τους μαθητές να σχεδιάσουν την πειραματική διάταξη στο τετράδιό τους και να προσδιορίσουν τις ακραίες θέσεις του ταλαντευμένου σώματος. Τους ζητώ να σχεδιάσουν τις δυνάμεις που ασκούνται στο ταλαντούμενο σώμα σε διάφορες θέσεις (θέση ισορροπίας κ.λπ.). Εισάγω τις έννοιες: «θέση ισορροπίας», «απομάκρυνση», «πλάτος ταλάντωσης», «περίοδος», «συχνότητα».



Μοιράζω στους μαθητές το φύλλο εργασίας που περιέχεται στην εργαστηριακή άσκηση «Ταλάντωση ελατηρίου» του εργαστηριακού οδηγού και πραγματοποιώ, σε συνεργασία με τους μαθητές, μετρήσεις του πλάτους, της περιόδου και της συχνότητας της ταλάντωσης. Εάν είναι εφικτό η άσκηση αυτή πραγματοποιείται στο εργαστήριο με τη μορφή μετωπικού εργαστηρίου.

Γενικεύω τις έννοιες της περιόδου και της συχνότητας για όλες τις περιοδικές κινήσεις.

Στόχος 4

- ☐ Να χρησιμοποιεί τις παραπάνω έννοιες στην περιγραφή της κίνησης του απλού εκκρεμούς

Προκειμένου οι μαθητές να μελετήσουν την ταλάντωση και τα μεγέθη που την χαρακτηρίζουν, χρησιμοποιώ ως παράδειγμα την κίνηση του απλού εκκρεμούς. Αναφέρω τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η περίοδος της κίνησης του σφαιριδίου του απλού εκκρεμούς και πώς προκύπτει η καταλληλότητά του για τη μέτρηση του χρόνου.

Εργαστηριακή άσκηση: Η μελέτη του απλού εκκρεμούς μπορεί να γίνει εύκολα με τη διεξαγωγή της να γίνει με τη διεξαγωγή της αντίστοιχης εργαστηριακής άσκησης από όλους τους μαθητές. Αν δεν υπάρχουν αρκετές πειραματικές διατάξεις, είναι μικρό το κόστος τους και μπορούν να αγοραστούν ή να κατασκευαστούν από τους μαθητές. Η άσκηση αυτή βοηθά στην ανάπτυξη της αναλογικής σκέψης των μαθητών για όλες τις φυσικές μεταβολές. Δίνω ιδιαίτερη προσοχή στον τρόπο λήψης των μετρήσεων και στην επεξεργασία των δεδομένων από κάθε μαθητή. Με βάση τα αποτελέσματα της εργαστηριακής άσκησης επισημαίνω την ανεξαρτησία της περιόδου της κίνησης από το πλάτος της ταλάντωσης, φαινόμενο που αξιοποιήθηκε στην κατασκευή των πρώτων ρολογιών.

Τέλος, μέσω αυτής της πειραματικής δραστηριότητας, δείχνω στους μαθητές πώς μπορούμε να ανάγουμε τη μέτρηση του χρόνου στη μέτρηση του μήκους του εκκρεμούς και τον αριθμό των αιωρήσεών του.

Στόχος 5

- ☐ Να περιγράφει το μηχανισμό της μετατροπής της δυναμικής ενέργειας σε κινητική και αντιστρόφως και της διατήρησης της μηχανικής ενέργειας σε μια ταλάντωση



Υπενθυμίζω στους μαθητές τις έννοιες «κινητική ενέργεια», «δυναμική ενέργεια», «μηχανική ενέργεια», πώς μετατρέπεται η δυναμική σε κινητική και αντίστροφα καθώς και κάτω από ποιες προϋποθέσεις η μηχανική ενέργεια διατηρείται σε ένα μηχανικό σύστημα.



Επαναλαμβάνω το πείραμα επίδειξης ταλάντωσης σώματος στερεωμένου στην ελεύθερη άκρη ελατηρίου. Ζητώ από τους μαθητές να περιγράψουν τις μετατροπές της ενέργειας κατά την κίνηση του σώματος.

Τους κατευθύνω ώστε να συνδέσουν το πλάτος της ταλάντωσης με τη μέγιστη δυναμική και τη μηχανική ενέργεια του σώματος. Οι μαθητές διαπιστώνουν ότι εφ' όσον το πλάτος της ταλάντωσης διατηρείται σταθερό, η μηχανική ενέργεια διατηρείται σταθερή. Αφήνω το σώμα να ταλαντωθεί για αρκετό χρόνο, οπότε το πλάτος της ταλάντωσης υφίσταται αισθητή μείωση. Οι μαθητές συμπεραίνουν ότι η μηχανική ενέργεια του συστήματος μειώνεται. Συζητώ μαζί τους τις αιτίες ελάττωσης της μηχανικής ενέργειας.

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Διαθεματικό σχέδιο εργασίας: Χρόνος και μέτρηση χρόνου*Σύνδεση με Φυσική, Μαθηματικά, Ιστορία, Βιολογία*

Χωρίζουμε την τάξη σε ομάδες και αναθέτουμε στην κάθε ομάδα κύκλους δραστηριοτήτων. Ενδεικτικά, οι κύκλοι δραστηριοτήτων μπορούν να συνδέονται με τις λέξεις - κλειδιά του κειμένου στο βιβλίο του μαθητή (πχ: ο χρόνος στη Φυσική ή χρόνος στη Βιολογία). Μια απλή δραστηριότητα για κάθε κύκλο είναι οι μαθητές να κατασκευάσουν για κάθε θέμα ένα φωτογραφικό άλμπουμ με υλικό που θα βρουν από διάφορες πηγές, όπως για παράδειγμα το σχολικό τους βιβλίο, το διαδίκτυο, η σχολική βιβλιοθήκη, περιοδικά. Σε κάθε φωτογραφία θα πρέπει να γράψουν μια λεζάντα που θα διευκρινίζει το περιεχόμενο της. Οι ερωτήσεις που τίθενται στο βιβλίο του μαθητή μπορούν να αποτελέσουν μια βάση για την ανάπτυξη και άλλων κύκλων δραστηριοτήτων.

Διαθεματικό σχέδιο εργασίας: Από την στιγμή στην αιωνιότητα*Σύνδεση με Φυσική, Μαθηματικά, Βιολογία, Κοσμολογία, Γεωλογία, Τεχνολογία*

Μια από τις βασικές έννοιες με τις οποίες πρέπει να έλθει σε επαφή ο μαθητής είναι η έννοια της κλίμακας, τόσο όσον αφορά τη μεταβολή των φυσικών μεγεθών όσο και την εκδήλωση φυσικών φαινομένων (φαινόμενα του μικρόκοσμου ή του μακρόκοσμου). Αυτό το διαθεματικό σχέδιο εργασίας έχει ως στόχο να εξοικειωθούν οι μαθητές με την κλίμακα των χρονικών διαστημάτων από την υποατομική έως την κοσμική κλίμακα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

Εισαγωγή του μαθητή στα μηχανικά κύματα

Η εισαγωγή των μαθητών στα μηχανικά κύματα γίνεται με συζήτηση για τα κύματα της θάλασσας, πώς δημιουργούνται, πώς τα εκμεταλλεύονται οι αθλητές του σέρφινγκ χωρίς πανί, καθώς και με μια προσπάθεια για συσχέτιση των θαλασσίων κυμάτων με τα ηχητικά και τα σεισμικά κύματα, καθώς και το φως.

§5.1–5.3 Μηχανικά κύματα – Είδη κυμάτων – Κύμα και ενέργεια – Χαρακτηριστικά μεγέθη του κύματος – Θεμελιώδης εξίσωση της κυματικής – Κυματικά φαινόμενα

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές να αποκτήσουν τις ακόλουθες ικανότητες:

1. Δείχνουν με τη βοήθεια παραδειγμάτων ότι ένα ελαστικό κύμα μεταφέρει ενέργεια
2. Διακρίνουν τα εγκάρσια από τα διαμήκη κύματα
3. Περιγράφουν τα βασικά χαρακτηριστικά των κυμάτων.
4. Διατυπώνουν το θεμελιώδη νόμο της κυματικής και τον εφαρμόζουν στην επίλυση απλών προβλημάτων
5. Περιγράφουν το μηχανισμό παραγωγής και διάδοσης των ηχητικών κυμάτων
6. Διακρίνουν τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου

Στόχοι 1, 2, 3, 4

- ☐ Δείχνουν με τη βοήθεια παραδειγμάτων ότι ένα ελαστικό κύμα μεταφέρει ενέργεια
- ☐ Διακρίνουν τα εγκάρσια από τα διαμήκη κύματα
- ☐ Περιγράφουν τα βασικά χαρακτηριστικά των κυμάτων
- ☐ Διατυπώνουν το θεμελιώδη νόμο της κυματικής και τον εφαρμόζουν στην επίλυση απλών προβλημάτων

Σύνδεση με προηγούμενη γνώση: Ενέργεια, Μηχανική ενέργεια



Εργαστηριακή άσκηση ή πείραμα επίδειξης: Διεξαγωγή της πειραματικής δραστηριότητας «Μελέτη κυμάτων» του Εργαστηριακού Οδηγού. Τα πειράματα επίδειξης ή οι εργαστηριακές δραστηριότητες ανά ομάδες με ελατήρια κυματισμών ΤΑ.020 (Slinky) και τη λεκάνη κυματισμών ΤΑ.085 είναι ο ιδανικότερος τρόπος παρουσίασης των κυμάτων και κατανόησης των χαρακτηριστικών φυσικών μεγεθών τους. Τα μηχανικά διαμήκη και

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

εγκάρσια κύματα επιδεικνύονται με τη χρήση των ελατηρίων κυματισμών (Slinky). Τα επιφανειακά κύματα με τη χρήση της λεκάνης κυματισμών. Η δημιουργία των κυμάτων επιτυγχάνεται ή με τον ηλεκτρικό κινητήρα της διάταξης ή με τις σταγόνες που πέφτουν από μια προχοΐδα.



Χρησιμοποιώ παραδείγματα από την καθημερινή ζωή και εισάγω την έννοια του κύματος ως διάδοση μιας διαταραχής σε ένα μέσο που ισορροπεί ή στο κενό. Χρησιμοποιώ ελατήρια κυματισμών και δείχνω πώς σχηματίζεται και πώς διαδίδεται ένα κύμα. Εισάγω τις έννοιες: διεύθυνση διάδοσης κύματος, ταχύτητα κύματος, εγκάρσιο και διαμήκες κύμα, αρμονικό κύμα, συχνότητα και μήκος κύματος, χρησιμοποιώντας ελατήρια κυματισμών. Με βάση τους ορισμούς της ταχύτητας, της συχνότητας και του μήκους κύματος οδηγώ τους μαθητές στη διατύπωση της θεμελιώδους κυματικής εξίσωσης. Ζητώ από τους μαθητές να την εφαρμόσουν στην επίλυση απλών προβλημάτων.



Η εργαστηριακή άσκηση «Μελέτη κυμάτων» του Εργαστηριακού Οδηγού διεξάγεται είτε ως πείραμα επίδειξης είτε ως μετωπικό εργαστήριο. Σε κάθε περίπτωση οι μαθητές συμπληρώνουν το φύλλο εργασίας που περιέχεται στον Εργαστηριακό Οδηγό. Κατά τη διεξαγωγή της άσκησης, οι μαθητές με τη βοήθεια των ελατηρίων κυματισμού μελετούν όλα τα χαρακτηριστικά μεγέθη των μηχανικών κυμάτων. Παρατηρούν πώς διαδίδονται τα εγκάρσια και τα διαμήκη κύματα στο ελατήριο, μετρούν την ταχύτητα διάδοσης του κύματος, μετρούν τη συχνότητα, την περίοδο και το μήκος κύματος. Διαπιστώνουν ότι με τα κύματα δεν μεταφέρεται μάζα, αλλά ενέργεια. Μελετούν την επίδραση του πλάτους της διαταραχής στη συχνότητα και στο μήκος κύματος. Η δυσκολία στη διεξαγωγή της εργαστηριακής άσκησης εντοπίζεται κυρίως στην προσπάθεια επιβολής συνθηκών ταυτόχρονης λειτουργίας πολλών ομάδων με τα ελατήρια. Αν αυτό μπορεί να επιτευχθεί προτείνουμε η διδασκαλία των δύο ενοτήτων να γίνει μέσω της διεξαγωγής της εργαστηριακής άσκησης.

Δίνω επίσης έμφαση: α) Στη μικροσκοπική ερμηνεία διάδοσης των κυμάτων. β) Στο ότι το κύμα, όταν ταξιδεύει, μεταφέρει ενέργεια από την πηγή. γ) Στο ότι δεν συμβαίνει μεταφορά υλικών σωματιδίων του μέσου διάδοσης κατά τη διέλευση του κύματος απ' αυτό.



Αναφορά στην ανάκλαση και διάθλαση των κυμάτων: Τα δύο αυτά κυματικά φαινόμενα είναι εύκολο να επιδειχθούν με τη λεκάνη κυματισμών. Κάνω μια αναφορά στους νόμους της ανάκλασης και ποιοτική αναφορά στον νόμο της διάθλασης. Επισημαίνω ότι τα φαινόμενα αυτά αφορούν και τα ηχητικά κύματα, καθώς και το φως. Το φως υπακούει στους νόμους των μηχανικών κυμάτων και πολλά φαινόμενα της Οπτικής μπορούν να εξηγηθούν αν θεωρήσουμε ότι το φως είναι ηλεκτρομαγνητικό κύμα που διαδίδεται με ορισμένη ταχύτητα στο κενό.

Διαθεματικό σχέδιο εργασίας: Φυσική και Σεισμολογία



Αξιοποιούμε τα ένθετα της παραγράφου 5.3 και αναθέτουμε σε ομάδα μαθητών να αναζητήσουν πληροφορίες για τη δομή του εσωτερικού της γης, την κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών, τους τρόπους δημιουργίας των σεισμών, τα είδη των σεισμικών κυμάτων, τον τρόπο μέτρησης της έντασης του σεισμού. Οι μαθητές δομούν μια συνθετική εργασία που περιλαμβάνει εικόνες, σχηματικές αναπαραστάσεις, φωτογραφίες με λεζάντες, ειδήσεις που αφορούν στα καταστροφικά αποτελέσματα των σεισμών, τρόπους προστασίας από τους σεισμούς κλπ. Βοηθούμε και κατευθύνουμε τους μαθητές στην ανεύρεση των απαραίτητων πληροφοριών και στον τρόπο σύνθεσης της εργασίας τους.

Στόχοι 5, 6

- ☐ Περιγράφουν το μηχανισμό παραγωγής και διάδοσης των ηχητικών κυμάτων
- ☐ Διακρίνουν τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου



Ξεκινώ τη διδασκαλία με την πειραματική δραστηριότητα «παραγωγή ήχου» και συνδέω την ταλάντωση του χάρακα με την παραγωγή του ήχου. Ερμηνεύω τη μεταφορά του ήχου ως τη διάδοση ενός μηχανικού κύματος μέσω του αέρα: Κατά τη διάδοση του ηχητικού κύματος μέσα από τον αέρα, τα μόρια του αέρα κινούνται σχηματίζοντας λιγότερο ή περισσότερο πυκνά στρώματα. Τονίζω ότι ο ήχος, όταν διαδίδεται στον αέρα, είναι ένα διαμήκες κύμα και έχει όλα τα χαρακτηριστικά των μηχανικών κυμάτων. Αναφέρομαι στο παράδειγμα της ανάκλασης του ήχου και στο φαινόμενο της ηχούς ή του αντήλαλου. Συζητώ με τους μαθητές για το μέτρο της ταχύτητας του ήχου στον αέρα και τους ζητώ να τη συγκρίνουν με αυτή του φωτός. Ζητώ από τους μαθητές εφαρμόσουν τη θεμελιώδη κυματική εξίσωση για ένα αρμονικό ηχητικό κύμα στην επίλυση απλών προβλημάτων.



Χρησιμοποιώ παραδείγματα από την καθημερινή ζωή για να ελέγξουμε αν ο ήχος διαδίδεται στα στερεά και στα υγρά σώματα. Επισημαίνω ότι ο ήχος δεν διαδίδεται στο κενό γιατί είναι ένα μηχανικό κύμα και για τη διάδοσή του απαιτεί κάποιο υλικό μέσο. Για να επιβεβαιώσω την άποψή μου μπορώ να καταφύγω στο πείραμα με το ηλεκτρικό κουδούνι μέσα σε γυάλινο κώδωνα, απ' όπου αφαιρείται ο αέρας με μια αντλία κενού.

