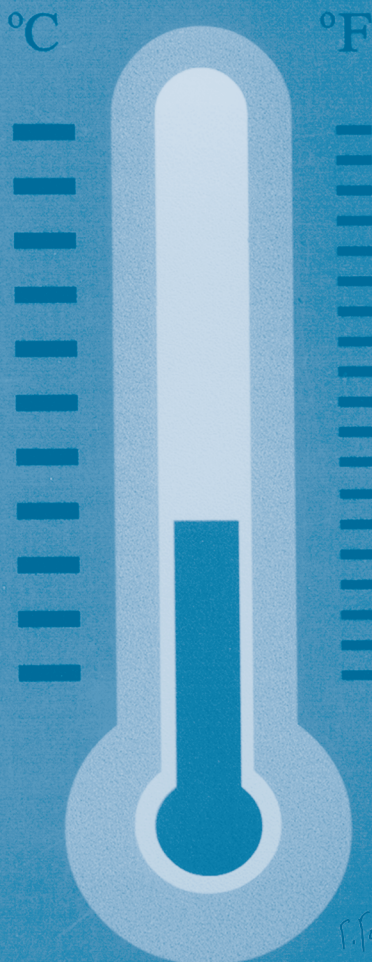
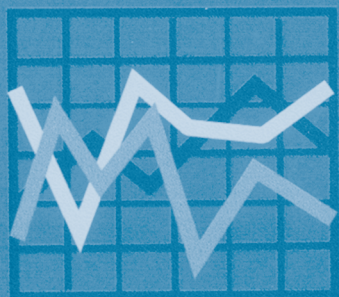


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

# ΦΥΣΙΚΗ

Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Νικόλαος Αντωνίου  
Παναγιώτης Δημητριάδης  
Κωνσταντίνος Καμπούρης  
Κωνσταντίνος Παπαμιχάλης  
Λαμπρινή Παπατοίμπα



Βιβλίο εκπαιδευτικού

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ  
«ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

# ΦΥΣΙΚΗ

Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΒΙΒΛΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ	<b>Νικόλαος Αντωνίου</b> , Καθηγητής Πανεπιστημίου Αθηνών <b>Παναγιώτης Δημητριάδης</b> , Φυσικός, Εκπαιδευτικός <i>Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης</i> <b>Κωνσταντίνος Καμπούρης</b> , Φυσικός, Εκπαιδευτικός <i>Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης</i> <b>Κωνσταντίνος Παπαμιχάλης</b> , Φυσικός, Εκπαιδευτικός <i>Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης</i> <b>Λαμπρινή Παπασιμίπα</b> , Φυσικός, Εκπαιδευτικός <i>Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης</i>
ΚΡΙΤΕΣ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΕΣ	<b>Αντώνιος Αντωνίου</b> , Φυσικός, Εκπαιδευτικός <i>Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης</i> <b>Κωνσταντίνος Στεφανίδης</b> , Σχολικός Σύμβουλος <b>Αικατερίνη Πομόνη-Μανατάκη</b> , Αναπληρώτρια Καθηγήτρια <i>Πανεπιστημίου Πατρών (Τμήμα Φυσικής)</i>
ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ	<b>Θεόφιλος Χατζητσομπάνης</b> , Μηχανικός ΕΜΠ, Εκπαιδευτικός
ΦΙΛΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ	<b>Μαρία Αλιφεροπούλου</b> , Φιλολόγος
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΠΟΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΓΓΡΑΦΗ	<b>Γεώργιος Κ. Παληός</b> , Σύμβουλος του Παιδαγωγικού <i>Ινστιτούτου</i>
ΕΞΩΦΥΛΛΟ	<b>Ιωάννης Γουρζής</b> , Ζωγράφος
ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	<b>ΑΦΟΙ Ν. ΠΑΠΠΑ &amp; ΣΙΑ Α.Ε.Β.Ε.</b> , Ανώνυμος Εκδοτική & Εκτυπωτική Εταιρεία

Γ' Κ.Π.Σ./ΕΠΕΑΕΚ ΙΙ/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.

*Πρόεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου*

Πράξη με τίτλο:

«Συγγραφή νέων βιβλίων και παραγωγή υποστηρικτικού εκπαιδευτικού υλικού με βάση το ΔΕΠΠΣ και τα ΑΠΣ για το Γυμνάσιο»

Επιστημονικός Υπεύθυνος Έργου

**Αντώνιος Σ. Μπομπέτσης**

*Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου*

Αναπληρωτές Επιστημονικοί Υπεύθυνοι Έργου

**Γεώργιος Κ. Παληός**

*Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου*

**Ιγνάτιος Ε. Χατζηευστρατίου**

*Μόνιμος Πάρεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου*

Έργο συγχρηματοδοτούμενο 75% από το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και 25% από εθνικούς πόρους.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

**Νικόλαος Αντωνίου, Παναγιώτης Δημητριάδης,  
Κωνσταντίνος Καμπούρης, Κωνσταντίνος Παπαμιχάλης,  
Λαμπρινή Παπατσιμπα**

ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ: 

# ΦΥΣΙΚΗ

Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

**ΒΙΒΛΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ**



# Περιεχόμενα

Πρόλογος .....	7
Εισαγωγή.....	9
Χαρακτηριστικά του βιβλίου του μαθητή.....	11
Χαρακτηριστικά του εργαστηριακού οδηγού και του τετραδίου του μαθητή .....	16
Χαρακτηριστικά του οδηγού του καθηγητή.....	19

## Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Οργανόγραμμα.....	22
Γενική διάρθρωση.....	23
Ενδεικτικά διδακτικά βήματα .....	24

## ΕΝΟΤΗΤΑ 1 ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Οργανόγραμμα.....	26
Ιστορική προσέγγιση.....	29
Γενική διάρθρωση της ενότητας 1 .....	32
<b>Ανάπτυξη του κεφαλαίου 2: Κινήσεις.....</b>	<b>35</b>
Εισαγωγικό σημείωμα.....	35
Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για την κίνηση .....	35
Σύνδεση με προηγούμενη γνώση .....	36
Διαθεματικές ενότητες.....	36
Ενδεικτικά διδακτικά βήματα .....	37
Φύλλο αξιολόγησης 1.....	44
Φύλλο αξιολόγησης 2.....	45
Φύλλο αξιολόγησης 3.....	46
Φύλλο αξιολόγησης 4.....	47
Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής και οι εκπαιδευτικές πρακτικές .....	48
Φύλλο εργασίας εικονικού εργαστηρίου: 1 (Interactive Physics) .....	53
Φύλλο εργασίας εικονικού εργαστηρίου: 2 (Interactive Physics) .....	54
Φύλλο εργασίας εικονικού εργαστηρίου: 3 (Interactive Physics) .....	56
Φύλλο εργασίας εικονικού εργαστηρίου: 4 (Interactive Physics) .....	57

Φύλλο εργασίας εικονικού εργαστηρίου: 5 (Interactive Physics) .....	58
<b>Ανάπτυξη του κεφαλαίου 3: Δυνάμεις</b> .....	60
Εισαγωγικό σημείωμα .....	60
Ενδεικτικά διδακτικά βήματα .....	62
Φύλλο αξιολόγησης 1 .....	68
Φύλλο αξιολόγησης 2 .....	69
Φύλλο αξιολόγησης 3 .....	70
Φύλλο εργασίας εικονικού εργαστηρίου (Interactive Physics) .....	71
<b>Ανάπτυξη του κεφαλαίου 4: Πίεση</b> .....	75
Εισαγωγικό σημείωμα .....	75
Ενδεικτικά διδακτικά βήματα .....	77
Φύλλο αξιολόγησης 1 .....	83
Φύλλο αξιολόγησης 2 .....	84
<b>Ανάπτυξη του κεφαλαίου 5: Έργο – Ενέργεια</b> .....	85
Εισαγωγικό σημείωμα .....	85
Εναλλακτικές απόψεις των μαθητών .....	85
Ενδεικτικά διδακτικά βήματα .....	87
Φύλλο αξιολόγησης 1 .....	90
 <b>ΕΝΟΤΗΤΑ 2 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ</b>	
Οργανόγραμμα .....	91
Ιστορική προσέγγιση .....	93
Γενική διάρθρωση της ενότητας 2 .....	99
<b>Ανάπτυξη του κεφαλαίου 6: Θερμότητα</b> .....	101
Εναλλακτικές απόψεις των μαθητών για τη θερμότητα – θερμοκρασία .....	101
Εισαγωγικό σημείωμα .....	102
Ενδεικτικά διδακτικά βήματα .....	102
<b>Ανάπτυξη του κεφαλαίου 7: Μεταβολές φάσεων</b> .....	113
Εισαγωγικό σημείωμα .....	113
Ενδεικτικά διδακτικά βήματα .....	113
<b>Ανάπτυξη του κεφαλαίου 8: Διάδοση της θερμότητας</b> .....	115
Εισαγωγικό σημείωμα .....	115
Ενδεικτικά διδακτικά βήματα .....	115

# Πρόλογος

Αγαπητέ συνάδελφε,

Ο κύριος στόχος της συγγραφής του οδηγού του καθηγητή για τη διδασκαλία της Φυσικής Β΄ Γυμνασίου είναι να σε διευκολύνει στην επίτευξη των διδακτικών στόχων του μαθήματος.

Υιοθετώντας την αντίληψη ότι η γνώση δεν μεταδίδεται από το δάσκαλο στο μαθητή, αλλά οικοδομείται από κάθε άτομο χωριστά, θεωρούμε ότι στο πλαίσιο ενός διαρκώς μεταβαλλόμενου και εμπλουτιζόμενου πλαισίου γνώσεων, το έργο του δασκάλου είναι να μαθαίνει τους μαθητές πώς να μαθαίνουν. Ειδικά η διδασκαλία της Φυσικής είναι μια ιδιαίτερα ενεργός διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης, οπότε τα διδακτικά βήματα καθώς και οι μαθησιακές δραστηριότητες δεν μπορεί να είναι αυστηρά καθορισμένες, αλλά κάθε φορά προκύπτουν από τη δυναμική αλληλεπίδραση δάσκαλου-μαθητή.

Έχει αποδειχθεί από έρευνες της γνωσιακής επιστήμης ότι κάθε μαθητής που διδάσκεται για πρώτη φορά φυσική στο γυμνάσιο, έχει ήδη οικοδομήσει ένα δικό του πρότυπο για το φυσικό κόσμο με μεγάλες εν γένει αποκλίσεις από την καθιερωμένη επιστημονική περιγραφή της φύσης. Το δύσκολο αλλά και μεγαλειώδες έργο του καθηγητή είναι να δημιουργήσει τις απαραίτητες γνωσιακές συγκλίσεις, ώστε από κοινού με τους διδασκόμενους να «συντάξουν» το ένα και κοινό συμβόλαιο με τη φύση, που βασίζεται σ' ένα σύστημα θεμελιωδών αρχών αλλά και σ' ένα εκτεταμένο πρόγραμμα πειραματικών βεβαιοτήτων. Η πρώτη ήττα του σχετικισμού, ο οποίος απειλεί τις σύγχρονες κοινωνίες, συντελείται χωρίς να το γνωρίζουμε, στην αίθουσα διδασκαλίας της φυσικής επιστήμης, στο γυμνάσιο.

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 για τον μαθητή και τον καθηγητή που θα διευκολύνουν την υλοποίησή τους.

Ο διδάσκων, με κριτήρια το επίπεδο της τάξης του και τα ενδιαφέροντα των μαθητών του, επιλέγει κάθε φορά μέσα από τις προτεινόμε-



*νες δραστηριότητες τις καταλληλότερες. Επίσης καθορίζει τη σειρά των διδακτικών βημάτων που θεωρεί προσφορότερη για την επίτευξη των διδακτικών στόχων. Έτσι στο βιβλίο του καθηγητή περιέχονται συνήθως περισσότερες δραστηριότητες από αυτές που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε κάθε διδακτική ώρα/παρέμβαση.*

*Ευχόμαστε καλή επιτυχία στο έργο σου.*

*Η συγγραφική ομάδα*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το διδακτικό πακέτο της Φυσικής Β΄ Γυμνασίου περιέχει:

- α. Το βιβλίο του μαθητή
- β. Τον εργαστηριακό οδηγό
- γ. Το τετράδιο του μαθητή
- δ. Τον οδηγό του καθηγητή

Οι γενικές αρχές στις οποίες στηρίχθηκε η συγγραφή ολόκληρου του διδακτικού πακέτου αναπτύσσονται σε αδρές γραμμές στο βιβλίο του μαθητή. Εδώ θα θέλαμε να δώσουμε ιδιαίτερη έμφαση στη διδακτική μεθοδολογία που προτείνεται μέσα από το πακέτο.

### **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 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 του διδακτικού πακέτου και η προτεινόμενη διδασκαλία της φυσικής επιστήμης εδράζεται στους ακόλουθους βασικούς άξονες:

- α. **Οικοδόμηση 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, οι οποίες 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 ως ακολούθως.

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

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΤΟΥ ΜΑΘΗΤΗ

### **Εισαγωγή Κεφαλαίου**

Το βιβλίο του μαθητή αποτελείται από την εισαγωγή και δυο ενότητες: τη Μηχανική και τη Θερμότητα. Κάθε ενότητα αποτελείται από ορισμένο αριθμό κεφαλαίων. Η ενότητα εισάγεται με μια ολοσέλιδη έγχρωμη φωτογραφία σε μορφή παζλ, που περιέχει τις εισαγωγικές εικόνες από κάθε κεφάλαιο και τους τίτλους των κεφαλαίων. Η εισαγωγική εικόνα της ενότητας συνοδεύεται από ένα μικρό κείμενο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον εκπαιδευτικό για να προκαλέσει το ενδιαφέρον των μαθητών για τα θέματα που θα μελετηθούν αλλά και για να αναδείξει τον ενιαίο τρόπο μελέτης των διαφορετικών φυσικών φαινομένων. Για παράδειγμα, στην ενότητα της θερμότητας, τόσο οι θερμικές ιδιότητες όσο και οι αλλαγές κατάστασης της ύλης καθώς και οι τρόποι διάδοσης της θερμότητας μελετώνται με τη χρήση των ίδιων φυσικών αρχών και εννοιών (ενέργεια, δομή της ύλης, αρχή διατήρησης της ενέργειας).

Κάθε κεφάλαιο αρχίζει με μια ολοσέλιδη έγχρωμη φωτογραφία που συνοδεύεται από μια «μικρή ιστορία». Η ιστορία αναφέρεται σε φαινόμενα καθημερινής ζωής ή σε εφαρμογές από την Τεχνολογία και σχετίζεται με τις έννοιες που θα μελετηθούν στο κεφάλαιο. Ο στόχος της είναι να διεγείρει το ενδιαφέρον των μαθητών για τα θέματα που θα συζητηθούν στο κεφάλαιο.

Το εισαγωγικό κείμενο κάθε κεφαλαίου περιέχει στοιχεία από τη μυθολογία, την ιστορία ή την τεχνολογία, που αφορούν στις έννοιες που θα συζητηθούν σε αυτό. Με βάση το κείμενο και τις παράλληλα αναπτυσσόμενες εικόνες, γίνεται μια προσπάθεια αποτύπωσης της διασύνδεσης της φυσικής με άλλα γνωστικά αντικείμενα. Επίσης τίθενται και μια σειρά ερωτημάτων χωρίς τις αντίστοιχες απαντήσεις τα οποία εξάπτουν το ενδιαφέρον/περιέργεια των μαθητών και κυρίως αποτελούν μια ένδειξη 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 στις αντίστοιχες συζητήσεις να τονίζεται στους μαθητές η σχέση αυτή.

### **Οργάνωση κειμένου – εικόνες**

Κάθε κεφάλαιο αποτελείται από ορισμένο αριθμό κύριων παραγράφων που υποδιαιρούνται σε μικρότερες, κάθε μια από τις οποίες αναφέρεται σε μια έννοια. Στην έναρξη κάθε παραγράφου με πλάγια γράμματα διατυπώνονται ερωτήματα με στόχο να προβληματίσουν το μαθητή σχετικά με την έννοια που εισάγεται στην παράγραφο. Με έντονα γράμματα τονίζονται οι σημαντικότερες προτάσεις-συμπεράσματα της παραγράφου.

Οι εικόνες λειτουργούν παράλληλα και επεξηγηματικά ως προς το κείμενο. Πολλές από αυτές έχουν σχεδιασθεί ώστε να αναπαριστούν το επιστημονικό πρότυπο το οποίο

θέλουμε να προσεγγίσουν οι μαθητές. Έτσι πολλές φορές αναπαριστάνονται 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.

Έχει καταβληθεί προσπάθεια οι ασκήσεις–προβλήματα να αναφέρονται σε θέματα από την καθημερινή εμπειρία ή να είναι πραγματικά προβλήματα τα οποία σχετίζονται με διάφορους κλάδους της επιστήμης. Επιδιώκεται η ανάδειξη μιας απλής αλλά θεμελιώδους μεθοδολογίας αντιμετώπισης προβλημάτων έτσι ώστε ο μαθητής να εξοικειωθεί με αυτή. Με αυτή τη λογική, η αντιμετώπιση των ασκήσεων/προβλημάτων παρουσιάζεται σε δυο διακριτές διαδικασίες:

A. Η διατύπωση του προβλήματος με χρήση μαθηματικών συμβόλων ή σχέσεων (μοντελοποίηση του προβλήματος) ή αναλυτικότερα: Μεταφράζονται οι όροι της καθημερινής ζωής σε όρους φυσικής και γίνεται η αντιστοίχισή τους με μαθηματικά σύμβολα. Καταγράφονται τα δεδομένα και τα ζητούμενα με τα κατάλληλα σύμβολα (αντιστοίχιση φυσικών ποσοτήτων σε φυσικά μεγέθη). Αναζητείται ο φυσικός νόμος ή η διαδικασία που περιγράφει το πρόβλημα. Καταγράφεται η βασική εξίσωσης που θα χρησιμοποιηθεί για την επίλυση του προβλήματος.

B. Επίλυση του προβλήματος

Η διαδικασία της επίλυσης ακολουθεί διακριτά βήματα:

**Βήμα 1:** Έλεγχος του συστήματος μονάδων

**Βήμα 2:** Εφαρμογή και επίλυση της βασικής εξίσωσης

**Βήμα 3:** Μετάφραση του αποτελέσματος σε όρους φυσικής (όταν αυτό απαιτείται).

Τα βήματα καταγράφονται έτσι ώστε ο μαθητής να συνειδητοποιήσει ότι η επίλυση ενός προβλήματος δεν είναι τυχαία διαδικασία, αλλά απαιτεί ανάπτυξη συγκεκριμένων δεξιοτήτων, η καλλιέργεια των οποίων θα του χρησιμεύσει και στην καθημερινή του ζωή.

Ασφαλώς τα προβλήματα σε αυτή την τάξη είναι πολύ απλά και τα παραπάνω βήματα είναι εμφανή. Σε κάθε περίπτωση, όμως, τα καταγράφουμε εκφρασμένα και το ίδιο ζητάμε και από τους μαθητές προκειμένου να εξοικειώνονται με τη διαδικασία.

Κάθε κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μια περίληψη η οποία ανακεφαλαιώνει τις κυριότερες έννοιες.

### **Οργάνωση της ύλης και Διαθεματική προσέγγιση**

Η ανάπτυξη των θεμάτων βασίζεται στη χρήση ενοποιητικών εννοιών από τις φυσικές επιστήμες, όπως είναι η έννοια της ενέργειας, της αλληλεπίδρασης, της δομής της ύλης, οι οποίες συνδέονται με τις αντίστοιχες διαθεματικές έννοιες (Δ.Ε.Π.Π.Σ.). Επιπλέον, η ανάδειξη των διαθεματικών εννοιών και η διαπλοκή τους με τα άλλα γνωστικά αντικείμενα επιχειρείται μέσα από διαφορετικού χαρακτήρα – τύπου ένθετα, όπως: Φυσική και τεχνολογία, Φυσική και πολιτισμός, κτλ. Ο χαρακτήρας αυτών των ένθετων αναπτύσσεται παρακάτω:

**Φυσική  
και**

Τα ένθετα αυτά είναι μικρά αυτόνομα κείμενα που αναπτύσσονται είτε παράλληλα με το βασικό κείμενο είτε ως αυτόνομα ένθετα. Συνήθως αναφέρονται σε μια διαθεματική έννοια και αναδεικνύουν τη διασύνδεση της φυσικής με τις άλλες φυσικές και περιβαλλοντικές επιστήμες καθώς και άλλα γνωστικά αντικείμενα, τα οποία είναι εμφανή και στον τίτλο του ενθέτου. Αναφέρονται σε θέματα γενικότερου ενδιαφέροντος που αφορούν στην ιστορία της φυσικής, εφαρμογές στην τεχνολογία, την ιστορία, τη μυθολογία, τη διασύνδεση της φυσικής με κοινωνικά και περιβαλλοντικά ζητήματα καθώς και την καθημερινή ζωή. Τα ένθετα αυτά είναι δυνατόν να αποτελέσουν το έναυσμα για συζητήσεις με τους μαθητές μέσα από τις οποίες τους παροτρύνουμε να ανατρέξουν στη σχετική βιβλιογραφία ώστε να διευρύνουν σημαντικά τα ενδιαφέροντα και τους γνωστικούς τους ορίζοντες. Επίσης είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν από το διδάσκοντα κατά την κρίση του και ως θέματα για μικρές συνθετικές εργασίες διαθεματικού χαρακτήρα στα πλαίσια του 10% του διατιθέμενου διδακτικού χρόνου για τη διαθεματική προσέγγιση (Δ.Ε.Π.Π.Σ. σελίδα 15, τόμος Α, Σεπτέμβριος 2002, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο).

**Δραστηριότητα**

Τα ένθετα αυτά είναι μικρές δραστηριότητες που έχουν διπλό στόχο:

- Να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάδειξη των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών για τη συγκεκριμένη έννοια ή ως έναυσμα για την έναρξη της διδασκαλίας. Έχουν συνήθως μορφή δραστηριότητας πειραματικού χαρακτήρα, η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί με απλά μέσα. Οι δραστηριότητες είναι δυνατόν να υλοποιηθούν από τους ίδιους τους μαθητές στο σπίτι ή την τάξη, καθώς και από τον διδάσκοντα με τη μορφή δραστηριότητας επίδειξης.
- Να προβληματίσουν τους μαθητές για τον τρόπο ερμηνείας φαινομένων από την καθημερινή τους ζωή καθώς και για να συγκρίνουν τις απόψεις τους με τις επιστημονικά ορθές ώστε να βρεθούν σε αμφιβολία στην περίπτωση που διαφέρουν μεταξύ τους (εναλλακτικές ιδέες).

**Ακόνισε το μυαλό σου**

Είναι δραστηριότητες πειραματικού ή θεωρητικού χαρακτήρα που αναφέρονται στη βαθύτερη κατανόηση των αντίστοιχων εννοιών. Απευθύνονται σε μαθητές που έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το γνωστικό αντικείμενο.

**Φυσική  
και Πολιτισμός**

Είναι ένθετα που αφορούν ευρύτερες θεματικές ενότητες και αναφέρονται κυρίως στις διαθεματικές δραστηριότητες που περιγράφονται στα ΑΠΣ. Αποτελούνται από βασικό κείμενο – κορμό και αντίστοιχες εικόνες.

Τα ένθετα έχουν ένα βασικό κείμενο και λέξεις-συνδέσμους: α) με βασικές έννοιες από τις επιστήμες, β) με δραστηριότητες που αναδεικνύουν το χαρακτήρα της επιστήμης (σύνδεση με τα μαθηματικά, πείραμα κτλ.) γ) την επίδραση της επιστήμης στον πολιτισμό (σύνδεση με την ιστορία, κοινωνία, περιβάλλον, τεχνολογία) κτλ. Οι μαθητές, αφού χωριστούν σε ομάδες, μπορούν να αναλάβουν την εκπόνηση εργασιών με βάση τις λέξεις-συνδέσμους.

Προτείνεται η παρουσίαση του κυρίως θέματος να γίνεται από τον εκπαιδευτικό. Ακολουθεί συζήτηση στην τάξη και ανάθεση συγκεκριμένων απλών δραστηριοτήτων στους μαθητές. Στο τέλος οι μαθητές ατομικά ή σε ομάδες αναλαμβάνουν να παρουσιάσουν το θέμα στους συμμαθητές τους. Η εκπόνηση και η παρουσίαση του θέματος μπορεί να γίνει και με τη μορφή συμπλήρωσης φύλλων εργασίας από τους μαθητές.

Ο συνολικός αριθμός των ένθετων αυτού του χαρακτήρα δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερος από δυο έως τρία για κάθε τάξη.

Τα σχέδια αυτά προτείνεται να εκπονούνται στο πλαίσιο του 10% του διατιθέμενου χρόνου καθώς και στο πλαίσιο της ευέλικτης ζώνης, όπου αυτή εφαρμόζεται.

### **Αξιολόγηση**

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

1. Να ελέγξει:

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

2. Να διαπιστώσει αν οι μαθητές:

- Ορίζουν με πληρότητα και σαφήνεια τις έννοιες της φυσικής.
- Χρησιμοποιούν ορθά τη γλώσσα και τα μαθηματικά για να περιγράψουν και να ερμηνεύουν τα φυσικά φαινόμενα.
- Συσχετίζουν τους όρους και τις έννοιες της φυσικής που έχουν διδαχτεί 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 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:

- α. Η **διαγνωστική αξιολόγηση** που ελέγχει τις προαπαιτούμενες γνώσεις των μαθητών για την ενεργούμενη διδασκαλία. Στην κατηγορία αυτή μπορούμε να εντάξουμε και την ανάδειξη των πρότερων αντιλήψεων των μαθητών, στην πρώτη φάση της διδασκαλίας επικοδομητικού τύπου.
- β. Η **διαμορφωτική αξιολόγηση** που ελέγχει σταδιακά την επίτευξη των διδακτικών στόχων. Ερωτήσεις κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, μικρο- τεστ και ενδιάμεσες ασκήσεις αποτελούν τα εργαλεία για τη διαμορφωτική αξιολόγηση.
- γ. Η **αυτοαξιολόγηση** του μαθητή μέσω της επιβεβαίωσης/διάψευσης των προβλέψεων του καθώς και η αξιολόγηση της προσπάθειάς του σε μια εργαστηριακή άσκηση ή

δραστηριότητα. Η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται στις εργαστηριακές ασκήσεις και τις πειραματικές δραστηριότητες.

- δ. 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.ά.) που χρησιμοποιήθηκε σε μια διδακτική παρέμβαση για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων είναι:

- α. Τα αποτελέσματα της διαμορφωτικής αξιολόγησης που αφορούν στη συγκεκριμένη φάση της χρησιμοποίησης του διδακτικού υλικού.  
β. 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:

- α. Ερωτήσεις κυρίως ανοικτού/κλειστού τύπου για τη διαπίστωση του επιπέδου κατανόησης της γνώσης που διδάχτηκε. 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» έχει στόχο την εφαρμογή και εμπέδωση της γνώσης που διδάχτηκε στους μαθητές.
- β. Η επίλυση ασκήσεων από το βιβλίο του μαθητή για τον έλεγχο της δυνατότητας του μαθητή να εφαρμόζει τη γνώση που διδάχτηκε.
- γ. 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.
- δ. Οι ανακεφαλαιωτικές εξετάσεις (διαγωνίσματα) για την εκτίμηση του συνολικού μαθησιακού αποτελέσματος.
- ε. Οι επαναλήψεις –ανακεφαλαιώσεις.
- στ. Οι συνθετικές εργασίες που ανατίθενται και παρουσιάζονται από τους μαθητές στην τάξη ή σε ευρύτερο ακροατήριο.
- ζ. Η αξιολόγηση των δεξιοτήτων που απέκτησε ο μαθητής στο εργαστήριο, στη χρήση συσκευών, στη διεξαγωγή μετρήσεων, στον υπολογισμό φυσικών ποσοτήτων και τη γραφική αναπαράσταση φυσικών φαινομένων.



## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΟΔΗΓΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΤΕΤΡΑΔΙΟΥ ΜΑΘΗΤΗ

### *Εργαστηριακός οδηγός*

Ο εργαστηριακός οδηγός περιέχει συνολικά 14 εργαστηριακές ασκήσεις που μπορούν να υλοποιηθούν με συμβατικό τρόπο και 3 που προτείνεται να υλοποιηθούν με χρήση Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ).

Οι εργαστηριακές ασκήσεις μπορούν να υλοποιηθούν στο εργαστήριο φυσικής, εφόσον υπάρχει αυτή η δυνατότητα στο σχολείο, με μορφή μετωπικού εργαστηρίου. Αν όμως αυτό δεν συμβαίνει, τότε προτείνεται η πραγματοποίηση της άσκησης με μορφή πειράματος επίδειξης από μια ομάδα μαθητών, ενώ οι υπόλοιποι μαθητές θα συμπληρώνουν το σχετικό φύλλο εργασίας που περιέχεται στο τετράδιο του μαθητή.

### *Η διάρθρωση των εργαστηριακών ασκήσεων*

Η εργαστηριακή άσκηση διακρίνεται σε δυο μέρη: α) την εισαγωγή και β) την πειραματική διαδικασία.

#### **A. Εισαγωγή**

Στην εισαγωγή κάθε εργαστηριακής άσκησης αναφέρονται:

- Οι έννοιες και τα φυσικά μεγέθη που χρησιμοποιούμε για την περιγραφή των φαινομένων που αναπαράγουμε στο εργαστήριο.
- Οι στόχοι της εργαστηριακής άσκησης.
- Οι θεωρητικές επισημάνσεις που αποτελούν το βασικό θεωρητικό υπόβαθρο που μας καθοδηγεί στο σχεδιασμό του αντίστοιχου πειράματος.

#### **B. Πειραματική διαδικασία**

Η πειραματική διαδικασία περιλαμβάνει:

- Τα όργανα και τα υλικά που απαιτούνται για την υλοποίηση της κατάλληλης διάταξης και την εκτέλεση της εργαστηριακής άσκησης. Επίσης, περιλαμβάνονται φωτογραφίες ή σχηματικές αναπαραστάσεις των πειραματικών διατάξεων που πρέπει να συναρμολογηθούν.
- Ο ελάχιστος, απαραίτητος αριθμός **οδηγιών** για την εκτέλεση κάθε πειράματος.
- Επισημάνσεις και ελλοχεύοντες κίνδυνοι.

### *Τετράδιο του μαθητή*

Το τετράδιο του μαθητή αποτελείται από φύλλα εργασίας, η δομή των οποίων καθώς και ο προτεινόμενος τρόπος χρήσης τους παρουσιάζεται στη συνέχεια.

**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 επιτυγχάνεται η ανάδραση, που δίνει τη δυνατότητα προσαρμογής της διδασκαλίας 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).

Ένα τυπικό, πλήρες φύλλο εργασίας περιλαμβάνει:

1. Τους στόχους της δραστηριότητας.
2. Μικρό αριθμό επιστημονικών 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:
  - α. Πίνακες μετρήσεων, που συμπληρώνονται από το μαθητή κατά τη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας.
  - β. Άξονες για το σχεδιασμό πειραματικών γραφικών παραστάσεων.
  - γ. Ερωτήσεις που αφορούν στην περιγραφή των παρατηρούμενων φαινομένων, με τους όρους της επιστημονικής γλώσσας που έχει διδαχθεί ο μαθητής.
  - δ. Ερωτήσεις που αφορούν στη διατύπωση συμπερασμάτων που προκύπτουν από την επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων.
  - ε. Ερωτήσεις που αφορούν στη διατύπωση θεωρητικών προβλέψεων και επικύρωσή τους ή όχι από τα αποτελέσματα του πειράματος.
- στ. Αξιολόγηση 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; κτλ.].

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 κτλ.), εφόσον δεν επαρκεί ο χρόνος, συμπληρώνεται στο σπίτι.

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΟΔΗΓΟΥ ΤΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΗ

Στην αρχή κάθε ενότητας παρατίθενται:

### ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Από πολλούς ερευνητές υποστηρίζεται ότι η ανάπτυξη της ευαισθησίας στους μαθητές για τις ιστορικές ρίζες των επιστημονικών ιδεών θα προκαλέσει το ενδιαφέρον τους και θα τους εφοδιάσει μ' ένα πλαίσιο για τη κατανόηση των εννοιών. Επίσης εκφράζεται η άποψη ότι η γνώση των εκπαιδευτικών σχετικά με τις εποικοδομητικές διαδικασίες (δόμηση νοητικών εξομοιώσεων, δημιουργία εξωτερικών εικονικών αναπαραστάσεων, εποικοδόμηση και χειρισμός αναλογικών προτύπων) που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες για την κατασκευή νέων εννοιολογικών δομών, είναι ο καλύτερος τρόπος για να μεταφέρουν την επιστημονική γνώση στο παιδαγωγικό επίπεδο.

Για τους παραπάνω λόγους, θεωρήσαμε καλό σε κάθε ενότητα να προταχθεί μια ιστορική αναδρομή που αφορά την εξέλιξη των εννοιών που θα αναπτυχθούν σε αυτή.

### ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ

Προκειμένου να έχετε μια συνολική εικόνα για τον τρόπο ανάπτυξης των εννοιών στην αντίστοιχη ενότητα, για κάθε κεφάλαιο της ενότητας αναπτύσσονται σε συντομία οι έννοιες που εισάγονται σε αυτό. Ακολουθεί το οργανόγραμμα της ενότητας που αναφέρει ενδεικτικά την ωριαία κατανομή των διδακτικών ενοτήτων κάθε κεφαλαίου, τις δραστηριότητες που περιλαμβάνει η κάθε μια καθώς και το συμπληρωματικό διδακτικό υλικό που μπορείτε να χρησιμοποιήσετε.

### ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στην ανάπτυξη του κεφαλαίου περιέχονται συγκεκριμένες διδακτικές προτάσεις που αφορούν την εισαγωγή και διδασκαλία των εννοιών που εισάγονται σ' αυτό.

#### *a. 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 πάνω στο οποίο ο εκπαιδευτικός έπρεπε να σημειώσει την προς διδασκαλία γνώση την οποία ο μαθητής θα επεξεργαζόταν έτσι ώστε να την κατακτήσει. Η αντίληψη αυτή σήμερα έχει ανατραπεί. Οι μαθητές έρχονται στο σχολείο έχοντας οικοδομήσει αρκετά ισχυρές απόψεις για τα φυσικά φαινόμενα (εναλλακτικές απόψεις, προαντιλήψεις) οι

οποίες βρίσκονται σε συμφωνία με την καθημερινή τους εμπειρία. Οι απόψεις αυτές συνήθως διαφοροποιούνται από τις αντίστοιχες των καθηγητών και της επιστημονικής κοινότητας. Με το πρίσμα αυτών των απόψεων οι μαθητές κατανοούν τα μαθήματα που λαμβάνουν στο σχολείο, αυτά που μελετούν στα βιβλία είτε ακόμη πειράματα επίδειξης ή εργαστηριακές ασκήσεις. Έτσι, οι μαθητές είναι δυνατόν να ενσωματώνουν έννοιες με έναν τρόπο τελείως διαφορετικό από αυτόν που εμείς ως δάσκαλοι προσπαθούμε να τους δώσουμε να καταλάβουν. Στόχος επομένως της διδασκαλίας τις περισσότερες φορές είναι η αντικατάσταση αυτών των αντιλήψεων από τις επιστημονικά ορθές, εγχείρημα που έχει αποδειχθεί από την έρευνα αρκετά δύσκολο. Η παρακολούθηση μαθημάτων, η επίλυση προβλημάτων, η μελέτη δεν επαρκούν συνήθως για να κλονίσουν τις υπάρχουσες πεποιθήσεις των μαθητών. Περισσότερο αποτελεσματικές έχουν αποδειχθεί κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες, οι οποίες όμως πρέπει να συνοδεύονται από καθοδηγούμενες ερωτήσεις/συζητήσεις.

Προκειμένου να σας βοηθήσουμε να καθοδηγήσετε τους μαθητές να οικοδομήσουν τη δική τους γνώση για τα φυσικά φαινόμενα, στην αρχή κάθε κεφαλαίου παρουσιάζουμε τις συνηθέστερες εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών για την ύλη που αναφέρεται στο κεφάλαιο. Το «μελέτησε φυσική» έχει σχεδιασθεί έτσι ώστε να δίνει τη δυνατότητα του εμπλουτισμού του εμπειρικού πεδίου των μαθητών. Επιπλέον αρκετές δραστηριότητες/ερωτήσεις στις εργαστηριακές ασκήσεις συνδέονται με εναλλακτικές αντιλήψεις.

### ***β. Σύνδεση με προηγούμενη γνώση***

Αναφέρονται οι προαπαιτούμενες γνώσεις των μαθητών τόσο όσον αφορά τα μαθηματικά όσο και τη φυσική. Ο εκπαιδευτικός, εφόσον το θεωρεί χρήσιμο, έχει την δυνατότητα να κάνει τη σχετική υπενθύμιση.

### ***γ. Διαθεματικές έννοιες***

Γίνεται σύντομη αναφορά στις θεμελιώδεις έννοιες του ΔΕΠΠΣ και σύνδεσή τους με τις έννοιες που αναπτύσσονται στο συγκεκριμένο κεφάλαιο.

### ***δ. Ανάπτυξη επιμέρους εννοιών- Σχέδια μαθήματος***

Για κάθε διδακτική ενότητα (συνήθως αντιστοιχεί σε μια ή δυο παραγράφους από το βιβλίο του μαθητή) προτείνεται ένα σχέδιο μαθήματος. Ένα τυπικό σχέδιο μαθήματος περιλαμβάνει τα ακόλουθα μέρη:

- A. **Τους στόχους του μαθήματος**, δηλαδή τι θέλουμε να έχει μάθει ή να ξέρει να κάνει ο μαθητής στο τέλος της διδασκαλίας.
- B. **Τα μέσα** που απαιτούνται για τη διεξαγωγή της διδασκαλίας. Για παράδειγμα, φύλλα εργασίας, πειραματικές διατάξεις, Η/Υ, λογισμικό, επιδασκόπια, κλπ.
- Γ. **ενδεικτικά διδακτικά βήματα** που θα ακολουθήσουμε για την επίτευξη των στόχων,

που έχουμε θέσει. Σε κάθε επιμέρους διδακτική ενότητα προτείνεται ενδεικτικά μια σειρά από διδακτικές ενέργειες.

- Δ. **Τους τρόπους αξιολόγησης της διδασκαλίας μας**, δηλαδή τις διαδικασίες με τις οποίες ελέγχουμε σε ποιο 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. Η αξιολόγηση της διδασκαλίας είναι μέρος των διδακτικών βημάτων που ακολουθούμε για την επίτευξη των στόχων και διατρέχει το σύνολο της διδακτικής διαδικασίας.

# ΟΡΓΑΝΟΓΡΑΜΜΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σχέδιο Διδασκαλίας (2 διδακτικές ώρες)		
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΞΕΙΣ
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Οι φυσικές επιστήμες και η μεθοδολογία τους</li> <li><input type="checkbox"/> Η επιστημονική μέθοδος</li> <li><input type="checkbox"/> Τα φυσικά μεγέθη και οι μονάδες τους</li> </ul>	Π.Δ. Ελεύθερη πτώση φύλλου χαρτιού Ε.Α. Μέτρηση μήκους–εμβαδού–όγκου Ε.Α. Μέτρηση βάρους–μάζας–πυκνότητας	Εφαρμογές της τεχνολογίας Πτώση στο κενό Μονάδες μήκους Η κλίμακα των μηκών στον κόσμο μας Η κλίμακα των χρόνων Ηλιακό ρολόι Η κλίμακα των μαζών

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Εισαγωγή του μαθητή στις Φυσικές Επιστήμες και τον κόσμο των μετρήσεων

Η ενότητα αρχίζει με την εισαγωγή, μέσω παραδειγμάτων, στην έννοια της μεταβολής και των φυσικών φαινομένων. Στη συνέχεια προσδιορίζεται το αντικείμενο της μελέτης της Φυσικής καθώς και των άλλων Φυσικών Επιστημών (Χημεία, Βιολογία κτλ.). Αναπτύσσονται τα βασικά χαρακτηριστικά της επιστημονικής μεθόδου που χρησιμοποιεί η σύγχρονη επιστημονική κοινότητα. Τονίζεται το γεγονός ότι η γλώσσα και η μεθοδολογία των Φυσικών Επιστημών είναι κοινή και ότι οι σύγχρονοι επιστήμονες επιδιώκουν την ενιαία περιγραφή των φαινομένων με τα οποία ασχολούνται οι Φυσικές Επιστήμες. Η ανάπτυξη των Φυσικών Επιστημών δια μέσου της Ιστορίας είναι ένα κοινωνικό φαινόμενο και αποτελεί μια σημαντικότερη συνιστώσα του ανθρώπινου πολιτισμού.

Ακολουθεί μια ιδιαίτερη αναφορά στις έννοιες της ενέργειας και της δομής της ύλης που αποτελούν τη βάση της ενιαίας περιγραφής των φυσικών φαινομένων σε όλες τις θεματικές ενότητες του βιβλίου.

Επισημαίνεται η σημασία του πειράματος, ως δομικού χαρακτηριστικού της σύγχρονης μεθόδου των Φυσικών Επιστημών. Προσδιορίζεται η άμεση σχέση του με το θεωρητικό

πρότυπο μέσω του οποίου σχεδιάζεται και από το οποίο αντλεί το νόημα και τη σημασία του. Έτσι, επιχειρείται η εξοικείωση των μαθητών με την έννοια και τη διαδικασία της μέτρησης φυσικών μεγεθών στο εργαστήριο. Ακολουθεί η περιγραφή του τρόπου μέτρησης μερικών βασικών μεγεθών: του χρόνου, του μήκους, του εμβαδού, του όγκου, του βάρους, της μάζας και της πυκνότητας.

## ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ

Στο κεφάλαιο 1 μελετώνται:

- ▶ τα βασικά χαρακτηριστικά της σύγχρονης επιστημονικής μεθόδου,
- ▶ εισάγονται οι θεμελιώδεις έννοιες που χρησιμοποιούνται στη γλώσσα της Φυσικής, η έννοια της μέτρησης και των φυσικών μεγεθών, καθώς και το Διεθνές Σύστημα Μονάδων.

### §1.1–1.3

#### Στόχοι

Ο μαθητής να αποκτήσει την ικανότητα:

1. Να περιγράφει το αντικείμενο των Φυσικών Επιστημών.
2. Να περιγράφει τα βασικά χαρακτηριστικά και τα στάδια της επιστημονικής μεθόδου.
3. Να περιγράφει απλά φαινόμενα με απλό θεωρητικό πρότυπο. Να χρησιμοποιεί το πρότυπο και τους κανόνες της λογικής για να κάνει προβλέψεις. Να ελέγχει τις προβλέψεις του πειραματικά.
4. Να αναγνωρίζει τα βασικά μεγέθη της Φυσικής και τις μονάδες τους. Να χρησιμοποιεί πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια των μονάδων.
5. Να αναγνωρίζει, να επιλέγει και να χειρίζεται τα κατάλληλα όργανα για τη μέτρηση του μήκους, της χρονικής διάρκειας ενός φαινομένου, της μάζας και του βάρους ενός σώματος.
6. Να επεξεργάζεται και να αξιολογεί ένα σύνολο μετρήσεων.
7. Να αντιλαμβάνεται την έννοια του πειραματικού σφάλματος και την αναγκαιότητα της πολλαπλής μέτρησης μιας φυσικής ποσότητας.
8. Να εφαρμόζει έμμεσους τρόπους μέτρησης φυσικών μεγεθών.
9. Να ορίζει την πυκνότητα και να μπορεί να την υπολογίζει πειραματικά.



## Ενδεικτικά διδακτικά βήματα

### §1.1–1.2 Οι φυσικές επιστήμες και η μεθοδολογία τους. Η Επιστημονική μέθοδος

#### Στόχοι 1, 2, 3

Εισάγω τους μαθητές στον τρόπο περιγραφής των φυσικών φαινομένων με τη γλώσσα της Φυσικής. Χρησιμοποιώ ως παράδειγμα την περιγραφή της κίνησης ενός σώματος και αναδεικνύω την αναγκαιότητα ορισμού μεγεθών όπως ο χρόνος, η θέση και η ταχύτητα για τη μελέτη της. Κάνω αναφορά στον τρόπο μελέτης των φυσικών φαινομένων που εισήγαγε για πρώτη φορά ο Γαλιλαίος. Τονίζω τόσο τη σημασία του ακριβούς τρόπου περιγραφής των φαινομένων μέσω ενός θεωρητικού προτύπου, όσο και τον καθοριστικό ρόλο του πειράματος στην αξιολόγηση του προτύπου. Για να αφομοιώσουν οι μαθητές τη δύσκολη σχέση θεωρητικού προτύπου – πειράματος πραγματοποιώ την πειραματική δραστηριότητα, τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου που αναφέρεται στην παράγραφο 1.2 του βιβλίου του μαθητή.

### §1.3 Τα φυσικά μεγέθη και οι μονάδες τους

#### Στόχοι 4, 5, 6, 7

Στην εισαγωγή αυτής της παραγράφου ορίζω τη μέτρηση ως τη διαδικασία σύγκρισης ομοειδών μεγεθών. Κατευθύνω τους μαθητές να αντιληφθούν με παραδείγματα την αναγκαιότητα της μέτρησης στη Φυσική αλλά και στην καθημερινή ζωή, από τα αρχαία χρόνια μέχρι σήμερα. Αναφέρω τις ανθρωποκεντρικές μονάδες μέτρησης όπως το πόδι και την οργιά, που έφτασαν μέχρι τις μέρες μας. Τονίζω την αναγκαιότητα κοινών αποδεκτών μονάδων μέτρησης στην εποχή μας. Κατευθύνω τους μαθητές να διακρίνουν τις έννοιες «θεμελιώδη» και «παράγωγα» μεγέθη και μονάδες (χρησιμοποιώ ως παράδειγμα τα μεγέθη: μήκος, χρόνος, ταχύτητα). Εισάγω το Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.).

Προβάλλω σε διαφάνεια την εικόνα 1.10 και συζητώ με τους μαθητές την κλίμακα μεγεθών του κόσμου μας, καθώς και με ποιο όργανο παρατηρούνται τα διάφορα αντικείμενα, με βάση την κλίμακα που ανήκουν. Συζητώ με τους μαθητές τους πίνακες με τις κλίμακες χρονικών διαστημάτων και μαζών. Για να αντιληφθούν και να συγκρίνουν τα μεγέθη που αναφέρονται στους πίνακες, πρέπει να εξοικειωθούν με τις δυνάμεις του 10. Τους δείχνω με παραδείγματα ότι όταν ο εκθέτης είναι θετικός και αυξάνεται κατά 1, τότε το μέγεθος δεκαπλασιάζεται, ενώ αν είναι αρνητικός, τότε γίνεται δέκα φορές μικρότερο. Κατευθύνω τους μαθητές να αποκτήσουν μια αίσθηση για τις μεγάλες και τις μικρές δυνάμεις του δέκα. Για παράδειγμα, κάνω τη σύγκριση:  $10^6 \text{ sec}=12 \text{ ημέρες}$  ενώ  $10^9 \text{ sec}=32 \text{ χρόνια!}$

Για να αποκτήσουν οι μαθητές την ικανότητα να μετρούν, πρέπει οπωσδήποτε να γίνουν η εργαστηριακή άσκηση 1, καθώς και το πείραμα 1 από την εργαστηριακή άσκηση 2. Δείχνω στους μαθητές απλά όργανα μέτρησης όπως υποδεκάμετρο, χρονόμετρο, δυνάμομετρο, αμπερόμετρο, ζυγό, θερμοόμετρο, πολύμετρο και τους εξηγώ τι και πώς μετρά

το καθένα. Ελέγχω αν οι μαθητές έχουν την αίσθηση του μεγέθους ενός αντικειμένου, σε σχέση με τις μονάδες που χρησιμοποιούν για να το εκφράσουν. Για παράδειγμα, ζητώ να πουν χωρίς να κάνουν υπολογισμό ή μέτρηση, πόσα μέτρα είναι το μήκος κάθε διάστασης της αίθουσας διδασκαλίας, αν χωρά ένας τόνος νερού μέσα στην αίθουσα, αν το εμβαδόν του δαπέδου της αίθουσας είναι 7, 70, 700 ή 7000 m<sup>2</sup> κτλ.

Ερωτήσεις: 1, 2, 3 – Εφαρμογές: 1, 2, 3

**Ασκήσεις: 1, 2**

### **Οικοδομώντας την έννοια της πυκνότητας**

#### **Στόχοι 8, 9**

Χρησιμοποιώ το κουτί με το σετ μετάλλων και μια ζυγαριά ακριβείας 0,1 g, του σχολικού εργαστηρίου.

Στο κουτί υπάρχουν 6 κύβοι όγκου 1 cm<sup>3</sup> ο καθένας, από διαφορετικά υλικά.

Τοποθετώ τον κύβο του σιδήρου πάνω στη ζυγαριά. Η ένδειξη της ζυγαριάς ταυτίζεται με την πυκνότητα του σιδήρου. Εξηγώ ότι η πυκνότητα ενός υλικού είναι ίση με τη μάζα ενός κυβικού εκατοστού από το υλικό (ένδειξη της ζυγαριάς).

Κάνω το ίδιο για τον υπολογισμό της πυκνότητας του αλουμινίου, του χαλκού, του μολύβδου, κτλ. και τους καλώ να συγκρίνουν τις πυκνότητες όλων αυτών των υλικών μεταξύ τους.

Στη συνέχεια, ζητώ από τους μαθητές να προτείνουν έναν τρόπο υπολογισμού της πυκνότητας του αλουμινίου, χρησιμοποιώντας τον αλουμινένιο κύλινδρο που περιέχει το κουτί των μετάλλων. Τους καθοδηγώ στη διατύπωση του ορισμού της πυκνότητας και στον υπολογισμό της μέσω της μέτρησης της μάζας και του όγκου του σώματος.

Οι μαθητές θα βοηθηθούν στην κατανόηση της έννοιας και θα εξοικειωθούν με τις μονάδες μέτρησής της αν πραγματοποιήσουν το πείραμα 2 και 3 της εργαστηριακής άσκησης 2 και απαντήσουν στις ερωτήσεις των φύλλων εργασίας 2 και 3 της ίδιας άσκησης.

Πολλοί μαθητές συγχέουν την πυκνότητα με την ποσότητα του υλικού. Γεμίζω ένα μεγάλο και ένα μικρό κυλινδρικό δοχείο μέχρι το ίδιο ύψος με νερό και ζητώ από τους μαθητές να συγκρίνουν την πυκνότητα του νερού στα δύο δοχεία.

Ερωτήσεις: 4, 5 – Εφαρμογές: 4

**Ασκήσεις: 3, 4, 5, 6**

# ΕΝΟΤΗΤΑ 1

## Μηχανική

### ΟΡΓΑΝΟΓΡΑΜΜΑ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΚΙΝΗΣΕΙΣ

##### Σχέδιο Διδασκαλίας (6 διδακτικές ώρες)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΞΕΙΣ
<ul style="list-style-type: none"><li>❑ Κίνηση των σωμάτων- Περιγραφή της κίνησης (2 ώρες)</li><li>❑ Ταχύτητα (1 ώρα)</li><li>❑ Κίνηση με σταθερή ταχύτητα (2 ώρες)</li><li>❑ Κίνηση με μεταβαλλόμενη ταχύτητα-επιτάχυνση (1 ώρα)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Δ. Αναγκαιότητα της έννοιας του συστήματος αναφοράς</li><li>Δ. Προσδιορισμός της θέσης σώματος</li><li>Δ. Προσδιορισμός μετατόπισης σε χάρτη</li><li>Δ. Σημείο αναφοράς και μετατόπιση</li><li>Δ. Μέση ταχύτητα</li><li>Ε.Α. Γραφική ανάλυση ευθύγραμμης κίνησης</li><li>Ε.Α. Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση</li><li>Δ. Παρατήρηση της κίνησης φυσαλίδας</li><li>Π.Ε. Μελέτη κινήσεων με αισθητήρα θέσης</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Διεθνής αποστολή στον Άρη</li><li>Φυσική και διαστημικά ταξίδια</li><li>Η κλίμακα των ταχυτήτων στον κόσμο</li><li>Φυσική και Βιολογία, Αστρονομική, τεχνολογία</li><li>Φυσική και Μετεωρολογία, Τεχνολογία και καθημερινή ζωή</li></ul>

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΔΥΝΑΜΕΙΣ

##### Σχέδιο Διδασκαλίας (8 διδακτικές ώρες)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΞΕΙΣ
<ul style="list-style-type: none"><li>❑ Η έννοια της δύναμης (1 ώρα)</li><li>❑ Η δύναμη ως διάνυσμα (1 ώρα)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Ε.Α. Νόμος του HOOK</li><li>Ε.Α. Σύνθεση Δυνάμεων</li><li>Δ. Αδράνεια, μια ιδιότητα της ύλης</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Παγοδρόμιο-Σφυροβόλος</li><li>Φυσική και Τεχνολογία: Η αεροτράπεζα</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Σύνθεση και ανάλυση δυνάμεων (1 ώρα)</li> <li>❑ Πρώτος νόμος του Νεύτωνα (1 ώρα)</li> <li>❑ Ισορροπία υλικού σημείου (2 ώρες)</li> <li>❑ Μεταβολή της ταχύτητας (1 ώρα)</li> <li>❑ Τρίτος νόμος του Νεύτωνα (1 ώρα)</li> </ul>	<p>Δ. Μάζα και αδράνεια Ε.Α. Ισορροπία υλικού σημείου</p> <p>Δ. Διελκυστίνδα</p> <p>Δ. Αλληλεπίδραση μαγνητών μέσα σε δοκιμαστικό σωλήνα</p>	<p>Φυσική και αθλητισμός: Το άλμα εις ύψος</p> <p>Φυσική και Βιολογία</p> <p>Πώς πετούν τα αποδημητικά πουλιά.</p>
---	--	--

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΠΙΕΣΗ

### Σχέδιο Διδασκαλίας (6 διδακτικές ώρες)

ΠΕΡΙΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΞΕΙΣ
<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Πίεση</li> <li>❑ Υδροστατική πίεση</li> <li>❑ Ατμοσφαιρική πίεση</li> <li>❑ Μετάδοση των πιέσεων στα ρευστά</li> <li>❑ Άνωση Αρχή Αρχιμήδη-Πλεύση</li> </ul>	<p>Δ. Πινέζα</p> <p>Ε.Α. Υδροστατική πίεση</p> <p>Δ. Υδάτινες τροχιές</p> <p>Π.Ε. Πείραμα Τορικήλι</p> <p>Π.Ε. Το μπαλόνι που φουσκώνει</p> <p>Π.Ε. Συγκοινωνούντα δοχεία</p> <p>Ε.Α. Άνωση</p> <p>Δ. Άνωση και Δράση-Αντίδραση</p> <p>Π.Ε. Ο κολυμβητής του Καρτέσιου</p>	<p>Φυσική και Ιστορία, Βιολογία, καθημερινή ζωή</p> <p>Φυσική και Τεχνολογία</p> <p>Υδραγωγεία: οι δρόμοι των νερών (ακόνισε το μυαλό σου)</p> <p>Φυσική και Ιστορία: το υδροστατικό παράδοξο</p> <p>Φυσική και Τεχνολογία: τα βαρόμετρα</p> <p>Φυσική και καθημερινή ζωή, Χημεία, περιβάλλον: το αεροζόλ</p>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΝΕΡΓΕΙΑ

### Σχέδιο Διδασκαλίας (12 διδακτικές ώρες)

ΠΕΡΙΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΞΕΙΣ
<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Έργο και ενέργεια</li> <li>❑ Δυναμική ενέργεια</li> <li>❑ Μηχανική ενέργεια και η διατήρησή της</li> </ul>	<p>Δ. Έργο δύναμης</p> <p>Π.Ε. Συσκευή διατήρησης Μηχανικής ενέργειας (ΜΣ 95)</p>	<p>Φυσική και αθλητισμός: Το άλμα επί κοντώ</p> <p>Φυσική και καθημερινή ζωή, Βιολογία: Ο χρόνος</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Μορφές και μετατροπές ενέργειας</li> <li>❑ Διατήρηση ενέργειας</li> <li>❑ Πηγές ενέργειας</li> <li>❑ Απόδοση κατά τους μετασχηματισμούς της ενέργειας</li> <li>❑ Ισχύς</li> </ul>	<p>Δ. Ελεύθερη πτώση                  Π.Ε. Ατμομηχανή                  Π.Ε. Κουρδιστό παιχνίδι                  Π.Ε. Ηλεκτρικός κινητήρας                  Π.Ε. Φωτοβολταϊκό στοιχείο                  Π.Ε. Τροχός (Maxwell)                  Π.Ε. Ανεμογεννήτρια, Φωτοβολταϊκό στοιχείο, ηλεκτρική γεννήτρια, ατμοστρόβιλος Ήρωνα</p>	<p>αντίδρασης                  Φυσική και περιβάλλον: Ατμοσφαιρική ρύπανση                  Φυσική και Χημεία, Βιολογία                  Αλυσίδες μετατροπών ενέργειας                  Από τον ατμοστρόβιλο του Ήρωνα στον Watt</p>
--	--	--

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. R. Duit & P. Haeussler, "Learning and Teaching Energy", The concept 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 Δαρδανός, Αθήνα 1998.
3. R. Thornton, "Conceptual Dynamics", Thinking Physics for teaching, Carlo Bernardini, Plenum Press, New York, 1995.
4. L. Viennot and S. Rozier, "Pedagogical outcomes of Research in science education: Examples in mechanics and thermodynamics", The content of science, The falmer Press, USA, 1995

## ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

### Εισαγωγή (Ιστορική-Επιστημολογική)

Η Κλασική Μηχανική έχει συνδεθεί με το όνομα του Isaac Newton (1642–1717). Από αυτόν το μεγάλο Άγγλο φυσικό και φιλόσοφο διατυπώθηκαν με σαφήνεια και μαθηματική αυστηρότητα οι πρώτες αρχές της επιστήμης της κίνησης που έμελλε να αποτελέσουν και την καταγωγή όλων των θεωριών της νεότερης Φυσικής. Οι σύγχρονες αντιλήψεις για την οργάνωση της ύλης από το έσχατο μικροσκοπικό όριο του Planck ( $10^{-35}$  m) μέχρι το μέγεθος του σημερινού σύμπαντος ( $10^{26}$  m) διατηρούν στο βάθος τους τον κώδικα της Κλασικής Μηχανικής, μολονότι οι φυσικοί νόμοι που αναφέρονται στις επιμέρους κλίμακες έχουν διαφοροποιηθεί σημαντικά.