Τα ένθετα με τίτλους «Σύνδεση με τη Βιολογία», «Σύνδεση με την Τεχνολογία, Ιατρική» μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως θέματα συνθετικών εργασιών.

Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου: Υπενθυμίζω στους μαθητές το μηχανισμό της ακοής.

Ορίζω τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου μέσα από παραδείγματα και δραστηριότητες μέσα στην τάξη (πώς χαρακτηρίζουμε τον ήχο ενός μουσικού οργάνου ή

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

μιας ανθρώπινης φωνής;). Συνδέω τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου με τη συχνότητα και την ενέργεια του ηχητικού κύματος καθώς και με το είδος της ηχητικής πηγής.

Για να επιδείξω τη σχέση συχνότητας και ύψους του ήχου μπορώ να χρησιμοποιήσω τη σειρήνα ή τον τροχό του Savart (TA.055.0) ή έναν παλμογράφο. Για να αντιληφθούν την έννοια της ακουστότητας και της χροιάς μπορώ δείξω στους μαθητές πώς ακούγεται η ίδια νότα από δύο ή περισσότερα διαφορετικά μουσικά όργανα. Έτσι, οι μαθητές θα αντιληφθούν ευκολότερα το ρόλο της πηγής στην παραγωγή του ήχου.

Διαθεματικό σχέδιο εργασίας: Συνθετική μουσική



Σε συνεργασία με τους καθηγητές της μουσικής και της πληροφορικής, οι μαθητές μπορούν να ασχοληθούν με τη μίξη ήχων. Επίσης είναι δυνατόν να αναζητήσουν πληροφορίες για χαρακτηριστικά της ηλεκτρονικής μουσικής από σύγχρονους δημιουργούς. Να παρουσιάσουν συλλογή κομματιών ηλεκτρονικής μουσικής.

ΕΝΟΤΗΤΑ 3

Οπτική

Α. Ιστορική Προσέγγιση

1. Αρχικές ιδέες για τη φύση του φωτός και τη λειτουργία της όρασης.

Τόσο στις μυθικές κοσμογονίες όσο και στο λόγο των Ιώνων φιλοσόφων το φως και το σκοτάδι μαζί με το θερμό και το ψυχρό συναντώνται στη βάση της κοσμικής δημιουργίας. Στη κοσμογονία του Παρμενίδη (Ελεάτης του 5ου π.Χ. αιώνα) το φως και το σκότος αποτελούν τα δύο πρωταρχικά στοιχεία του σύμπαντος. Το φως και το σκότος είναι ουσίες υλικές, αδιαχώριστες από τις έννοιες του θερμού και του ψυχρού, από τις οποίες συντίθενται όλα τα σώματα.

Στα ομηρικά έπη δεν υπάρχει ρήμα που να υποδηλώνει τη λειτουργία της όρασης, γεγονός που σημαίνει ότι τον ομηρικό άνθρωπο δεν τον είχε απασχολήσει το ερώτημα του πώς βλέπουμε. Η πρώτη βασική άποψη για τη λειτουργία της όρασης περιγράφει τη αίσθηση σαν προϊόν δραστηριότητας του ματιού. Ο Παρμενίδης θεωρεί ότι το μάτι λειτουργεί ως αισθητήριο όργανο επειδή στη σύνθεσή του κυριαρχεί το φως σε σχέση με το σκότος ενώ η αντίληψη των χρωμάτων προκύπτει από την ανάμειξή τους.

Ο Ίππαρχος και οι Πυθαγόρειοι θεωρούσαν ότι η όραση οφείλεται σε «οπτικές ακτίνες» που εκπέμπονται από τα μάτια προς τα αντικείμενα. Ο Πλάτωνας απέδιδε τα χρώματα στην αλληλεπίδραση πύρινων σωματιδίων διαφορετικού μεγέθους που χύνονται από τα αντικείμενα με σειρές χρωματιστών ακτίνων που εκπέμπονται από το μάτι προς το χρωματιστό αντικείμενο. Σύμφωνα με αυτή την άποψη η σκιά ήταν πίσω από τα αδιαφανή αντικείμενα όταν τα μάτια έβλεπαν από «εμπρός». Έτσι, για παράδειγμα, ο Αναξαγόρας ισχυριζόταν ότι οι εκλείψεις του ήλιου οφείλονταν στη σκιά που πέφτει πάνω από τη σελήνη. Ο Αριστοτέλης θεωρούσε πως το φως όπως και το χρώμα είναι μια ακόμη ποιότητα των σωμάτων και ότι το ουράνιο τόξο δημιουργείται από τις ανακλάσεις του ηλιακού φωτός, πάνω στις σταγόνες της βροχής που βρίσκονται μέσα στα σύννεφα.

2. Εξέλιξη των ιδεών για τη διάδοση και τις ιδιότητες του φωτός μέχρι τον 17ο αιώνα

Το φως ως ουσία μπορούσε να υπάρχει χωρίς να διαδίδεται. Ήδη όμως οι πρώτοι συστηματικοί μελετητές του φωτός, Ευκλείδης (13ος αιώνας π.χ.) και Πτολεμαίος (2ος αιώνας π.χ.) υπέθεσαν ότι το φως, διαδίδεται ευθύγραμμα και υιοθέτησαν τη γεωμετρική μέθοδο μελέτης της συμπεριφοράς του.

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Η γεωμετρική προσέγγιση των ιδιοτήτων του φωτός οδήγησε άμεσα σε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ο Ευκλείδης διατύπωσε το νόμο της ανάκλασης, ενώ γνώριζε και τον τρόπο λειτουργίας των σφαιρικών κατόπτρων. Ο Πτολεμαίος ασχολήθηκε με τη διάθλαση και ισχυρίστηκε στην Αστρονομία του, ότι η θέση ενός αστέρα είναι φαινομενική εξαιτίας της διάθλασης του φωτός από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Ο Λουκρήτιος (1ος αιώνας μ.Χ.) εκφράζει την άποψη ότι οι ευθύγραμμες ακτίνες αντιστοιχούν σε τροχιές πολύ μικρών αόρατων σωματιδίων. Στο πλαίσιο της καλλιέργειας των επιστημών οι Άραβες μελέτησαν και το φως. Έτσι ο Αλχαζέν (10ος–11ος αιώνας μ.Χ.) επανέφερε την άποψη των Στωικών για την όραση. Υπέθεσε ότι το φως εκπέμπεται από τα αντικείμενα προς το μάτι και ότι η όραση προκύπτει από το είδωλο του αντικειμένου που σχηματίζεται στο φακό του ματιού. Ο Αλ-Φαριζή τον 13ο αιώνα ισχυρίστηκε ότι η διάθλαση οφείλεται στη διαφορετική ταχύτητα διάδοσης του φωτός που είναι αντιστρόφως ανάλογη προς την «οπτική πυκνότητα» των σωμάτων.

Στην Ευρώπη ο Crosseteste (13ος αιώνας μ.Χ.) εξέφρασε την άποψη ότι το φως είναι ένα είδος δύναμης που πηγάζει από ένα φωτεινό σώμα και αυτοπολλαπλασιάζεται με ευθύγραμμη κίνηση, από σημείο σε σημείο, καθώς διαδίδεται μέσα σε ένα μέσο. Ο Θεοδώριχος (14ος αιώνας μ.Χ.) ερμήνευσε το σχηματισμό του ουρανού τόξου αποδίδοντας τον σε συνδυασμό διάθλασης και ολικής ανάκλασης του φωτός από τα σύννεφα. Σε σχέση με τα χρώματα η επικρατούσα άποψη ήταν ότι οφείλονταν στην απορρόφηση σκότους που περιέχεται σε ένα διαφανές σώμα όταν οι φωτεινές ακτίνες διέρχονται από το εσωτερικό του. Στη συνέχεια ο Κέπλερ στη “Διοπτρική” ερμηνεύει θεωρητικά το σχηματισμό ειδώλων από φακούς καθώς και τον τρόπο λειτουργίας του τηλεσκοπίου. Η φύση του φωτός και η λειτουργία της όρασης θα απασχολήσουν και τον Καρτέσιο στη “Διοπτρική” του. Ο Καρτέσιος εφαρμόζοντας την αξιωματική του μέθοδο είναι ο πρώτος που υποστηρίζει ότι το φως δεν είναι τίποτε άλλο από μια μηχανική ιδιότητα του φωτεινού αντικειμένου και του μέσου διάδοσης.

3. Το φως ως σύνολο κινούμενων σωματιδίων ή ως κύμα

Σωματιδιακή θεωρία

Αν και σωματιδιακή φιλοσοφία αναπτύχθηκε από πολύ νωρίς από τους Έλληνες ατομικούς φιλοσόφους (Λεύκιππος, Δημόκριτος) η αυθεντία του Αριστοτέλη και οι απόψεις για τη συνέχεια της ύλης την καταδίκασε για πολλά χρόνια στην αφάνεια. Ήδη από το 1621 ο Ολλανδός Snell (1591–1626) είχε ανακαλύψει το σωστό νόμο της διάθλασης του φωτός. Στη διάρκεια του 17ου αιώνα ο Άγγλος πειραματικός Robert Boyle (Μπόιλ 1627–1691) επανέφερε στο προσκήνιο τη θεωρία της σωματιδιακής σύστασης του φωτός.

Κάτω από την επιρροή του Boyle ο Νεύτωνας αν και δεν προχωρά στη διατύπωση μιας γενικής υπόθεσης για τη φύση του φωτός, υιοθετεί στην Οπτική του (1703) την άποψη ότι το φως είναι ένα ρεύμα αόρατων σωματιδίων που εκτοξεύεται από το φωτεινό σώμα. Αυτά τα σωματίδια ασκούν δυνάμεις και προκαλούν δονήσεις πάνω σε ότι

επενεργούν. Με βάση τη σωματιδιακή θεωρία ο Νεύτωνας ερμήνευσε την ευθύγραμμη διάδοση, την ανάκλαση και τη διάθλαση του φωτός. Συγχρόνως ο Νεύτωνας εντυπωσιασμένος από τη δημιουργία του έγχρωμου φάσματος κατά τη διέλευση του λευκού φωτός από το γυάλινο πρίσμα διατύπωσε την άποψη ότι το λευκό φως είναι σύνθετο και αποτελείται από ακτίνες όλων των χρωμάτων.

Κυματική θεωρία

Την ίδια περίπου εποχή ο Άγγλος Hooke (Χουκ) και ο Ολλανδός Huygens (Χόιχενς) πρόβαλλαν μια εντελώς διαφορετική θεωρία σύμφωνα με την οποία το φως, όπως και ο ήχος, αποτελεί ένα κύμα που διαδίδεται σ' ένα μέσο. Μάλιστα το 1690 ο Huygens διατύπωσε την ομώνυμη αρχή με βάση την οποία επίσης ερμηνεύονταν οι πειραματικοί νόμοι της ανάκλασης και της διάθλασης.

Το πρόβλημα όμως, κοινό και για τη σωματιδιακή θεωρία, ήταν η απόλυτα αναγκαία ύπαρξη ενός μέσου διάδοσης των ελαστικών κυμάτων του φωτός που ονομάστηκε αιθέρας. Για να ερμηνευτεί η διάδοση των φωτεινών κυμάτων από τον ήλιο στη γη οι φυσικοί του 17ου αιώνα υπέθεσαν ότι ο αιθέρας καλύπτει όλο το σύμπαν. Για να είναι όμως η ύπαρξη του αιθέρα συμβατή με τη μεγάλη ταχύτητα του φωτός, θα έπρεπε αυτό το μέσο να έχει τεράστια ελαστικότητα και τρομακτικά μικρή πυκνότητα. Επιπλέον θα έπρεπε τα ουράνια σώματα να κινούνται στο εσωτερικό του αιθέρα χωρίς τριβές. Οι παραπάνω άκρως περίεργες ιδιότητες του αιθέρα προβλημάτιζαν βέβαια τους επιστήμονες αλλά από την άλλη μεριά η ιδέα της διάδοσης των κυμάτων σε χώρο όπου δεν υπάρχει ύλη ήταν εντελώς αδιανόητη για την εποχή.

Η σωματιδιακή θεωρία κυριαρχεί

Μολονότι οι δύο θεωρίες ήταν ισοδύναμες από την άποψη των ερμηνειών των γνωστών φαινομένων του φωτός, εξαιτίας του τεράστιου κύρους του Νεύτωνα στον επιστημονικό χώρο, η αντίληψη της σωματιδιακής υπόστασης επικράτησε πλήρως περίπου για έναν αιώνα.

4. Εδραίωση της κυματικής θεωρίας το 19ο αιώνα

Στις αρχές του 19ου αιώνα η κυματική φύση του φωτός επανήλθε στο προσκήνιο σε πειραματικά δεδομένα που αφορούσαν νέες ιδιότητες του φωτός. Εντελώς ανεξάρτητα ο Άγγλος Young (Γιάνγκ) και ο Γάλλος Fresnel δημοσίευσαν δύο ανακοινώσεις πειραμάτων συμβολής και περίθλασης του φωτός που αποδείκνυαν με βεβαιότητα ότι το φως είναι κύμα. Η σωματιδιακή θεωρία δέχθηκε ένα καίριο πλήγμα. Την ίδια περίπου εποχή η ανακάλυψη του φαινομένου της πόλωσης ενίσχυσε περισσότερο την άποψη ότι το φως είναι κύμα και μάλιστα εγκάρσιο. Μετά τα μέσα του 19ου αιώνα η κυματική θεωρία ολοκληρώνεται. Μετά την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή του Faraday έρχεται η μαγνητική θεωρητική σύλληψη του Maxwell ο οποίος συμπεραίνει ότι το φως διαδίδεται με κύματα ίδιας μορφής με τα ηλεκτρομαγνητικά.

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Εκείνο που έμενε να εντοπιστεί ήταν ο «παράξενος αιθέρας». Στη διάρκεια της τελευταίας εικοσαετίας του αιώνα οι Αμερικανοί Michelson και Morley μέτρησαν με ακρίβεια την ταχύτητα του φωτός χωρίς να διαπιστώσουν την ύπαρξη του αιθέρα.

5. Ο κυματοσωματιδιακός дуΐσμός του 20ου αιώνα

Τη λύση σε σχέση με την ύπαρξη ή όχι του αιθέρα την έδωσε τελικά ο Einstein υποθέτοντας ότι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται και στο κενό. Συγχρόνως όμως ο Einstein χειρίστηκε το φως στο πλαίσιο μιας ευκλείδειας τετραδιάστατης γεωμετρίας του χωρόχρονου. Παράλληλα στο πλαίσιο της γενικής σχετικότητας επιβίωσε η ιδέα της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός έστω και με διαφοροποιημένη την έννοια της ευθείας (οι γεωδαισιακές της γεωμετρίας του Riemann).

Ήδη όμως από τις αρχές του 20ου αιώνα άρχισαν να συσσωρεύονται πειραματικά δεδομένα από φαινόμενα όπως το φάσμα εκπομπής του μελανού σώματος, το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και το φαινόμενο Compton που δεν έβρισκαν ικανοποιητική ερμηνεία στο πλαίσιο της κυματικής θεωρίας του φωτός. Το πρόβλημα της φύσης του φωτός παρουσιάστηκε πάλι ανοικτό. Με την αυγή του νέου αιώνα, το 1900, ο Γερμανός Max Planck (Μαξ Πλανκ 1858–1947) ανακοίνωσε ότι το φάσμα ακτινοβολίας ενός θερμού σώματος ερμηνευόταν με την παραδοχή ότι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εκπέμπεται κατά τρόπο ασυνεχή υπό μορφή αδιαίρετων κβάντων ενέργειας που η ενέργειά τους εξαρτάται από τη συχνότητα της ακτινοβολίας.

Πέντε χρόνια αργότερα το 1905 ο Einstein προκειμένου να ερμηνεύσει το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο πρότεινε μια επέκταση της αρχικής υπόθεσης του Planck υποστηρίζοντας ότι το φως (οποιαδήποτε ακτινοβολία) διαδίδεται επίσης με κβάντα ενέργειας τα οποία ονομάστηκαν φωτόνια. Το φωτόνιο είναι ένα σωματίδιο τελείως διαφορετικό από τα σωματίδια της Νευτώνειας θεωρίας, που έχει μηδενική μάζα αδράνειας, έχει όμως μάζα βαρύτητας. Η ιδέα της ύπαρξης των φωτονίων αξιοποιήθηκε στη συνέχεια για τη μελέτη της εκπομπής φωτός από τα άτομα στο πλαίσιο της κβαντικής θεωρίας.