Η Κλασική Μηχανική έχει προσφέρει στις επιστήμες ένα μοναδικό πρότυπο αιτιατής νομοτέλειας με ανεπανάληπτη μαθηματική αυστηρότητα και εσωτερική αυτοσυνέπεια. Στην περίοδο του Ευρωπαϊκού Διαφωτισμού, το 18ο αιώνα, η Κλασική Μηχανική αποτελούσε το απαραίτητο πρότυπο του ορθού λόγου. Πρέπει ωστόσο να τονιστεί ότι η διατύπωση της Κλασικής Μηχανικής από τον Isaac Newton ήταν το αποκορύφωμα μιας μακράς διεργασίας κριτικής αμφισβήτησης της Φυσικής του Αριστοτέλη που είχε αρχίσει από το 14ο αιώνα. Σημαντική εκπροσώπηση αυτής της διαδικασίας αποτελεί η σχολή των Παρισίων και της Οξφόρδης (Jean Buridan, Paris και ομάδα διανοητών στο Merton College, Oxford). Καθοριστικής σημασίας σταθμό στη διαδικασία μετάβασης από τη Μηχανική του Αριστοτέλη στη Μηχανική του Newton υπήρξε η διατύπωση της αρχής της αδράνειας της ύλης από τον Galileo Galilei (17ος αιώνας) και η εκτέλεση και τελειοποίηση της διατύπωσης της αρχής αυτής από τον Descartes (1596–1650), λίγο αργότερα. Εάν θελήσουμε επομένως να αναζητήσουμε την απώτερη καταγωγή της επιστήμης της Μηχανικής, η ιστορική έρευνα μας οδηγεί στο Μεσαίωνα. Αυτό δεν μειώνει βέβαια τη σημασία και τη λάμψη της επιστημονικής επανάστασης του 17ου αιώνα με πρωτεργάτη τον Galileo Galilei, αλλά δείχνει πόσο αργόσυρτη είναι η διαδικασία ολοκλήρωσης ενός παραδειγματικού επιστημονικού προτύπου (κατά Kuhn–βλέπε: Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων). Με τον ίδιο ρυθμό, η επιστήμη που άρχισε με τη μηχανική του Galileo Galilei, εισάγοντας ως πρώτη αρχή την αδράνεια της ύλης, αναμένεται να ολοκληρωθεί τέσσερις αιώνες μετά (21ος αιώνας) στα σύγχρονα πειράματα με τους μεγάλους επιταχυντές, όπου αναζητείται ο μηχανισμός απόδοσης της μάζας (μέτρου της αδράνειας) στην πρώτη ύλη του σύμπαντος (μηχανισμός Higgs).

Ένα αδρό διάγραμμα της ιστορικής εξέλιξης των ιδεών που οδήγησαν στη διαμόρφωση της Κλασικής Μηχανικής έχει ως ακολούθως:

**14ος αιώνας:** Η σχολή των Παρισίων και διανοητές του Merton College της Οξφόρδης προτείνουν μια ιδιότυπη θεωρία «ορμής», ως εσωτερικής ιδιότητας της ύλης, που επιτρέπει σ' ένα κινούμενο σώμα να συνεχίσει την κίνησή του και μετά την επίδραση της εξωτερικής δύναμης (σπέρμα της αρχής της αδράνειας).

15ος αιώνας: Ο Leonardo da Vinci υιοθετεί τη θεωρία της «ορμής» η οποία διδάσκεται στην Ιταλία, στα Πανεπιστήμια της Αναγέννησης.

16ος αιώνας: Η μετάφραση των έργων του Αρχιμήδη (1543) στη Δύση είχε μεγάλη επιρροή στην αυξανόμενη τάση για μαθηματικοποίηση των προβλημάτων της επιστήμης.

17ος αιώνας: Το έργο του Galileo Galilei (1638) και κυρίως του Newton (1686) ολοκληρώνει τη συγκρότηση της Μηχανικής ως επιστήμης, βασιζόμενης στην αρχή της αδράνειας της ύλης.

18ος αιώνας: Η αυστηρή και γενικευμένη διατύπωση της Μηχανικής συντελείται το 18ο αιώνα με το έργο των: Maupertius (1744), Euler (1744) και Lagrange (1788). Στη σχολή αυτών κυριαρχεί η αρχή της ελάχιστης δράσης που γενικεύει τη διατύπωση της Κλασικής Μηχανικής προετοιμάζοντας το μεθοδολογικό πλαίσιο για τη διερεύνηση αργότερα, του ρόλου της στην κατεύθυνση των κλασικών θεωριών πεδίου.

19ος αιώνας: Συμπληρώνεται η αυστηρή και γενικευμένη δομή της Κλασικής Μηχανικής με το έργο του Hamilton (1805–1865). Αξίζει να υπενθυμίσουμε στο σημείο αυτό ότι, στα τέλη του 19ου αιώνα, η Κλασική Μηχανική του Newton μαζί με την Κλασική Ηλεκτροδυναμική του Maxwell αποτελούν τους δυο πυλώνες της Φυσικής επιστήμης, αφού στις θεωρίες αυτές βασίζονται οι νόμοι της κίνησης (Μηχανική) και της ακτινοβολίας (Ηλεκτροδυναμική). Ως τρίτος πυλώνας την εποχή εκείνη εμφανίζεται η Θερμοδυναμική, μια νέα, φαινομενολογική αλλά πολύ σημαντική θεωρία του μακρόκοσμου. Η Θερμοδυναμική εξετάζει τις μεταβολές των φυσικών συστημάτων με τη χρήση μακροσκοπικών παραμέτρων, με σημαντικότερη την ενέργεια. Σε αντιδιαστολή με τη Μηχανική, στην οποία η μεταβολή ενός φυσικού συστήματος ταυτίζεται με την κίνηση, στη Θερμοδυναμική οι αλλαγές των φυσικών συστημάτων προκαλούνται από τις μεταβολές της ενέργειας και της εντροπίας, όπως αυτές καθορίζονται από τους βασικούς θερμοδυναμικούς νόμους. Η βαθύτερη σχέση ανάμεσα στη Μηχανική και τη Θερμοδυναμική εξετάζεται από τη Στατιστική Μηχανική, μια εξαιρετικά γόνιμη μεθοδολογία, η οποία αναπτύχθηκε κυρίως από τις δημιουργικές πρωτοβουλίες του Αυστριακού επιστήμονα L. Boltzman (1896).

20ός αιώνας: Στις αρχές του 20ού αιώνα, η Κλασική Μηχανική διαδραμάτισε τον πρωταρχικό ρόλο στην εξέλιξη της Φυσικής επιστήμης, αφού αποτέλεσε τη μήτρα από την οποία γεννήθηκαν τρεις νέες κατευθύνσεις της σύγχρονης επιστήμης που κυριάρχησαν σε όλη τη διάρκεια του αιώνα:

- α. Η θεωρία της Σχετικότητας (Einstein)
- β. Η Κβαντική Μηχανική (Schrodinger, Heisenberg, Dirac)
- γ. Η θεωρία του χάους (Poincare)

Εάν θελήσουμε σήμερα, στις αρχές του 21ου αιώνα, να αποτιμήσουμε τη σημασία της Κλασικής Μηχανικής για την αντιμετώπιση των ανοικτών προβλημάτων της επιστήμης,

θα καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι, μπορεί η φυσική πραγματικότητα να μην υπακούει πλήρως στο συμβατικό μηχανιστικό πρότυπο της Κλασικής Μηχανικής, όπως πίστευαν οι επιστήμονες του 19ου αιώνα, ο μεθοδολογικός όμως πλούτος της θεωρίας αυτής συνεχίζει να εμπνέει την έρευνα στη σύγχρονη Φυσική. Αναφέρουμε ως παράδειγμα τις κβαντικές θεωρίες πεδίου που, σήμερα, αποτελούν το καθιερωμένο πρότυπο για τη μελέτη των θεμελιωδών αλληλεπιδράσεων στη φύση και οι οποίες βασίζονται στη μεθοδολογική διδασκαλία της Κλασικής Μηχανικής.

Εκτός αυτών, υπάρχουν ακόμη σημαντικά δυσεπίλυτα προβλήματα στη Φυσική, συνδεδεμένα με τις αρχές και τις μεθόδους της Κλασικής Μηχανικής. Αναφέρουμε στη συνέχεια ορισμένα από αυτά:

- α. Η αυστηρή διατύπωση της σχέσης ανάμεσα στους μικροσκοπικούς νόμους της κίνησης και το δεύτερο νόμο της Θερμοδυναμικής.
- β. Η σύζευξη των κβαντικών και χασοτικών ιδιοτήτων ενός πολύπλοκου συστήματος (κβαντικό χάος).
- γ. Η ακριβής λύση των εξισώσεων Navier-Stokes και η κατανόηση του φαινομένου της τύρβης (turbulence). Πιστεύεται ότι η λύση του κλασικού προβλήματος θα αποκαλύψει δομές και συμμετρίες οικουμενικής αξίας, ακόμη και για ορισμένα θεμελιώδη φαινόμενα μικροσκοπικής κλίμακας.
- δ. Η ακριβής λύση των κλασικών θεωριών πεδίου ορισμένου τύπου (Yang-Mills) αποτελεί κορυφαίο αίτημα της σύγχρονης Φυσικής, αφού η λύση αυτή εκφράζει το κλασικό ανάλογο της Κβαντικής Μηχανικής των ισχυρών πυρηνικών δυνάμεων.

Τελειώνοντας και συνοψίζοντας τα προηγούμενα, επισημαίνουμε ότι η Κλασική Μηχανική βρίσκεται περισσότερο από τρεις αιώνες στο επίκεντρο της Φυσικής επιστήμης, όχι διότι οι προβλέψεις της, ως φυσικής θεωρίας, παραμένουν αδιάψευστες σε όλες τις κλίμακες της οργάνωσης της ύλης, αλλά επειδή η Μηχανική αποτελεί ένα μεθοδολογικό πλαίσιο μεγάλης αξίας και εξαιρετικής αυστηρότητας, ώστε η επιστήμη να αντλεί συνεχώς από αυτήν ιδέες, πρότυπα και προεκτάσεις.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. H. Butterfield: "Η καταγωγή της σύγχρονης επιστήμης", Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης, Αθήνα 1983.
2. Prigogine and I. Stengers: "Order out of chaos", Bantam Books 1984.
3. Einstein and L. Infeld: "Η εξέλιξη των ιδεών στη Φυσική", Εκδόσεις Δωδώνη 1978.



## ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΦΩΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 1

Στην ενότητα 1 μελετώνται:

- ▶ οι βασικές έννοιες της κινηματικής (θέση, χρόνος, ταχύτητα) και οι απλές ευθύγραμμες κινήσεις,
- ▶ οι έννοιες της αδράνειας, της δύναμης και οι νόμοι του Νεύτωνα,
- ▶ η έννοια της πίεσης και της άνωσης,
- ▶ οι έννοιες του έργου και της ενέργειας, οι μορφές ενέργειας και η αρχή διατήρησης της ενέργειας.

### ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ

Εισάγεται η έννοια της κίνησης και επισημαίνεται ότι είναι ένα γενικό, κοινό χαρακτηριστικό των σωμάτων.

Προσδιορίζονται οι βασικές προϋποθέσεις και απλοποιήσεις που υιοθετούμε για να μελετήσουμε τις πιο απλές κινήσεις των σωμάτων, δηλαδή:

1. αγνοούμε την αιτία της κίνησης,
2. περιοριζόμαστε στη μελέτη ευθύγραμμων κινήσεων,
3. θεωρούμε τα σώματα ως υλικά σημεία.

Εισάγεται η έννοια της θέσης ενός αντικειμένου ως προς ένα σημείο αναφοράς. Τονίζεται ότι η θέση προσδιορίζεται πάντοτε σε σχέση με το σημείο αναφοράς που έχουμε επιλέξει. Γίνεται διάκριση μεταξύ των εννοιών «απόσταση» και «θέση». Τονίζεται ο διανυσματικός χαρακτήρας της θέσης.

Στη συνέχεια εισάγεται η έννοια της μετατόπισης και τονίζονται τα διανυσματικά χαρακτηριστικά της. Ορίζεται η ταχύτητα ως μονόμετρο μέγεθος, σύμφωνα με την καθημερινή χρήση του όρου. Στη συνέχεια, ορίζεται η διανυσματική ταχύτητα και προσπαθούμε, με τη βοήθεια παραδειγμάτων, να γίνει διάκριση μεταξύ μέσης και στιγμιαίας ταχύτητας αφενός και ταχύτητας και διανυσματικής ταχύτητας αφετέρου.

Ορίζεται ως ομαλή κάθε κίνηση στην οποία το μέτρο της ταχύτητας διατηρείται σταθερό. Περιγράφονται οι νόμοι της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης λεκτικά, με μαθηματικές εξισώσεις και με διαγράμματα. Η ευθύγραμμη ομαλή κίνηση μελετάται στην απλή περίπτωση που τη στιγμή μηδέν το σώμα βρίσκεται στη θέση  $x=0$ .

Οι μεταβαλλόμενες κινήσεις ορίζονται ως οι κινήσεις εκείνες, στις οποίες η ταχύτητα του σώματος μεταβάλλεται. Με τη βοήθεια παραδειγμάτων εισάγεται η έννοια του ρυθμού μεταβολής της ταχύτητας και της επιτάχυνσης.

### ΔΥΝΑΜΕΙΣ

Στο τρίτο κεφάλαιο εισάγεται η έννοια της δύναμης και διατυπώνονται οι νόμοι του Νεύτωνα.

Η δύναμη προσδιορίζεται ως η αιτία που προκαλεί μεταβολή στην ταχύτητα των σωμάτων ή που τα παραμορφώνει. Η εισαγωγή της έννοιας της δύναμης γίνεται με τη βοήθεια πολλών παραδειγμάτων. Τονίζεται ότι οι δυνάμεις ασκούνται από σώματα σε άλλα σώματα και εμφανίζονται πάντοτε ανά δύο. Ορίζεται η έννοια της αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο σωμάτων, ως αμοιβαία δράση δυνάμεων από το ένα σώμα στο άλλο. Με παραδείγματα γίνεται αναφορά στις δυνάμεις επαφής και στις δυνάμεις από απόσταση.

Στη συνέχεια αντιμετωπίζεται το πρόβλημα του τρόπου μέτρησης των δυνάμεων. Διατυπώνεται ο νόμος του Hook και, με βάση αυτόν, η αρχή λειτουργίας των δυναμομέτρων. Η εφαρμογή του νόμου του Hook σ' ένα πρότυπο ελατήριο επιτρέπει τον ορισμό της μονάδας της δύναμης. Προβάλλεται ο διανυσματικός χαρακτήρας της δύναμης και συνδέεται με τον τρόπο που προστίθενται δυνάμεις ίδιας και διαφορετικής διεύθυνσης, καθώς και με τον τρόπο που μια δύναμη αναλύεται σε δύο κάθετες συνιστώσες.

Η έννοια της ισορροπίας ενός σωματιδίου εισάγεται ως εκείνη η κατάσταση, όπου η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σ' αυτό είναι μηδέν.

Στη συνέχεια παρατίθενται οι συλλογισμοί του Γαλιλαίου και του Νεύτωνα που οδήγησαν στη διατύπωση του πρώτου νόμου του Νεύτωνα. Γίνεται μια εισαγωγική σύνδεση του πρώτου νόμου του Νεύτωνα με την έννοια της αδράνειας (χωρίς να εισάγεται η έννοια του αδρανειακού συστήματος αναφοράς).

Η διατύπωση του δεύτερου νόμου του Νεύτωνα στηρίζεται σε ποιοτικά, εμπειρικά δεδομένα. Τονίζεται η εξάρτηση της μεταβολής της ταχύτητας ενός σώματος από την ολική δύναμη που ασκείται και από τη μάζα του σώματος. Η μάζα ενός σώματος αποτελεί μέτρο της αδράνειάς του.

Αναζητείται η προέλευση της δύναμης που προκαλεί την ελεύθερη πτώση των σωμάτων. Αναφέρεται ότι αυτή είναι η βαρυτική δύναμη που ασκεί η Γη σε κάθε σώμα. Με χρήση του δεύτερου νόμου του Νεύτωνα συσχετίζεται το βάρος με τη μάζα και ερμηνεύεται η εξάρτηση του βάρους από το ύψος και το γεωγραφικό πλάτος. Τονίζονται ιδιαίτερα οι διαφορές μεταξύ του βάρους και της μάζας.

Η τριβή εισάγεται ως η δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση, αναφέρονται ποιοτικά οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται και περιγράφονται κάποια επιθυμητά και ανεπιθύμητα αποτελέσματα της ύπαρξής της.

Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τη διατύπωση του τρίτου νόμου του Νεύτωνα. Τονίζεται ότι στη φύση όλες οι δυνάμεις εμφανίζονται σε ζεύγη (δράση - αντίδραση) που ασκούνται σε διαφορετικά σώματα (κατά την αλληλεπίδρασή τους). Περιγράφονται μερικές εφαρμογές του τρίτου νόμου του Νεύτωνα.

## ΠΙΕΣΗ

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται στην έννοια της πίεσης και στην περιγραφή φαινομένων που συνδέονται με αυτή. Αρχικά ορίζεται η έννοια της πίεσης και η μονάδα της στο διεθνές σύστημα (το Pascal) και τονίζεται η διαφορά ανάμεσα στην πίεση και τη δύναμη.

Στη συνέχεια εισάγεται η υδροστατική πίεση, η οποία αποδίδεται στη βαρυτική δύναμη που ασκείται στο υγρό και μελετώνται πειραματικά οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται. Η ατμοσφαιρική πίεση αποδίδεται αντίστοιχα στη βαρυτική δύναμη που ασκείται στον αέρα και αναφέρεται η μεταβολή της με το ύψος. Τέλος διατυπώνεται η αρχή του Pascal και αναφέρονται κάποιες τεχνολογικές εφαρμογές της.

Η έννοια της άνωσης εισάγεται εμπειρικά, ως η δύναμη που ασκείται από τα ρευστά σε στερεά σώματα που βυθίζουμε σ' αυτά και έχει κατακόρυφη διεύθυνση και φορά αντίθετη του βάρους του βυθισμένου σώματος. Στη συνέχεια όμως, συνδέεται με την αύξηση της υδροστατικής πίεσης σε συνάρτηση με το βάθος. Γίνεται μια πειραματική προσέγγιση των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η άνωση, που καταλήγει στη διατύπωση της αρχής του Αρχιμήδη. Τέλος εισάγεται η συνθήκη πλεύσης μέσω της ισότητας βάρους-άνωσης και μέσω της σχέσης πυκνότητας σώματος-υγρού.

## **ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

Η έννοια της ενέργειας θεωρείται έννοια κεντρικής σημασίας στην περιγραφή των φυσικών φαινομένων. Μαζί με την αναγωγή κάθε φαινομένου του μακρόκοσμου σε αλληλεπιδράσεις σωματιδίων στο μικροσκοπικό επίπεδο, η έννοια της ενέργειας χρησιμοποιείται ως θεμελιώδης ενοποιητικός κρίκος όλων των φαινομένων με τα οποία καταπιάνεται το παρόν βιβλίο.

Η έννοια της ενέργειας εισάγεται ως μέγεθος που διατηρείται αναλλοίωτο κατά τις παρατηρούμενες μεταβολές των σωμάτων ή κατά τις αλληλεπιδράσεις τους. Ο ποσοτικός υπολογισμός της μηχανικής ενέργειας συνδέεται με την έννοια του έργου. Εισάγεται η έννοια της κινητικής ενέργειας και συνδέεται με την κίνηση των σωμάτων, καθώς και η έννοια της δυναμικής ενέργειας, που συνδέεται με τις δυνάμεις οι οποίες ενεργούν πάνω σε αυτά.

Αναλύονται παραδείγματα φαινομένων, στα οποία η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε δυναμική και αντίστροφα, ενώ η μηχανική ενέργεια διατηρείται αναλλοίωτη. Εισάγονται και άλλες μορφές ενέργειας και διατυπώνεται η αρχή διατήρησης της ενέργειας ως μια γενική αρχή που διέπει όλες τις φυσικές μεταβολές.

Περιγράφονται οι ενεργειακές μεταβολές κατά τη λειτουργία των μηχανών και εισάγονται οι έννοιες της ισχύος και της απόδοσης μιας μηχανής.

## ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 2: ΚΙΝΗΣΕΙΣ

### Εισαγωγικό σημείωμα

Είναι απαραίτητο να οικοδομηθεί ένα λεξιλόγιο των βασικών εννοιών με τις οποίες περιγράφουμε τις κινήσεις των σωμάτων στη γλώσσα της Φυσικής. Αν και πολλές λέξεις είναι οικείες στους μαθητές από την καθημερινή γλώσσα, ωστόσο, στη Φυσική χρησιμοποιούνται με διαφορετική σημασία. Σε κάθε ευκαιρία προσπαθώ να αντιπαραβάλλω τις σημασίες των λέξεων, στο πλαίσιο της καθημερινής γλώσσας και στο πλαίσιο της επιστημονικής.

Στην εισαγωγική συζήτηση του κεφαλαίου, επιχειρώ να προκαλέσω το ενδιαφέρον των μαθητών δείχνοντας σε διαφάνεια την εικόνα 2.1 του βιβλίου, στην οποία παρουσιάζονται οι κινήσεις σε διαφορετικές κλίμακες της ύλης. Συζητώ με τους μαθητές διάφορες περιπτώσεις κίνησης, ώστε να οδηγηθούν στο συμπέρασμα ότι η κίνηση είναι γενικό χαρακτηριστικό των υλικών σωμάτων.

### Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για την κίνηση

Θέση, ταχύτητα: Πολλοί μαθητές συγχέουν τις έννοιες της θέσης και της ταχύτητας. Οι περισσότεροι θεωρούν αυτονόητο ότι πάντοτε τη χρονική στιγμή μηδέν τα σώματα βρίσκονται στη θέση μηδέν και έχουν ταχύτητα μηδέν.

Διανυσματικός χαρακτήρας μετατόπισης, ταχύτητας: Υπάρχει δυσκολία στην κατανόηση του διανυσματικού χαρακτήρα των δυο αυτών εννοιών.

Τροχιά και γραφική παράσταση της κίνησης: Συνήθως οι μαθητές συγχέουν την έννοια της τροχιάς με τη γραφική παράσταση της θέσης του κινητού σε συνάρτηση με το χρόνο.

Πολλοί μαθητές εκφράζουν την Αριστοτελική άποψη για την πτώση των σωμάτων, πιστεύουν δηλαδή, ότι τα βαρύτερα σώματα πέφτουν γρηγορότερα. Οι περισσότεροι δυσκολεύονται να προσεγγίσουν την έννοια του κενού ή την επίδραση του αέρα στην κίνηση.

### 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 Δάρδανος, Αθήνα 1998.
2. R. Thornton, "Conceptual Dynamics", Thinking Physics for teaching, Carlo Bernardini, Plenum Press, New York, 1995.

## Σύνδεση με προηγούμενη γνώση

Οι μαθητές πρέπει να αντιληφθούν ότι οι ικανότητες και οι γνώσεις που έχουν αποκτήσει από τα Μαθηματικά, όπως το να επιλύουν απλές εξισώσεις και να κατασκευάζουν διαγράμματα, είναι εξαιρετικά σημαντικές για την περιγραφή και την ανάλυση των φυσικών φαινομένων, καθώς και για την επίλυση προβλημάτων Φυσικής.

## Διαθεματικές έννοιες

Ο **χώρος**, ο **χρόνος** και η **μεταβολή** αποτελούν τις θεμελιώδεις έννοιες της διαθεματικής προσέγγισης του Δ.Ε.Π.Π.Σ που διατρέχουν τη μελέτη της κίνησης. Ο χώρος προσεγγίζεται μέσω της έννοιας του συστήματος αναφοράς και ο χρόνος μέσω της χρονικής στιγμής, του χρονικού διαστήματος και του ρυθμού μεταβολής της μετατόπισης. Η έννοια της μεταβολής χρησιμοποιείται στον ορισμό της κίνησης και εμφανίζεται στους ορισμούς των μεγεθών της μετατόπισης, του χρονικού διαστήματος και της μεταβολής της ταχύτητας.

### §2.1, 2.2, 2.3 Περιγραφή της κίνησης – Ταχύτητα – Κίνηση με σταθερή ταχύτητα

#### Στόχοι

Ο μαθητής να αποκτήσει την ικανότητα:

1. Να προσδιορίζει τη θέση ενός αντικειμένου σε σχέση με ένα σύστημα αναφοράς.
2. Να προσδιορίζει τη θέση ενός αντικειμένου ως προς δύο ή περισσότερα σημεία αναφοράς.
3. Να διακρίνει τις έννοιες «απόσταση», «θέση» και «μήκος διαδρομής».
4. Να διακρίνει τα μονόμετρα από τα διανυσματικά μεγέθη και να χρησιμοποιεί σχετικά παραδείγματα.
5. Να δείχνει μέσω παραδειγμάτων ότι η μετατόπιση ενός σημείου πάνω σε μια ευθεία είναι ανεξάρτητη της επιλογής του σημείου αναφοράς.
6. Να διακρίνει τις έννοιες «χρονική στιγμή» και «χρονικό διάστημα» και να μπορεί να μετρά τη χρονική διάρκεια ενός φαινομένου, χρησιμοποιώντας ένα χρονόμετρο.
7. Να σημειώνει τα σημεία που προσδιορίζουν τις διαδοχικές θέσεις ενός κινούμενου σώματος και να σχεδιάζει την τροχιά του.
8. Να ορίζει την ταχύτητα ενός υλικού σημείου και να μπορεί να την υπολογίζει σε συγκεκριμένες εφαρμογές.
9. Να διακρίνει τη μέση από τη στιγμιαία ταχύτητα.
10. Να ορίζει τη διανυσματική ταχύτητα και να προσδιορίζει τα διανυσματικά χαρακτηριστικά της.
11. Να διακρίνει την ταχύτητα από τη διανυσματική ταχύτητα.

12. Να περιγράψει τις εξισώσεις των βασικών μεγεθών σε απλές περιπτώσεις ευθύγραμμης ομαλής κίνησης λεκτικά, με μαθηματικές εξισώσεις και με διαγράμματα.
13. Να διακρίνει τις κινήσεις σε ομαλές και μεταβαλλόμενες ανάλογα με τη σταθερότητα ή τη μεταβολή της ταχύτητας του κινούμενου σώματος.
14. Να χρησιμοποιεί ένα διάγραμμα θέσης – χρόνου ή ταχύτητας χρόνου και να αποφαίνεται αν η αντίστοιχη κίνηση είναι ομαλή ή μεταβαλλόμενη.