Το ουσιαστικό στοιχείο της θεωρίας των φωτονίων σύμφωνα με υπόδειξη του ίδιου του Einstein είναι ότι δεν έρχεται σε σύγκρουση με τη κυματική θεωρία του φωτός. Το φως εμφανίζει μια διττή κυματοσωματιδιακή υπόσταση. Κάποια φαινόμενα όπως η συμβολή, η περίθλαση και η πόλωση ερμηνεύονται με βάση την κυματική φύση της ακτινοβολίας, ενώ για κάποια άλλα που συνδέονται με την αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ύλη όπως το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και το φαινόμενο Compton, επικαλούμαστε την ύπαρξη φωτονίων.

Ο дуΐσμός του φωτός (σωμάτιο-κύμα) επεκτάθηκε με επιτυχία από την κβαντική φυσική ως την περιγραφή όλων των στοιχειωδών σωματιδίων που συνθέτουν την κοσμική ύλη. Στο σύγχρονο επιστημονικό κόσμο ο дуΐσμός αυτός χρησιμοποιείται χωρίς να δημιουργεί κανένα πρόβλημα. Εξακολουθεί όμως να αποτελεί αντικείμενο φιλοσοφικού και γνωσιολογικού στοχασμού.

B. Γενική Φιλοσοφία και Διάρθρωση του Κεφαλαίου

Σε αυτό το κεφάλαιο μελετάμε το φως ως δέσμη σωματιδίων που μεταφέρουν ενέργεια, τα φαινόμενα που συνδέονται με τη διάδοση του φωτός μέσω γεωμετρικών (φωτεινών) ακτίνων και εφαρμογές της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός. Το φως συνδέεται με τη λειτουργία της όρασης. Μέσω των μεταβολών που προκαλεί, το φως συνδέεται με την έννοια της ενέργειας και αναφέρονται φαινόμενα μετατροπής της φωτεινής ενέργειας σε άλλες μορφές ενέργειας και αντιστρόφως.

Στη συνέχεια αναφέρεται η ευθύγραμμη διάδοση του φωτός και εισάγεται η έννοια της ακτίνας φωτός, ενώ η σκιά προκύπτει ως άμεσο αποτέλεσμα της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός. Τονίζεται ο χαρακτήρας της ταχύτητας του φωτός ως της μέγιστης (αλλά πεπερασμένης) ταχύτητας στη φύση, καθώς και η μεταβολή της ταχύτητας του φωτός κατά τη διάδοσή του σε διαφορετικά διαφανή υλικά μέσα. Εισάγεται η αρχή του ελάχιστου χρόνου με την οποία ερμηνεύεται η ευθύγραμμη πορεία του φωτός αλλά και προκειμένου να ερμηνευτούν στη συνέχεια τα φαινόμενα της αντανάκλασης και της διάθλασης του φωτός.

Η ανάκλαση διδάσκεται ως διαδικασία κατά την οποία το φως συνεχίζει να διαδίδεται στο ίδιο μέσο, ενώ γίνεται διάκριση μεταξύ κανονικής και διάχυτης ανάκλασης η οποία συνδέεται με το αίσθημα της όρασης. Μέσω πειράματος επίδειξης ή κατά την εκτέλεση της αντίστοιχης εργαστηριακής άσκησης, διατυπώνονται οι νόμοι της ανάκλασης. Εισάγεται η έννοια του ειδώλου σε επίπεδο καθρέφτη, ως εικόνα που σχηματίζεται από τις προεκτάσεις των φωτεινών ακτίνων. Γίνεται προσπάθεια να προσεγγίσουν οι μαθητές την έννοια του φανταστικού ειδώλου που σχηματίζεται σε επίπεδο καθρέφτη. Επισημαίνεται ότι η διάκριση των ειδώλων σε πραγματικά και φανταστικά διατρέπει όλο το κεφάλαιο.

Οι νόμοι της ανάκλασης εφαρμόζονται στους καμπύλους καθρέφτες και σε συνδυασμό με την αρχή της αντίστροφης πορείας του φωτός αναπτύσσεται ο τρόπος γεωμετρικού σχεδιασμού των ειδώλων φωτεινών αντικειμένων. Αναφέρεται ο νομος που ισχύει και γίνεται προσδιορισμός των προσήμων.

Η διάθλαση του φωτός διδάσκεται ως διαδικασία κατά την οποία μεταβάλλεται τόσο το μέσο διάδοσης όσο και η διεύθυνση διάδοσης του φωτός ενώ συνδέεται με τη διαφορετική ταχύτητα διάδοσης του φωτός σε διαφορετικά μέσα. Εισάγεται η έννοια του δείκτη διάθλασης. Αναφέρεται ο νόμος του Snell και αναπτύσσονται μερικές εφαρμογές του. Η γωνία διάθλασης συγκρίνεται με τη γωνία πρόσπτωσης σε συσχετισμό με τη μεταβολή της ταχύτητας διάδοσης του φωτός.

Οι φακοί, όπως και οι καθρέφτες, μελετώνται ποιοτικά με έμφαση στην πορεία των φωτεινών ακτίνων και στο σχηματισμό των ειδώλων. Οι ιδιότητες των καθρεφτών και των φακών αξιοποιούνται για την περιγραφή και τον τρόπο λειτουργίας μερικών οπτικών οργάνων.

Η μελέτη των χρωμάτων των σωμάτων είναι σχετικά εκτεταμένη. Προβάλλεται η ανάλυση του λευκού φωτός και επισημαίνεται ότι τα χρώματα αντιστοιχούν σε ακτινοβολίες που διαδίδονται σε ένα διαφανές σώμα με διαφορετική ταχύτητα. Ο νόμος της

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

διάθλασης αξιοποιείται για την ερμηνεία της διαφορετικής εκτροπής των διαφόρων ακτινοβολιών από το πρίσμα που προκαλεί την ανάλυση του φωτός.

Στη συνέχεια συνδέεται το χρώμα των αδιαφανών και των διαφανών σωμάτων με το χρώμα που αντιστοιχεί στην ακτινοβολία την οποία ανακλούν ή αφήνουν να διέλθει αντίστοιχα. Εισάγονται τα τρία βασικά χρώματα του φωτός και αναφέρεται ότι με συνδυασμό τους προκύπτουν όλα τα χρώματα του φάσματος, ενώ με ανάμειξη ουσιών με τα συμπληρωματικά τους χρώματα προκύπτουν χρωστικές όλων των χρωμάτων. Ως διαθεματική εργασία προτείνεται το χρώμα του ουρανού και των θαλασσών, καθώς και η έγχρωμη εκτύπωση (ως παράδειγμα ανάμειξης χρωστικών ουσιών).

Γ. Γενικοί Διδακτικοί Στόχοι της Ενότητας

Οι μαθητές να αποκτήσουν τις ακόλουθες ικανότητες ή δεξιότητες:

(Κεφάλαιο 6)

1. Εξηγούν τη σημασία του φωτός στην ανάπτυξη της ζωής πάνω στη γη, αλλά και ειδικότερα στην ανάπτυξη του ανθρώπινου πολιτισμού.
2. Εξιστορούν την εξέλιξη των αντιλήψεων για την όραση.
3. Αναπτύσσουν μέσω παραδειγμάτων τις αναγκαίες συνθήκες κάτω από τις οποίες μπορούμε να δούμε ένα αντικείμενο.
4. Κατατάσσουν τα σώματα σε αυτόφωτα και ετερόφωτα.
5. Δείχνουν μέσω παραδειγμάτων (φωτοσύνθεση, φωτοκύτταρα, ηλιακός θερμοσυσσωρευτής) ότι το φως μεταφέρει ενέργεια. Περιγράφουν, χρησιμοποιώντας την έννοια της ενέργειας, το φαινόμενο της φωτοσύνθεσης και τη λειτουργία συσκευών όπως το φωτοκύτταρο και ο ηλιακός θερμοσυσσωρευτής.
6. Δείχνουν πειραματικά ότι σε ένα ομοιογενές μέσο, το φως διαδίδεται ευθύγραμμα. Υποστηρίζουν ότι το φως διαδίδεται και στο κενό. Κατατάσσουν τα υλικά σε διαφανή αδιαφανή και ημιδιαφανή. Ερμηνεύουν το σχηματισμό και σχεδιάζουν τη σκιά ενός αντικειμένου που προκαλείται από μια φωτεινή πηγή. Εξηγούν γεωμετρικά το φαινόμενο των φάσεων της σελήνης και την έκλειψη του ήλιου και της σελήνης.
7. Ερμηνεύουν την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός σε ομοιογενές μέσο εφαρμόζοντας την αρχή του ελάχιστου χρόνου.

(Κεφάλαιο 7)

8. Περιγράφουν το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός χρησιμοποιώντας τις έννοιες της φωτεινής ακτίνας (ή της φωτεινής δέσμης). Διατυπώνουν τους νόμους της ανάκλασης του φωτός. Σχεδιάζουν την ανακλώμενη ακτίνα όταν φωτεινή ακτίνα προσπίπτει στην επίπεδη επιφάνεια που διαχωρίζει δύο οπτικά υλικά.
9. Ερμηνεύουν την ανάκλαση του φωτός σε επίπεδο κάτοπτρο, εφαρμόζοντας την αρχή του ελάχιστου χρόνου.
10. Ερμηνεύουν το φαινόμενο της διάχυσης του φωτός κατά την πρόσπτωση φωτεινής

δέσμης πάνω σε τραχιά επιφάνεια: Περιγράφουν το φαινόμενο της διάχυσης του φωτός σε τραχιά επιφάνεια υποθέτοντας ότι στην τραχιά επιφάνεια υπάρχουν διάσπαρτοι μικροσκοπικοί καθρέφτες που έχουν τυχαίους προσανατολισμούς. Αντιδιαστέλλουν τα φαινόμενα της κατοπτρικής ανάκλασης και διάχυσης. Εξηγούν πώς βλέπουμε τα αντικείμενα γύρω μας.

11. Ορίζουν την έννοια του ειδώλου φωτεινού αντικειμένου σε επίπεδο καθρέφτη και το σχεδιάζουν γεωμετρικά. Εξηγούν γιατί στη διάχυση δεν σχηματίζονται είδωλα.
12. Αναγνωρίζουν ένα κοίλο και ένα κυρτό σφαιρικό κάτοπτρο (καθρέφτη). Ορίζουν την κύρια εστία σφαιρικού κατόπτρου και την προσδιορίζουν πειραματικά. Κατασκευάζουν γεωμετρικά το είδωλο φωτεινού αντικειμένου ως προς κοίλο ή κυρτό σφαιρικό κάτοπτρο.
13. Διακρίνουν τις έννοιες: πραγματικό-φανταστικό, όρθιο-αντεστραμμένο είδωλο.
14. Ορίζουν την έννοια του οπτικού πεδίου ενός κατόπτρου. Αναπτύσσουν παραδείγματα από την καθημερινή ζωή, όπου το οπτικό πεδίο παίζει σημαντικό ρόλο. Απαριθμούν τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται το οπτικό πεδίο και συσχετίζουν το οπτικό πεδίο με τη χρήση των κατόπτρων.

(Κεφάλαιο 8)

15. Δείχνουν πειραματικά ότι η διεύθυνση της διάδοσης του φωτός αλλάζει όταν μια φωτεινή δέσμη διέρχεται από την επιφάνεια που διαχωρίζει δύο διαφανή σώματα. Ορίζουν τις γωνίες πρόσπτωσης και διάθλασης καθώς και το δείκτη διάθλασης. Διατυπώνουν και εφαρμόζουν το νόμο του Snell. Συνδέουν το φαινόμενο της διάθλασης με τη μεταβολή της ταχύτητας του φωτός, όταν διέρχεται από ένα οπτικό μέσο σε άλλο.
16. Εφαρμόζουν την αρχή του ελαχίστου χρόνου στην ερμηνεία της διάθλασης του φωτός.
17. Εφαρμόζουν τους νόμους της διάθλασης του φωτός για να ερμηνεύουν το φαινόμενο της φαινόμενης ανύψωσης αντικειμένων βυθισμένων μέσα σε διαφανή υγρά και το φαινόμενο του αντικατοπτρισμού. Δείχνουν πειραματικά ότι μια φωτεινή δέσμη που προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια δύο οπτικών μέσων εν μέρει ανακλάται και εν μέρει διαθλάται.
18. Περιγράφουν το φαινόμενο της ολικής ανάκλασης και ορίζουν την ορική γωνία.
19. Ερμηνεύουν με τη βοήθεια του φαινομένου της ολικής ανάκλασης τη λειτουργία της διόπτρας.
20. Ορίζουν την έννοια του μονοχρωματικού φωτός. Δείχνουν πειραματικά ότι το λευκό είναι σύνθετο και ότι, όταν διέλθει μέσα από πρίσμα, αναλύεται σε μονοχρωματικές ακτινοβολίες. Ερμηνεύουν το φαινόμενο του ουράνιου τόξου.
21. Ερμηνεύουν το χρώμα των διαφανών και αδιαφανών σωμάτων. Κατατάσσουν τα χρώματα σε βασικά και συμπληρωματικά.
22. Ερμηνεύουν το χρώμα του νερού των θαλασσών.

(Κεφάλαιο 9)

23. Αναγνωρίζουν τους συγκλίνοντες και τους αποκλίνοντες σφαιρικούς φακούς. Προσ-

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

διορίζουν τον κύριο άξονα και την κύρια εστία σφαιρικού φακού και μετράνε την εστιακή του απόσταση.

24. Κατασκευάζουν γεωμετρικά το είδωλο φωτεινού αντικειμένου σε συγκλίνοντα σφαιρικό φακό και να προσδιορίζουν γραφικά τη θέση του πάνω στον κύριο άξονα του φακού.
25. Αναγνωρίζουν το είδος του ειδώλου που προκύπτει από σφαιρικό φακό.
26. Περιγράφουν τη δομή, την αρχή λειτουργίας και τη χρήση της φωτογραφικής μηχανής του μικροσκοπίου και του τηλεσκοπίου.
27. Αναλύουν τη βασική δομή του ανθρώπινου ματιού και τον τρόπο σχηματισμού του ειδώλου φωτεινού αντικειμένου στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Εφαρμόζουν τους νόμους της Οπτικής στην ερμηνεία των παθήσεων της υπερμετρωπίας της μυωπίας και της πρεσβυωπία. Εξηγούν πώς χρησιμοποιούμε τους φακούς για να άρουμε τις δυσλειτουργίες της όρασης.

Δ. Εναλλακτικές Απόψεις των Μαθητών για το Φως

Τα παιδιά ηλικίας 11 έως 12 ετών ταυτίζουν το φως με την πηγή του (φως-κατάσταση) ή με τα αποτελέσματα του (φως-αποτέλεσμα). Σε μεγαλύτερες ηλικίες (13-14 ετών) τα περισσότερα παιδιά αντιλαμβάνονται το φως σαν μια οντότητα στο χώρο, μολονότι σε κάποιες περιπτώσεις εξακολουθούν να ορίζουν το φως από την πηγή ή από τα αποτελέσματά του. Η αντίληψη ότι το φως διαδίδεται στο χώρο και έχει υπόσταση ανεξάρτητη της πηγής που το παράγει είναι σημαντικό να αποκτηθεί από τους μαθητές προκειμένου να μπορέσουν να ερμηνεύουν φαινόμενα της Οπτικής, όπως ο σχηματισμός σκιάς, η ανάκλαση και η διάθλαση του φωτός. Η παραπάνω αντίληψη αποτελεί ένα πρώτο βήμα για την προσέγγιση του τρόπου σκέψης ενός φυσικού.

Λειτουργία της όρασης

Η κυρίαρχη άποψη των μαθητών όσον αφορά στη λειτουργία της όρασης είναι ότι το μάτι βλέπει χωρίς να το συνδέει τίποτε με το αντικείμενο, αλλά ότι αυτό είναι σε λουτρό φωτός.