## **Ενδεικτικά διδακτικά βήματα**

### **§2.1 Περιγραφή της κίνησης (παράγραφος 2.1)**

#### **Θέση και απόσταση. Σύστημα αναφοράς**

##### **Στόχοι 1, 2**

Στέκομαι σε μια θέση που απέχει δύο μέτρα από μια γωνία της τάξης. Ζητώ από τους μαθητές να προσδιορίσουν τη θέση μου, γνωρίζοντας μόνον ότι στέκομαι σε απόσταση δύο μέτρων από τη συγκεκριμένη γωνία. Από τη συζήτηση θα προκύψει ότι για τον προσδιορισμό της θέσης είναι αναγκαίο να εισαγάγουμε την έννοια της κατεύθυνσης. Να δηλώσουμε, δηλαδή και το προς τα πού.

Τοποθετώ μια μικρή κιμωλία στο αυλάκι του πίνακα ή ενός θρανίου. Δείχνω στους μαθητές μια μετροταινία. Τους ζητώ να σκεφτούν πώς πρέπει να χρησιμοποιήσουν τη μετροταινία και ποιες πληροφορίες πρέπει να δώσουν σε ένα μαθητή που βρίσκεται έξω από την τάξη, ώστε αυτός να μπορέσει να προσδιορίσει ακριβώς τη θέση της κιμωλίας.

Από τη συζήτηση θα προκύψει ότι πρέπει να μετρήσουν την απόσταση της κιμωλίας από κάποια άκρη του πίνακα, που διαλέγουμε αυθαίρετα. Το σημείο που διαλέγουμε για να μετράμε και να προσδιορίζουμε τη θέση ενός αντικειμένου το ονομάζουμε σημείο αναφοράς.

Μέσω αυτών των παραδειγμάτων και των πειραματικών δραστηριοτήτων της παραγράφου 2.1 του βιβλίου του μαθητή, εισάγω τις έννοιες «κατεύθυνση πάνω σε μια ευθεία», «σημείο αναφοράς», «μήκος», «θέση σημείου πάνω σε άξονα». Ζητώ από τους μαθητές να επεξεργαστούν αρκετές εφαρμογές, ώστε να αφομοιώσουν τη σημασία αυτών των εννοιών και να χειρίζονται τις μεταξύ τους σχέσεις.

#### **Μετατόπιση και μήκος της διαδρομής- Μονόμετρα και διανυσματικά μεγέθη**

##### **Στόχοι 3, 4, 5**

Δείχνω στους μαθητές το χάρτη της Ελλάδας. Τους ζητώ με σημείο αναφοράς την Αθήνα να υπολογίσουν τη μετατόπισή τους, αν πάνε στην Καβάλα. Θα χρειαστούν την κλίμακα του χάρτη για να υπολογίσουν το μέτρο της. Στη συνέχεια τους ζητώ να υπολογίσουν το μήκος της διαδρομής (δηλαδή την απόσταση που θα διανύσουν, όπως λένε

στην καθημερινή γλώσσα) για να πάνε από την Αθήνα στην Καβάλα μέσω της Εθνικής οδού. Το μήκος της διαδρομής μπορούν να το βρουν από έναν πίνακα χιλιομετρικών αποστάσεων. Ζητώ από τους μαθητές να συγκρίνουν το **μέτρο** της **μετατόπισης** Αθήνα-Καβάλα με το **μήκος της διαδρομής** που θα διανύσουν ακολουθώντας την Εθνική οδό.

Με τη βοήθεια κατάλληλου φύλλου εργασίας (βλ. στο τέλος του κεφαλαίου) και πειραματικών δραστηριοτήτων, όπως αυτές που αναφέρονται στην παράγραφο 2.1 του βιβλίου του μαθητή, προσδιορίζω τα χαρακτηριστικά της έννοιας της μετατόπισης σημείου πάνω σε άξονα (μέτρο και κατεύθυνση). Αντιδιαστέλλω στα χαρακτηριστικά της έννοιας της μετατόπισης με εκείνα της έννοιας του χρόνου, τον οποίο προσδιορίζουμε μόνο με μια αριθμητική τιμή. Εισάγω τη διάκριση των φυσικών μεγεθών σε δύο κατηγορίες: Στα μονόμετρα, όπως ο χρόνος, και τα διανυσματικά, όπως η μετατόπιση. Ζητώ από τους μαθητές να αναφέρουν σχετικά παραδείγματα φυσικών μεγεθών και να τα κατατάξουν στις δύο αυτές κατηγορίες.

### Π.Δ. Θέση σώματος

Μπορεί να πραγματοποιηθεί από τους μαθητές σε ομάδες δύο ατόμων πάνω στο θρανίο τους προκειμένου να κατανοήσουν την έννοια του σημείου αναφοράς και τη διαφορά μεταξύ απόστασης και θέσης.

### Π.Δ. Σημείο αναφοράς και μετατόπιση

Μπορεί να πραγματοποιηθεί από τους μαθητές σε ομάδες δύο ατόμων πάνω στο θρανίο τους. Αποτελεί συνέχεια της προηγούμενης πειραματικής δραστηριότητας. Ο στόχος της είναι οι μαθητές να αφομοιώσουν τα χαρακτηριστικά της έννοιας της μετατόπισης και να κατανοήσουν ότι η μετατόπιση σε αντίθεση με τη θέση είναι ανεξάρτητη του σημείου αναφοράς.

### Δίνω έμφαση:

- ▶ Στη διάκριση μεταξύ της «**απόστασης**» και της «**θέσης**».
- ▶ Στη χρήση των εννοιών «**κατεύθυνση**», «**μέτρο**». Οι μαθητές δυσκολεύονται να χειριστούν την έννοια του μέτρου. Τη χρησιμοποιώ συχνά, ώστε να εμπεδωθεί από τους μαθητές. Τονίζω ότι 1 m ή 1 Km αφορούν το μέτρο κάποιας μετατόπισης, ενώ οι λέξεις δεξιά και αριστερά αφορούν την κατεύθυνση μιας μετατόπισης.

### Χρονική στιγμή και χρονικό διάστημα

#### Στόχος 6

Ορίζω τη χρονική στιγμή ως την ένδειξη του χρονομέτρου. Αντιστοιχώ τη φωτογραφία από έναν αγώνα δρόμου με τη χρονική στιγμή και την παρουσίαση του αγώνα σε μαγνητοσκόπηση με το χρονικό διάστημα. Ένα χρονικό διάστημα ( $\Delta t$ ) είναι η διαφορά δύο ενδείξεων του χρονομέτρου:  $\Delta t = t_2 - t_1$ .

## Τροχιά κινούμενου σημείου

### Στόχος 7

Ορίζω την τροχιά ενός κινούμενου σημείου ως το σύνολο των διαδοχικών θέσεων από τις οποίες διέρχεται κατά την κίνησή του. Ζητώ από τους μαθητές να περιγράψουν την τροχιά ενός τρένου που κινείται από την Αθήνα προς τη Θεσσαλονίκη και την τροχιά ενός δορυφόρου που περιφέρεται γύρω από τη Γη.

Ερωτήσεις: 1, 2 – Εφαρμογές: 1

## Ταχύτητα (παράγραφος 2.2)

### Στόχοι 8, 9, 10, 11

Προβάλλω σε διαφάνεια την εικόνα 2.12 (ή κάποια αντίστοιχη) και ζητώ από τους μαθητές να αποφανθούν ποιος δρομέας κινήθηκε πιο γρήγορα. Χρησιμοποιώ ένα χρονόμετρο και μια μετροταινία. Σπρώχνω δύο αμαξίδια έτσι ώστε να κινηθούν παράλληλα ξεκινώντας από τη ίδια αφετηρία και στον ίδιο χρόνο να διανύσουν διαδρομές διαφορετικού μήκους. Μετρώ το χρόνο κίνησης και το μήκος κάθε διαδρομής. Ζητώ από τους μαθητές να πουν τι πρέπει να κάνουμε για να υπολογίσουμε την ταχύτητα κάθε αμαξιδίου. Εισάγω την έννοια της **μέσης ταχύτητας**. Εφαρμόζω τον ορισμό στη μέτρηση και σύγκριση των μέσων ταχυτήτων των δύο αμαξιδίων όταν διανύουν την ίδια διαδρομή σε διαφορετικούς χρόνους (για παράδειγμα μετρώ τους χρόνους στους οποίους διανύουν ευθύγραμμη διαδρομή μήκους δύο μέτρων στο έδαφος της αίθουσας). Εκκινώ τα αμαξίδια διαδοχικά και όχι ταυτόχρονα, ώστε να μην είναι δυνατή η άμεση σύγκριση των μέσων ταχυτήτων τους. Επιδιώκω ώστε οι μαθητές να αφομοιώσουν ότι το μήκος της διαδρομής και ο χρόνος που απαιτείται για να τη διανύσει ένα κινούμενο σώμα, είναι τα δύο θεμελιώδη μεγέθη που συνδέονται με την ταχύτητά του.

Αφού ορίσω τη μέση ταχύτητα και τις μονάδες της, κάνω μια αναφορά στην κλίμακα ταχυτήτων και ζητώ από τους μαθητές να μετατρέψουν τις ταχύτητες που φαίνονται στην αντίστοιχη εικόνα, σε οικείες σε αυτούς μονάδες (π.χ. την ταχύτητα μιας μοτοσικλέτας, ενός αυτοκινήτου κτλ). Για να αποκτήσουν μια ιδέα της τάξης μεγέθους των ταχυτήτων, τους υπενθυμίζω ότι το ρεκόρ ταχύτητας στα 100 m είναι περίπου 10 m/s. Ζητώ από τους μαθητές να μετατρέψουν τα Km/h σε m/s.

Χρησιμοποιώ δύο αμαξίδια και τα κινώ πάνω στην ίδια ευθεία, αλλά σε αντίθετες κατευθύνσεις. Με το χρονόμετρο μετρώ το χρόνο κίνησης κάθε αμαξιδίου. Ζητώ από τους μαθητές να προσδιορίσουν τη **μετατόπιση** κάθε αμαξιδίου. Συζητώ μαζί τους αν ο ορισμός της μέσης ταχύτητας επαρκεί για να μας δώσει την πληροφορία της κατεύθυνσης της κίνησης κάθε αμαξιδίου. Τους ζητώ να ορίσουν μια «νέα» μέση ταχύτητα, που να ενσωματώνει την πληροφορία της κατεύθυνσης της κίνησης κάθε αμαξιδίου. Καταλήγω στην εισαγωγή της έννοιας της **μέσης διανυσματικής ταχύτητας**. Μέσω των παραδειγμάτων του βιβλίου του μαθητή ή άλλων παρόμοιων, συζητώ με τους μαθητές πώς

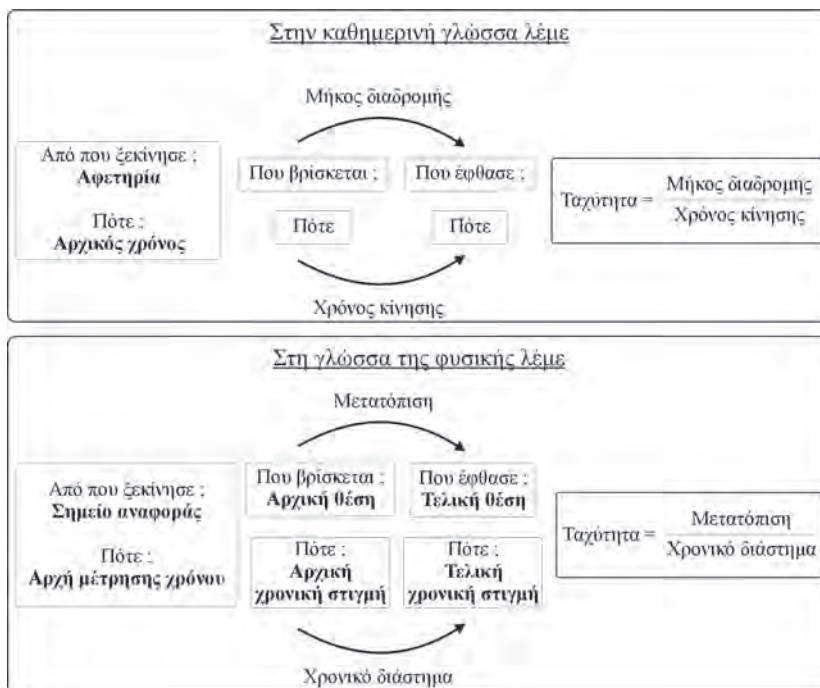


υπολογίζουμε τη μέση διανυσματική ταχύτητα σε απλές περιπτώσεις κινούμενων σωμάτων και σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Χρησιμοποιώ το παράδειγμα του ταχογράφου του αυτοκινήτου σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά της μέσης διανυσματικής ταχύτητας και εισάγω την έννοια της **στιγμιαίας διανυσματικής ταχύτητας**.

### Επισημάνσεις

- ▶ Επισημαίνω τη διαφορά μέσης και στιγμιαίας ταχύτητας, χωρίς όμως να δώσω ιδιαίτερη έμφαση. Στην επόμενη βαθμίδα (Λύκειο) οι μαθητές αναμένεται να προσεγγίσουν την έννοια της στιγμιαίας ταχύτητας, τόσο αναλυτικά (ως όριο της μέσης), όσο και μέσω της κλίσης του διαγράμματος θέσης-χρόνου.
- ▶ Επισημαίνω τη διαφορά μέσης ταχύτητας και μέσης διανυσματικής ταχύτητας. Χρησιμοποιώ το χάρτη της Ελλάδας και ζητώ από τους μαθητές να υπολογίσουν τη μέση ταχύτητα και τη μέση διανυσματική ταχύτητα για τη διαδρομή Αθήνα – Καβάλα. Το μήκος της διαδρομής μπορούν να το βρουν ευκολότερα από έναν πίνακα χιλιομετρικών αποστάσεων. Θεωρώ κοινό χρόνο διαδρομής επτά ώρες.
- ▶ Το μικρό εργαστήριο μπορεί να πραγματοποιηθεί κάποια ώρα που δεν θα γίνει μάθημα ή στο διάλειμμα. Αξιοποιήστε το, ώστε οι μαθητές να κατανοήσουν την έννοια της μέσης ταχύτητας ως μονόμετρο μέγεθος.
- ▶ Η μετάβαση από την καθημερινή στην επιστημονική γλώσσα μπορεί να ενισχυθεί και με τη χρησιμοποίηση διαγραμμάτων εννοιών, όπως το ακόλουθο:

Ερωτήσεις: 1.2, 2, 3.I, 3.II, 3.III – Εφαρμογές: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8



## §2.3 Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση

### Στόχος 12

Χρησιμοποιώ το παράδειγμα του βιβλίου και ορίζω την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Χρησιμοποιώ το παράδειγμα της εικόνας 2.20 του βιβλίου του μαθητή και ζητώ από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν την εξίσωση ορισμού της μέσης διανυσματικής ταχύτητας και να υπολογίσουν τη μέση διανυσματική ταχύτητα του Τοτού σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Θα διαπιστώσουν ότι η μέση διανυσματική ταχύτητα του Τοτού είναι σταθερή.

Επισημαίνω ότι η μελέτη μιας ευθύγραμμης ομαλής κίνησης απλουστεύεται, αν θεωρήσουμε ότι τη χρονική στιγμή  $t=0$  το σώμα βρίσκεται στη θέση μηδέν  $x=0$ , οπότε η μετατόπιση συμπίπτει με τη θέση του σώματος.

Εξηγώ στους μαθητές ότι οι εξισώσεις των κινήσεων μας πληροφορούν πώς μεταβάλλονται τα μεγέθη που περιγράφουν την κίνηση (θέση, ταχύτητα, κτλ.) σε συνάρτηση με το χρόνο. Καθοδηγώ τους μαθητές μέσω συγκεκριμένων αριθμητικών παραδειγμάτων να βρουν τις εξισώσεις κίνησης σωμάτων που εκτελούν ευθύγραμμη ομαλή κίνηση και να τις παραστήσουν γραφικά. Τους κατευθύνω να χρησιμοποιήσουν τα διαγράμματα θέσης-χρόνου και ταχύτητας-χρόνου για να απαντήσουν σε συγκεκριμένα ερωτήματα που αφορούν την κίνηση που μελετούν. Επισημαίνω τη χρησιμότητα της πολλαπλής διατύπωσης των νόμων μιας κίνησης: λεκτικά, με μαθηματικές εξισώσεις και με διαγράμματα.

Πραγματοποιώ την εργαστηριακή άσκηση «Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση» του εργαστηριακού οδηγού.

Αν δεν είναι δυνατή η πραγματοποίηση της εργαστηριακής άσκησης, πραγματοποιώ την αντίστοιχη πειραματική δραστηριότητα «Κίνηση της φυσαλίδας». Προβάλλω με τον προβολέα διαφανειών τη διάταξη, που περιγράφεται σε αυτήν. *[Η διάταξη μπορεί να κατασκευαστεί εύκολα. Χρησιμοποιώ ένα γυάλινο σωλήνα (XH.160.0) ανάδευσης που υπάρχει στο εργαστήριο. Γεμίζω το σωλήνα με νερό χρωματισμένο με δυο σταγόνες διαλύματος  $KMnO_4$ . Αντί για χρωματισμένο, νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί μπλε οινόπνευμα. Στεγανοποιώ το σωλήνα με το νερό ή το οινόπνευμα κλείνοντας τις άκρες του με υγρή κόλλα ή θερμοκόλληση].* Μοιράζω στους μαθητές φύλλο εργασίας, στο οποίο περιλαμβάνεται πίνακας μετρήσεων, άξονες θέσης-χρόνου και ερωτήσεις.

Στις ερωτήσεις ζητώ από τους μαθητές: α) να συμπληρώσουν τον πίνακα με βάση τις παρατηρήσεις τους, β) να σχεδιάσουν το πειραματικό διάγραμμα θέσης-χρόνου, γ) να υπολογίσουν με βάση το διάγραμμα τη μετατόπιση της φυσαλίδας σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, δ) να υπολογίσουν την ταχύτητα της σταγόνας, ε) να αποφανθούν για το είδος της κίνησής της.

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ					
Κίνηση φυσαλίδας					
Σημείο Αναφοράς	Θέση χαραγής (cm)	Μετατόπιση μεταξύ χαραγών (cm)	Χρονική στιγμή που φθάνει σε κάθε χαραγή (s)	Χρονικό διάστημα $\Delta t$ (s)	Ταχύτητα $U=\Delta X/\Delta t$ (cm/sec)
	2ης $X_1=$		$t_2=$		
	3ης $X_2=$	2ης και 3ης $\Delta X_{2,3}=$	$t_3=$	$t_3-t_2=$	
	4ης $X_3=$	3ης και 4ης $\Delta X_{3,4}=$	$t_4=$	$t_4-t_3=$	
	5ης $X_4=$	4ης και 5ης $\Delta X_{4,5}=$	$t_5=$	$t_5-t_4=$	
	6ης $X_5=$	5ης και 6ης $\Delta X_{5,6}=$	$t_6=$	$t_6-t_5=$	
	7ης $X_6=$	6ης και 7ης $\Delta X_{6,7}=$	$t_7=$	$t_7-t_6=$	
	8ης $X_7=$	7ης και 8ης $\Delta X_{7,8}=$	$t_8=$	$t_8-t_7=$	

### Ερευνητική δραστηριότητα

Μπορούμε να ζητήσουμε από τους μαθητές να μελετήσουν τους παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα της φυσαλίδας όπως:

- Κλίση του σωλήνα
- Μέγεθος φυσαλίδας
- Διαφορετικό υγρό

Στη συζήτηση με τους μαθητές, εφόσον υπάρχει διαθέσιμος χρόνος, μπορώ να τους ζητήσω να σκεφτούν ποιες πληροφορίες χρειάζονται κάθε χρονική στιγμή για να προσδιορίσουν πλήρως την κίνηση ενός κινούμενου σώματος (τη θέση του και την ταχύτητά του). Επίσης πώς θα μπορούσαν να μετρήσουν το χρόνο χωρίς να χρησιμοποιήσουν χρονόμετρο, όταν βρίσκονται μέσα σε ένα κινούμενο ομαλά αυτοκίνητο, χρησιμοποιώντας χιλιομετρικές πινακίδες και το ταχύμετρο. Τέλος ως εφαρμογή, μπορώ να χρησιμοποιήσω ένα παιδικό ηλεκτρικό τρενάκι και να ζητήσω από τους μαθητές:

1. Να υπολογίσουν τη μέση ταχύτητά του.
2. Να αποφανθούν για το είδος της κίνησής του (ομαλή – μεταβαλλόμενη).
3. Να προβλέψουν τη θέση του μετά από 5 sec κίνησης και να το επιβεβαιώσουν πειραματικά.
4. Να προβλέψουν το χρόνο που θα χρειαστεί για να μετατοπιστεί κατά 20cm και να το επιβεβαιώσουν πειραματικά.

Ερωτήσεις: 1.II, 3.II, 3.IV

**Ασκήσεις: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8**

 Συμπληρωματική γνώση

Ο Γαλιλαίος ήταν ο πρώτος που επεσήμανε ότι τα Μαθηματικά θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν για μια ακριβή και ποσοτική περιγραφή των φυσικών φαινομένων. Έλεγε ότι το βιβλίο της φύσης είναι γραμμένο στη γλώσσα των Μαθηματικών. Ο Γαλιλαίος (όπως και ο Νεύτωνας) χρησιμοποίησε κυρίως γεωμετρικές αναπαράστασεις των φυσικών φαινομένων που μελετούσε.

## §2.4 Κίνηση με μεταβαλλόμενη ταχύτητα

### Στόχοι 13, 14

Ζητώ από τους μαθητές να αναφέρουν παραδείγματα κινήσεων στις οποίες η ταχύτητα του κινούμενου σώματος μεταβάλλεται. Χρησιμοποιώ το παράδειγμα ενός αυτοκινήτου που επιταχύνεται ή που επιβραδύνεται ή που κινείται σε κυκλική τροχιά με ταχύτητα σταθερού μέτρου. Τονίζω ότι σε όλες αυτές τις περιπτώσεις η ταχύτητα του αυτοκινήτου μεταβάλλεται. Ζητώ από τους μαθητές να προσδιορίσουν ποιο χαρακτηριστικό της μεταβάλλεται σε κάθε περίπτωση.

Δίνω στους μαθητές διαγράμματα θέσης–χρόνου και ταχύτητας–χρόνου, που αντιστοιχούν σε ευθύγραμμες μεταβαλλόμενες κινήσεις. Τους ζητώ να χρησιμοποιήσουν τα διαγράμματα και να βρουν: α) τη θέση του κινούμενου σώματος σε διάφορες χρονικές στιγμές, β) τη μετατόπιση του σώματος σε δεδομένα χρονικά διαστήματα και την κατεύθυνση κίνησης του σώματος, γ) την ταχύτητα του σώματος και την κατεύθυνσή της, σε διάφορες χρονικές στιγμές, δ) τη μεταβολή της ταχύτητας του σώματος σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα.

### **Άσκηση: 7**

**Χρήση MRL:** Στον εργαστηριακό οδηγό θα βρείτε δυο εργαστηριακές ασκήσεις που αναφέρονται στην κίνηση και απαιτούν τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και σύστημα αισθητήρων (στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιείται αισθητήρας θέσης). Η πρώτη άσκηση με τίτλο «Κίνηση και ακινησία» έχει ως κύριο στόχο οι μαθητές να χρησιμοποιούν διαγράμματα θέσης–χρόνου και να αποφαινούνται για την κατεύθυνση της κίνησης ή για την ακινησία ενός σώματος. Η δεύτερη, «Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση», στοχεύει στη μελέτη των νόμων της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης και στον υπολογισμό της ταχύτητας του κινούμενου σώματος μέσω της επεξεργασίας διαγράμματος θέσης–χρόνου. Επισημαίνεται ότι (όπως προκύπτει και από τη σχετική βιβλιογραφία), η χρήση του αισθητήρα θέσης βοηθάει σε σημαντικό ποσοστό τους μαθητές να διακρίνουν την τροχιά της κίνησης από τη γραφική παράσταση θέσης – χρόνου. Δύο έννοιες, τις οποίες πολύ συχνά συγχέουν.

## ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1

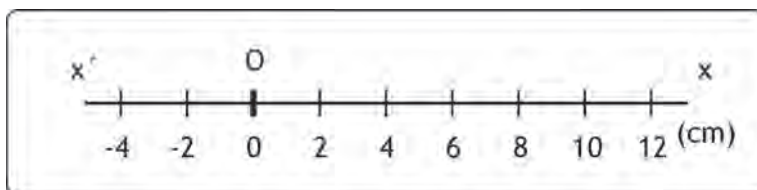
## ΘΕΣΗ - ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ

Όνομα μαθητή:.....Τμήμα..... Ημερομηνία.....

Ένα μυρμηγκι κινείται πάνω στην ευθεία  $x'$   $x$ . Τη στιγμή  $t=0$  περνάει από το σημείο  $O$  ( $x=0$ ). Τη χρονική στιγμή  $t_1=2$  s βρίσκεται στη θέση  $x_1=5$  cm, τη στιγμή  $t_2=4$  s, στη θέση  $x_2=12$  cm, τη στιγμή  $t_3=5$  s στη θέση  $x_3=7$  cm.

- α) Πόσο χρονικό διάστημα ( $\Delta t$ ) χρειάστηκε για μετακινηθεί από τη θέση  $x_1$  στη θέση  $x_2$ ;  
 β) Να υπολογίσεις τη μετατόπιση ( $\Delta x$ ) του μυρμηγκιού για το παραπάνω χρονικό διάστημα.  
 γ) Να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητα ( $v$ ) του μυρμηγκιού, στο ίδιο χρονικό διάστημα.  
 δ) Πόσο χρονικό διάστημα ( $\Delta t'$ ) χρειάστηκε για μετακινηθεί από τη θέση  $x_2$  στη θέση  $x_3$ ;  
 β) Να υπολογίσεις τη μετατόπιση ( $\Delta x'$ ) του μυρμηγκιού για το χρονικό διάστημα  $\Delta t'$ .  
 γ) Να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητα ( $v'$ ) του μυρμηγκιού, για το ίδιο χρονικό διάστημα.

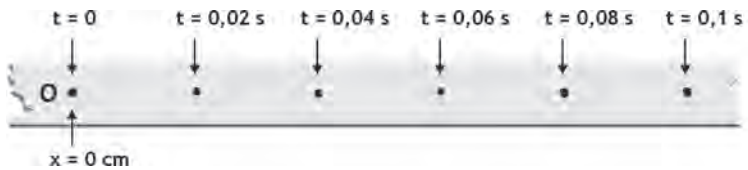
## Απάντηση



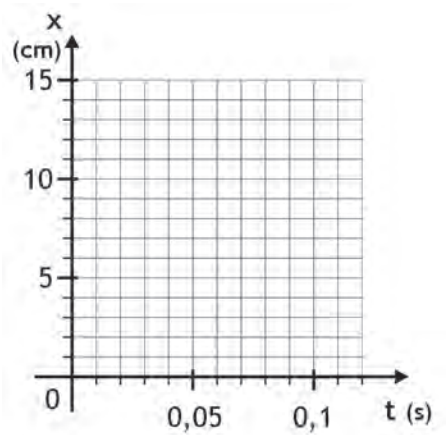
**ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 2**  
**ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ**

Όνομα μαθητή:.....Τμήμα..... Ημερομηνία.....

Ένα αμαξίδιο εργαστηρίου κινείται ευθύγραμμα. Από τη μελέτη της κίνησής του με το χρονομετρητή, προέκυψε η χαρτοταινία που φαίνεται στο σχήμα. [Υπενθυμίζεται ότι οι κουκκίδες αντιστοιχούν σε διαδοχικές θέσεις του αμαξιδίου. **Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών κουκκίδων είναι 0,02 s.**]



ΠΙΝΑΚΑΣ Α	
t s	x cm
0	
0,02	
0,04	
0,06	
0,08	
0,10	



- α. Για κάθε χρονική στιγμή, που είναι σημειωμένη στη χαρτοταινία, με τη βοήθεια του χάρακά σου προσδιόρισε την αντίστοιχη θέση του αμαξιδίου (με σημείο αναφοράς το σημείο O και θετική φορά τη φορά κίνησης του αμαξιδίου). Συμπλήρωσε τον πίνακα Α.
- β. Τοποθέτησε τα πειραματικά σημεία θέσης-χρόνου στο διπλανό σύστημα ορθογωνίων αξόνων και κάνε τη γραφική παράσταση της θέσης του αμαξιδίου, σε συνάρτηση με το χρόνο.
- γ. Τι είδους κίνηση εκτελεί το αμαξίδιο; [Δικαιολόγησε την απάντησή σου.]
- δ. Υπολόγισε, με τη βοήθεια του διαγράμματος που σχεδίασες, την ταχύτητα του αμαξιδίου.