Ε. Συνοπτικό Διάγραμμα Ροής της Ύλης της Ενότητας 3



ΣΤ. Οργανόγραμμα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΟΠΤΙΚΗ

Σχέδιο Διδασκαλίας (13 διδακτικές ώρες)		
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΦΑΝΕΙΣ
<input type="checkbox"/> Φως: όραση και ενέργεια (2 Διδακτικές ώρες) <input type="checkbox"/> Διάδοση του φωτός (2 Διδακτικές ώρες)	Π.Ε. Αυτοκινητάκι που λειτουργεί με ηλιακή ενέργεια Π.Ε. Ακτινόμετρο Π.Δ. Διάδοση του φωτός και σκιά	Διαφάνεια Εικόνα 6.4 Διαφάνεια Εικόνα 6.7 Διαφάνεια Εικόνα 6.17 Διαφάνεια Εικόνα 6.18 Διαφάνεια Εικόνα 6.19 Διαφάνεια Εικόνα 6.20 Διαφάνεια Εικόνα 6.21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Σχέδιο Διδασκαλίας (..... διδακτικές ώρες)		
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΦΑΝΕΙΣ
<input type="checkbox"/> Ανάκλαση του φωτός – Νόμος Ανάκλασης (1 Διδακτική ώρα) <input type="checkbox"/> Εικόνες σε καθρέφτες: είδωλα <input type="checkbox"/> Προσδιορισμός ειδώλου σε κοίλους και κυρτούς καθρέφτες (2 Διδακτικές ώρες)	Π.Ε. Μελέτη της ανάκλασης με τη χρήση οπτικής τράπεζας Ε.Α. Ανάκλαση σε επίπεδο κάτοπτρο Π.Δ. Δημιουργία ειδώλου σε κοίλους και κυρτούς καθρέφτες Ε.Δ. Κυρτοί και κοίλοι σφαιρικοί καθρέφτες.	Διαφάνεια Εικόνα 7.1 Διαφάνεια Εικόνα 7.15 Εκπαιδευτικό λογισμικό phenopt

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Σχέδιο Διδασκαλίας (..... διδακτικές ώρες)		
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΦΑΝΕΙΣ
<input type="checkbox"/> Διάθλαση του φωτός – Νόμος του Snell (2 Διδακτικές ώρες) <input type="checkbox"/> Εφαρμογές της Διάθλασης του φωτός <input type="checkbox"/> Ανάλυση του φωτός στο χρώμα (1 Διδακτική ώρα)	Ε.Α. Διάθλαση του φωτός Π.Δ. Ολική ανάκλαση σε γυάλινο τριγωνικό πρίσμα Π.Δ. Ανάλυση φωτός με πρίσμα Π.Δ. Διάθλαση φωτεινής δέσμης με πρίσμα	Διαφάνεια Εικόνα 8.10 Διαφάνεια Εικόνα 8.12 Εκπαιδευτικό λογισμικό rhenopt

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Σχέδιο Διδασκαλίας (..... διδακτικές ώρες)		
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΦΑΝΕΙΣ
<input type="checkbox"/> Είδωλα φακών <input type="checkbox"/> Οπτικά όργανα και μάτι (1 Διδακτική ώρα)	Ε.Α.13 Συγκλίνοντες φακοί Π.Δ. Παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος της σκιάς	Διαφάνεια Εικόνα 9.2 Διαφάνεια Εικόνα 9.5 Διαφάνεια Εικόνα 9.18 Διαφάνεια Εικόνα 9.24 Διαφάνεια Εικόνα 9.25

2. Ανάπτυξη Κεφαλαίων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΟΠΤΙΚΗ

Ενδεικτικές διδακτικές ενέργειες για την επίτευξη των στόχων

§6.1 Φως και ενέργεια

Στόχοι 1, 2, 3, 4, 5

- ☐ Εξηγούν τη σημασία του φωτός στην ανάπτυξη της ζωής πάνω στη γη, αλλά και ειδικότερα στην ανάπτυξη του ανθρώπινου πολιτισμού.
- ☐ Εξιστορούν την εξέλιξη των αντιλήψεων για την όραση.
- ☐ Αναπτύσσουν μέσω παραδειγμάτων τις αναγκαίες συνθήκες κάτω από τις οποίες μπορούμε να δούμε ένα αντικείμενο.
- ☐ Κατατάσσουν τα σώματα σε αυτόφωτα και ετερόφωτα.
- ☐ Δείχνουν μέσω παραδειγμάτων (φωτοσύνθεση, φωτοκύτταρα, ηλιακός θερμοσυσσωρευτής) ότι το φως μεταφέρει ενέργεια.
- ☐ Περιγράφουν, χρησιμοποιώντας την έννοια της ενέργειας, το φαινόμενο της φωτοσύνθεσης και τη λειτουργία συσκευών όπως το φωτοκύτταρο και ο ηλιακός θερμοσυσσωρευτής.



Συζητώ με τους μαθητές κάτω από ποιες προϋποθέσεις βλέπουμε ένα σώμα. Με απλές δραστηριότητες μέσα στην τάξη ελέγχουμε παλαιές απόψεις για την όραση (για παράδειγμα, θα βλέπαμε στο σκοτάδι αν η όραση οφείλονταν στην εκπομπή φωτός από τα μάτια μας;). Εισάγω την έννοια του αυτόφωτου και ετερόφωτου σώματος. Χρησιμοποιώ ως παράδειγμα τη σελήνη και τον ήλιο, καθώς και αντικείμενα του καθημερινού μας περιβάλλοντος.



Δραστηριότητα: Δείχνω στους μαθητές συσκευές που μετατρέπουν τη φωτεινή ενέργεια σε ενέργεια άλλων μορφών και τους ζητώ να περιγράψουν τη λειτουργία τους στη γλώσσα της ενέργειας. Για το σκοπό αυτό μπορώ να χρησιμοποιήσω έναν υπολογιστή τσέπης με φωτοκύτταρο, ένα ακτινόμετρο ή ένα παιχνίδι με ηλεκτρικό κινητήρα που τροφοδοτείται από φωτοκύτταρο.

Ζητώ από τους μαθητές να περιγράψουν τα βασικά μέρη ενός ηλιακού θερμοσυσσωρευτή και τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν κατά τη λειτουργία του.



Ζητώ από τους μαθητές να ανιχνεύσουν τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν στους ζωντανούς οργανισμούς. Τους καθοδηγώ ώστε να ανάγουν όλες τις μορφές ενέργειας που επισημαίνουν στην ηλιακή.

§6.2 Ευθύγραμμη διάδοση του φωτός

Στόχοι 6, 7

- ☐ Δείχνουν πειραματικά ότι σε ένα ομοιογενές μέσο, το φως διαδίδεται ευθύγραμμα. Υποστηρίζουν ότι το φως διαδίδεται και στο κενό.
- ☐ Κατατάσσουν τα υλικά σε διαφανή αδιαφανή και ημιδιαφανή.
- ☐ Ερμηνεύουν το σχηματισμό και σχεδιάζουν τη σκιά ενός αντικειμένου που προκαλείται από μια φωτεινή πηγή.
- ☐ Εξηγούν γεωμετρικά το φαινόμενο των φάσεων της σελήνης και την έκλειψη του ήλιου και της σελήνης.
- ☐ Ερμηνεύουν την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός σε ομοιογενές μέσο εφαρμόζοντας την αρχή του ελάχιστου χρόνου



Συζητώ με τους μαθητές φαινόμενα από την καθημερινή ζωή που συνηγορούν υπέρ της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός: Το ηλιακό φως που διέρχεται από ανοικτό παράθυρο, το φως ισχυρού προβολέα, ο σχηματισμός της σκιάς ενός αντικειμένου που προκαλείται από φωτεινή πηγή μικρών διαστάσεων. Ζητώ από τους μαθητές να προβλέψουν φαινόμενα που θα έπρεπε να παρατηρούμε αν το φως ακολουθούσε καμπύλες τροχιές.



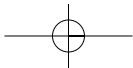
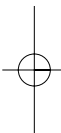
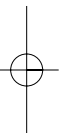
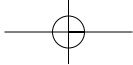
Δραστηριότητα: Σε μια λεκάνη ρίχνω νερό και μια σταγόνα γάλα. Φωτίζω το νερό με δέσμη λέιζερ, οπότε αισθητοποιείται μια ευθύγραμμη δέσμη φωτός.

Εισάγω την έννοια της φωτεινής ακτίνας ως μια γεωμετρική έννοια που με διευκολύνει να περιγράψω φαινόμενα που σχετίζονται με την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός. Εξηγώ ότι στο μικροσκοπικό επίπεδο το φως αποτελείται από σωματίδια που κινούνται με μεγάλη ταχύτητα, τα φωτόνια. Έτσι μια ακτίνα φωτός αντιστοιχεί σε μια δέσμη φωτονίων (φωτεινή δέσμη) που κινούνται ευθύγραμμα.



Δραστηριότητα: Πραγματοποιώ την πειραματική δραστηριότητα «Διάδοση του φωτός και σκιά» του Εργαστηριακού Οδηγού. Οι μαθητές εξοικειώνονται στη γεωμετρική αναπαράσταση των φωτεινών δεσμών και στην κατασκευή της σκιάς αντικειμένων που προκαλείται από σημειακή πηγή φωτός.

Ζητώ από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός και τη γεωμετρική κατασκευή της σκιάς για να ερμηνεύσουν τις φάσεις της σελήνης, καθώς και τις εκλείψεις ηλίου και σελήνης.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§7.1 Ανάκλαση του φωτός

Στόχοι 8, 9, 10

- ☐ Περιγράφουν το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός χρησιμοποιώντας τις έννοιες της φωτεινής ακτίνας (ή της φωτεινής δέσμης).
- ☐ Διατυπώνουν τους νόμους της ανάκλασης του φωτός.
- ☐ Σχεδιάζουν την ανακλώμενη ακτίνα όταν φωτεινή ακτίνα προσπίπτει στην επίπεδη επιφάνεια που διαχωρίζει δύο οπτικά υλικά.
- ☐ Ερμηνεύουν την ανάκλαση του φωτός σε επίπεδο κάτοπτρο, εφαρμόζοντας την αρχή του ελάχιστου χρόνου.
- ☐ Ερμηνεύουν το φαινόμενο της διάχυσης του φωτός κατά την πρόσπτωση φωτεινής δέσμης πάνω σε τραχιά επιφάνεια.
- ☐ Περιγράφουν το φαινόμενο της διάχυσης του φωτός σε τραχιά επιφάνεια υποθέτοντας ότι στην τραχιά επιφάνεια υπάρχουν διάσπαρτοι μικροσκοπικοί καθρέφτες που έχουν τυχαίους προσανατολισμούς.
- ☐ Αντιδιαστέλλουν τα φαινόμενα της κατοπτρικής ανάκλασης και διάχυσης. Εξηγούν πώς βλέπουμε τα αντικείμενα γύρω μας



Χρησιμοποιώ την οπτική τράπεζα ή έναν επίπεδο καθρέφτη και ένα φανό ή το ηλιακό φως, για να δείξω στους μαθητές το φαινόμενο της αλλαγής της κατεύθυνσης μιας φωτεινής δέσμης μέσα στο ίδιο οπτικό μέσο. Κάνω μια γεωμετρική αναπαράσταση του φαινομένου και ορίζω τις έννοιες: ανακλώμενη ακτίνα (δέσμη), γωνία πρόσπτωσης και γωνία ανάκλασης.

Διατυπώνω τους νόμους της ανάκλασης. Χρησιμοποιώ μια πειραματική διάταξη (για παράδειγμα, μια οπτική τράπεζα).



Επισημαίνω σε μικροσκοπικό επίπεδο τις διαφορές μιας λείας από μια τραχιά επιφάνεια. Ζητώ από τους μαθητές να προβλέψουν, με βάση τους νόμους της ανάκλασης, πώς θα ανακλαστεί μια δέσμη παράλληλων ακτίνων φωτός από μια τραχιά επιφάνεια. Εισάγω την έννοια της διάχυσης του φωτός. Ζητώ από τους μαθητές να φέρουν παραδείγματα διάχυσης του φωτός από την καθημερινή τους εμπειρία (!!) και να εξηγήσουν πώς βλέπουμε τα αντικείμενα που μας περιβάλλουν από κάθε οπτική γωνία. Ζητώ από τους μαθητές να διατυπώσουν τις διαφορές μεταξύ κατοπτρικής ανάκλασης και διάχυσης.

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

§7.2 Εικόνες σε καθρέφτες: Είδωλα**Στόχος 11**

- ☐ Ορίζουν την έννοια του ειδώλου φωτεινού αντικειμένου σε επίπεδο καθρέφτη και το σχεδιάζουν γεωμετρικά.
- ☐ Εξηγούν γιατί στη διάχυση δεν σχηματίζονται είδωλα.



Ορίζω την έννοια του ειδώλου φωτεινού αντικειμένου ως προς επίπεδο καθρέφτη. Ζητώ από τους μαθητές να παρατηρήσουν το είδωλό τους σε επίπεδο καθρέφτη και να εκτιμήσουν τη θέση του. Στη συνέχεια τους ζητώ να χρησιμοποιήσουν τους νόμους της ανάκλασης και να προσδιο-

ρίσουν γεωμετρικά τη θέση του ειδώλου φωτεινού σημείου ως προς επί-



Δραστηριότητα: Διεξάγω την πειραματική δραστηριότητα «Ανάκλαση – Επίπεδοι καθρέφτες» του Εργαστηριακού Οδηγού, είτε ως μετωπικό εργαστήριο, είτε ως πείραμα επίδειξης. Σε κάθε περίπτωση οι μαθητές συμπληρώνουν το σχετικό φύλλο εργασίας. Επιδιώκω οι μαθητές να επι-

κυρώσουν πειραματικά τους νόμους της ανάκλασης. Αναφέρομαι στην αρχή του ελάχιστου χρόνου του Fermat και τη σχέση της με το φαινόμενο της ανάκλασης, μέσω της αντίστοιχης δραστηριότητας που περιέχεται στο φύλλο εργασίας της εργαστηριακής άσκησης (βλέπε: Εργαστηριακό Οδηγό, «Ανάκλαση – Επίπεδοι καθρέφτες»).

§7.3 Προσδιορισμός ειδώλου σε κοίλους και κυρτούς καθρέφτες**Στόχοι 12, 13, 14**

- ☐ Αναγνωρίζουν ένα κοίλο και ένα κυρτό σφαιρικό κάτοπτρο (καθρέφτη).
- ☐ Ορίζουν την κύρια εστία σφαιρικού κατόπτρου και την προσδιορίζουν πειραματικά.
- ☐ Κατασκευάζουν γεωμετρικά το είδωλο φωτεινού αντικειμένου ως προς κοίλο ή κυρτό σφαιρικό κάτοπτρο.
- ☐ Διακρίνουν τις έννοιες: πραγματικό-φανταστικό, όρθιο-αντεστραμμένο είδωλο
- ☐ Ορίζουν την έννοια του οπτικού πεδίου ενός κατόπτρου.
- ☐ Αναπτύσσουν παραδείγματα από την καθημερινή ζωή, όπου το οπτικό πεδίο παίζει σημαντικό ρόλο.
- ☐ Απαριθμούν τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται το οπτικό πεδίο και συσχετίζουν το οπτικό πεδίο με τη χρήση των κατόπτρων

Δείχνω στους μαθητές κοίλα και κυρτά σφαιρικά κάτοπτρα. Σχεδιάζω μια τομή του κατόπτρου και ορίζω τον κύριο άξονά, την κύρια εστία, την εστιακή απόσταση και το κέντρο του κατόπτρου.



Δραστηριότητα: Χρησιμοποιώ προβολέα Ρούτερ της οπτικής τράπεζας και δείχνω ότι ακτίνες παράλληλες με τον κύριο άξονα του κατόπτρου, μετά την ανάκλασή τους στο κάτοπτρο, διέρχονται από ένα σημείο του κύριου άξονα. Εισάγω την έννοια της κύριας εστίας του κατόπτρου. Ζητώ από τους μαθητές να παρατηρήσουν το είδωλό τους σε ένα σφαιρικό κάτοπτρο.



Δραστηριότητα: Σχηματίζω το είδωλο ενός κεριού σε μια οθόνη με ένα κοίλο κάτοπτρο. Μεταβάλλω την απόσταση του κεριού από τον καθρέφτη και παρατηρώ τις μεταβολές στο μέγεθος του ειδώλου. Περιγράφω το φαινόμενο χρησιμοποιώντας τις βασικές έννοιες της Οπτικής που έχω ορίσει.

Ορίζω την έννοια του πραγματικού και του φανταστικού ειδώλου ενός φωτεινού αντικειμένου ως προς σφαιρικό κάτοπτρο.

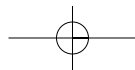
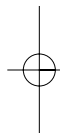
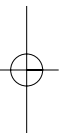
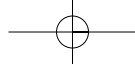
Κατευθύνω τους μαθητές ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούν τις ιδιότητες της κύριας εστίας ενός σφαιρικού κατόπτρου και να σχεδιάζουν γεωμετρικά το είδωλο ενός φωτεινού αντικειμένου τοποθετημένου στον κύριο άξονα του κατόπτρου.



Δραστηριότητα: Πραγματοποιώ την εργαστηριακή άσκηση «Σφαιρικοί καθρέφτες» του Εργαστηριακού Οδηγού, είτε ως πείραμα επίδειξης είτε ως άσκηση μετωπικού εργαστηρίου. Κυρίαρχος στόχος της άσκησης είναι η σύγκριση του θεωρητικού (γεωμετρικού) προσδιορισμού της θέσης του ειδώλου με το αντίστοιχο πειραματικό αποτέλεσμα. Σε κάθε περίπτωση είναι απαραίτητο οι μαθητές να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας του εργαστηριακού οδηγού.



Δραστηριότητα: Μοιράζω στους μαθητές επίπεδους καθρέφτες και του ζητώ να μελετήσουν το αν και πώς εξαρτάται το οπτικό πεδίο του καθρέφτη από την απόστασή μας από αυτόν.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΔΙΑΘΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§8.1 Διάθλαση – Νόμος της Διάθλασης

Στόχοι 15, 16

- ☐ Δείχνουν πειραματικά ότι η διεύθυνση της διάδοσης του φωτός αλλάζει όταν μια φωτεινή δέσμη διέρχεται από την επιφάνεια που διαχωρίζει δύο διαφανή σώματα.
- ☐ Ορίζουν τις γωνίες πρόσπτωσης και διάθλασης καθώς και το δείκτη διάθλασης. Διατυπώνουν και εφαρμόζουν το νόμο του Snell.
- ☐ Συνδέουν το φαινόμενο της διάθλασης με τη μεταβολή της ταχύτητας του φωτός, όταν διέρχεται από ένα οπτικό μέσο σε άλλο.
- ☐ Εφαρμόζουν την αρχή του ελαχίστου χρόνου στην ερμηνεία της διάθλασης του φωτός.



Δραστηριότητα: Περιγράφω το φαινόμενο της διάθλασης: Σε μια λεκάνη νερό ρίχνω μια σταγόνα γάλα. Κατευθύνω μια δέσμη φανού λείζερ προς την επιφάνεια του νερού. Καλώ τους μαθητές να προσδιορίσουν τις σχετικές κατευθύνσεις της προσπίπτουσας δέσμης και της δέσμης που διαδίδεται μέσα στο νερό και να πιστοποιήσουν ότι σχηματίζουν γωνία.

Κατευθύνω τους μαθητές ώστε να απεικονίσουν το φαινόμενο στο τετράδιό τους σχεδιάζοντας μια γεωμετρική αναπαράσταση. Με τη βοήθεια του σχήματος που πραγματοποιούν ορίζω τη γωνία πρόσπτωσης και τη γωνία ανάκλασης.



Ερμηνεύω το φαινόμενο της διάθλασης με την αρχή του ελάχιστου χρόνου του Fermat. Τονίζω ότι η ευθεία δεν είναι πάντοτε η συντομότερη γραμμή που συνδέει δύο σημεία. Ζητώ από τους μαθητές να σκεφτούν πώς θα κινηθούν ώστε να φτάσουν στον ελάχιστο χρόνο από ένα σημείο μιας παραλίας σε κάποιον που κινδυνεύει μέσα στη θάλασσα. Τους καθοδηγώ να συμπεράνουν

ότι η συντομότερη γραμμή είναι τεθλασμένη και όχι ευθεία γιατί η ταχύτητα με την οποία κινούμαστε στη στεριά είναι διαφορετική από την ταχύτητα που έχουμε μέσα στη θάλασσα.

Ορίζω το δείκτη διάθλασης και διατυπώνω το νόμο του Snell. Ζητώ από τους μαθητές να υπολογίσουν το δείκτη διάθλασης του αέρα και του νερού με δεδομένα τις ταχύτητες του φωτός στα δύο μέσα και την ταχύτητα του φωτός στο κενό. Τους ζητώ να εφαρμόσουν το νόμο του Snell και να προβλέψουν την κατεύθυνση της διαθλώμενης δέσμης σε συγκεκριμένα παραδείγματα.



Δραστηριότητα: Πραγματοποιώ την εργαστηριακή άσκηση «Διάθλαση» του Εργαστηριακού Οδηγού, είτε ως πείραμα επίδειξης, οπότε οι μαθητές καταγράφουν τις μετρήσεις και συμπληρώνουν το φύλλο εργασίας είτε ως άσκηση μετωπικού εργαστηρίου. Σε κάθε περίπτωση είναι απαραίτητο οι μαθητές να συμπληρώσουν το σχετικό φύλλο εργασίας του Εργαστηριακού Οδηγού.

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

§8.2 Φαινόμενη ανύψωση (στόχος 17)

- ☐ Εφαρμόζουν τους νόμους της διάθλασης του φωτός για να ερμηνεύουν το φαινόμενο της φαινόμενης ανύψωσης αντικειμένων βυθισμένων μέσα σε διαφανή υγρά και το φαινόμενο του αντικατοπτρισμού.
- ☐ Δείχνουν πειραματικά ότι μια φωτεινή δέσμη που προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια δύο οπτικών μέσων εν μέρει ανακλάται και εν μέρει διαθλάται.



Ζητώ από τους μαθητές να σχεδιάσουν φωτεινή δέσμη που προέρχεται από φωτεινό σημείο βυθισμένο μέσα σε δοχείο με νερό και διαθλάται στον αέρα. Η τομή της προέκτασής της με την κάθετη στην επιφάνεια του νερού που διέρχεται από το φωτεινό σημείο προσδιορίζει τη φαινόμενη θέση του φωτεινού σημείου. (Η γωνία πρόσπτωσης της φωτεινής δέσμης πρέπει να είναι μικρή).



Δραστηριότητα: Οι μαθητές διεξάγουν μέσα στην τάξη την εργαστηριακή δραστηριότητα «Μελέτη της διάθλασης φωτεινής δέσμης σε πρίσμα» του εργαστηριακού οδηγού. Οι μαθητές πειραματίζονται, παρατηρούν, σημειώνουν τα δεδομένα και συμπληρώνουν το σχετικό φύλλο εργασίας.

§8.2 Ολική ανάκλαση**Στόχοι 18, 19**

- ☐ Περιγράφουν το φαινόμενο της ολικής ανάκλασης και ορίζουν την ορική γωνία.
- ☐ Ερμηνεύουν με τη βοήθεια του φαινομένου της ολικής ανάκλασης τη λειτουργία της διόπτρας



Δραστηριότητα: Οι μαθητές πραγματοποιούν σε ομάδες την εργαστηριακή δραστηριότητα «Μελέτη της διάθλασης φωτεινής δέσμης σε πρίσμα», που υπάρχει στον εργαστηριακό οδηγό και συμπληρώνουν το φύλλο εργασίας.

§8.3 Ανάλυση φωτός με πρίσμα**Στόχος 20**

- ☐ Ορίζουν την έννοια του μονοχρωματικού φωτός.
- ☐ Δείχνουν πειραματικά ότι το λευκό είναι σύνθετο και ότι, όταν διέλθει μέσα από πρίσμα, αναλύεται σε μονοχρωματικές ακτινοβολίες.
- ☐ Ερμηνεύουν το φαινόμενο του ουράνιου τόξου.



Με ένα πρίσμα και τη βοήθεια ενός προβολέα Ρούτερ ή ενός διαφανοσκοπίου αναλύω μια δέσμη φωτός και προβάλω το φάσμα της σε μια οθόνη. Κατευθύνω τους μαθητές να συμπεράνουν ότι το λευκό φως είναι σύνθετο. Τους ζητώ να χρησιμοποιήσουν τις γνώσεις τους για τη διάθλαση, το δείκτη διάθλασης και τις γωνίες πρόσπτωσης και διάθλασης και να προβλέψουν ποια ακτινοβολία του φάσματος έχει μικρότερο και ποια μεγαλύτερο δείκτη διάθλασης. Τους ζητώ εφαρμόσουν το μηχανισμό ανάλυσης του λευκού φωτός όταν διέρχεται από διαφανές σώμα για να ερμηνεύσουν το σχηματισμό του ουράνιου τόξου.



Δραστηριότητα: Πραγματοποιώ μέσα στην τάξη την εργαστηριακή δραστηριότητα «Ανάλυση του φωτός» του Εργαστηριακού Οδηγού. Οι μαθητές παρατηρούν, σημειώνουν τα δεδομένα και συμπληρώνουν το σχετικό φύλλο εργασίας.

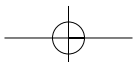
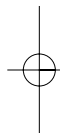
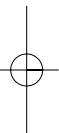
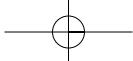
§8.4 Το χρώμα των σωμάτων

Στόχοι 21, 22

- ☐ Ερμηνεύουν το χρώμα των διαφανών και αδιαφανών σωμάτων. Κατατάσσουν τα χρώματα σε βασικά και συμπληρωματικά.
- ☐ Ερμηνεύουν το χρώμα του νερού των θαλασσών.



Δραστηριότητα: Πραγματοποιώ μέσα στην τάξη την εργαστηριακή δραστηριότητα «Χρώμα των σωμάτων», του Εργαστηριακού Οδηγού. Οι μαθητές παρατηρούν, σημειώνουν τα δεδομένα και συμπληρώνουν το σχετικό φύλλο εργασίας.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ΦΑΚΟΙ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

§9.1, 9.2 Είδωλα σε συγκλίνοντες και αποκλίνοντες φακούς

Στόχοι 23, 24, 25

- ☐ Αναγνωρίζουν τους συγκλίνοντες και τους αποκλίνοντες σφαιρικούς φακούς.
- ☐ Προσδιορίζουν τον κύριο άξονα και την κύρια εστία σφαιρικού φακού και μετράνε την εστιακή του απόσταση.
- ☐ Κατασκευάζουν γεωμετρικά το είδωλο φωτεινού αντικειμένου σε συγκλίνοντα σφαιρικό φακό και να προσδιορίζουν γραφικά τη θέση του πάνω στον κύριο άξονα του φακού.
- ☐ Αναγνωρίζουν το είδος του ειδώλου που προκύπτει από σφαιρικό φακό.



Συζητώ με τους μαθητές τη χρήση των φακών που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή ζωή. Τους μοιράζω μερικούς φακούς εργαστηρίου και τους ζητώ να σχηματίσουν και να παρατηρήσουν τα είδωλα φωτεινών αντικειμένων. Στη συνέχεια χρησιμοποιώ ένα προβολέα Ρούτερ ή την οπτική τράπεζα και κατευθύνω φωτεινές δέσμες παράλληλα προς τον κύριο άξονα

ενός συγκλίνοντα και ενός αποκλίνοντα φακού. Μέσα από παρόμοιες δραστηριότητες εισάγω τις σχετικές έννοιες, καθώς και τις έννοιες «κύριος άξονας», «κύριες εστίες» και «εστιακή απόσταση».

Σχηματίζω σε οθόνη το είδωλο ενός μικρού κεριού σε συγκλίνοντα φακό. Εισάγω τις έννοιες «πραγματικό» και «φανταστικό» είδωλο. Κατευθύνω τους μαθητές να σχεδιάσουν μια γεωμετρική αναπαράσταση λεπτού φακού με τον κύριο και τις κύριες εστίες του. Τους κατευθύνω ώστε να εφαρμόσουν τις ιδιότητες της κύριας εστίας και να σχεδιάσουν το είδωλο φωτεινού αντικειμένου (βέλους), τοποθετημένου κάθετα στον κύριο άξονα του φακού. Ζητώ να κάνουν την κατασκευή για δύο τουλάχιστον διαφορετικές θέσεις του αντικειμένου, να σημειώσουν τον προσανατολισμό του ειδώλου σε σχέση με το αντικείμενο και να μετρήσουν με χάρακα τις αποστάσεις του αντικειμένου και του ειδώλου από το φακό σε κάθε περίπτωση.



Δραστηριότητα: Πραγματοποιώ την εργαστηριακή άσκηση «Συγκλίνοντες φακοί», είτε ως πείραμα επίδειξης, οπότε οι μαθητές παρατηρούν, καταγράφουν τις μετρήσεις και συμπληρώνουν το φύλλο εργασίας, είτε ως άσκηση μετωπικού εργαστηρίου. Σε κάθε περίπτωση είναι απαραίτητο οι μαθητές να συμπληρώσουν το σχετικό φύλλο εργασίας του εργαστηριακού οδηγού. Κυρίαρχος στόχος της άσκησης είναι η σύγκριση του θεωρητικού (γεωμετρικού) προσδιορισμού της θέσης του ειδώλου με το αντίστοιχο πειραματικό αποτέλεσμα.

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

§9.3 Οπτικά όργανα και μάτι**Στόχοι 26, 27**

- ❑ Περιγράφουν τη δομή, την αρχή λειτουργίας και τη χρήση της φωτογραφικής μηχανής του μικροσκοπίου και του τηλεσκοπίου.
- ❑ Αναλύουν τη βασική δομή του ανθρώπινου ματιού και τον τρόπο σχηματισμού του ειδώλου φωτεινού αντικειμένου στον αμφιβληστροειδή χιτώνα.

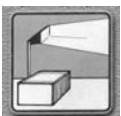
Εφαρμόζουν τους νόμους της Οπτικής στην ερμηνεία των παθήσεων της υπερμετρωπίας της μυωπίας και της πρεσβυωπία.

- ❑ Εξηγούν πώς χρησιμοποιούμε τους φακούς για να άρουμε τις δυσλειτουργίες της όρασης.



Αναλύω την αρχή λειτουργίας μιας φωτογραφικής μηχανής. Εξηγώ πώς μπορούμε κάθε φορά να εστιάσουμε στο φιλμ αντικείμενα που έχουν διαφορετικές αποστάσεις από το φακό. Αντιπαραβάλλω τον τρόπο λειτουργίας της φωτογραφικής μηχανής και του οφθαλμού.

Συζητώ με τους μαθητές για τις εφαρμογές των νόμων της Οπτικής και την κατασκευή οπτικών οργάνων. Εστιάζω τη συζήτηση στην ανακάλυψη του τηλεσκοπίου και του μικροσκοπίου: Πώς ο Γαλιλαίος χρησιμοποίησε το τηλεσκόπιο για την παρατήρηση των ουράνιων σωμάτων με συνέπεια τη θεμελίωση της σύγχρονης Αστρονομίας. Πώς η ανακάλυψη του μικροσκοπίου άνοιξε τους δρόμους της σύγχρονης Βιολογίας. Δείχνω στους μαθητές ένα σχολικό μικροσκόπιο και πώς παρατηρούμε μικροσκοπικά αντικείμενα με αυτό. Αναλύω συνοπτικά τη δομή του τηλεσκοπίου και του μικροσκοπίου.



Δείχνω στους μαθητές διαφάνειες ή εικόνες με σχηματικές αναπαραστάσεις του ανθρώπινου οφθαλμού. Ζητώ από τους μαθητές να περιγράψουν τον τρόπο λειτουργίας του οφθαλμού εφαρμόζοντας τις γνώσεις τους για τους νόμους της Οπτικής. Με παρόμοιο τρόπο δείχνω πώς σχηματίζεται το είδωλο στον αμφιβληστροειδή χιτώνα ενός μυωπικού και ενός πρεσβυωπικού οφθαλμού. Ζητώ από τους μαθητές να προβλέψουν σε κάθε περίπτωση τι είδους διορθωτικός φακός πρέπει να χρησιμοποιηθεί και να θεμελιώσουν τις απόψεις τους στις ιδιότητες των φακών. Τους κατευθύνω να σχεδιάσουν σχηματικά ένα μυωπικό και έναν πρεσβυωπικό οφθαλμό, μαζί με τους αντίστοιχους διορθωτικούς φακούς και την πορεία των φωτεινών ακτίνων που προέρχονται από φωτεινό σημείο και εστιάζουν στον αμφιβληστροειδή χιτώνα.