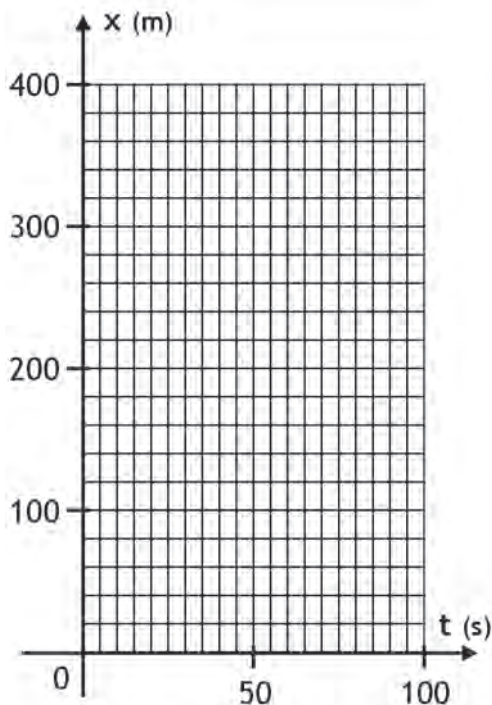
ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 3  
ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ

Όνομα μαθητή:.....Τμήμα..... Ημερομηνία.....

Ένας δρομέας κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο με σταθερή ταχύτητα. Τη στιγμή που περνάει μπροστά από έναν ακίνητο (ως προς το δρόμο) παρατηρητή, εκείνος θέτει σε λειτουργία ένα χρονόμετρο.

- α. Αν τη στιγμή  $t=6\text{ s}$  ο δρομέας βρίσκεται σε απόσταση  $18\text{ m}$  από τον παρατηρητή, να υπολογίσεις την ταχύτητα του δρομέα.
- β. Να προσδιορίσεις τη θέση του δρομέα ως προς τον ακίνητο παρατηρητή τη χρονική στιγμή  $t=50\text{ s}$ .
- γ. Στο σύστημα αξόνων του σχήματος να σχεδιάσεις τη γραφική παράσταση θέσης ( $x$ ) του δρομέα (ως προς τον ακίνητο παρατηρητή) – χρόνου ( $t$ ).
- δ. Σε πόσο χρονικό διάστημα ο δρομέας θα έχει μετατοπιστεί  $300\text{ m}$  από τον παρατηρητή;
- ε. Ποια θα είναι η θέση του δρομέα όταν το χρονόμετρο του παρατηρητή δείχνει  $1\text{ min}$  και  $20\text{ s}$ ;

Απάντηση

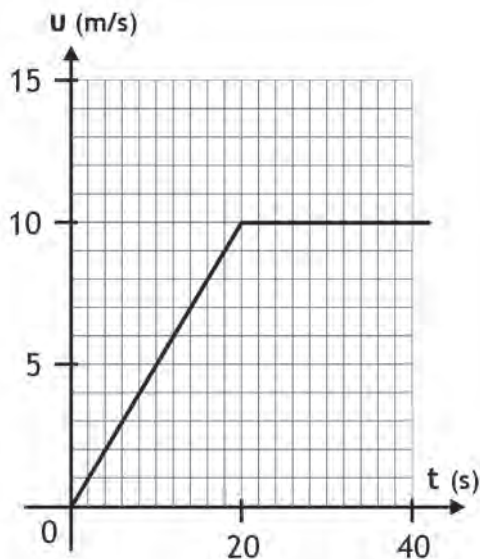


ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 4  
ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ

Όνομα μαθητή:.....Τμήμα..... Ημερομηνία.....

Ένα τρένο κινείται ευθύγραμμα. Το διπλανό διάγραμμα παριστάνει την ταχύτητα του τρένου σε σχέση με το χρόνο.

- Τι είδους κίνηση εκτελεί το τρένο από τη στιγμή 0 έως τη στιγμή 20 s;
- Τι είδους κίνηση εκτελεί το τρένο από τη στιγμή 20 s και μετά;
- Να προσδιορίσεις την ταχύτητα του τρένου τις στιγμές  $t=10$  s και  $t=20$  s; Να υπολογίσεις τη μεταβολή της ταχύτητας του τρένου κατά την κίνησή του από τη στιγμή 0 έως τη στιγμή 20s.
- Υπολόγισε τη μεταβολή της ταχύτητας του τρένου μετά τη χρονική στιγμή  $t=20$  s.
- Υπολόγισε τη μετατόπιση του τρένου από τη χρονική στιγμή  $t=20$  s μέχρι τη στιγμή  $t=40$  s.





## Ο ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ

Θεωρούμε ότι η χρήση των σύγχρονων Τεχνολογιών δεν είναι δυνατό να υποκαταστήσει το «δάσκαλο» (τουλάχιστο στο χώρο της τυπικής εκπαίδευσης) κατά την εκπαιδευτική διαδικασία. Θεωρούμε επίσης ότι η πειραματική/εργαστηριακή πρακτική, δεν είναι δυνατό να υποκατασταθεί από την προσομοίωση-οπτικοποίηση των φυσικών φαινομένων του μακρόκοσμου στην οθόνη του Η/Υ, ούτε η εκτέλεση μετρήσεων να αντικατασταθεί με την πληκτρολόγηση στον Η/Υ. Πιστεύουμε όμως ότι η αξιοποίηση των σύγχρονων Τεχνολογιών Πληροφόρησης (και ειδικότερα του Η/Υ) στην εκπαιδευτική διαδικασία συμπληρωματικά των όποιων συμβατικών, παραδοσιακών μεθόδων, τεχνικών και πρακτικών, θα συμβάλλει στη βελτιστοποίησή της.

Η χρήση του Η/Υ στο εργαστήριο των Φ.Ε. έχει ως σκοπό ο μαθητής να:

- α. Εξοικειωθεί με τα μεθοδολογικά εργαλεία που χρησιμοποιεί ο επιστήμονας έτσι ώστε το πείραμα να τον βοηθά στη βαθύτερη κατανόηση των Φυσικών φαινομένων.
- β. Αποκτήσει δεξιότητες χειρισμού οργάνων, συσκευών, και να εξοικειωθεί με τη χρήση και κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των συσκευών σύγχρονης τεχνολογίας.

Η εισαγωγή του Η/Υ στο εργαστήριο των φυσικών επιστημών δεν προτείνεται με στόχο την αντικατάσταση της εκτέλεσης του πειράματος από την προσομοίωσή του στον Η/Υ. Αντίθετα, η εργαστηριακή άσκηση προτείνεται να σχεδιάζεται και να πραγματοποιείται όπως και στο κλασικό εργαστήριο, οι μετρήσεις όμως καθώς και η επεξεργασία τους να πραγματοποιούνται μέσω του Η/Υ.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης του Η/Υ στο εργαστήριο είναι η δυνατότητα των πολλαπλών αναπαραστάσεων ενός φυσικού φαινομένου. Το ίδιο φαινόμενο ο μαθητής μπορεί να το αντιλαμβάνεται με τις αισθήσεις του, να βλέπει την αναπαράστασή του με τη μορφή του γραφήματος και να παρατηρεί την οπτικοποίηση του προτύπου που περιγράφει το φυσικό σύστημα.

Η αναγκαιότητα εισαγωγής των ΝΤ στην εκπαιδευτική διαδικασία θα διαφανεί επιτακτικά τα επόμενα χρόνια και προς αυτή την κατεύθυνση σχεδιάσαμε ενδεικτικά μικρό αριθμό εργαστηριακών δραστηριοτήτων (3 εργαστηριακές ασκήσεις: 1 στο κεφάλαιο της κίνησης και 2 στην θερμότητα), επίσης με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού λογισμικού INTERACTIVE PHYSICS (έχει εξελληνισθεί στα πλαίσια του προγράμματος Οδύσσεια και έχει αποσταλεί στα σχολεία της χώρας), σχεδιάσαμε απλές εφαρμογές στις κινήσεις οι οποίες συνοδεύονται από αντίστοιχα φύλλα εργασίας. Οι εφαρμογές αυτές προτείνουμε να υλοποιηθούν στο εργαστήριο της πληροφορικής από κάθε μαθητή. Αν δεν υπάρχει αυτή η δυνατότητα, προτείνεται η παρουσίαση στην τάξη και η συμπλήρωση του φύλλου εργασίας από τους μαθητές. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθούν και ως εποπτικό μέσο από τον εκπαιδευτικό για να διευκολυνθεί στη διδασκαλία των αντίστοιχων εννοιών.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα ενδεικτικό διάγραμμα των διδακτικών ενεργειών στο κεφάλαιο 1 που αναφέρονται στη χρήση των ΝΤ.

Τα φύλλα εργασίας καθώς και οι εφαρμογές που απαιτούνται για τη διεξαγωγή των αντίστοιχων ασκήσεων του εικονικού εργαστηρίου, περιέχονται σε σύμπυκνο δίσκο (CD) που συνοδεύει το βιβλίο του καθηγητή και έχει αναπαραχθεί από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο στα πλαίσια του προγράμματος συγγραφής διδακτικού υλικού για το γυμνάσιο. Επίσης βρίσκονται στις ιστοσελίδες:

<http://ekfe-anatol-att-sch.gr>

<http://esua.gr>

Το φύλλο εργασίας για την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση καθώς και η αντίστοιχη εφαρμογή αναπτύχθηκαν από το φυσικό κ. Σ. Ράπτη.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ	ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
<p>Να διαπιστώσουν την αναγκαιότητα της εισαγωγής της έννοιας του «σημείου αναφοράς».</p> <p>Να διαπιστώσουν την αναγκαιότητα προσδιορισμού της κατεύθυνσης για τον προσδιορισμό της θέσης ενός αντικειμένου.</p> <p>Να προσδιορίζουν τη θέση ενός αντικειμένου ως προς διαφορετικά σημεία αναφοράς.</p> <p>Να διαπιστώσουν την αναγκαιότητα εισαγωγής μαθηματικών ποσοτήτων και συμβόλων για τον προσδιορισμό της θέσης ενός σώματος ως προς ένα σημείο αναφοράς, επί μιας ευθείας.</p> <p>Να διακρίνουν τις έννοιες «απόσταση» και «θέση»</p>	<p><b>Χρήση ΝΤΕ:</b> Μπορείς να χρησιμοποιήσεις τη δραστηριότητα: Σημείο αναφοράς του I.P. για να διευκολύνεις την εισαγωγή της έννοιας.</p> <p><b>Χρήση ΝΤΕ:</b> Μπορείς να χρησιμοποιήσεις τη δραστηριότητα: Υλικό σημείο και θέση του I.P.</p> <p>Αντικαθιστώ τους όρους «αριστερά», «δεξιά» με πρόσημα (+, -). Δείχνω την οικονομία, την ακρίβεια και τη σαφήνεια του νέου συμβολισμού.</p> <p>Διαπιστώνουν στο συγκεκριμένο παράδειγμα την ανεπάρκεια της έννοιας της απόστασης για τον καθορισμό της θέσης ενός αντικειμένου.</p>	<p>Μελέτη εικόνας 2.5 <b>ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ: 1 (INTERACTIVE PHYSICS) ΣΗΜΕΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ</b></p> <p>Μελέτη εικόνας 2.6 Δραστηριότητα «Προσδιορισμός θέσης σώματος» από το βιβλίο του μαθητή <b>ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ: 2 (INTERACTIVE PHYSICS) ΥΛΙΚΟ ΣΗΜΕΙΟ και ΘΕΣΗ</b></p>
<p>Να ορίζουν την κίνηση ως την μεταβολή της θέσης.</p> <p>Να διακρίνουν τις έννοιες χρονική στιγμή και χρονικό διάστημα.</p> <p>Να μετρούν τη χρονική διάρκεια ενός φαινομένου με τη βοήθεια ενός χρονομέτρου.</p> <p>Να διακρίνουν την αρχή των χρόνων από το σημείο αναφοράς.</p>	<p>Αναφέρω παραδείγματα από την καθημερινή ζωή. Π.χ. αγώνες σκυταλοδρομίας, όπου μελετάμε την κίνηση του 3ου αθλητή (μηνδένιζουμε το χρονόμετρο όταν παίρνει τη σκυτάλη, ενώ τις θέσεις τις μετρούν από το σημείο αφετηρίας).</p> <p>Με χρήση μιας εικόνας, για παράδειγμα της 2.8 στο βιβλίο του μαθητή (δείχνονται θέσεις κινήτου και αντίστοιχες χρονικές στιγμές) ή προγραμματίωμεν προσομοίωση στο H/Y ή με τη βοήθεια συστημάτων MBL και αισθητήρα θέσης οι μαθητές συμπληρώνουν πίνακα τιμών θέσης, χρονικής στιγμής. Τοποθετούν τα αντίστοιχα σημεία ορθογώνιο σύστημα αξόνων (x, t).</p>	<p><b>ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ: 3 (INTERACTIVE PHYSICS) ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ</b></p>

		<b>Χρήση ΝΤΕ:</b> Μπορείς να χρησιμοποιήσεις τη δραστηριότητα: Θέση-χρονική στιγμή εικόνα 2.8 του Ι.Ρ. για να διευκολύνεις τη συζήτηση.		
<p>Να ορίζουν τη μετατόπιση. Να μετρούν και να υπολογίζουν τη μετατόπιση ενός σώματος. Να δείχνουν μέσω παραδειγμάτων ότι η μετατόπιση ενός σημείου πάνω σε μια ευθεία είναι ανεξάρτητη της επιλογής του σημείου αναφοράς.</p>	<p>Συζητώ την εικόνα 2.8 του βιβλίου</p>		<b>ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ: 4 (INTERACTIVE PHYSICS) ΣΗΜΕΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ</b>	
<p>Να διακρίνουν τις έννοιες «μήκος διαδρομής» και «μετατόπιση»</p>	<b>Χρήση ΝΤΕ:</b> Μπορείς να χρησιμοποιήσεις τη δραστηριότητα: Θέση-μετατόπιση του Ι.Ρ. για να διευκολύνεις τη συζήτηση.		Υπολογισμός της μετατόπισης και του μήκους της διαδρομής του πυραύλου στην εικόνα 2.10 του βιβλίου και της μέλισσας στην εικόνα 2.13 του βιβλίου.	
<p>Να ορίζουν τη μέση και τη στιγμιαία διανυσματική ταχύτητα και να προσδιορίζουν τα διανυσματικά χαρακτηριστικά της.</p>	<b>Χρήση ΝΤΕ:</b> Μπορείς να χρησιμοποιήσεις τη δραστηριότητα: Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ορισμός του Ι.Ρ. για να διευκολύνεις τη συζήτηση.		<b>ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ: 5 (INTERACTIVE PHYSICS) ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ</b>	
<p>Χρήση ΤΠΕ για τη διάκριση της γραφικής αναπαράστασης της κίνησης και της ακινησίας.</p>	Εργαστηριακή άσκηση «Κίνηση-Ακινησία» <b>Χρήση ΝΤΕ:</b> Μπορείς να χρησιμοποιήσεις τη δραστηριότητα: κίνηση-ακινησία-γραφική παράσταση του Ι.Ρ. για να διευκολύνεις τη συζήτηση.			
<p>Να περιγράφουν τις εξισώσεις των βασικών μεγεθών σε απλές περιπτώσεις ευθύγραμμης ομαλής κίνησης λεκτικά, με μαθηματικές εξισώσεις και με διαγράμματα.</p>	<b>Χρήση ΝΤΕ:</b> Μπορείς να χρησιμοποιήσεις τη δραστηριότητα: Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση –ορισμός του Ι.Ρ. για να διευκολύνεις τη συζήτηση.			

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ	ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
<p>Χρήση των ΤΠΕ για αντιμετώπιση της εννοιολογικής σύγχυσης γραφική αναπαράσταση κίνησης/τροχιάς</p>	<p>Επισημαίνω ότι η μελέτη μιας ευθύγραμμης ομαλής κίνησης απλουστεύεται, αν θεωρήσουμε ότι τη χρονική στιγμή <math>t=0</math> το σώμα βρίσκεται στη θέση μηδέν <math>x=0</math>, οπότε η μετατόπιση συμπίπτει με τη θέση του σώματος.</p> <p>Εξηγώ στους μαθητές ότι οι εξισώσεις των κινήσεων μας πληροφορούν πώς μεταβάλλονται τα μεγέθη που περιγράφουν την κίνηση (θέση, ταχύτητα, κτλ) σε συνάρτηση με το χρόνο. Καθοδηγώ τους μαθητές μέσω συγκεκριμένων αριθμητικών παραδειγμάτων να βρουν τις εξισώσεις κίνησης σωμάτων που εκτελούν ευθύγραμμη ομαλή κίνηση και να τις παραστήσουν γραφικά. Τους κατευθύνω να χρησιμοποιήσουν τα διαγράμματα θέσης– χρόνου και ταχύτητας–χρόνου για να απαντήσουν σε συγκεκριμένα ερωτήματα που αφορούν την κίνηση που μελετούν.</p> <p>Επισημαίνω τη χρησιμότητα της πολλαπλής διατύπωσης των νόμων μιας κίνησης: λεκτικά, με μαθηματικές εξισώσεις και με διαγράμματα.</p> <p><b>Χρήση ΝΤΕ:</b> Μπορείς να χρησιμοποιήσεις τη δραστηριότητα: Κίνηση και μετατόπιση του I.P. για να διευκολύνεις τη συζήτηση.</p>	
<p>Χρήση των ΤΠΕ για αντιμετώπιση της εννοιολογικής σύγχυσης γραφική αναπαράσταση κίνησης/τροχιάς</p>	<p>Εργαστηριακή άσκηση με χρήση ΤΠΕ «Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση»</p> <p><b>Χρήση ΝΤΕ:</b> Μπορείς να χρησιμοποιήσεις τη δραστηριότητα: Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση –ορισμός του I.P. για να διευκολύνεις τη συζήτηση.</p>	

## ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ: 1 (INTERACTIVE PHYSICS)

## ΣΗΜΕΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

## Έννοιες

Σημείο αναφοράς

## Η προσομοίωση

Στο φάκελο IP\_player άνοιξε το αρχείο: Σημείο αναφοράς

Στην οθόνη εμφανίζεται το σημείο αναφοράς (πινακίδα μπλε χρώματος), το σώμα (ένα σημείο)

Με το μεταβολέα μπλε χρώματος μπορείς να αλλάξεις τη θέση του σημείου αναφοράς (το σημείο από το οποίο θα μετράς)

Με τον μεταβολέα κόκκινου χρώματος τοποθετείς το σώμα σε διάφορες θέσεις.

Ο μετρητής μετράει την απόσταση από το σημείο αναφοράς.

Η προσομοίωση ξεκινά με το κουμπί «ΕΚΤΕΛΕΣΗ».

1. Αρχικά τοποθέτησε το σημείο αναφοράς.
2. Τοποθέτησε το σώμα και ξεκίνησε την προσομοίωση.
3. Μετακίνησε το σώμα δεξιά και αριστερά από το σημείο αναφοράς. Ο μετρητής της απόστασης σου δίνει κάθε φορά την απόσταση από το σημείο αναφοράς.
4. Πάτησε το κουμπί «επαναρρύθμιση». Τοποθέτησε το σώμα σε μια θέση και μέτρησε την απόσταση από το σημείο αναφοράς.

$X_1 =$  \_\_\_\_\_

Πάτησε το κουμπί «επαναρρύθμιση». Χωρίς να αλλάξεις τη θέση του σώματος, άλλαξε το σημείο αναφοράς. Πάτησε το κουμπί «ΕΚΤΕΛΕΣΗ» και μέτρησε ξανά την απόσταση του σημείου.

$X_2 =$  \_\_\_\_\_

## Μπορείς να σκεφτείς:

- Τοποθέτησε το σώμα μια θέση δεξιά από το σημείο αναφοράς στο πλέγμα και μέτρησε την απόσταση. Τοποθέτησε το σώμα στο πλέγμα μια θέση αριστερά από το σημείο αναφοράς και μέτρησε ξανά την απόσταση.
- Τι παρατηρείς;
- Επανάλαβε το ίδιο για δυο θέσεις δεξιά και αριστερά.
- Νομίζεις ότι η απόσταση αρκεί για να προσδιορίσει κάποιος την ακριβή θέση ενός σώματος;

## Σύνδεση με τα Μαθηματικά

- Θυμήσου από τα Μαθηματικά σου πώς περιγράφεις στην ευθεία των πραγματικών αριθμών το δεξιά και το αριστερά από το μηδέν.
- Σκέψου πώς θα μπορούσες να περιγράψεις το δεξιά και το αριστερά από το σημείο αναφοράς.

## ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ: 2 (INTERACTIVE PHYSICS)

## ΥΛΙΚΟ ΣΗΜΕΙΟ ΚΑΙ ΘΕΣΗ

## Έννοιες

Σημείο αναφοράς, υλικό σημείο, θέση

## Η προσομοίωση

Στο φάκελο IP\_player άνοιξε το αρχείο: Υλικό σημείο και θέση

Στην οθόνη εμφανίζεται το σημείο αναφοράς (πινακίδα μπλε χρώματος), το αυτοκίνητο (ένα σημείο).

Με το μεταβολέα μπλε χρώματος μπορείς να αλλάξεις τη θέση του σημείου αναφοράς (το σημείο από το οποίο θα μετράς).

Με το μεταβολέα κόκκινου χρώματος τοποθετείς το αυτοκίνητο σε διάφορες θέσεις.

Ο μετρητής μετράει τη θέση από το σημείο αναφοράς.

Η προσομοίωση ξεκινά με το κουμπί «εκτέλεση».

1. Αρχικά τοποθέτησε το σημείο αναφοράς.
2. Τοποθέτησε το αυτοκίνητο και ξεκίνησε την προσομοίωση.
3. Μετακίνησε το αυτοκίνητο δεξιά και αριστερά από το σημείο αναφοράς. Ο μετρητής της θέσης σου δίνει κάθε φορά τη θέση.
4. Πάτησε το κουμπί «επαναρύθμιση». Τοποθέτησε το αυτοκίνητο σε μια θέση και μέτρησε τη θέση του.

$$X_1 = \underline{\hspace{4cm}}$$

Πόση είναι η απόσταση του αυτοκινήτου από το σημείο αναφοράς;

$$d_1 = \underline{\hspace{4cm}}$$

Πάτησε το κουμπί «επαναρύθμιση». Χωρίς να αλλάξεις την θέση του σώματος, άλλαξε το σημείο αναφοράς. Πάτησε το κουμπί «εκτέλεση» και μέτρησε ξανά τη θέση του αυτοκινήτου.

$$X_2 = \underline{\hspace{4cm}}$$

Πόση είναι η απόσταση του αυτοκινήτου από το σημείο αναφοράς;

$$d_2 = \underline{\hspace{4cm}}$$

Η γλώσσα της καθημερινής μας εμπειρίας και τα Μαθηματικά

5. Τοποθέτησε το αυτοκίνητο μια θέση δεξιά από το σημείο αναφοράς στο πλέγμα και μέτρησε τη θέση του.

$$X_1 = \underline{\hspace{4cm}}$$

Πόση είναι η απόσταση του αυτοκινήτου από το σημείο αναφοράς;

$$d_1 = \underline{\hspace{4cm}}$$

6. Τοποθέτησε το σώμα στο πλέγμα μια θέση αριστερά από σημείο αναφοράς

και μέτρησε ξανά τη θέση και την απόστασή του από σημείο αναφοράς.

$X_2 =$  \_\_\_\_\_

$d_2 =$  \_\_\_\_\_

Τι παρατηρείς; Σύγκρινε τις δυο μετρήσεις. Σε ποιο συμπέρασμα καταλήγεις;

7. Επανάλαβε το ίδιο για δυο θέσεις δεξιά και αριστερά.
8. Με ποιο τρόπο αποδίδεται το δεξιά και αριστερά του σημείου αναφοράς;
9. Πώς περιγράφεται η θέση του αυτοκινήτου;

Ποια είναι η διαφορά θέσης-απόστασης; Ποιες επιπλέον πληροφορίες μπορούμε να αντλήσουμε από τη θέση και δεν μπορούμε από την μετατόπιση;

### **Εμπέδωσε τις γνώσεις σου**

1. Τοποθέτησε το αυτοκίνητο στη θέση  $-2$  m. Περιγράψε με τη γλώσσα της καθημερινής σου εμπειρίας τη θέση του αυτοκινήτου.
2. Μετακίνησε το σημείο αναφοράς δεξιά και αριστερά του αυτοκινήτου. Περιγράψε τη θέση του αυτοκινήτου με μαθηματικούς όρους.



## ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ: 3 (INTERACTIVE PHYSICS)

## ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ

Όνομα μαθητή:.....Τμήμα..... Ημερομηνία.....

## Έννοιες

Θέση, χρονική στιγμή

## Η προσομοίωση

Στο φάκελο IP\_player ανοίξε το αρχείο: Θέση χρονική στιγμή-εικόνα 2.8. Στην οθόνη εμφανίζεται το σημείο αναφοράς, Ο Τοτός (κόκκινος κύκλος). Με το μεταβολέα μπλε χρώματος μπορείς να αλλάξεις την κατεύθυνση του σημείου αναφοράς (Βορράς-Νότος, Ανατολή-Δύση).

Με το μεταβολέα κόκκινου χρώματος αλλάζεις την αρχική θέση του Τοτού.

Με το μεταβολέα της ταχύτητας μπορείς να αλλάξεις το πόσο γρήγορα κινείται ο Τοτός.

Ο μετρητής Θέσης-Χρόνου μετράει το χρόνο και τη θέση του Τοτού.

Η προσομοίωση ξεκινά με το κουμπί «**ΕΚΤΕΛΕΣΗ**».

1. Αρχικά τοποθέτησε το σημείο αναφοράς.
2. Τοποθέτησε τον Τοτό και ξεκίνησε την προσομοίωση.
3. Ρύθμισε την ταχύτητα του Τοτού.
4. Πάτησε το κουμπί «**ΕΚΤΕΛΕΣΗ**» για να ξεκινήσει η προσομοίωση.

Μόλις ολοκληρωθεί η προσομοίωση, συμπλήρωσε τον παρακάτω πίνακα.

Χρονική στιγμή	Θέση
0	
2	
4	
6	
8	
10	
12	
14	
16	

## Φυσική και Μαθηματικά

Στη συνέχεια να παραστήσεις τα σημεία σε  $(x, t)$  στο επίπεδο.

**ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ: 4 (INTERACTIVE PHYSICS)**  
**ΣΗΜΕΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ**

Όνομα μαθητή:.....Τμήμα..... Ημερομηνία.....

**Έννοιες**

Θέση, μετατόπιση, σημείο αναφοράς

**Η προσομοίωση**

Στο φάκελο IP\_player άνοιξε το αρχείο: Σημείο αναφοράς και μετατόπιση.

Στην οθόνη εμφανίζεται το σημείο αναφοράς, το αυτοκίνητο (σώμα).

Με το μεταβολέα μπλε χρώματος μπορείς να αλλάξεις τη θέση του σημείου αναφοράς.

Με τον μεταβολέα κόκκινου χρώματος αλλάζεις την αρχική θέση του αυτοκινήτου.

Με το μεταβολέα της ταχύτητας μπορείς να αλλάξεις το πόσο γρήγορα κινείται το αυτοκίνητο.

Ο μετρητής Θέσης μετράει το ".....", θέση, μετατόπιση.

Η προσομοίωση ξεκινά με το κουμπί «**εκτέλεση**».

1. Αρχικά τοποθέτησε το σημείο αναφοράς.
2. Καθόρισε την αρχική θέση του αυτοκινήτου και ρύθμισε την ταχύτητά του.
3. Πάτησε το κουμπί «**εκτέλεση**» για να ξεκινήσει η προσομοίωση.

Μόλις το αυτοκίνητο συναντήσει το πίσω εμπόδιο, σταμάτησε την προσομοίωση.

Συμπλήρωσε τον πίνακα.

Θέση σημείου αναφοράς:	
Αρχική θέση του αυτοκινήτου: $x_1$	
Θέση του αυτοκινήτου για $t=2$ s	
Μετατόπιση του αυτοκινήτου: $\Delta x$	

Επανάλαβε τα βήματα 2 και 3 και συμπλήρωσε τον πίνακα.

Θέση σημείου αναφοράς:	
Αρχική θέση του αυτοκινήτου: $x_1$	
Θέση του αυτοκινήτου για $t=2$ s	
Μετατόπιση του αυτοκινήτου: $\Delta x$	

Σύγκρινε τις μετατοπίσεις. Σε ποιο συμπέρασμα καταλήγεις;

4. Κάθε παρατηρητής μπορεί να ορίσει διαφορετικό σημείο ως αρχή του άξονα των θέσεων. Επομένως, κάθε παρατηρητής δίνει διαφορετική τιμή για τη θέση του κινητού. Ισχύει το ίδιο και για τη μετατόπιση του σώματος; Δώσε επαρκείς εξηγήσεις.