ΕΝΟΤΗΤΑ 4

Πυρήνας και Πυρηνικά Φαινόμενα

A. Ιστορική Προσέγγιση

Η αναζήτηση λύσεων στα θεμελιώδη προβλήματα της φυσικής Επιστήμης που συνδέονται με την μικροσκοπική δομή της ύλης και την σχέση της με τις βασικές δυνάμεις (ηλεκτρομαγνητικές, πυρηνικές και βαρυτικές), έχει βασισθεί, τα τελευταία 100 χρόνια, σε μια σειρά σημαντικών ανακαλύψεων που έγιναν στο τέλος του 19ου και στο πρώτο ήμισυ του 20ου αιώνα. Η σημερινή πλούσια γνώση που έχουμε για την δομή και τη λειτουργία του μικρόκοσμου (Ατομική, Πυρηνική, Σωματιδιακή Φυσική) καθώς και την σχέση του με τη θερμική ιστορία του σύμπαντος (Κοσμολογία) οφείλεται κυρίως στους ακόλουθους μεγάλους σταθμούς της επιστημονικής έρευνας, με χρονολογική σειρά:

- 1895: Ανακάλυψη ακτίνων X από τον Rontgen
- 1896: Ανακάλυψη της ραδιενέργειας του Ουρανίου από τον Bekerel
- 1897: Ανακάλυψη του ηλεκτρονίου από τον J.J. Thomson
- 1900: Διατύπωση του νόμου τη ακτινοβολίας του μέλανος σώματος από τον Plank
- 1905: Διατύπωση της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας από τον Einstein.
- 1911: Ανακάλυψη του ατομικού πυρήνα από τον Rutherford
- 1913: Διατύπωση της θεωρίας του Bohr για το άτομο του υδρογόνου.
- 1915: Διατύπωση της γενικής θεωρίας της σχετικότητας από τον Einstein.
- 1920: Ανακάλυψη της διαστολής του σύμπαντος από τον Hubble
- 1923-1930: Διατύπωση κι ανάπτυξη της κβαντικής Μηχανικής κυρίως από τους επιστήμονες: De Broglie, Schrodinger, Heisenberg και Dirac.
- 1935: Διατύπωση της θεωρίας Yukawa για τον φορέα των ισχυρών πυρηνικών δυνάμεων (meson theory).
- 1946: Ανακάλυψη του π-μεσονίου από τον Powell και τους συνεργάτες του.

Παρόλο που το πορτραίτο της σημερινής επιστήμης, στις αρχές του 21ου αιώνα, χαρακτηρίζεται από ένα μεγάλο πλούτο νέων ιδεών και μια αξιοθαύμαστη τεχνολογία, οι πρώτες αρχές στις οποίες βασίζεται όλη αυτή η πρόοδος ενυπάρχουν στις παραπάνω μεγάλες, επιστημονικές ανακαλύψεις. Έτσι, στην διατύπωση του σύγχρονου παραδειγματικού προτύπου για την δομή της ύλης (standard model) καθώς και στην πειρα-

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ματική του επαλήθευση, κυριαρχούν στοιχεία από την καθιερωθείσα Φυσική κατά το πρώτο ήμισυ του εικοστού αιώνα: Το πείραμα του Rutherford για παράδειγμα, συνεχίζεται ακόμη και σήμερα, ως βασική μεθοδολογία, στους μεγάλους επιταχυντές, όπου με πειράματα συγκρούσεων σε υψηλές ενέργειες επιτυγχάνεται η διεξόδωση σε κλίμακες οργάνωσης της ύλης μέχρι 10^{-20} m! Εξ άλλου στο επίπεδο της θεωρίας, το κβαντικό πρότυπο του ηλεκτρονίου, όπως περιγράφεται από τη εξίσωση του Dirac, επεκτείνεται όχι μόνο στα υπόλοιπα λεπτόνια του καθιερωμένου προτύπου αλλά και στα quark τα οποία είναι και αυτά σωματίδια χωρίς δομή με spin $\frac{1}{2}$, όπως τα ηλεκτρόνια. Τέλος η έννοια των σωματιδίων-φορέων των αλληλεπιδράσεων ενυπάρχει τόσο στην Κβαντική Μηχανική του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου (φωτόνιο) όσο και στην υπόθεση Yukawa για το πεδίο των ισχυρών πυρηνικών δυνάμεων (μεσόνιο). Η αποδεκτή σήμερα λύση στο πρόβλημα αυτό συνδέεται με την σημαντική θεωρητική ανακάλυψη των τελευταίων χρόνων, σύμφωνα με την οποία τα σωματίδια-φορείς οφείλουν την ύπαρξη τους στη λεγόμενη συμμετρία βαθμίδας (gauge symmetry). Μια αρχή που ικανοποιούν οι βασικές δυνάμεις στην φύση και σύμφωνα με την οποία τα σωματίδια αυτά έχουν spin 1 (διανυσματικά σωματίδια). Αξίζει να τονισθεί στο σημείο αυτό ότι από τους απλούς κανόνες των θεωριών βαθμίδας εξαιρείται η βαρύτητα για την οποία δεν υπάρχει ακόμη μια συνεπής κβαντική θεωρία. Το παραπάνω κριτήριο των διανυσματικών σωματιδίων ικανοποιείται από το φωτόνιο που μεταφέρει τις ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις καθώς και από τα βαρέα μποζόνια (W^{\pm} , Z^0) που σχετίζονται με τις ασθενείς πυρηνικές δυνάμεις. Δεν ικανοποιείται όμως από τα αρχικά σωματίδια του Yukawa τα οποία είναι βαθμωτά (έχουν spin 0) και δεν μπορούν, σύμφωνα με την αρχή της συμμετρίας βαθμίδας, να είναι φορείς θεμελιωδών δυνάμεων στην φύση. Αντί αυτών, τις ισχυρές πυρηνικές δυνάμεις έχουν αναλάβει να μεταφέρουν, στο επίπεδο της ύλης quark, τα γλοιόνια (gluons) τα οποία είναι διανυσματικά σωματίδια και εκπορεύονται από μια θεμελιώδη θεωρία βαθμίδας των ισχυρών αλληλεπιδράσεων, την λεγόμενη κβαντική χρωμοδυναμική (QCD). Παρόλα αυτά η τοπική αλληλεπίδραση Yukawa βαθμωτών σωματιδίων με σωματίδια ύλης (quarks, leptons) έχει θεμελιώδη σημασία στην διατύπωση των σύγχρονων θεωριών δεδομένου ότι ορισμένα βαθμωτά σωματίδια παίζουν βασικό ρόλο στη συγκρότηση της πρώτης ύλης του σύμπαντος, ως συστατικά του κενού (σωματίδια τύπου Higgs). Αξίζει να σημειωθεί ότι η πειραματική ανακάλυψη βαθμωτών σωματιδίων Higgs (από το όνομα του Σκωτσέζου θεωρητικού φυσικού P. Higgs) αποτελεί την πρώτη και υψηλή προτεραιότητα στα σύγχρονα πειράματα, στους μεγάλους επιταχυντές που λειτουργούν ήδη (LEP) ή κατασκευάζονται (LHC). Η πειραματική ανακάλυψη του σωματιδίου Higgs θα έχει μεγάλη σημασία για την επιστήμη διότι θα λυθεί αυτομάτως το πρόβλημα της μάζας των σωματιδίων, με άλλους λόγους θα ανακαλυφθεί ο μηχανισμός με τον οποίο απονέμεται η μάζα στην πρώτη ύλη του σύμπαντος. Τότε μόνον θα έχει ολοκληρωθεί η μεγάλη επιστημονική επανάσταση που άρχισε με τον Γαλιλαίο και την ανακάλυψη της αδράνειας ως βασικής ιδιότητας της ύλης πριν από τέσσερις αιώνες.

Από την ιστορική και επιστημολογική αναδρομή που επιχειρήθηκε στα προηγούμενα προκύπτει ότι οι σημερινές αντιλήψεις για τη μικροσκοπική δομή της ύλης αποτελούν ένα πολύ προχωρημένο στάδιο ωρίμανσης και εκλέπτυνσης της κβαντικής θεωρίας όπως αυτή αναπτύχθηκε, σε συνδυασμό με τη θεωρία της σχετικότητας, το πρώτο ήμισυ του

εικοστού αιώνα. Το ερώτημα που τίθεται συχνά είναι μήπως έχει φθάσει το τέλος της «φυσικής επιστήμης» με την έννοια ότι οι μεγάλες ανακαλύψεις του εικοστού αιώνα έχουν αποκαλύψει όλες τις βασικές αρχές της δομής και της λειτουργίας του σύμπαντος (πρώτες αρχές). Εάν η απάντηση είναι καταφατική τότε, για την συνέχεια, μας απομένει μια αργόσυρτη διαδικασία σύνθεσης που έχει περισσότερο τον χαρακτήρα μιας εξεζητημένης φαινομενολογίας παρά μιας αναζήτησης νέων αρχών όπως συνέβη με την θεωρία της σχετικότητας και την κβαντική μηχανική. Οι επιστήμονες απορρίπτουν την θεωρία του τέλους της επιστήμης ως ανιστόρητη ενώ συγχρόνως, νέοι δρόμοι της φυσικής επιστήμης έχουν ήδη ξεκινήσει. Θα αναφέρουμε έναν από αυτούς που έχει κατεύθυνση την διατύπωση της κβαντικής μηχανικής των ανοιχτών συστημάτων.

Η Κβαντική Μηχανική, όπως συμπυκνώνεται στην εξίσωση του Σρέντινγκερ, αφορά φυσικά συστήματα που δεν αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον και αποτελεί πολύ καλή προσέγγιση για την κατανόηση της μικροσκοπικής προέλευσης της ενέργειας καθώς και των μηχανισμών διαχείρισής της από την ύλη. Με άλλους λόγους η Κβαντική Μηχανική των κλειστών συστημάτων απευθύνεται στην ύλη χωρίς ζωή και παρέχει τους μηχανισμούς με τους οποίους η ύλη αυτή κινείται, μετασχηματίζεται, αλληλεπιδρά, διασπάται και συντίθεται. Η εικασία είναι ότι η κβαντική μηχανική των ανοικτών συστημάτων θα μπορούσε να ερμηνεύσει την προέλευση και τη διαχείριση από την ύλη, όχι μόνο της ενέργειας αλλά και της πληροφορίας ως φυσικού μεγέθους, συνδεδεμένου μάλιστα πού στενά με την λειτουργία της ζωής. Η νέα φυσική καλείται με άλλους λόγους, να συναντηθεί με την βιολογία για την ανακαλύψει των θεμελιωδών μηχανισμών με τους οποίους η ύλη προσαρμόζεται, αυτό-οργανώνεται, δημιουργεί, αποφασίζει και συνειδητοποιεί. Καλείται επομένως, η επιστήμη της τρίτης χιλιετίας να θεμελιώσει σε πρώτες αρχές (όχι κατ' ανάγκη σε μικροσκοπικό επίπεδο) τη συμπεριφορά της έμβιας ύλης, γενικεύοντας κατάλληλα ή και ανατρέποντας τις αντιλήψεις της φυσικής επιστήμης του εικοστού αιώνα.

Με το παράδειγμα αυτό μπορούμε, τελειώνοντας, να συνοψίσουμε τα σημαντικά, ανοικτά προβλήματα που καλείται η φυσική επιστήμη να αντιμετωπίσει τον αιώνα που άρχισε. Τα προβλήματα αυτά είναι:

- α. η διατύπωση μιας συνεπούς κβαντικής θεωρίας των ανοικτών συστημάτων.
- β. η διατύπωση μιας πλήρους θεωρίας ενοποίησης των δυνάμεων, στο αρχικό, θερμό σύμπαν.
- γ. η προέλευση, ρύθμιση και αλληλεξάρτηση των παγκόσμιων σταθερών της φυσικής.
- δ. η ερμηνεία από πρώτες αρχές του δεύτερου νόμου της θερμοδυναμικής
- ε. η διατύπωση μιας συνεπούς κβαντικής θεωρίας βαρύτητας
- στ. η εξιχνίαση των μηχανισμών αλλαγής φάσης από την ύλη quark στην συμβατική ύλη του σημερινού σύμπαντος.
- ζ. η ερμηνεία επικράτησης της ύλης έναντι της αντιύλης στο διαστελλόμενο σύμπαν
- η. η προέλευση της μάζας των σωματιδίων της πρωτογενούς ύλης (μηχανισμός Higgs).
- θ. η ύπαρξη και προέλευση της σκοτεινής ύλης (dark matter) στο σύμπαν.
- ι. η διατύπωση μιας συνεπούς κβαντικής θεωρίας της πολυπλοκότητας (κβαντικό χάος).

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Ορισμένα από τα προβλήματα αυτά είναι αλληλένδετα, άλλα βρίσκονται κοντά στη λύση τους, άλλα είναι πολύ απομακρυσμένα από αυτή. Το βέβαιο είναι ότι τα όρια και οι ορίζοντες της Επιστήμης διευρύνονται συνεχώς, παρασύροντας μαζί τους τα όρια και τους ορίζοντες του πολιτισμού.

Το Φυσικό Σύμπαν – Οι βασικές κλίμακες

Η Φυσική Επιστήμη μελετά τη δομή και τη λειτουργία της Φυσικής πραγματικότητας, τις μορφές της ύλης που τη συνθέτουν και επεκτείνει τη μελέτη της ύλης που τη συνθέτουν και επεκτείνει τη μελέτη της σε όλες της μορφές τις κλίμακες οργάνωσης του Κόσμου, από τα ελάχιστα συστατικά του μέχρι τα αστρικά συστήματα και πέραν αυτών, μέχρι την κλίμακα ολόκληρου του Σύμπαντος.

Τα θεμελιώδη μεγέθη για τη κατανόηση του φυσικού σύμπαντος και επομένως για την οικοδόμηση της Φυσικής Επιστήμης καθορίζονται από τρεις βασικές κλίμακες αντιστοίχως:

- Κλίμακα μήκους (l)
- Κλίμακα χρόνου (t)
- Κλίμακα μάζας (m)

Οι κλίμακες όλων των άλλων μεγεθών που εισάγονται για τη περιγραφή της Φύσης είναι παράγωγες των τριών κλιμάκων και τα θεμελιώδη αυτά μεγέθη κατάγονται από τις πρώτες αρχές της Μηχανικής του Newton η οποία βασίστηκε (α) στις ιδιότητες του τρισδιάστατου χώρου όπως περιγράφεται από την Ευκλείδεια Γεωμετρία, (β) στον απόλυτο χαρακτήρα του χρόνου και (γ) στην αρχή της αδράνειας της ύλης (χώρος-χρόνος – κίνηση). Ακόμη και η θερμοκρασία (T) μπορεί να θεωρηθεί παράγωγο μέγεθος των τριών κλιμάκων, αφού συνδέεται με τη θερμική ενέργεια ανά κινητό βαθμό ελευθερίας ($E = kT/2$) ενός θερμοδυναμικού συστήματος.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να παρατηρήσει κανείς ότι επειδή η σταθερά Boltzmann (K) δεν είναι αδιάστατο μέγεθος αλλά έχει διαστάσεις εντροπίας υπάρχει μια ατέλεια στο βασικό σύστημα κλιμάκων. Παρά ταύτα, επειδή η σταθερά Boltzmann είναι παγκόσμια σταθερά, μπορούμε να επιλέξουμε κατάλληλο σύστημα μονάδων με $K=1$. Στο σύστημα αυτό η θερμοκρασία έχει διαστάσεις ενέργειας και μπορεί να ενταχθεί στα παράγωγα μεγέθη των βασικών κλιμάκων.

Οι κλίμακες οργάνωσης της ύλης

Με βάση το θεμελιώδες σύστημα κλιμάκων, η Φυσική Επιστήμη καλείται να μελετήσει την ιεραρχία οργάνωσης της ύλης όπως αυτή φαίνεται στο πίνακα 1.