.....  
 .....

**ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ: 5 (INTERACTIVE PHYSICS)**  
**ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ**

Όνομα μαθητή:.....Τμήμα..... Ημερομηνία.....

**Μεγέθη και έννοιες που θα συναντήσεις**

Κίνηση-τροχιά-θέση-μετατόπιση-ταχύτητα

**Θα μάθεις...**

1. Ποιά σχέση συνδέει τη μετατόπιση του κινητού που κάνει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με το χρόνο.
2. Ποιά μορφή έχει το διάγραμμα x-t στην περίπτωση της ομαλής ευθύγραμμης κίνησης.

**Η προσομοίωση...**

1. Άνοιξε το αρχείο **«Ευθύγραμμη Ομαλή κίνηση»**.

Στην οθόνη φαίνεται ένα κόκκινο ορθογώνιο σώμα, το «κινητό», στην αρχή των αξόνων (θέση 0,0).

Με το μεταβολέα (πράσινο χρώμα) μπορείς να μεταβάλεις την ταχύτητα του κινητού, από  $-2$  m/s ως  $2$  m/s.

Ο χρονομετρητής μετράει το χρόνο της κίνησης του σώματος.

Όταν θέλουμε να σβήσουμε τα ίχνη που αφήνει το σώμα πατάμε πάνω στο κουμπί **«Αυτόματη εξάλειψη ίχνους»**.

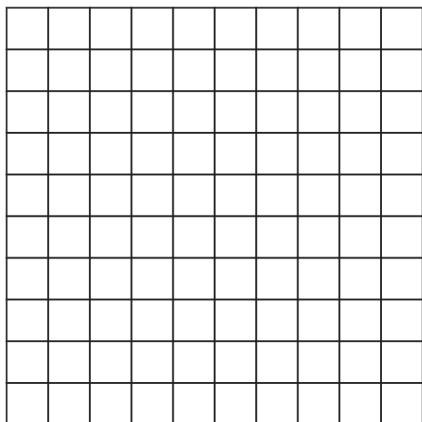
Η εκκίνηση του προγράμματος γίνεται με το κουμπί **«εκτέλεση»**.

2. Με την ταχύτητα στα  $2$  m/s (ρυθμίζεται με τον μεταβολέα της ταχύτητας) πάτα το κουμπί «εκτέλεση». Στην οθόνη φαίνονται τα ίχνη του σώματος σε ίσα χρονικά διαστήματα (κάθε  $1$  s).
  - α. Μέτρησε την απόσταση ανάμεσα σε δύο διαδοχικά ζεύγη ίχνων. Είναι ίσες αυτές οι αποστάσεις; ΝΑΙ-ΟΧΙ
  - β. Τα ίχνη του κινητού αποτυπώνονται κάθε  $2$  s. Από αυτή την πληροφορία να υπολογίσεις το μήκος στο οποίο αντιστοιχεί η πλευρά κάθε τετραγώνου στο πλέγμα της οθόνης.
3. Κάνε «κλικ» πάνω στο κουμπί **«εξάλειψη ίχνων»** και μετά στο κουμπί **«επαναρύθμιση»**.
4. Ρύθμισε την ταχύτητα του σώματος στα  $-2$  m/s και πάτησε το κουμπί **«εκκίνηση»**. Σημείωσε τις παρατηρήσεις σου.

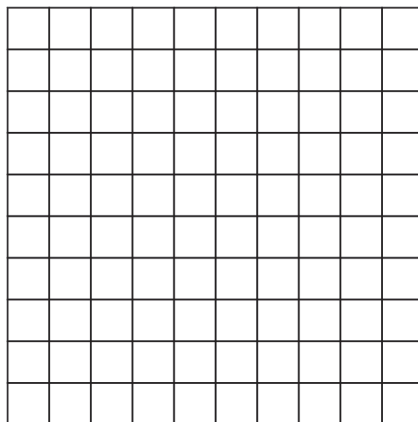
.....  
 .....

5. Να αποδώσεις γραφικά- στους ίδιους άξονες- τις σχέσεις θέση του κινητού – χρόνος και ταχύτητα- χρόνος για ορισμένη ταχύτητα (π.χ. 2 m/s).

x-t



υ-t



6. Πάτησε το κουμπί «επαναρρύθμιση», μετά το «εξάλειψη ίχνους» και, τέλος, το «**Ευθύγραμμη Ομαλή κίνηση a**». (Αν εμφανιστεί το ερώτημα «να γίνει αποθήκευση των αλλαγών στο ευθύγραμμη ομαλή κίνηση;»

Πάτα το **Όχι**

Στην οθόνη εμφανίζονται τα διαγράμματα x-t και υ-t για την τιμή υ=2 m/s.

Σύγκρινε τα διαγράμματα αυτά με τα διαγράμματα που κατασκεύασες.

**Και τώρα σκέψου κι αυτά...**

1. Μπορεί **το μέτρο** της ταχύτητας ενός σώματος να είναι  $-2$  m/s, δηλαδή να έχει αρνητική τιμή;
2. Θεωρήσαμε ότι τη χρονική στιγμή  $t_0=0$  το σώμα βρίσκεται στη θέση  $x_0=0$ . Θα ήταν λάθος αν λέγαμε ότι βρίσκεται στη θέση  $x=2$  m; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....  
 .....

## ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 3: ΔΥΝΑΜΕΙΣ

### Εισαγωγικό σημείωμα

Στην εισαγωγική συζήτηση του κεφαλαίου μπορώ να προκαλέσω το ενδιαφέρον των μαθητών δείχνοντας μια διαφάνεια ή την εικόνα του βιβλίου στην οποία παρουσιάζονται διαστημικά ταξίδια. Συζητώ με τους μαθητές για τις τεράστιες δυνάμεις που απαιτούνται για την ανύψωση των διαστημικών λεωφορείων, για τις δυνάμεις που συγκρατούν τους δορυφόρους και τους πλανήτες σε τροχιά γύρω από τον ήλιο και για τις δυνάμεις που συγκροτούν τα άτομα και τους πυρήνες τους.

### §3.1, 3.2 Η έννοια της δύναμης – Μέτρηση της δύναμης – Ο διανυσματικός χαρακτήρας της δύναμης – Είδη δυνάμεων

Οι δύο αυτές παράγραφοι αναφέρονται στην έννοια και τη μέτρηση της δύναμης, στο διανυσματικό της χαρακτήρα και στα είδη των δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ των σωμάτων. Περιγράφονται αναλυτικότερα οι ιδιότητες του βάρους και της τριβής. Δίνονται οδηγίες για το σχεδιασμό των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα.

### Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τις δυνάμεις

**Δύναμη:** Πολλοί μαθητές συχνά συνδέουν τη λέξη δύναμη με την ανθρώπινη δραστηριότητα, οπότε δυσκολεύονται να αποδεχτούν ότι τα άψυχα αντικείμενα, όπως το έδαφος, το πάτωμα, ο τοίχος, ασκούν δυνάμεις. Θεωρούν ότι αυτά τα αντικείμενα απλώς ανθίστανται ή εμποδίζουν άλλα αντικείμενα να πέσουν. Ιδιαίτερα δύσκολα οι μαθητές κατανοούν το διανυσματικό χαρακτήρα των δυνάμεων. Έχοντας συνηθίσει να εργάζονται με μονόμετρα αριθμητικά μεγέθη, έχουν την τάση να προσθέτουν τις δυνάμεις όπως τους αριθμούς.

**Δύναμη και κίνηση:** Πολλοί μαθητές πιστεύουν ότι:

- Αν ένα σώμα είναι ακίνητο, δεν ασκείται σ' αυτό δύναμη.
- Κάθε κίνηση προϋποθέτει την άσκηση μιας δύναμης κατά τη διεύθυνσή της.
- Η κίνηση με σταθερή ταχύτητα προϋποθέτει την άσκηση δύναμης στο σώμα.

Οι μαθητές δηλαδή διατηρούν την άποψη του Αριστοτέλη για την κίνηση. Προεκτείνοντας αυτή την άποψη, θεωρούν ότι η δύναμη που ασκείται σ' ένα σώμα είναι ανάλογη με την ταχύτητα του σώματος (και όχι της επιτάχυνσης).

- Η κίνηση πραγματοποιείται πάντοτε στη διεύθυνση της δύναμης.

**Βάρος:** Πολλοί μαθητές θεωρούν το βάρος ως ιδιότητα κάθε σώματος και όχι ως (βαρυτική) δύναμη που ασκείται από κάποιο άλλο σώμα, όπως η Γη.

Επίσης συχνά συγχέουν το βάρος με τη μάζα.

**Δράση-Αντίδραση:** Οι μαθητές δεν αντιμετωπίζουν πάντοτε τη δράση και την αντίδραση ως δυνάμεις αλληλεπίδρασης. Η δράση συχνά αναφέρεται ως κάποια μεταβολή που επηρεάζει ένα σώμα, ενώ η αντίδραση ως μια μεταβολή που προκύπτει ως αποτέλεσμα της δράσης. Οι μαθητές δεν κατανοούν ότι οι δυο δυνάμεις ασκούνται σε διαφορετικά σώματα. Ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα συχνά θεωρείται ως παράδειγμα ίσων και αντίθετων δυνάμεων που προκαλούν ισοροπία.

#### 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 Δάρδανος, Αθήνα 1998.  
R. Thornton. "Conceptual Dynamics", Thinking Physics for teaching, Carlo Bernardini, Plenum Press, New York, 1995.  
Χρήστος Ιωαννίδης και Στέλλα Βοσνιάδου, «Νοητικές αναπαραστάσεις των μαθητών για την έννοια της δύναμης», Αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου, Gutenberg, Αθήνα 1994.  
L. Viennot and S. Rozier. "Pedagogical outcomes of Research in science education: Examples in mechanics and thermodynamics", The content of science, The falmer Press, USA, 1995.

#### Σύνδεση με προηγούμενη γνώση

Στην κινηματική προβλήθηκε ο διανυσματικός χαρακτήρας της μετατόπισης, της ταχύτητας και της μεταβολής της ταχύτητας. Η μελέτη του διανυσματικού χαρακτήρα των μεγεθών αυτών εστιάστηκε κυρίως σε διανύσματα που βρίσκονται πάνω σε άξονα. Έτσι, η κατεύθυνση των διανυσμάτων αυτών καθορίζεται από το σχετικό προσανατολισμό τους ως προς τον άξονα πάνω στον οποίο βρίσκονται: Εκείνα που έχουν την ίδια κατεύθυνση με τη θετική κατεύθυνση του άξονα έχουν θετική τιμή (+) και τα άλλα αρνητική (-).

#### Στόχοι

Ο μαθητής να αποκτήσει την ικανότητα:

1. Να προσεγγίζει την έννοια της δύναμης μέσω των μεταβολών που προκαλεί στην κίνηση ή στο σχήμα των σωμάτων. Να φέρνει παραδείγματα σωμάτων πάνω στα οποία ενεργούν δυνάμεις.
2. Να περιγράφει την αλληλεπίδραση δύο σωμάτων προσδιορίζοντας τις δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους.
3. Να φέρνει παραδείγματα δυνάμεων επαφής και δυνάμεων που ενεργούν από απόσταση και να τις σχεδιάζει.
4. Να διατυπώνει το νόμο του Χουκ και να τον χρησιμοποιεί για να εξηγήσει τη λειτουργία των δυναμομέτρων.
5. Να περιγράφει τα χαρακτηριστικά της δύναμης της βαρύτητας και να την προσδιορίζει ως δύναμη που προκύπτει από τη βαρυτική αλληλεπίδραση της γης με τα διάφορα σώματα.

6. Να περιγράψει τα χαρακτηριστικά της δύναμης της τριβής και να τη σχεδιάζει σε συγκεκριμένες εφαρμογές.
7. Να σχεδιάζει τις δυνάμεις που ενεργούν σε ένα σώμα, σε συγκεκριμένες εφαρμογές.

### Διαθεματικές έννοιες

Η **αλληλεπίδραση** και η **μεταβολή** αποτελούν τις θεμελιώδεις έννοιες της διαθεματικής προσέγγισης του Δ.Ε.Π.Π.Σ που διατρέχουν τη μελέτη της δύναμης. Η δύναμη μελετάται ως αποτέλεσμα της **αλληλεπίδρασης** δύο ή περισσότερων σωμάτων, που προκαλεί τη μεταβολή της κινητικής κατάστασης ή του σχήματός τους. Όλες οι περιγραφές, οι δραστηριότητες και οι διδακτικές ενέργειες που αποσκοπούν στην κατανόηση ή τον λειτουργικό χειρισμό όλων των τύπων των δυνάμεων συνδέονται με την έννοια της αλληλεπίδρασης.

### Ενδεικτικά διδακτικά βήματα

#### Η έννοια της δύναμης – Μέτρηση της δύναμης – Ο διανυσματικός χαρακτήρας της δύναμης Στόχοι 1, 2, 3, 4

##### Η έννοια της δύναμης

Χρησιμοποιώ τις εικόνες της παραγράφου 3.1 του βιβλίου, απλές δραστηριότητες μέσα στην τάξη (μετακίνηση και παραμόρφωση αντικειμένων) και παραδείγματα από την καθημερινή ζωή και ζητώ από τους μαθητές να περιγράψουν καταστάσεις σωμάτων πάνω στα οποία ενεργούν δυνάμεις. Ο στόχος μου είναι να τους οδηγήσω σε έναν «αιτιοκρατικό» προσδιορισμό της έννοιας της δύναμης (δύναμη είναι το αίτιο ...).

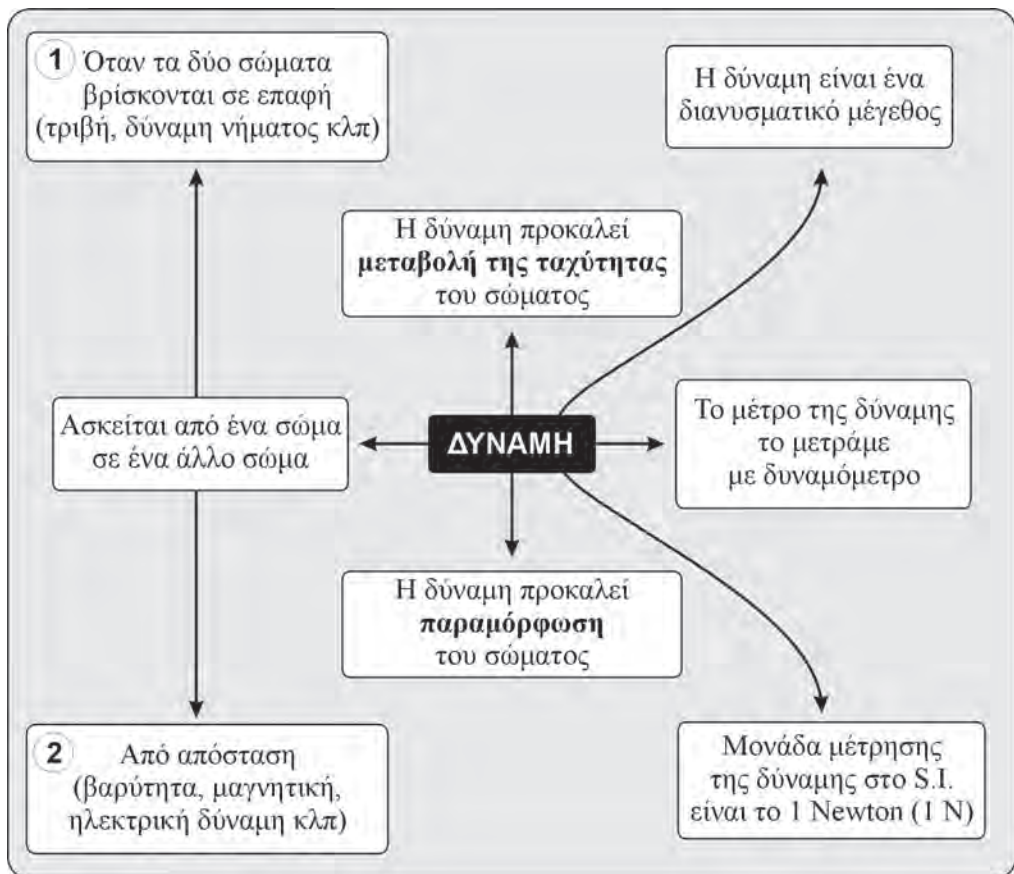
##### Μέτρηση της δύναμης – Νόμος του Hook

Η μέτρηση της δύναμης καλύτερα είναι να γίνει στο εργαστήριο, μέσω της αντίστοιχης εργαστηριακής άσκησης, ή με σχετικά πειράματα επίδειξης. Μπορώ να πραγματοποιήσω τον πειραματικό έλεγχο του νόμου του Hook και μέσα στην τάξη, ως πείραμα επίδειξης: Κρεμάω το ελατήριο από σταθερό σημείο (βλέπε εργαστηριακό οδηγό), σχεδιάζω τους άξονες δύναμης–επιμήκυνσης και τον πίνακα μετρήσεων στον πίνακα. Η επιμήκυνση του ελατηρίου επιτυγχάνεται με βαρίδια γνωστού βάρους. Οι μαθητές καταγράφουν τις μετρήσεις στο τετράδιό τους και σχεδιάζουν το σχετικό διάγραμμα. Στη συνέχεια, με βάση το διάγραμμα, προχωρούν στον υπολογισμό της σταθεράς του ελατηρίου. Τέλος, τους ζητώ να χρησιμοποιήσουν το ελατήριο και το διάγραμμα που έχουν σχεδιάσει για να υπολογίσουν το βάρος ενός σώματος που μπορούν να κρεμάσουν στο ελατήριο (για παράδειγμα ένα βιβλίο δεμένο με νήμα). Χρησιμοποιώ ένα δυναμόμετρο ή ένα ζυγό για να επιβεβαιώσω το αποτέλεσμα. Το πείραμα επίδειξης πραγματοποιείται με τη βοήθεια

φύλλου εργασίας, που έχω επιμεληθεί και μοιράσει στους μαθητές (μπορώ να χρησιμοποιήσω το φύλλο εργασίας της αντίστοιχης άσκησης του εργαστηριακού οδηγού).

Συνδέω το νόμο του Hook με την κατασκευή των δυναμομέτρων και των ζυγών. Προκαλώ συζήτηση με θέμα τη σχέση Φυσικής και Τεχνολογίας: Η Φυσική περιγράφει και αναλύει τα φυσικά φαινόμενα, ενώ η Τεχνολογία χρησιμοποιεί τα πορίσματα της Φυσικής (π.χ. το νόμο του Hook) για να κατασκευάζει συσκευές (δυναμόμετρα, ζυγούς), χρήσιμες στην καθημερινή μας ζωή (ζύγιση).

Ο **διανυσματικός χαρακτήρας της δύναμης** αφομοιώνεται από τους μαθητές μέσω απλών δραστηριοτήτων μέσα στην τάξη, όπως αυτές που περιγράφονται στο βιβλίο του μαθητή. Δείχνω στους μαθητές ότι είναι δυνατόν να εφαρμόζω σε ένα ακίνητο σώμα δυνάμεις ίδιου μέτρου και το σώμα να κινείται κάθε φορά σε διαφορετική κατεύθυνση. Έτσι, τους καθοδηγώ στην αποδοχή του διανυσματικού χαρακτήρα της δύναμης. Επιπρόσθετα μπορώ να τους δείξω σε διαφάνεια τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά της δύναμης, χρησιμοποιώντας ένα διάγραμμα εννοιών, όπως αυτό του πιο κάτω σχήματος.





**Είδη δυνάμεων – Βάρος και Τριβή – Σχεδιασμός δυνάμεων****Στόχοι 5, 6, 7**

Ως έναυσμα για τη μελέτη της βαρυτικής δύναμης χρησιμοποιώ τις σχετικές εικόνες της παραγράφου 3.2 του βιβλίου του μαθητή και απλές δραστηριότητες μέσα στην τάξη. Αφήνω μια κιμωλία να πέσει και ρωτώ τους μαθητές ποια κατά την άποψή τους είναι η δύναμη που προκαλεί την κίνησή της. Χρησιμοποιώ την αντίστοιχη εικόνα του βιβλίου του μαθητή και συνδέω τη διεύθυνση του βάρους με την κατακόρυφο κάθε τόπου. Επισημαίνω τη σχετικότητα των εκφράσεων «πάνω» και «κάτω».

Με απλές δραστηριότητες και εμπειρίες από την καθημερινή ζωή δείχνω ότι όταν δύο σώματα εφάπτονται, τότε, γενικά αναπτύσσονται μεταξύ τους δυνάμεις. Προσδιορίζω τα βασικά χαρακτηριστικά της τριβής ως δύναμης επαφής και τονίζω τη σημασία της με παραδείγματα από την καθημερινή ζωή. Ζητώ από τους μαθητές να αναφέρουν δραστηριότητες από την καθημερινή τους ζωή, που έχουν σχέση με την τριβή (γράφισμο με κιμωλία ή μολύβι, περπάτημα, φρενάρισμα αυτοκινήτου κτλ).

Οι μαθητές δυσκολεύονται να αναγνωρίσουν τις δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ άψυχων αντικειμένων, ιδιαίτερα όταν αυτά είναι ακίνητα (π.χ. θρανίο - έδαφος, τοίχος - ανεμόσκαλα).

Ταξινομώ τις δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ των σωμάτων σε δυνάμεις επαφής και δυνάμεις που ενεργούν από απόσταση. Χρησιμοποιώ πολλά παραδείγματα από την καθημερινή ζωή και τις προηγούμενες γνώσεις των μαθητών. Εισάγω την έννοια της αλληλεπίδρασης ως τη δράση δυνάμεων μεταξύ δύο σωμάτων.

Εξηγώ πώς σχεδιάζουμε τις δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα (από απόσταση και δυνάμεις επαφής). Ζητώ από τους μαθητές να επεξεργαστούν συγκεκριμένες εφαρμογές, με σώματα που έχουν βάρος, βρίσκονται πάνω σε επιφάνειες και είναι δεμένα με νήματα.

Ερωτήσεις: 1 – Εφαρμογές: 1, 2, 3, 4

**Ασκήσεις: 1****§3.3 Σύνθεση και ανάλυση δυνάμεων****§3.4, 3.5 Ισορροπία υλικού σημείου κάτω από τη δράση δυνάμεων****Εισαγωγικό σημείωμα**

Στην παράγραφο 3.3 εισάγεται η έννοια της συνισταμένης δύναμης, καθώς και η ανάλυση δύναμης σε συνιστώσες. Οι μαθητές πρέπει να αφομοιώσουν τις τεχνικές σύνθεσης και ανάλυσης δυνάμεων, ώστε να μπορούν στη συνέχεια να κατανοήσουν την έννοια της ισορροπίας και να επιλύουν απλά προβλήματα ισορροπίας υλικών σημείων, κάτω από τη δράση δυνάμεων. Στις παραγράφους 3.4 και 3.5 εισάγεται η έννοια της στατικής ισορροπίας υλικού σημείου και διατυπώνεται η συνθήκη ισορροπίας. Η συνθήκη ισορροπίας

μπορεί να συνδυαστεί με τη διεξαγωγή της εργαστηριακής άσκησης «Ισορροπία υλικού σημείου κάτω από τη δράση συγγραμμικών δυνάμεων», του εργαστηριακού οδηγού.

### **Στόχοι**

Ο μαθητής να αποκτήσει την ικανότητα:

1. Να μπορεί να σχεδιάζει τη συνισταμένη δύο δυνάμεων και να υπολογίζει το μέτρο της όταν οι δυνάμεις είναι συγγραμμικές και όταν έχουν κάθετες διευθύνσεις. Να μπορεί να αναλύει σχηματικά μια δύναμη σε δύο κάθετες συνιστώσες.
2. Να διατυπώνει τη συνθήκη ισορροπίας δυνάμεων ή υλικού σημείου και να τη χρησιμοποιεί στην επίλυση απλών προβλημάτων.

### **Ενδεικτικά διδακτικά βήματα**

Εισάγω την έννοια της συνισταμένης δυνάμεων, καθώς και την ανάλυση δύναμης σε συνιστώσες, με τη βοήθεια των εφαρμογών που περιγράφονται στο βιβλίο του μαθητή. Είναι σημαντικός στόχος να αποκτήσουν οι μαθητές την ικανότητα να σχεδιάζουν δυνάμεις υπό κλίμακα με υποδεκάμετρο και μοιρογνωμόνιο, ώστε να μπορούν να συνθέτουν και να αναλύουν δυνάμεις με γραφική μέθοδο. Για να πετύχω αυτό το στόχο, χρησιμοποιώ τις σχετικές εικόνες της παραγράφου 3.3 του βιβλίου του μαθητή και βοηθώ τους μαθητές να επεξεργαστούν αρκετές εφαρμογές, με τη μορφή φύλλων εργασίας μέσα στην τάξη. Όταν οι μαθητές καλούνται να αναλύσουν μια δύναμη σε κάθετες συνιστώσες, ο υπολογισμός των μέτρων των συνιστωσών πρέπει να γίνεται με το υποδεκάμετρο και την αντίστοιχη κλίμακα.

Για την αφομοίωση της έννοιας της συνισταμένης συγγραμμικών και κάθετων δυνάμεων πραγματοποιώ τη σχετική εργαστηριακή άσκηση είτε με τη μορφή πειράματος επίδειξης, (συνοδευόμενο από το υπάρχον στον εργαστηριακό οδηγό φύλλο εργασίας), είτε ως μετωπικό εργαστήριο. Με τη διεξαγωγή της οι μαθητές θα επιβεβαιώσουν τις αντίστοιχες μαθηματικές σχέσεις για την κάθε περίπτωση.

Εισάγω την έννοια της ισορροπίας σώματος, δείχνοντας διάφορα σώματα που ισορροπούν. Επισημαίνω, μέσω παραδειγμάτων, ότι κοινό χαρακτηριστικό των σωμάτων που ισορροπούν είναι η μηδενική συνισταμένη των δυνάμεων που ενεργούν πάνω τους. Επεκτείνω τη συνθήκη ισορροπίας δυνάμεων και στην περίπτωση της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης των σωμάτων, χρησιμοποιώντας νοητικά πειράματα (για παράδειγμα: Ποια δύναμη προκαλεί το μηδενισμό της ταχύτητας σώματος που αφήνουμε να κινηθεί πάνω σε οριζόντιο επίπεδο; Τι θα συμβεί αν το σώμα κινείται πάνω σε μια παγωμένη λίμνη με ελάχιστη τριβή; Τι θα συμβεί αν η τριβή είναι μηδέν;). Διατυπώνω τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα. Ζητώ από τους μαθητές να εφαρμόσουν τη συνθήκη ισορροπίας στην επίλυση απλών προβλημάτων. Τους επισημαίνω τη διαφορά μεταξύ της συνισταμένης ενός συνόλου δυνάμεων και της δύναμης που τις εξισορροπεί (είναι η αντίθετη της συνισταμένης τους).

Ερωτήσεις: 2, 3, 4 – Εφαρμογές: 5, 6, 7, 8, 9

**Ασκήσεις: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8**

### §3.6 Δύναμη και μεταβολή της ταχύτητας

### §3.7 Δύναμη και αλληλεπίδραση

#### Εισαγωγικό σημείωμα

Στις δύο αυτές παραγράφους αναπτύσσεται περιληπτικά και χωρίς να αναφέρονται πολλές εφαρμογές, ο 2ος και ο 3ος νόμος του Νεύτωνα. Οι νόμοι αυτοί θα διδαχτούν με αρκετές λεπτομέρειες στο Λύκειο. Γίνεται μια ποσοτική συσχέτιση της συνισταμένης δύναμης που ασκείται πάνω σε ένα σώμα με τη μεταβολή της ταχύτητάς του και εισάγεται η έννοια της αδράνειας και του μέτρου της, της μάζας του σώματος. Αναπτύσσεται σύντομα η σχέση μεταξύ βάρους του ενός σώματος και της μάζας του. Στη συνέχεια αναλύεται, μέσω παραδειγμάτων, η έννοια της αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο σωμάτων και η σχέση των δυνάμεων που ασκεί το ένα στο άλλο. Διατυπώνεται ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα.

#### Στόχοι

Ο μαθητής να αποκτήσει την ικανότητα:

1. Να υποστηρίζει μέσω παραδειγμάτων ότι η μεταβολή της ταχύτητας ενός σώματος είναι ανάλογη της συνισταμένης δύναμης που ασκείται σε αυτό.
2. Να προσεγγίζει μέσω παραδειγμάτων την έννοια της αδράνειας και να συσχετίζει την αδράνεια ενός σώματος με τη μάζα του.
3. Να διακρίνει τη μάζα από το βάρος και να γνωρίζει τη σχέση που συνδέει τα δύο αυτά μεγέθη.
4. Να συσχετίζει τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα με την έννοια της αλληλεπίδρασης δύο σωμάτων. Να χρησιμοποιεί παραδείγματα αλληλεπίδρασης σωμάτων για να δείχνει ότι οι δυνάμεις εμφανίζονται πάντοτε ως ζεύγη, που έχουν ίσα μέτρα και αντίθετες κατευθύνσεις.
5. Να σχεδιάζει τη δράση και την αντίδραση κατά την αλληλεπίδραση δύο σωμάτων, ως δύο δυνάμεις που ασκούνται σε διαφορετικά σώματα και να τις διακρίνει από δύο αντίθετες δυνάμεις, που ενεργούν σε ένα σώμα και προκαλούν την ισορροπία του.

#### Ενδεικτικά διδακτικά βήματα

Πραγματοποιώ όσο το δυνατόν περισσότερες δραστηριότητες μέσα στην τάξη και αναφέρομαι σε παραδείγματα από την καθημερινή ζωή, για να δείξω στους μαθητές ότι είναι εύλογο να **δεχθούμε** ότι η μεταβολή της ταχύτητας ενός σώματος είναι ανάλογη της συνισταμένης δύναμης που ασκείται πάνω του. Στη συνέχεια, πάλι μέσα από παραδείγματα, που έχουν κοινό παρονομαστή το αποτέλεσμα της δράσης κοινής (ίδιας) δύναμης σε διαφορετικά σώματα (οδοστρωτήρα – μικρό αυτοκίνητο, σιδερένια σφαίρα άθλησης – μπαλάκι του πινγκ πονγκ), εισάγω την έννοια της αδράνειας των σωμάτων και του μέτρου της, της μάζας. Πραγματοποιώ την πειραματική δραστηριότητα

που περιγράφεται στην παράγραφο 3.6 του βιβλίου του μαθητή. Σε αυτή επιδιώκω οι μαθητές να αφομοιώσουν ότι η μάζα είναι μέτρο της αδράνειας ενός σώματος. Αφήνω τη φαντασία των μαθητών να δουλέψει για να βρει λύση. Μια λύση είναι να φυσήξουν τα δύο κουτάκια με (σχεδόν) την ίδια δύναμη. Το άδειο θα κινηθεί, ενώ το γεμάτο θα παραμείνει σχεδόν ακίνητο.

Η διανυσματική σχέση μεταξύ της δύναμης και της μεταβολής της ταχύτητας που προκαλεί, μπορεί να γίνει κατανοητή από τους μαθητές, αν σε ένα αυτοκινητάκι που κινείται ομαλά, εξασκήσω σταθερή κατά μέτρο δύναμη και μεταβάλλω την κατεύθυνσή της (παράλληλα ή κάθετα). Οι μαθητές θα παρατηρήσουν ότι το αποτέλεσμα είναι διαφορετικό.

Εισάγω τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα και τη σχέση των δυνάμεων με τις οποίες αλληλεπιδρούν δύο σώματα, ως γενίκευση πειραματικών δραστηριοτήτων με δυναμόμετρα που πραγματοποιώ μέσα στην τάξη και παραδειγμάτων από την καθημερινή ζωή. Η διδασκαλία του τρίτου νόμου εμφανίζει σημαντικές δυσκολίες γιατί οι μαθητές εμφανίζουν στην πλειοψηφία τους ισχυρές εναλλακτικές απόψεις.

*Η ανάδειξη των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών για τη δράση – αντίδραση*

Ζητώ από τους μαθητές να πουν τι γνωρίζουν για τη δράση και την αντίδραση.

Διαλέγω δύο μαθητές διαφορετικών μαζών (έναν παχουλό, τον Α και ένα λεπτό, τον Β). Τους ζητώ να παίξουν τη διελκυστίνδα (να τραβά ο ένας τον άλλο παραμένοντας ακίνητοι). Ρωτώ γιατί οι δυο μαθητές παραμένουν ακίνητοι. Η απάντηση που πιθανότατα θα πάρετε είναι «διότι η δράση του Α είναι ίση με την αντίδραση του Β». Στη συνέχεια ζητώ από τους μαθητές Α και Β να ασκήσουν όλη τη δύναμή τους, ώστε να κινήσουν το συμμαθητή τους. Ρωτώ γιατί ο Α μαθητής κέρδισε τον Β. Η απάντηση πιθανότατα θα είναι «διότι η δράση του Α είναι μεγαλύτερη από την αντίδραση του Β».

Βοηθώ τους μαθητές να εξηγήσουν με βάση τον τρίτο και το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα τα αποτελέσματα της δραστηριότητας. Τους ζητώ να αναπαραστήσουν σχηματικά την αλληλεπίδραση των μαθητών Α και Β και να σχεδιάσουν τις δυνάμεις που ενεργούν στον καθένα τους.

Κατά τη διδασκαλία του τρίτου νόμου του Νεύτωνα, επιχειρώ να διευρύνω τη συζήτηση με τους μαθητές, ώστε να αναφέρουν αρκετά παραδείγματα αλληλεπίδρασης σωμάτων και να προσδιορίσουν σε κάθε περίπτωση τη δράση και την αντίδραση.

Ερωτήσεις: 5 – Εφαρμογές: 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18

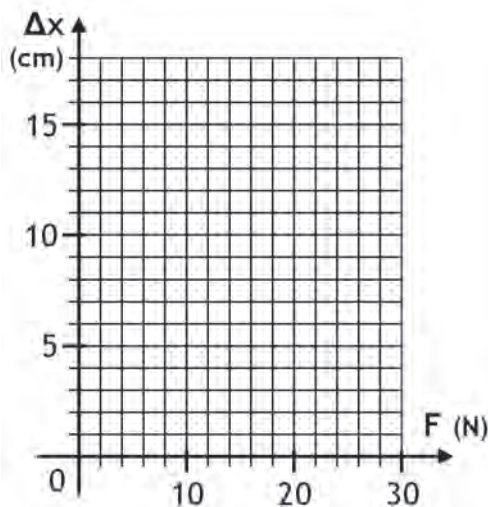
**Ασκήσεις: 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16**

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ  
ΜΕΤΡΗΣΗ ΔΥΝΑΜΗΣ

Όνομα μαθητή:.....Τμήμα..... Ημερομηνία.....

1. Συμπλήρωσε τον πίνακα μετρήσεων Α.
2. Σύμφωνα με τις τιμές του πίνακα Α, τοποθέτησε τα πειραματικά σημεία **επιμήκυνσης (Δx)–δύναμης (F)** στο εικονιζόμενο σύστημα ορθογωνίων αξόνων. Πριν τοποθετήσεις τα σημεία, βαθμονόμησε κατάλληλα τον άξονα της επιμήκυνσης (Δx).

ΠΙΝΑΚΑΣ Α			
Μάζα m Kg	Δύναμη F N, F=W=mg	Θέση του άκρου του ελατηρίου, x cm	Επιμήκυνση του ελατηρίου, Δx cm
0	0	20	0
0,5	5	26,2	
1		32,1	
1,5		37,9	
2		44	
2,5		50,2	
3		55,8	

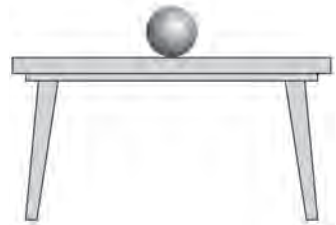


3. Χρησιμοποίησε το διάγραμμα που σχεδίασες για να υπολογίσεις το βάρος αντικειμένου, το οποίο όταν κρέμεται από το άκρο του ελατηρίου, του προκαλεί επιμήκυνση 14 cm. Το βάρος του αντικειμένου είναι: \_\_\_\_\_ N.

**ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 2**  
**ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΥΛΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ**

Όνομα μαθητή:.....Τμήμα..... Ημερομηνία.....

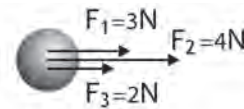
1. Το σφαιρίδιο που παριστάνεται στο σχήμα **ισορροπεί** πάνω σε οριζόντιο τραπέζι. Σχεδίασε τις **δυνάμεις** που ασκούνται σ' αυτό. Αν γνωρίζεις ότι το βάρος του σφαιριδίου είναι 1,5 N, να υπολογίσεις τη δύναμη που ασκεί το τραπέζι στο σφαιρίδιο.



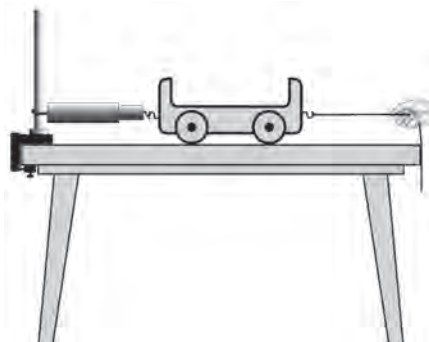
2. Άφησε το σφαιρίδιο να πέσει ελεύθερα. Σχεδίασε τις **δυνάμεις** που ασκούνται σ' αυτό τη στιγμή που ξεκινά την κίνησή του.



3. Υπολόγισε τη **συνισταμένη** των δυνάμεων που ασκούνται στο σφαιρίδιο, σε κάθε μια από τις εικονιζόμενες περιπτώσεις.



4. Το αμαξάκι που παριστάνεται στην εικόνα **ισορροπεί**. Σχεδίασε τις **δυνάμεις** που ασκούνται σ' αυτό. Αν το βάρος του είναι 2 N και η ένδειξη του δυναμομέτρου 8 N, υπολόγισε τη δύναμη που ασκείται στο αμαξάκι από το νήμα (**τάση του νήματος**) και από το οριζόντιο τραπέζι (**κάθετη αντίδραση**).



ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 3  
ΝΟΜΟΙ ΝΕΥΤΩΝΑ

Όνομα μαθητή:.....Τμήμα..... Ημερομηνία.....

1. Το αυτοκίνητο, που εικονίζεται στο σχήμα, κινείται σε οριζόντιο επίπεδο δρόμο. Ξαφνικά ο οδηγός σβήνει τη μηχανή του.

A. Σχεδίασε τις **δυνάμεις που ασκούνται στο αυτοκίνητο**.



B. Τι είδους κίνηση θα εκτελέσει το αυτοκίνητο μέχρι όπου σταματήσει; Γιατί συμβαίνει αυτό;

.....

Γ. Τι θα έπρεπε να συμβαίνει, ώστε το αυτοκίνητο να κάνει κίνηση ευθύγραμμη και ομαλή; [Χρησιμοποίησε τον πρώτο και το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα για να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.]

.....

.....

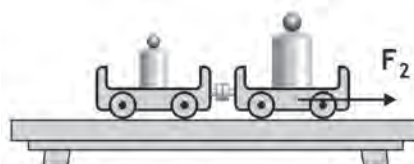
2. Τι πρέπει να συμβεί για να μεταβληθεί η ταχύτητα ενός κινούμενου αντικειμένου;
3. Ένα καρότσι μάζας  $m_1=2$  Kg και ένα άλλο μάζας  $m_2=4$  Kg κινούνται ευθύγραμμα και συγκρούονται μεταξύ τους.

α. Αν κατά τη σύγκρουση, το πρώτο καρότσι ασκεί στο δεύτερο τη δύναμη ( $F_2$ ) που εικονίζεται στο σχήμα, σχεδίασε τη δύναμη ( $F_1$ ) που ασκεί το δεύτερο στο πρώτο.

β. Το μέτρο της δύναμης  $F_2$  είναι 100 N. Πόσο είναι το μέτρο της  $F_1$ ;

γ. Ποιο από τα δύο καρότσια έχει μεγαλύτερη αδράνεια;

δ. Ποιανού καροτσιού η ταχύτητα μεταβάλλεται περισσότερο, στο ίδιο χρονικό διάστημα: Του πρώτου (μάζας 2 Kg) ή του δεύτερου (μάζας 4 Kg); [Αιτιολόγησε την απάντησή σου.]



## ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ (INTERACTIVE PHYSICS)

ΣΥΝΘΕΣΗ ΣΥΓΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ-  
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΥΛΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΥΓΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

Όνομα μαθητή:.....Τμήμα..... Ημερομηνία.....

**Μεγέθη και έννοιες που θα συναντήσεις**

Δύναμη-συγγραμμικές δυνάμεις-συνισταμένη δυνάμεων-συνιστώσες δυνάμεις.

**Θα μάθεις...**

1. Τι είναι τα υλικά σημεία.
2. Ποιες δυνάμεις ονομάζονται συγγραμμικές.
3. Να υπολογίζεις τη συνισταμένη συγγραμμικών δυνάμεων.
4. Ποια σχέση συνδέει τις δυνάμεις που ασκούνται σε ένα υλικό σημείο το οποίο ισορροπεί.

**Θυμήσου ότι:**

Λέμε ότι δύναμη ασκείται σ' ένα σώμα όταν αυτό παραμορφώνεται ή μεταβάλλεται η ταχύτητά του.

Η δύναμη είναι **διανυσματικό** μέγεθος, δηλαδή για να την προσδιορίσουμε χρειαζόμαστε, εκτός από το μέτρο, την κατεύθυνσή της ( ή, αλλιώς, τη διεύθυνση και τη φορά της).

Οι δυνάμεις- γενικότερα τα διανυσματικά μεγέθη – παριστάνονται με ένα βέλος. Η φορά του βέλους δείχνει την κατεύθυνση της δύναμης, ενώ το μήκος του βέλους δείχνει το μέτρο της.

Οι δυνάμεις οι φορείς των οποίων βρίσκονται στην ίδια ευθεία λέγονται **συγγραμμικές**. Οι συγγραμμικές δυνάμεις που έχουν την ίδια φορά λέμε ότι είναι **ομόρροπες**, αλλιώς λέμε ότι είναι **αντίρροπες**.

Οι δυνάμεις παριστάνονται με το σύμβολο  $\vec{F}$ , ενώ το μέτρο τους με το σύμβολο F.

Σε ένα σώμα μπορεί να ασκούνται ταυτόχρονα περισσότερες από μια δυνάμεις. Όποιο αποτέλεσμα επιφέρουν στο σώμα οι δυνάμεις αυτές μπορεί να επιτευχθεί με μια μόνο δύναμη, τη **συνισταμένη** τους.

Η διαδικασία με την οποία βρίσκουμε τη συνισταμένη λέγεται **σύνθεση** των δυνάμεων.

Σε όλες τις περιπτώσεις μπορούμε να γράψουμε για τη συνισταμένη  **$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 \dots$** . Στην περίπτωση των συγγραμμικών δυνάμεων και μόνο σε αυτή μπορούμε, επιπλέον, να γράψουμε  **$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 \dots$** .



Στη σχέση αυτή αντικαθιστούμε τις δυνάμεις με την **αλγεβρική τιμή** τους (προσδιορίζουμε μια φορά ως θετική. Όσες δυνάμεις έχουν αυτή τη φορά θεωρούνται θετικές, ενώ όσες έχουν την αντίθετη φορά θεωρούνται αρνητικές). Αυτό μας δίνει τη δυνατότητα να βρούμε τη φορά της συνισταμένης.

Τα σώματα που μας περιβάλλουν έχουν διαστάσεις. Μερικές φορές όμως οι διαστάσεις αυτές (συγκρινόμενες με τις αποστάσεις που μπαίνουν στο πρόβλημα που εξετάζουμε) είναι πολύ μικρές. Σε αυτή την περίπτωση μπορούμε να θεωρήσουμε ότι όλη η μάζα του σώματος είναι συγκεντρωμένη σε ένα σημείο και το σώμα χαρακτηρίζεται ως **υλικό σημείο** (ισοδύναμα χρησιμοποιούνται και οι όροι **σημειακή μάζα** ή **σωματίδιο**). Επισημαίνεται ότι ένα σώμα άλλοτε μπορεί να θεωρηθεί ως υλικό σημείο και άλλοτε ως σώμα που έχει διαστάσεις.

Τα υλικά σημεία μπορούν μόνο να μετατοπίζονται στο χώρο. Αντίθετα, τα σώματα που έχουν διαστάσεις εκτός από τη δυνατότητά τους να μετατοπίζονται έχουν και τη δυνατότητα να αλλάζουν προσανατολισμό.

Αν οι δυνάμεις που ασκούνται σε ένα υλικό σημείο έχουν συνισταμένη ίση με μηδέν, η ταχύτητά του μένει σταθερή, δηλαδή ή μένει ακίνητο ή κάνει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Και στις δυο περιπτώσεις λέμε ότι **ισορροπεί**.

## Η προσομοίωση...

### 1. Άνοιξε το αρχείο «Ισορροπία».

Στην οθόνη εμφανίζεται ένα σωματίδιο ( $\Sigma$ ) που ισορροπεί με την επίδραση των δυνάμεων που ασκούν μέσω τροχαλιών τα σώματα Α, Β και Γ και της δύναμης που ασκεί μια ράβδος που συνδέεται με το σωματίδιο.

Με τους μεταβολείς που υπάρχουν στην επιφάνεια εργασίας μπορούμε να ρυθμίζουμε τη μάζα του σώματος του αντίστοιχου χρώματος (ΠΡΟΣΟΧΗ! Δε μεταβάλλουμε τη μάζα του ίδιου σώματος, δεν μπορούμε να κάνουμε κάτι τέτοιο. Κάθε φορά που μεταβάλλουμε τη μάζα είναι σαν να τοποθετούμε ένα νέο σώμα.)

Οι μετρητές που βρίσκονται στην οθόνη δείχνουν ποια δύναμη ασκεί το αντίστοιχο σχοινί στο  $\Sigma$ .

Το διάνυσμα που εμφανίζεται όταν «τρέχει» το πρόγραμμα είναι η δύναμη που ασκεί η ράβδος, δηλαδή το αντίθετο της συνισταμένης των δυνάμεων που ασκούν τα σχοινιά στο σώμα.

### 2. Δώσε τυχαίες τιμές στις μάζες των σωμάτων και πάτησε το κουμπί «**εκτέλεση**» και αμέσως μετά το κουμπί «**επαναρρύθμιση**». Σημείωσε στον πίνακα τις τιμές των δυνάμεων $F_A$ , $F_B$ , $F_\Gamma$ και $F_{ολ}$ .

1	2	3	4	5
α/α μέτρησης	$F_A$ (N)	$F_B$ (N)	$F_T$ (N)	$F_{ολ}$ (N)
1				
2				
3				
4				

3. Επανάλαβε το βήμα 2 άλλες τρεις φορές και καταχώρισε στον πίνακα τις τιμές των δυνάμεων. Φρόντισε κάθε φορά να παίρνεις διαφορετικές τιμές για τις μάζες των Α, Β και Γ.

4. Σχεδίασε με κλίμακα τις δυνάμεις που δέχεται το σωματίδιο Σ καθώς και τα σώματα Α, Β και Γ. (Χρησιμοποίησε τα δεδομένα της πρώτης μέτρησης).

5. Συμπίπτει το μέτρο της δύναμης που ασκεί το σκοινί στο σώμα Α με το βάρος του σώματος; Είχες προβλέψει το αποτέλεσμα;

.....

.....

.....

.....

6. Πάτησε το κουμπί «ισορροπία α». Στο ερώτημα «να αποθηκευτούν οι αλλαγές στο Ισορροπία 5;» πάτησε το ΟΧΙ.

Στην οθόνη εμφανίζεται η προηγούμενη διάταξη, χωρίς τη ράβδο αυτή τη φορά.

Δώσε τυχαίες τιμές στις μάζες των σωμάτων Α, Β και Γ. Ισορροπεί τώρα το σωματίδιο; Αν η απάντησή σου είναι αρνητική, προς ποια κατεύθυνση θα κινηθεί;

Πάτησε το κουμπί «**εκτέλεση**» για να ελέγξεις την ορθότητα της πρόβλεψής σου

7. Συμπίπτει τώρα η δύναμη που ασκεί το σχοινί στο σώμα Α. με το βάρος του; Μπορούσες να προβλέψεις αυτό το αποτέλεσμα; Πώς;

.....

.....

.....

.....

**Και τώρα σκέψου κι αυτά...**

1. Υπάρχει κάποια από τις μετρήσεις σου που δείχνει ότι δεν μπορούμε να αντικαταστήσουμε τη ράβδο με ένα σκοινί; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

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

2. Τα σώματα στην προσομοίωση ήταν δεμένα στο σκοινί της τροχαλίας από το γεωμετρικό κέντρο τους. Θα μπορούσαμε να τα στηρίξουμε και οποιοδήποτε άλλο σημείο;

## ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 4: ΠΙΕΣΗ

### Εισαγωγικό σημείωμα

Εισάγεται η έννοια της πίεσης που ασκείται από ρευστά ή στερεά σώματα πάνω σε επιφάνειες άλλων σωμάτων με τα οποία βρίσκονται σε επαφή.

#### *Σύνδεση με προηγούμενη γνώση*

Χρησιμοποιούνται προηγούμενες έννοιες της μηχανικής, όπως η δύναμη, η πυκνότητα, το βάρος και η επιτάχυνση της βαρύτητας.

Η εισαγωγική συζήτηση προσαρμόζεται στα ενδιαφέροντα των μαθητών και αναφέρεται σε παραδείγματα από την καθημερινή ζωή, όπως γιατί φοράμε χιονοπέδιλα στο χιόνι, γιατί η πινέζα έχει αυτό το σχήμα, πώς λειτουργεί το σταγονόμετρο, καθώς επίσης και σε μερικά παράδοξα, όπως το κρεβάτι του φακίρη με τα καρφιά, το παιδί που στέκεται πάνω στα αυγά και το τενεκάκι που «τσαλακώνεται» όταν ψυχθεί απότομα.

### ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΑΠΟΦΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΩΣΗ

**Πίεση:** Έχει παρατηρηθεί ότι πολλοί μαθητές εμφανίζουν τις ακόλουθες εναλλακτικές απόψεις σχετικά με την έννοια της πίεσης:

- Συγχέουν την πίεση με τη δύναμη. Ενώ οι περισσότεροι θεωρούν ότι η πίεση αυξάνεται με το βάθος, δεν θεωρούν ότι η δύναμη που προκαλείται από την πίεση έχει το ίδιο μέτρο προς όλες τις κατευθύνσεις (μέσα στο νερό ή στον αέρα). Αντίθετα πιστεύουν ότι μεγαλύτερη δύναμη ασκείται προς τα κάτω.
- Συνδέουν την πίεση με την ποσότητα του υγρού. Θεωρούν ότι σε ίδιο βάθος η πίεση είναι μεγαλύτερη στη θάλασσα από ό,τι σε μια πισίνα με θαλασσινό νερό.
- Δεν αντιλαμβάνονται την έννοια της ατμοσφαιρικής πίεσης.
- Δεν συνδέουν την πίεση με τη βαρύτητα. Θεωρούν ότι η βαρύτητα δεν έχει σχέση με την πίεση.
- Δεν διακρίνουν τη διαφορά μεταξύ της ατμοσφαιρικής πίεσης και της πίεσης που έχει ένα αέριο μέσα σε κλειστό δοχείο.
- Θεωρούν ότι στον ατμοσφαιρικό αέρα δεν υπάρχει άνωση.
- Πολλές φορές συγχέουν την ατμοσφαιρική πίεση με τον άνεμο θεωρώντας ότι η πίεση ασκείται στην κατεύθυνση του ανέμου.

**Άνωση:** Η αρχή του Αρχιμήδη για την άνωση δύσκολα γίνεται κατανοητή από τους μαθητές. Γνωρίζουν από την εμπειρία τους ότι το φαινόμενο βάρος μέσα στο νερό είναι μικρότερο εκείνου στον αέρα, αλλά δεν κατανοούν τη σχέση ανάμεσα στην άνωση και στη μεταβολή του φαινομένου βάρους.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. R. Duit and P. 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.

#### **Στόχοι**

Οι μαθητές:

1. Να εξοικειωθούν με την έννοια της πίεσης και να τη διακρίνουν από τη δύναμη.
2. Να είναι σε θέση να υπολογίζουν την πίεση αν γνωρίζουν τη δύναμη και την επιφάνεια πάνω στην οποία ασκείται.
3. Να ερμηνεύουν την υδροστατική πίεση ως αποτέλεσμα της βαρύτητας.
4. Να διατυπώνουν και να εφαρμόζουν το νόμο της υδροστατικής πίεσης.
5. Να επιβεβαιώνουν πειραματικά ότι η υδροστατική πίεση εξαρτάται από την πυκνότητα και το ύψος του υγρού.
6. Να υποστηρίζουν με επιχειρήματα ότι ο αέρας έχει μάζα και βάρος.
7. Να εξηγούν την προέλευση της ατμοσφαιρικής πίεσης.
8. Να προσδιορίζουν τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ατμοσφαιρική πίεση.
9. Να διακρίνουν τη διαφορά μεταξύ της ατμοσφαιρικής πίεσης και της πίεσης που ασκεί αέρας «εγκλωβισμένος» σε ένα δοχείο.
10. Να διατυπώνουν την αρχή του Πασκάλ και να την εφαρμόζουν στη λειτουργία του υδραυλικού πιεστηρίου.
11. Να διατυπώνουν την αρχή του Αρχιμήδη και να την εφαρμόζουν στην περιγραφή των φαινομένων της πλεύσης και της βύθισης στερεών σωμάτων σε υγρά.

#### **Διαθεματικές έννοιες**

Η αλληλεπίδραση και η μεταβολή αποτελούν τις θεμελιώδεις έννοιες της διαθεματικής προσέγγισης του Δ.Ε.Π.Σ που διατρέχουν τη μελέτη της πίεσης και της άνωσης. Η άνωση μελετάται ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης δύο σωμάτων. Η πλεύση προκύπτει ως κατάσταση ισορροπίας από την αλληλεπίδραση του στερεού με το υγρό εντός του οποίου βρίσκεται.

## Ενδεικτικά διδακτικά βήματα

**Εισαγωγή της έννοιας της πίεσης – Υπολογισμός της πίεσης σε επιφάνεια πάνω στην οποία ασκείται δύναμη**

### Στόχοι 1 και 2

Προκαλώ το ενδιαφέρον των μαθητών δείχνοντας μια διαφάνεια ή την εικόνα του βιβλίου στην οποία παρουσιάζονται ο χιονοδρόμος ή οι πατούσες του ελέφαντα. Ζητώ από τους μαθητές να περιγράψουν φαινόμενα όπως αυτά, χρησιμοποιώντας την έννοια της πίεσης, με τη σημασία που έχει στην καθημερινή γλώσσα. Εισάγω την έννοια της πίεσης στο πλαίσιο της γλώσσας της Φυσικής και τη χρησιμοποιώ για να περιγράψω τα ίδια φαινόμενα. Προσπαθώ να ανιχνεύσω και να άρω τις σχετικές με την πίεση παρανοήσεις των μαθητών.

Παραδείγματα από την καθημερινή ζωή, που μπορώ να χρησιμοποιήσω για να αναδείξω την αναγκαιότητα του ορισμού της πίεσης και να προχωρήσω στην ερμηνεία τους είναι: η μορφή και η χρήση της πινέζας, της βεντούζας, των χιονοπέδλων και των φαρδίων λάστιχων των βαρέων οχημάτων αυτοκινήτων, καθώς και τις εικόνες 4.1 και 4.2.

Μπορώ επίσης να εξηγήσω πώς ο φακίρης μπορεί και κάθετα σε κρεβάτι με καρφιά. Κατά την εισαγωγή και εφαρμογή της έννοιας της πίεσης τονίζω ιδιαίτερα τη διαφορά μεταξύ των μεγεθών δύναμη και πίεση.

Αξιοποιώ την πειραματική δραστηριότητα της παραγράφου για να κατανοήσουν οι μαθητές ότι με την ίδια δύναμη που ασκείται στο έδαφος (αντίθετη του βάρους) ασκείται διαφορετική πίεση, όταν η επιφάνεια επαφής είναι διαφορετική (στήριξη στα δύο ή στο ένα πόδι). Συζητώ με τους μαθητές για την κατασκευή των μαχαιριών, για τα πέλματα του ελέφαντα, τα στηρίγματα της σεληνακάτου και τις ερπύστριες της μπουλντόζας.

Είναι δύσκολο να απαντήσουμε στο ερώτημα γιατί η πίεση είναι μονόμετρο μέγεθος αφού η δύναμη είναι διανυσματικό. Το μόνο που μπορούμε να πούμε είναι ότι η πίεση ορίζεται ως το πηλίκο του **μέτρου της δύναμης** (και όχι της δύναμης) που ασκείται κάθετα στην επιφάνεια, προς το εμβαδό της επιφάνειας. Όταν μιλήσουμε για την υδροστατική πίεση, οι μαθητές θα βοηθηθούν να απαντήσουν στο ερώτημα αυτό, διαπιστώνοντας την ανεξαρτησία της πίεσης από τον προσανατολισμό της μανομετρικής κάψας.