Στο πίνακα 1 έχει τηρηθεί μια αντιστοιχία ανάμεσα στις κλίμακες μήκους των Φυσικών Συστημάτων την μάζα τους και τις αντίστοιχες κλίμακες χρόνου. Υπάρχουν προφανή ανώτερα όρια στις κλίμακες αυτές της Φύσης που καθορίζονται από την έκταση (10^{28} cm) την μάζα (10^{56} g) και την ηλικία (10^{18} sec) του σημερινού σύμπαντος. Η αναζήτηση εξ' άλλου κατωτέρων ορίων στις κλίμακες μήκους και χρόνου πρέπει να συμ-

ΠΙΝΑΚΑΣ 1		
Κλίμακα μήκους (cm)	Κλίμακα μάζας (g)	Κλίμακα χρόνου(s)
10^{28} Όριο Παρατηρήσιμου Σύμπαντος	10^{56} Παρατηρούμενου Σύμπαν	10^{18} Ηλικία Σύμπαντος και Ήλιου
10^{24} Διάμετρος Γαλαξία μας	10^{44} Ο Γαλαξίας μας	
10^{19} Έτος φωτός		10^7 Περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο
10^{13} Απόσταση Γης-Ήλιου		10^5 Περιστροφή της Γης
10^{11} Ακτίνα Ήλιου	10^{34} Ήλιος	10^3 Χρόνος ζωής ελεύθερων νετρονίων
10^9 Ακτίνα Γης	10^{28} Γη	
10^5 Μήκος κύματος ραδιοκυμάτων	10^{15} 1cm^3 αστέρα νετρονίων	10^{-7} Περίοδος ραδιοκυμάτων
10^{-5} Μήκος κύματος ορατών ακτινοβολιών		10^{-13} Περίοδος ορατών Η/Μ κυμάτων
10^{-2} Μήκος κύματος υπερύθρων	10^6 1cm^3 λευκού νάνου	
10^{-8} Διάμετρος ατόμου	1 Σταγόνα βροχής	
10^{-12} Διάμετρος πυρήνα	10^{-24} Πρωτονίου,ηλεκτρονίου, ατόμου	10^{-23} Μικρότερο χρονικό διάστημα ζωής στοιχειωδών σωματιδίων

βαδίζει με τις υποθέσεις και τα ευρήματα της σύγχρονης Κοσμολογίας για την πρώιμη εποχή της ιστορίας του σύμπαντος. Για τη κλίμακα της μάζας το κατώτερο όριο είναι προφανώς το $m=0$ και αντιστοιχεί σε σωματίδια που κινούνται πάντοτε με τη ταχύτητα του φωτός. Μέχρι πρότινος εθεωρείτο ότι στη κλάση αυτή ανήκουν το φωτόνιο και τα τρία είδη νεutrino. Ευρέθη όμως πρόσφατα και αποτελεί τη σπουδαιότερη ανακάλυψη των τελευταίων χρόνων (βραβείο Nobel Φυσικής 2002) ότι τα σωματίδια νεutrino έχουν μικρή αλλά όχι μηδενική μάζα. Επομένως από τα γνωστά σωματίδια στο εργαστήριο, το κατώτερο όριο στη κλίμακα μάζας κατέχει μόνον το φωτόνιο.

Η ελάχιστη κλίμακα μήκους και χρόνου (χωροχρονική κλίμακα) στη Φύση, αντιστοιχεί σε μικροσκοπικές περιοχές η βαρύτητα ως φυσικό σύστημα αποκτά κβαντικές ιδιότητες (κβαντική βαρύτητα). Θα δείξουμε, με απλά επιχειρήματα διαστατικής ανάλυσης, ότι το ελάχιστο όριο (κλίμακα Planck) είναι για το μήκος και για το χρόνο. Είναι φανερό ότι τόσο απρόσιτες χωροχρονικές κλίμακες συνδέονται μόνο με ακραία κοσμολογικά φαινόμενα αναφερόμενα στις αρχικές συνθήκες του σύμπαντος.

Ο ρόλος των παγκόσμιων φυσικών σταθερών.

Η προηγούμενη συζήτηση υποδεικνύει ότι για να κατανοήσουμε την οργάνωση της ύλης σε διάφορες κλίμακες απαιτούνται και ορισμένες φυσικές αρχές που συμπυκνώνουν την πειραματική γνώση για τις προσιτές περιοχές του σημερινού σύμπαντος (π.χ. Ατομική Φυσική) η τις υποθέσεις και θεωρίες για τις απρόσιτες περιοχές (π.χ. κβαντική βαρύτητα). Οι αρχές αυτές εισάγονται με τον πιο οικονομικό τρόπο διαμέσου ενός συστήματος φυσικών σταθερών που είναι παγκόσμιες, κατά το πρότυπο της βαρυτικής

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

σταθεράς του Newton (G) και θεμελιώδεις για τη δόμηση και τη λειτουργία του σύμπαντος (πίνακας 2).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2	
Ταχύτητα του φωτός στο κενό:	$C = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm s}^{-1} [l t^{-1}]$
Βαρυτική σταθερά Newton:	$G = 6.67 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ s}^{-2} [l^3 m^{-1} t^2]$
Σταθερά του Planck:	$h = 6.63 \cdot 10^{-27} \text{ erg s} [l^2 m t^{-1}]$
Σταθερά του Boltzmann:	$K = 1.38 \cdot 10^{-16} \text{ erg} \cdot \text{K}^{-1}$
Στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο:	$e = 4.80 \cdot 10^{-10} \text{ g}^{1/2} \text{ cm}^{3/2} \text{ s}^{-1} [l^{3/2} m^{1/2} t^{-1}]$
Μάζα ηλεκτρονίου:	$m_e = 9.11 \cdot 10^{-28} \text{ g} [m]$
Μάζα πρωτονίου(νουκλεονίου):	$m_p = 1.67 \cdot 10^{-24} \text{ g} [m]$

Οι σταθερές του πίνακα 2 είναι θεμελιώδεις διότι κάθε μια από αυτές συνδέεται με ένα σύστημα φυσικών αρχών τόσο της Κλασικής όσο και της Νεοκλασικής Φυσικής. Συγκεκριμένα:

- Η ταχύτητα του φωτός συνδέεται με τον ηλεκτρομαγνητισμό και τη σχετικότητα
- Η σταθερά του Planck με τη κβαντική Μηχανική
- Το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο και η μάζα του ηλεκτρονίου, με την Ατομική Φυσική
- Η μάζα του νουκλεονίου με τη Πυρηνική Φυσική
- Η σταθερά Boltzmann με τη στατιστική Φυσική
- Η βαρυτική σταθερά με το πεδίο βαρύτητας τόσο στη θεωρία του Newton όσο και στη θεωρία του Einstein.

Είναι ενδιαφέρον να τονίσουμε ότι με τη χρήση των φυσικών σταθερών και τη παραπομπή στη σχέση τους με θεμελιώδεις φυσικές αρχές, είναι δυνατόν να προσδιοριστούν, χωρίς τη μεσολάβηση των λεπτομερειών των θεωριών που συνδέονται με αυτές, σημαντικά δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της φυσικής πραγματικότητας, με μοναδικό εργαλείο τη διαστατική ανάλυση .

Διαστατική ανάλυση

Με βάση τον Πίνακα 2 των παγκόσμιων φυσικών σταθερών θα δείξουμε στη συνέχεια, ως παράδειγμα, πως είναι δυνατόν η διαστατική ανάλυση να οδηγήσει με απλό και οικονομικό τρόπο στην εύρεση:

- Του νόμου των Stefan-Boltzmann στο φαινόμενο αλληλεπίδρασης ύλης-ακτινοβολίας.
- Της ακτίνας Bohr στο άτομο του υδρογόνου
- Της κλίμακας Planck για το μήκος ,το χρόνο και την θερμοκρασία στο Σύμπαν

Ο νόμος Stefan-Boltzmann

Η πυκνότητα των φωτονίων n_γ , σε μια κοιλότητα όπου η ηλεκτρομαγνητική ακτι-

νοβολία ευρίσκεται σε θερμική ισορροπία με τα τοιχώματα, εξαρτάται μόνο από τα ακόλουθα διαστατικά μεγέθη:

- την θερμοκρασία T
- την ταχύτητα του φωτός c , που υπεισέρχεται σε όλα τα φαινόμενα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και
- την σταθερά του Planck h η οποία υποδηλώνει τον κβαντικό μηχανισμό αλληλεπίδρασης ύλης και ακτινοβολίας (υπενθυμίζουμε ότι η πρώτη εμφάνιση της σταθεράς h έγινε κατά τη μελέτη του υπό συζήτηση φαινομένου). Εισάγουμε το διαστατικό περιεχόμενο των μεγεθών n_γ , T , c και h , σύμφωνα με τα προηγούμενα και προκύπτουν οι ακόλουθες διαστατικές εξισώσεις:

$$[n_\gamma] = l^{-3}, [T] = l^2 m t^{-2}, [c] = l t^{-1}, [h] = l^2 m t^{-1} \quad (1)$$

Επειδή οι εξισώσεις είναι τέσσερις και οι βασικές κλίμακες είναι τρεις, ευρίσκεται ως λύση, μονοσήμαντη σχέση ανάμεσα στα μεγέθη (n_γ , T , c , h) που χαρακτηρίζουν το φαινόμενο:

$$n_\gamma = b_0 \frac{T^3}{(hc)^3} \quad (2)$$

όπου b_0 είναι αδιάστατος, αριθμητικός συντελεστής ο οποίος εξαρτάται από τις λεπτομέρειες του φαινομένου και δεν μπορεί να προσδιοριστεί από την διαστατική ανάλυση. Η εξίσωση (2) εκφράζει το νόμο του *Stefan-Boltzmann* ο οποίος μπορεί να διατυπωθεί και για την πυκνότητα ενέργειας ρ_γ της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, με βάση τις αντίστοιχες διαστάσεις:

$$[\rho_\gamma] = l^{-1} m t^{-2}, [T] = l^2 m t^{-2}, [c] = l t^{-1}, [h] = l^2 m t^{-1} \quad (3)$$

Η μονοσήμαντη λύση των εξισώσεων (3) δίδει τον γνωστό και σημαντικό νόμο δύναμης *Stefan-Boltzmann*, $\rho_\gamma T^4$:

$$\rho_\gamma = \alpha_0 \frac{T^4}{(hc)^3} \quad (4)$$

όπου και πάλι ο αδιάστατος συντελεστής α_0 εξαρτάται από τις λεπτομέρειες του φαινομένου.

Με το παράδειγμα αυτό θελήσαμε να δείξουμε ότι τα ουσιώδη χαρακτηριστικά ενός σημαντικού φαινομένου που σχετίζεται με την αλληλεπίδραση ύλης και ακτινοβολίας, μπορούν να κατανοηθούν με την βοήθεια των βασικών φυσικών σταθερών που συνδέονται με τις φυσικές αρχές του φαινομένου. Το εργαλείο στην μελέτη αυτή ήταν η μέθοδος της διαστατικής ανάλυσης.

Με την ίδια μέθοδο θα αναζητήσουμε στη συνέχεια τις κλίμακες των φαινομένων της Ατομικής Φυσικής καθώς και τις κλίμακες Planck που συνδέονται με τα ακραία κοσμολογικά φαινόμενα της κβαντικής βαρύτητας.

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Η κλίμακα Bohr

Η θεμελιώδης κλίμακα μήκους που χαρακτηρίζει την Ατομική Φυσική, είναι η ακτίνα εντοπισμού του ηλεκτρονίου στη βασική κατάσταση (ground state) του ατόμου του Υδρογόνου (ακτίνα Bohr). Σύμφωνα με τα προηγούμενα, αναζητούμε τις παγκόσμιες φυσικές σταθερές που έχουν συνάφεια με τις αρχές που ρυθμίζουν τη δυναμική του ατόμου του Υδρογόνου. Οι σταθερές αυτές είναι:

1. Η σταθερά του Planck
2. Η μάζα του ηλεκτρονίου
3. το στοιχειώδες φορτίο (e) και το οποίο αποτελεί τη σταθερά ζεύξης του ηλεκτρονίου με το πυρήνα (δύναμη Coulomb).

Μετά τον καθορισμό αυτό, οι διαστατικές εξισώσεις για την ακτίνα του Bohr (R_B) και τις τρεις φυσικές σταθερές (h , m_e , e) γράφονται κατά τα γνωστά

$$[R_B] = l, [h] = l^2 m t^{-1}, [m_e] = m, [e] = l^{3/2} m^{1/2} t^{-1} \quad (5)$$

και επιλύονται μονοσήμαντα δίνοντας $R_B = \frac{h^2}{m_e e^2} \quad (6)$

Η κλίμακα Ενεργειών E_B στην Ατομική Φυσική προσδιορίζεται από τις αντίστοιχες διαστατικές εξισώσεις:

$$[E_B] = l^2 m t^{-2}, [h] = l^2 m t^{-1}, [m_e] = m, [e] = l^{3/2} m^{1/2} t^{-1} \quad (7)$$

οι οποίες δίδουν:

$$E_B = \frac{m_e e^4}{h^2} \quad (8)$$

Τέλος η κλίμακα χρόνου t_B δίδεται από τη λύση των διαστατικών εξισώσεων:

$$[t_B] = t, [m_e] = m, [h] = l^2 m t^{-1}, [e] = l^{3/2} m^{1/2} t^{-1} \quad (9)$$

ως ακολούθως:

$$t_B = \frac{h^3}{m_e e^4} \quad (10)$$

Όπως έχει αναφερθεί στα προηγούμενα παραδείγματα, υπάρχει πάντοτε στις λύσεις των διαστατικών εξισώσεων μια απροσδιόριστη, αδιάστατη πολλαπλασιαστική σταθερά, ο καθορισμός της οποίας απαιτεί τις λεπτομέρειες του φαινομένου και της θεωρίας που το ερμηνεύει. Στην περίπτωση των κλιμάκων (6, 8, 10) της Ατομικής θεωρίας, οι ακριβείς τιμές που προκύπτουν από τη Κβαντική Μηχανική (εξίσωση Schrodinger) συμπίπτουν με τη τάξη μεγέθους των εκτιμήσεων της διαστατικής ανάλυσης αν στις εκτιμήσεις αυτές (6, 8, 10) χρησιμοποιηθεί η ανηγμένη σταθερά του Planck $\hbar = \frac{h}{2\pi}$. Με την τρο-

ποποίηση αυτή και αντικαθιστώντας τις αριθμητικές τιμές των φυσικών σταθερών από το πίνακα 2 βρίσκουμε την τάξη μεγέθους των κλιμάκων της Ατομικής Φυσικής:

- Κλίμακα μήκους: $R_B = R_B \approx 10^{-8} \text{ cm}$ (1 A)
- Κλίμακα ενέργειας: $E_B \approx 10 \text{ eV}$ (11)
- Κλίμακα χρόνου: $t_B \approx 10^{-16} \text{ sec}$

Είναι αξιοπρόσεκτο ότι με πολύ απλά εργαλεία (διαστατική ανάλυση) μπορέσαμε να πλησιάσουμε το κατώφλι του « κβαντικού συστήματος» εκεί όπου η σταθερά του Planck έχει ρυθμιστικό ρόλο στη δομή και την λειτουργία των φυσικών συστημάτων. Στο κατώφλι αυτό κυριαρχούν τα φαινόμενα της Ατομικής Φυσικής με χαρακτηριστικές κλίμακες που δίδονται από την λύση (11) των διαστατικών εξισώσεων. Στην επόμενη παράγραφο θα μελετήσουμε με την ίδια μέθοδο τις κλίμακες που χαρακτηρίζουν τις εσχαιές του κβαντικού σύμπαντος (κλίμακες Planck) εκεί που η φυσική αρχή που κυριαρχεί είναι η σύζευξη της Κβαντικής Μηχανικής με τη θεωρία της βαρύτητας (Κβαντική Βαρύτητα)

Οι κλίμακες του Planck

Η κλίμακα Planck (R_p) καθορίζει την μικροσκοπική περιοχή όπου το πεδίο βαρύτητας υπόκειται σε κβαντικές διακυμάνσεις. Οι φυσικές σταθερές που είναι συναφείς με την αρχή της κβαντικής βαρύτητας είναι, η βαρυτική σταθερά (G), η σταθερά του Planck (\hbar) και η ταχύτητα του φωτός (c).

Είναι ενδιαφέρον να διατυπώσουμε τις διαστατικές εξισώσεις όχι μόνο για τη κλίμακα μήκους αλλά και για τη κλίμακα του χρόνου (t_p) και την κλίμακα θερμοκρασίας (T_p). Ο λόγος είναι ότι αυτή η ακραία κατάσταση της ύλης σχετίζεται με τις αρχικές συνθήκες του θερμού σύμπαντος και 4πομένως η θερμοκρασία Planck (T_p) θέτει ένα όριο στο φυσικό μέγεθος της θερμοκρασίας.

Οι διαστατικές εξισώσεις για τον προσδιορισμό της κλίμακας μήκους Planck

Γράφονται ως εξής:

$$[R_p] = l, [\hbar] = l^2 m t^{-1}, [G] = l^3 m^{-1} t^{-2}, [c] = l t^{-1} \quad (12)$$

και οδηγούν στη μονοσήμαντη λύση: $R_p = \left(\frac{G \hbar}{c^3} \right)^{1/2}$

Οι αντίστοιχες εξισώσεις για τη κλίμακα του χρόνου (t_p) είναι:

$$[t_p] = t, [\hbar] = l^2 m t^{-1}, [G] = l^3 m^{-1} t^{-2}, [c] = l t^{-1} \quad (13)$$

από τις οποίες προκύπτει: $t_p = \left(\frac{G \hbar}{c^5} \right)^{1/2}$

Τέλος η θερμοκρασία Planck προσδιορίζεται από τις διαστατικές εξισώσεις:

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

$$[T_p] = l^2 m t^{-1}, [G] = l^3 m^{-1} t^{-2}, [C] = l t^{-1} \quad (14)$$

οι οποίες οδηγούν στη λύση: $[T_p] = \left(\frac{c^5 \hbar}{G} \right)^{1/2}$

Με τις αριθμητικές τιμές των φυσικών σταθερών (G , \hbar , c) από το πίνακα 2, το τελικό αποτέλεσμα για τις κλίμακες Planck συνοψίζεται ως ακολούθως:

Μήκος Planck: 10^{-35} m

Χρόνος Planck: 10^{-43} sec

Θερμοκρασία Planck: 10^{32} K

Οι εντυπωσιακές αυτές τάξεις μεγέθους των κλιμάκων Planck δίδουν ένα μέτρο του απείρως μικρού και του απείρως μεγάλου στη Φυσική. Παρόλο που δεν υπάρχει ακόμη διατυπωμένη η τελική θεωρία της κβαντικής βαρύτητας και πολύ περισσότερο δεν υπάρχει ακόμη καμιά ένδειξη για τα υπολείμματα των φαινομένων αυτών στις προσιτές κλίμακες του σημερινού σύμπαντος, οι κλίμακες Planck θέτουν ένα όριο στη φυσική πραγματικότητα πέραν του οποίου οι φυσικές οντότητες και ο χωροχρόνος χάνουν το επιστημονικό τους περιεχόμενο.

Η κίνηση του εκκρεμούς

Στα προηγούμενα παραδείγματα εφαρμόσαμε τη διαστατική ανάλυση σε μια κλάση φαινομένων τα οποία καθορίζονται από ορισμένες βασικές, παγκόσμιες σταθερές. Είναι όμως δυνατόν να εφαρμοσθεί η ίδια μέθοδος και σε περισσότερα εξειδικευμένα συστήματα στα οποία οι συναφείς σταθερές δεν είναι παγκόσμιες αλλά χαρακτηρίζουν το υπό μελέτη φαινόμενο. Ως παράδειγμα θεωρούμε την αναζήτηση της περιόδου T στην κίνηση του εκκρεμούς.

Η περίοδος του εκκρεμούς εξαρτάται εν γένει από τη μάζα m , το μήκος l του εκκρεμούς καθώς και από την ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης (g). Οι διαστατικές εξισώσεις του συστήματος γράφονται ως εξής :

$$[T] = t, [M] = m, [L] = l, [g] = l \cdot t^{-2}$$

Η λύση που προκύπτει, είναι ο γνωστός νόμος για τη περίοδο του εκκρεμούς: $T = \alpha \sqrt{\frac{l}{g}}$

όπου η αδιάστατη πολλαπλασιαστική σταθερά, όπως σε όλες τις προηγούμενες περιπτώσεις που εξετάσαμε, εξαρτάται από τις λεπτομέρειες του φαινομένου και είναι $\alpha = 2\pi$. Αξίζει να σημειωθεί ότι το αποτέλεσμα της διαστατικής ανάλυσης περιέχει, πέραν των άλλων, τη σημαντική πληροφορία, ότι η περίοδος του εκκρεμούς δεν εξαρτάται από τη μάζα m .

Β. Γενική Διάρθρωση Ενότητας

Σ' αυτή την ενότητα μελετώνται η δομή της ύλης σε πυρηνικό επίπεδο, οι πυρηνικές αντιδράσεις και οι θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις. Αρχικά αναφέρονται τα πρωτόνια και τα νετρόνια ως συστατικά του πυρήνα, εισάγεται ο ατομικός και μαζικός αριθμός και ορίζονται τα ισότοπα. Συγχρόνως εισάγεται η ισχυρή πυρηνική δύναμη ως υπεύθυνη για τη σταθερότητα του πυρήνα και περιγράφονται ποιοτικά κάποια χαρακτηριστικά της.

Στη συνέχεια μελετάται το φαινόμενο της ραδιενέργειας. Δίνεται μια ποιοτική ερμηνεία της αστάθειας των πυρήνων, γίνεται διάκριση των ακτινοβολιών α , β , γ ανάλογα με τον διαφορετικό βαθμό απορρόφησης τους από την ύλη, καθορίζεται η φύση τους, επισημαίνεται ότι οι διασπάσεις α και β προκαλούν μεταστοιχείωση και εξετάζεται συνοπτικά η βιολογική δράση της ακτινοβολίας (σωματιδιακή και ηλεκτρομαγνητική).

Οι πυρηνικές αντιδράσεις συνδέονται με την δυναμική ενέργεια μεταξύ των νουκλεονίων που ονομάζεται πυρηνική ενέργεια και με το έλλειμμα μάζας στους πυρήνες μέσω της εξίσωσης του Einstein. Με αυτό τον τρόπο γίνεται μια σύγκριση μεταξύ των ενεργειών σε μια χημική και σε μια πυρηνική αντίδραση, ώστε να γίνει κατανοητή η προέλευση του τεράστιας ποσότητας ενέργειας που εκλύεται σε μια πυρηνική αντίδραση. Ακολουθώς γίνεται μελέτη της πυρηνικής σχάσης και της πυρηνικής σύντηξης με επισημάνση τόσο των καταστροφικών συνεπειών των πυρηνικών όπλων όσο και των θετικών προοπτικών κυρίως της πυρηνικής σύντηξης για την αντιμετώπιση των ενεργειακών αναγκών της ανθρωπότητας.

Γ. Διδακτικοί Στόχοι

Οι μαθητές να αποκτήσουν τις ακόλουθες ικανότητες ή δεξιότητες:

1. Περιγράφουν τις βασικές ιδιότητες των πρωτονίων και των νετρονίων και διακρίνουν τις διαφορές τους.
2. Ορίζουν τον ατομικό και το μαζικό αριθμό ενός στοιχείου. Αν τους δοθεί η σύσταση ενός πυρήνα μπορούν να βρουν τον ατομικό και το μαζικό του αριθμό. Ορίζουν τα ισότοπα ενός στοιχείου.
3. Περιγράφουν τα βασικά χαρακτηριστικά των ακτινοβολιών α , β και γ και τις σχετίζουν με τη διάσπαση και τις μεταβολές ενός πυρήνα.
4. Ορίζουν το έλλειμμα μάζας σε μια πυρηνική διάσπαση και το συσχετίζουν ποιοτικά με τη δυναμική ενέργεια σύνδεσης των νουκλεονίων στον πυρήνα.
5. Περιγράφουν το φαινόμενο της πυρηνικής σχάσης και της αλυσιδωτής αντίδρασης.
6. Εξηγούν ποιοτικά την προέλευση της ενέργειας που ελευθερώνεται και μετατρέπεται σε ενέργεια άλλων μορφών, στην πυρηνική σχάση.
7. Περιγράφουν εφαρμογές της πυρηνικής σχάσης στη σύγχρονη κοινωνία.
8. Περιγράφουν το φαινόμενο της πυρηνικής σύντηξης και το συσχετίζουν με την ενέργεια που εκπέμπεται από τον Ήλιο.

Δ. Εναλλακτικές Ιδέες των Μαθητών για τη Δομή της Ύλης



Οι μαθητές συχνά πιστεύουν ότι τα άτομα εξαφανίζονται ως αποτέλεσμα ραδιενεργών διασπάσεων.

Οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται την ραδιενεργό διάσπαση ως πιθανή αυθόρμητη διαδικασία, αλλά θεωρούν ότι προκαλείται από ανθρώπινη παρέμβαση.

Η ενέργεια σύνδεσης και το έλλειμμα μάζας αποτελούν ιδιαίτερα δύσκολες έννοιες για τους μαθητές, ειδικά όταν δεν είναι εξοικειωμένοι με την ειδική θεωρία της σχετικότητας

ΣΤ. Οργανόγραμμα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

Σχέδιο Διδασκαλίας (4 διδακτικές ώρες)		
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΦΑΝΕΙΣ
<input type="checkbox"/> Περιγραφή του πυρήνα (2 Διδακτικές ώρες) <input type="checkbox"/> Ραδιενέργεια (1 Διδακτική ώρα) <input type="checkbox"/> Βιολογική δράση της ακτινοβολίας (1 Διδακτική ώρα)		Διαφάνεια Εικόνα 10.3 Διαφάνεια Εικόνα 10.5 Διαφάνεια Εικόνα 10.11 Διαφάνεια Εικόνα 10.12 Διαφάνεια Εικόνα 10.13 Διαφάνεια Εικόνα 10.15 Διαφάνεια Εικόνα 10.18 Διαφάνεια Πίνακας 10.1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

Σχέδιο Διδασκαλίας (4 διδακτικές ώρες)		
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΦΑΝΕΙΣ
<input type="checkbox"/> Ενέργεια και πυρηνικές αντιδράσεις <input type="checkbox"/> Πυρηνική σχάση <input type="checkbox"/> Πυρηνική σύντηξη		Διαφάνεια Εικόνα 11.3 Διαφάνεια Εικόνα 11.9

Ενδεικτικές διδακτικές ενέργειες για την επίτευξη των στόχων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10,11 Ο ΑΤΟΜΙΚΟΣ ΠΥΡΗΝΑΣ – ΠΥΡΗΝΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

§10.1

Στόχοι 1, 2

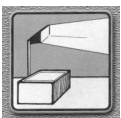
- ☐ Περιγράφουν τις βασικές ιδιότητες των πρωτονίων και των νετρονίων και διακρίνουν τις διαφορές τους.
- ☐ Ορίζουν τον ατομικό και το μαζικό αριθμό ενός στοιχείου.
- ☐ Αν τους δοθεί η σύσταση ενός πυρήνα μπορούν να βρουν τον ατομικό και το μαζικό του αριθμό.
- ☐ Ορίζουν τα ισότοπα ενός στοιχείου

Χρησιμοποιώ τις εικόνες του βιβλίου και σχετικές διαφάνειες, για να περιγράψω το μοντέλο ενός ατόμου. Περιγράφω τις βασικές ιδιότητες του νετρονίου και του πρωτονίου του πυρήνα. Ζητώ από τους μαθητές να σκεφτούν πώς είναι δυνατόν αντίθετα φορτισμένα σωματίδια, όπως τα πρωτόνια είναι δυνατόν να συγκρατούνται σε τόσο μικρές αποστάσεις, με αποτέλεσμα ο πυρήνας των ατόμων να εμφανίζεται ευσταθής. Εισάγω την έννοια των πυρηνικών αλληλεπιδράσεων και των πυρηνικών δυνάμεων μεταξύ των σωματιδίων του πυρήνα. Ζητώ από τους μαθητές να σχεδιάσουν το άτομο του υδρογόνου και του ηλίου στο τετράδιό τους. Εισάγω την έννοια του ατομικού και του μαζικού αριθμού ενός πυρήνα.

§10.2, 10.3

Στόχος 3

- ☐ Περιγράφουν τα βασικά χαρακτηριστικά των ακτινοβολιών α , β και γ και τις σχετίζουν με τη διάσπαση και τις μεταβολές ενός πυρήνα.



Περιγράφω ιστορικά πειράματα που οδήγησαν στην ανίχνευση των πυρηνικών ακτινοβολιών και των ραδιενεργών στοιχείων. περιγράφω τα βασικά χαρακτηριστικά των ακτινοβολιών α , β , γ και τις σχετίζω με αντίστοιχες μεταβολές των πυρήνων από τους οποίους προέρχονται.

Συζητώ με τους μαθητές τις συνέπειες της ακτινοβολίας στους ζωντανούς οργανισμούς καθώς και εφαρμογές της πυρηνικής ακτινοβολίας στη σύγχρονη κοινωνία.

Σημείωση: Η επίδραση της πυρηνικής ακτινοβολίας στους ζωντανούς οργανισμούς καθώς και οι ποικίλλες εφαρμογές τους στην ιατρική και στη βιομηχανία, μπορούν να αποτελέσουν έναν πολύ ενδιαφέροντα τρόπο θεμάτων για συνθετικές εργασίες ή επεξεργασία διαθέσιμων δραστηριοτήτων των μαθητών.

§11.1, 11.2, 11.3**Στόχοι 4, 5, 6, 7, 8**

- ☐ Ορίζουν το έλλειμμα μάζας σε μια πυρηνική διάσπαση και το συσχετίζουν ποιοτικά με τη δυναμική ενέργεια σύνδεσης των νουκλεονίων στον πυρήνα.
- ☐ Περιγράφουν το φαινόμενο της πυρηνικής σχάσης και της αλυσιδωτής αντίδρασης.
- ☐ Εξηγούν ποιοτικά την προέλευση της ενέργειας που ελευθερώνεται και μετατρέπεται σε ενέργεια άλλων μορφών, στην πυρηνική σχάση.
- ☐ Περιγράφουν εφαρμογές της πυρηνικής σχάσης στη σύγχρονη κοινωνία.
- ☐ Περιγράφουν το φαινόμενο της πυρηνικής σύντηξης και το συσχετίζουν με την ενέργεια που εκπέμπεται από τον Ήλιο

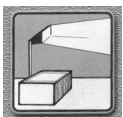


Χρησιμοποιώ τις εικόνες του βιβλίου ή σχετικές διαφάνειες για να δείξω στους μαθητές τη διαδικασία σχάσης ενός ασταθούς πυρήνα. Ζητώ από τους μαθητές να περιγράψουν τις ενεργειακές μεταβολές που συμβαίνουν στη σχάση.

Εισάγω την έννοια του ελλείμματος μάζας και το συσχετίζω με τις δυναμικές ενέργειες των νουκλεονίων πριν και μετά τη σχάση. Εξηγώ πώς κατά τη σχάση ελευθερώνεται από τον πυρήνα ένα ποσό ενέργειας που μετατρέπεται σε ενέργεια άλλης μορφής.

Εισάγω την έννοια της αλυσιδωτής αντίδρασης και περιγράφω με τους όρους που εισήγαγα το φαινόμενο της πυρηνικής έκρηξης καθώς και τη λειτουργία ενός πυρηνικού αντιδραστήρα. Τονίζω ότι το ίδιο φαινόμενο, η πυρηνική σχάση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο είτε για καταστροφικούς σκοπούς είτε για τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των πολιτών.

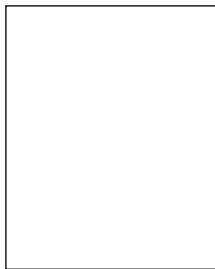
Σημείωση: Οι εφαρμογές της πυρηνικής ενέργειας στο σύγχρονο κόσμο μπορούν να αποτελέσουν μια μεγάλη πηγή θεμάτων για εκπόνηση διαθεματικών εργασιών από τους μαθητές.



Περιγράφω το φαινόμενο της πυρηνικής σύντηξης. Προς τούτο χρησιμοποιώ τις εικόνες του βιβλίου ή σχετικές διαφάνειες. Περιγράφω το φαινόμενο της πυρηνικής σύντηξης στη γλώσσα της ενέργειας. Ζητώ από τους μαθητές να διακρίνουν τις διαφορές μεταξύ των φαινομένων της πυρηνικής σύντηξης και της πυρηνικής σχάσης. Συζητώ τις προοπτικές εκμετάλλευσης του φαινομένου της πυρηνικής σύντηξης για ειρηνικούς σκοπούς, σε συνάρτηση με το ενεργειακό πρόβλημα των σύγχρονων κοινωνιών.

Ζητώ από τους μαθητές να σκεφτούν από που προέρχεται η ενέργεια που εκπέμπεται από τον Ήλιο. Περιγράφω τις συνθήκες κάτω από τις οποίες βρίσκεται η ύλη στον πυρήνα του Ήλιου και τους δείχνω ότι οι συνθήκες αυτές είναι ιδανικές για την πραγματοποίηση πυρηνικών συντήξεων. Εξηγώ πώς η ενέργεια που ελευθερώνεται από τις πυρηνικές συντήξεις στον πυρήνα του Ήλιου αντισταθμίζει την βαρυτική κατάρρευση του άστρου. Κάνω μια γενική συζήτηση για την πρώτη έκρηξη και την εξέλιξη του Σύμπαντος.

Με απόφαση της Ελληνικής Κυβέρνησης τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου και του Λυκείου τυπώνονται από τον Οργανισμό Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν βιβλιόσημο προς απόδειξη της γνησιότητά τους. Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δε φέρει βιβλιόσημο θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του Νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946, 108, Α').



Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.