Ερωτήσεις: 1.1, 2.1 – Εφαρμογές: 1, 2, 3

**Υδροστατική πίεση – Νόμος της υδροστατικής πίεσης – Μέτρηση της υδροστατικής πίεσης**

### Στόχοι 3, 4, 5

Η δραστηριότητα «Υδάτινες τροχιές» δίνει μια πρώτη διαισθητική εντύπωση της αύξησης της πίεσης με το βάθος του υγρού. Από τρύπα μεγαλύτερου βάθους το νερό εκτοξεύεται στον ίδιο χρόνο σε μεγαλύτερη (οριζόντια) απόσταση. Μπορούμε να υποθέσουμε ότι αιτία του φαινομένου είναι η αύξηση της πίεσης με το βάθος εντός του υγρού.

Για να δείξω πώς μπορεί να προκύψει ο νόμος της υδροστατικής πίεσης θεωρητικά, χρησιμοποιώ έναν κυλινδρικό ογκομετρικό κύλινδρο, μέσα στον οποίο ρίχνω νερό. Ζητώ από τους μαθητές να υπολογίσουν την πίεση που ασκεί το βάρος του νερού στην οριζόντια επιφάνεια του πυθμένα του κυλίνδρου. Γενικεύω τη σχέση που προκύπτει και διατυπώνω το νόμο της υδροστατικής. Τονίζω ότι η υδροστατική πίεση οφείλεται στο βάρος του υγρού. Ζητώ να εφαρμόσουν το νόμο της υδροστατικής σε αριθμητικά παραδείγματα, καθώς και να υπολογίσουν την υδροστατική πίεση που ασκεί στήλη νερού ορισμένου ύψους στον πυθμένα της, όταν βρίσκεται στην επιφάνεια της Γης και όταν η ίδια στήλη τοποθετηθεί στην επιφάνεια της Σελήνης.

Η ανίχνευση των ιδιοτήτων της υδροστατικής πίεσης πραγματοποιείται με την εκτέλεση της αντίστοιχης εργαστηριακής άσκησης. Πριν από την πραγματοποίηση του πειράματος εξηγώ στους μαθητές τη λειτουργία του μανομέτρου. Για καλύτερη εποπτεία των ενδείξεων του μανομέτρου, χρωματίζω το νερό με μια σταγόνα  $\text{KMnO}_4$  και γεμίζω τον υοειδή σωλήνα μέχρι την ένδειξη μηδέν.

Αν η εργαστηριακή άσκηση δεν μπορεί πραγματοποιηθεί σε μετωπικό εργαστήριο, μπορεί να γίνει πείραμα επίδειξης και οι μαθητές να συμπληρώσουν με συζήτηση μέσα στην τάξη τα αντίστοιχα φύλλα εργασίας.

### **Εφαρμογές της υδροστατικής πίεσης**

Δείχνω στους μαθητές ένα σύνολο συγκοινωνούντων δοχείων και τους ζητώ να εξηγήσουν γιατί η ελεύθερη επιφάνεια του νερού βρίσκεται στο ίδιο ύψος. Μπορώ επίσης να τους ζητήσω να περιγράψουν τη λειτουργία των αρτεσιανών πηγαδιών.

Ερωτήσεις: 1.2, 2.2 – Εφαρμογές: 4, 5

**Ασκήσεις: 1, 2, 3**

### **Ατμοσφαιρική πίεση – Το πείραμα του Τορικήλι – Πώς λειτουργούν τα βαρόμετρα**

#### **Στόχοι 6, 7, 8, 9**

Υπενθυμίζω στους μαθητές ότι η υδροστατική πίεση οφείλεται στο βάρος των υγρών. Στη συνέχεια ζητώ από τους μαθητές να σκεφτούν αν ο ατμοσφαιρικός αέρας έχει βάρος και αν ασκεί πίεση. Τους ζητώ να υποστηρίξουν τις απόψεις τους με παραδείγματα και επιχειρήματα. Ζητώ από τους μαθητές να σκεφτούν και να συγκρίνουν, κάνοντας ένα νοητικό πείραμα, τις ενδείξεις ενός ζυγού πάνω στον οποίο τοποθετώ διαδοχικά ένα κλειστό δοχείο κενό από αέρα και το ίδιο δοχείο μέσα στο οποίο περιέχεται αέρας.

Ζητώ να υπολογίσουν το βάρος του αέρα που υπάρχει στην αίθουσα, αν θεωρήσουμε ως γνωστό ότι  $1\text{m}^3$  αέρα ζυγίζει  $1,25\text{ Kg}$ .

Μπορώ να τους δείξω με μια πειραματική δραστηριότητα ότι ο αέρας είναι ρευστό και μπορεί να μεταγγιστεί από το ένα δοχείο στο άλλο. Σε μια λεκάνη με νερό βυθίζω δύο ποτήρια ανάποδα. Το πρώτο έτσι ώστε να μείνει μέσα σε αυτό ο αέρας που περιέχει,

ενώ το άλλο να είναι γεμάτο με νερό. Βάζοντας προσεκτικά το ένα ποτήρι πάνω από το άλλο μπορώ να μεταγγίσω τον αέρα από το ένα ποτήρι στο άλλο.

Το σταγονόμετρο και το τρυπημένο μπουκάλι που δεν τρέχει νερό είναι δραστηριότητες που μπορούν να λειτουργήσουν ως έναυσμα για την εισαγωγή στην ατμοσφαιρική πίεση. Μπορώ επίσης να αξιοποιήσω τη δραστηριότητα της εικόνας 4.12 και το «ακόνισε το μυαλό σου» για την εισαγωγή της έννοιας της ατμοσφαιρικής πίεσης. Εξηγώ στους μαθητές ότι όταν ρουφάμε χυμό με το καλαμάκι, η πίεση μέσα στο καλαμάκι γίνεται μικρότερη από την ατμοσφαιρική. Το υγρό ανεβαίνει στο καλαμάκι λόγω της διαφοράς της πίεσης του αέρα στην ανοιχτή επιφάνεια του υγρού και στο εσωτερικό του καλαμακιού.

Όταν αφαιρούμε τον αέρα από ένα χάρτινο δοχείο με ένα καλαμάκι, η πίεση στο εσωτερικό του δοχείου γίνεται μικρότερη της ατμοσφαιρικής. Επομένως, οι δυνάμεις από το εξωτερικό του κουτιού προς το εσωτερικό είναι μεγαλύτερες και το κουτί συρρικνώνεται προς τα μέσα.

Περιγράφω το πείραμα του Τορικόλι. Ζητώ από τους μαθητές να εξηγήσουν πώς είναι δυνατόν να ισορροπεί η στήλη του υδραργύρου. Τους ρωτώ να σκεφτούν τι θα συνέβαινε αν αντί για υδράργυρο χρησιμοποιήσω νερό. Τους κατευθύνω στον υπολογισμό της ατμοσφαιρικής πίεσης μέσω της υδροστατικής πίεσης που ασκεί στην επιφάνεια της λεκάνης η στήλη του υδραργύρου ή του νερού. Περιγράφω την αρχή λειτουργίας των μανομέτρων για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης.

Κατά τη συζήτηση της ατμοσφαιρικής πίεσης μπορώ να πραγματοποιήσω και κάποια από τα παρακάτω πειράματα επίδειξης.

Σε μια σφαιρική φιάλη του ενός λίτρου βάζουμε λίγο νερό και το θερμαίνουμε μέχρι αυτό να αρχίσει να βράζει. Απομακρύνουμε τη φιάλη από την εστία θέρμανσης και περνάμε στο στόμιό της το στόμιο ενός μπαλονιού. Σε λίγο θα δούμε το μπαλόνι να μπαίνει και να φουσκώνει μέσα στη φιάλη. Ζητάμε από τους μαθητές να περιγράψουν και να εξηγήσουν το φαινόμενο.

[Καθώς η φιάλη ψύχεται, η πίεση στο εσωτερικό της γίνεται μικρότερη της ατμοσφαιρικής. Ο ατμοσφαιρικός αέρας πιέζει τα τοιχώματα του μπαλονιού με μεγαλύτερη δύναμη απ' ό,τι ο αέρας στο εσωτερικό της φιάλης. Έτσι το μπαλόνι σπρώχνεται στο εσωτερικό της φιάλης από τον ατμοσφαιρικό αέρα].

Στη συνέχεια θερμαίνουμε ξανά τον αέρα, μέχρι το μπαλόνι να φουσκώσει έξω από τη φιάλη. Ζητάμε ξανά από τους μαθητές να περιγράψουν το φαινόμενο και να προσπαθήσουν να το εξηγήσουν. Επίσης τους ζητάμε να το συσχετίσουν με άλλα φαινόμενα, όπως για παράδειγμα τη λειτουργία της αναπνοής, την τσιχλόφουσκα κτλ.

Σε μια σφαιρική φιάλη ενός λίτρου βάζουμε λίγο νερό και το θερμαίνουμε μέχρι να εξατμιστεί. Μετά απομακρύνουμε τη φιάλη από την εστία θέρμανσης. Στη συνέχεια κλείνουμε το στόμιο της φιάλης με ένα πλαστικό πώμα το οποίο φέρει ακροφύσιο. Βυθίζουμε το στόμιο της φιάλης σε μια λεκάνη με χρωματισμένο νερό. Σε λίγο ένας υπέροχος πίδακας νερού δημιουργείται μέσα στη φιάλη.



[Η ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της λεκάνης είναι μεγαλύτερη από την πίεση του αέρα στο εσωτερικό της φιάλης].

Ζητάμε από τους μαθητές να ερμηνεύσουν το φαινόμενο, χρησιμοποιώντας την έννοια της πίεσης του αέρα και της διαφοράς πιέσεων.

Εντυπωσιακά είναι και τα πειράματα επίδειξης με τη χρήση της αντλίας κενού. Αν διαθέτουμε αντλία κενού, μπορούμε να φουσκώσουμε ένα μισοφουσκωμένο μπαλόνι που τοποθετούμε στον κώδωνα της αντλίας, να βράσουμε νερό σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, να δείξουμε το πείραμα με τα ημισφαίρια του Μαγδεμβούργου κτλ.

### **Ατμοσφαιρική πίεση και πίεση αερίου σε κλειστό δοχείο**

Οι μαθητές πρέπει να διακρίνουν την ατμοσφαιρική πίεση, από την πίεση που ασκεί ένα αέριο στα τοιχώματα του δοχείου, μέσα στο οποίο είναι εγκλωβισμένο. Η πίεση που ασκεί ένα εγκλωβισμένο αέριο είναι αποτέλεσμα των συγκρούσεων των μορίων του αερίου με τα τοιχώματα του δοχείου. Η πίεση ενός αερίου εξαρτάται από το πλήθος των μορίων ανά μονάδα όγκου και την ταχύτητα των μορίων, δηλαδή από την πυκνότητα και τη θερμοκρασία του αερίου. Αντίθετα, η ατμοσφαιρική πίεση οφείλεται στο βάρος της γήινης ατμόσφαιρας.

*Ποιες είναι οι ακραίες τιμές της πίεσης;*

Η μικρότερη πίεση που μπορεί να φανταστεί κανείς είναι το μηδέν, αλλά η μεγαλύτερη δείχνει να μην έχει ορισμένη τιμή. Σε τι θα αντιστοιχίσουμε μια μηδενική τιμή πίεσης; (Στο απόλυτο κενό). Τι θα περιόριζε τις μέγιστες πιέσεις; (Η ικανότητά μας να ασκούμε μεγάλες δυνάμεις σε πολύ μικρές επιφάνειες). Μια από τις εφαρμογές των πολύ υψηλών πιέσεων αφορά στην παραγωγή τεχνητών διαμαντιών.

*Πώς λειτουργεί η υδραυλική αντλία;*

*Ζητώ από τους μαθητές να σκεφτούν: α) σε ποιο μέγιστο ύψος μπορώ να ανυψώσω το νερό από την επιφάνεια της θάλασσας με μια απλή υδραυλική αντλία, β) ποιες είναι δύο σημαντικές ομοιότητες μεταξύ υδροστατικής και ατμοσφαιρικής πίεσης; (Και οι δύο οφείλονται στο βάρος των ρευστών και αυξάνονται με το “βάθος”).*

Εφαρμογές: 6, 7,

**Ασκήσεις: 4**

### **Μετάδοση των πιέσεων στα ρευστά – Αρχή του Πασκάλ**

#### **Στόχος 10**

Η αρχή του Πασκάλ μπορεί να γίνει κατανοητή μόνο μέσω παραδειγμάτων και εφαρμογών. Οι δύο πειραματικές δραστηριότητες της παραγράφου προσφέρονται προς αυτή την κατεύθυνση.

Χρησιμοποιώ την εικόνα 4.18 του υδραυλικού πιεστηρίου και τη σχηματοποιώ στον πίνακα ή σε διαφάνεια. Εφαρμόζω την αρχή του Πασκάλ για να δείξω ότι αν και η πίεση του υγρού είναι η ίδια, οι δυνάμεις που ασκούνται από αυτό στα έμβολα είναι διαφορετικές. Ζητώ από τους μαθητές να εφαρμόσουν την αρχή του Πασκάλ σε αριθμητικά παραδείγματα. Περιγράψω την αρχή λειτουργίας των υδραυλικών πιεστηρίων και αναφέρω εφαρμογές τους, γνωστές από την καθημερινή ζωή.

#### **Ασκήσεις: 4**

### **Άνωση – Αρχή του Αρχιμήδη – Πλεύση των σωμάτων**

#### **Στόχος 11**

Θυμίζω στους μαθητές τις έννοιες της πυκνότητας, της δύναμης και της ισορροπίας σώματος, που έχουν διδαχτεί και που θα χρησιμοποιήσουν σ' αυτή την παράγραφο.

Ζητώ από τους μαθητές να σκεφτούν ποια δύναμη μας βοηθά να επιπλέουμε στο νερό, ποια δύναμη μας εμποδίζει να βυθίσουμε μια μπάλα στη θάλασσα και ποια δύναμη επιτρέπει στα πλοία να επιπλέουν.

Ζητώ από τους μαθητές να μελετήσουν τις εικόνες 4.21 και 4.22 και τις σχηματοποιώ στον πίνακα ή σε διαφάνεια. Τους θυμίζω τις ιδιότητες της υδροστατικής πίεσης και τους κατευθύνω να συμπεράνουν ότι κάθε σώμα βυθισμένο σε υγρό πρέπει να δέχεται από αυτό δύναμη αντίθετης κατεύθυνσης με το βάρος του, που την ονομάζουμε άνωση. Ζητώ από τους μαθητές να υπολογίσουν την άνωση που δέχεται κύλινδρος βυθισμένος σε υγρό. Γενικεύω το αποτέλεσμα και διατυπώνω την αρχή του Αρχιμήδη. Τονίζω ότι η άνωση είναι αποτέλεσμα της αύξησης της υδροστατικής πίεσης με το βάθος και ότι είναι ανεξάρτητη από το σχήμα και το βάρος του βυθισμένου σώματος.

Οι ιδιότητες της άνωσης ανιχνεύονται πειραματικά με τη διεξαγωγή της αντίστοιχης εργαστηριακής άσκησης. Αν η εργαστηριακή άσκηση δεν μπορεί πραγματοποιηθεί σε μετωπικό εργαστήριο, κάνω πείραμα επίδειξης και οι μαθητές συμπληρώνουν με συζήτηση μέσα στην τάξη το σχετικό φύλλο εργασίας.

#### **Παρατήρηση**

Στη διατύπωση της αρχής του Αρχιμήδη προτείνεται η άνωση να συνδεθεί με τον όγκο του μέρους του σώματος που είναι βυθισμένο στο υγρό και στη συνέχεια αυτός ο όγκος να εξισωθεί με τον όγκο του υγρού (ή αερίου) που εκτοπίζει το σώμα. Υπενθυμίζουμε ότι οι μαθητές δύσκολα κατανοούν αυτή τη σχέση και ότι πολύ συχνά απομνημονεύουν την αρχή του Αρχιμήδη (η άνωση ισούται με το βάρος του υγρού που εκτοπίζει το σώμα), χωρίς όμως να μπορούν να την αξιοποιήσουν με επιτυχία στις εφαρμογές.

Εισάγω τους μαθητές στο πρόβλημα της πλεύσης ενός στερεού σώματος σε υγρό, ζητώντας τους να το αντιμετωπίσουν ως πρόβλημα ισορροπίας. Χρησιμοποιώ κατάλληλη εικόνα και μέσω φύλλου εργασίας τους ζητώ να σχεδιάσουν και να συγκρίνουν τις

δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα που είναι εξ ολοκλήρου βυθισμένο σε υγρό και κινείται προς την επιφάνεια του υγρού και στη συνέχεια σε ένα άλλο που βυθίζεται στο υγρό. Εφαρμόζοντας την αρχή του Αρχιμήδη και τις σχέσεις πυκνότητας – όγκου κτλ, θα οδηγηθούν στις συνθήκες πλεύσης.

Τονίζω ότι για σώματα που περιέχουν κοιλότητες, όπως τα πλοία, η μέση πυκνότητά τους δεν ισούται με την πυκνότητα του υλικού κατασκευής τους.

### *Ο κολυμβητής του Καρτέσιου*

Γεμίζουμε εντελώς μια μεγάλη πλαστική φιάλη με νερό. Σ' ένα μικρό σταγονόμετρο ή δοκιμαστικό σωλήνα βάζουμε τόσο νερό ώστε μόλις να επιπλέει όταν το αναποδογυρίζουμε μέσα στο νερό της φιάλης. Τότε, κλείνουμε τη φιάλη αεροστεγώς. Όταν πιέζουμε τα τοιχώματα της φιάλης, το σταγονόμετρο (ή ο δοκιμαστικός σωλήνας) βυθίζεται. Όταν τα αφήνουμε επανέρχεται στην κορυφή. Καλέστε τους μαθητές να εξηγήσουν τη συμπεριφορά του “κολυμβητή”.

[Όταν πιέζετε τα τοιχώματα, η πίεση μεταδίδεται σε όλα τα σημεία του υγρού, οπότε εισρέει νερό στο μπουκαλάκι, αυξάνεται το βάρος του το οποίο γίνεται μεγαλύτερο από την άνωση και το μπουκαλάκι βυθίζεται]

Η άνωση μας δίνει την ευκαιρία να επανέλθουμε στον 3ο Νόμο του Νεύτωνα. Οι πειραματικές δραστηριότητες που αναφέρονται στον εργαστηριακό οδηγό θα βοηθήσουν τους μαθητές μέσω της διαδικασίας της γνωστικής σύγκρουσης να εφαρμόσουν την αρχή της δράσης – αντίδρασης μέσω της δύναμης της άνωσης.

Θα πρέπει να τονίσουμε στους μαθητές ότι η άνωση ασκείται και από τον ατμοσφαιρικό αέρα στα σώματα που βρίσκονται μέσα σε αυτόν. Η συνθήκη ανύψωσης ενός αερόστατου μπορεί και εδώ να συζητηθεί μέσα από τη σχέση βάρους – άνωσης και μέσα από τη σχέση των πυκνοτήτων του ατμοσφαιρικού αέρα και του αέρα μέσα στο αερόστατο. Μπορούμε να τους ρωτήσουμε για το ρόλο που παίζει η φωτιά στο αερόστατο.

Η ανύψωση των μπαλονιών που περιέχουν ήλιο μπορεί να εξηγηθεί ευκολότερα. [Το ήλιο έχει μικρότερη πυκνότητα από τον αέρα και έτσι το μπαλόνι με ήλιο ανυψώνεται. Αντίθετα, όταν αφήσουμε ελεύθερο ένα μπαλόνι φουσκωμένο με αέρα, πέφτει στο έδαφος. Αυτό οφείλεται στο ότι ο αέρας μέσα στο μπαλόνι λόγω της συμπίεσης που υφίσταται, έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από τον ατμοσφαιρικό αέρα που περιβάλλει το μπαλόνι].

Ερωτήσεις: 3, 4, 5, 6 – Εφαρμογές: 8, 9, 10, 11, 12, 13

**Ασκήσεις: 6, 7, 8, 9**

## ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1

## ΠΙΕΣΗ

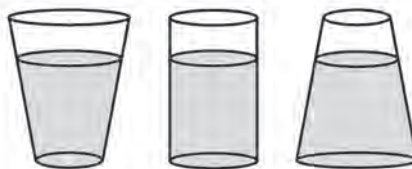
Όνομα μαθητή:.....Τμήμα..... Ημερομηνία.....

1. Να χαρακτηρίσεις τις επόμενες προτάσεις με το Σ αν το περιεχόμενό τους είναι επιστημονικά ορθό και με το Λ αν είναι επιστημονικά λανθασμένο.

α. Η υδροστατική πίεση στο ίδιο βάθος του ίδιου υγρού είναι ίδια στη Γη και στη Σελήνη.

β. Η υδροστατική πίεση, που ασκείται σε σώμα βυθισμένο σε υγρό, οφείλεται στη βαρύτητα. Δίνεται από τον τύπο:  $P_{υδρ} = d \cdot g \cdot h$ , όπου  $d$  είναι η πυκνότητα του υγρού,  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας και  $h$  το βάθος από την επιφάνεια του υγρού.

2. Τα τρία δοχεία που εικονίζονται στο σχήμα περιέχουν νερό. Το ύψος της ελεύθερης επιφάνειας του νερού από τον πυθμένα του δοχείου είναι  $h=0,2$  m, σε κάθε δοχείο.



α. Πόση είναι η υδροστατική πίεση στον πυθμένα κάθε δοχείου; Σε ποιο δοχείο είναι μεγαλύτερη;

β. Το εμβαδόν του πυθμένα του δοχείου Α είναι  $20 \text{ cm}^2$ , του Β  $50 \text{ cm}^2$  και του Γ  $100 \text{ cm}^2$ . Πόση είναι η δύναμη που ασκείται στον πυθμένα κάθε δοχείου λόγω της υδροστατικής πίεσης; Στον πυθμένα ποιου δοχείου ασκείται η μεγαλύτερη δύναμη;

3. Αν ο Τορικόλι πραγματοποιούσε το πείραμά του με νερό αντί για υδράργυρο, ποιο θα ήταν το αντίστοιχο ύψος της στήλης του νερού μέσα στο σωλήνα; Κάνε σχετικό σχήμα. [Η πυκνότητα του υδραργύρου είναι  $d_{υδρ}=13600 \text{ Kg/m}^3$  και του νερού  $1000 \text{ Kg/m}^3$ .]

4. Το κυλινδρικό δοχείο, που εικονίζεται στο σχήμα, περιέχει νερό και φράσσεται με κινούμενο έμβολο. Το εμβαδόν της κυλινδρικής διατομής του δοχείου είναι  $A=600 \text{ cm}^2$  και το ύψος του νερού από τον πυθμένα  $1$  m. Πάνω στο έμβολο τοποθετούμε σώμα βάρους  $W=700 \text{ N}$ . Πόση είναι η συνολική δύναμη που ασκείται στον πυθμένα του δοχείου;

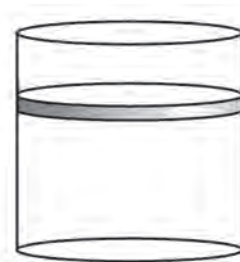


## ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 2

## ΑΝΩΣΗ

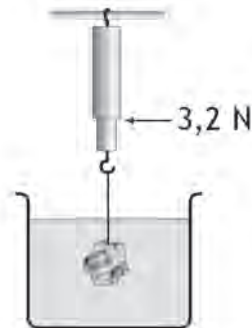
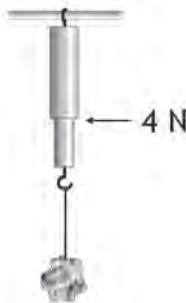
Όνομα μαθητή:.....Τμήμα..... Ημερομηνία.....

1. Το κυλινδρικό δοχείο που εικονίζεται στο σχήμα, περιέχει αέρα και κλείνει αεροστεγώς με κινούμενο έμβολο. Η διάμετρος του εμβόλου είναι 20 cm. Βυθίζουμε το δοχείο στη θάλασσα, σε βάθος 50 m. Η πυκνότητα του νερού της θάλασσας είναι  $1020 \text{ Kg/m}^3$ . Η ατμοσφαιρική πίεση είναι  $P_{\text{ατμ}}=1000 \text{ Pa} \cdot g=10 \text{ m/s}^2$ .



- α. Πόση είναι η πίεση της θάλασσας στο έμβολο του δοχείου;
- β. Πόση είναι ολική πίεση στο έμβολο του δοχείου;
- γ. Πόση δύναμη ασκείται στην εξωτερική επιφάνεια του εμβόλου;
- δ. Δεδομένου ότι το έμβολο ισορροπεί, πόση είναι η πίεση του αέρα μέσα στο δοχείο;  
Αν τοποθετήσουμε το δοχείο στην επιφάνεια του εδάφους, πόση είναι η μάζα του σώματος που πρέπει να τοποθετήσουμε πάνω στο έμβολο, ώστε να πετύχουμε την ίδια πίεση;

2. Δένουμε στην άκρη του δυναμομέτρου μια πέτρα και την αφήνουμε να ισορροπήσει, όπως δείχνει το διπλανό σχήμα. Στη συνέχεια βυθίζουμε την πέτρα μέσα στο νερό. Η πυκνότητα του νερού είναι  $1.000 \text{ Kg/m}^3$ . Με βάση τα δεδομένα που φαίνονται στο σχήμα, να υπολογίσεις:



- α. Την άνωση που δέχεται η πέτρα από το νερό.
- β. Τον όγκο της πέτρας.
- γ. Την πυκνότητα της πέτρας.

Κάτω από ποιες προϋποθέσεις μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την παραπάνω διαδικασία για να μετρήσουμε την πυκνότητα ενός στερεού σώματος;

[ $1 \text{ cm}^3=10^{-6} \text{ m}^3$ ,  $g=10 \text{ m/s}^2$ ].

## ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 5: ΕΡΓΟ – ΕΝΕΡΓΕΙΑ

### Εισαγωγικό σημείωμα

Η εισαγωγική συζήτηση προσαρμόζεται στα ενδιαφέροντα των μαθητών και αναφέρεται σε παραδείγματα από την καθημερινή ζωή, όπως η παραγωγή ενέργειας στα εργοστάσια της ΔΕΗ, η ενέργεια που ακτινοβολεί ο ήλιος, η ενέργεια που απαιτείται στις διάφορες φάσεις ενός διαστημικού ταξιδιού.

### Εναλλακτικές απόψεις των μαθητών

#### Έργο

Έχει παρατηρηθεί ότι πολλές φορές οι μαθητές χρησιμοποιούν τις εκφράσεις:

- ✓ Το σώμα έχει έργο.
- ✓ Το έργο είναι ενέργεια.
- ✓ Όταν κρατώ ακίνητο ένα αντικείμενο, παράγω έργο γιατί κουράζομαι.
- ✓ Έργο και ενέργεια είναι εκφράσεις του ίδιου πράγματος.

Επίσης: Επειδή ο ορισμός του έργου περιέχει δύο διανυσματικά μεγέθη, δύναμη και μετατόπιση, οι μαθητές συχνά θεωρούν ότι το έργο είναι διανυσματικό μέγεθος.

#### Ενέργεια

Η έννοια της ενέργειας, επειδή είναι αφηρημένη, δύσκολα προσεγγίζεται από τους μαθητές. Πολλές φορές οι μαθητές ισχυρίζονται ότι:

- ✓ Ένα ακίνητο σώμα δεν μπορεί να έχει ενέργεια.
- ✓ Η ενέργεια στην ερμηνεία φαινομένων συγχέεται με τη δύναμη.
- ✓ Όταν ένα σώμα σταματά να κινείται, η ενέργεια που είχε χάνεται.

Η εξάρτηση της κινητικής ενέργειας από το τετράγωνο της ταχύτητας δύσκολα γίνεται κατανοητή από τους μαθητές. Επίσης, πολλοί μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν τη μεταβολή της δυναμικής και της κινητικής ενέργειας και δείχνουν απροθυμία να χρησιμοποιήσουν τη γενική και κάπως αφηρημένη αρχή διατήρησης της ενέργειας ως εργαλείο για την επίλυση των προβλημάτων.

#### Ισχύς

Η έννοια της ισχύος, ως ρυθμός παραγωγής έργου δύσκολα γίνεται κατανοητή από τους μαθητές, ενώ οι έννοιες του έργου και της ισχύος συχνά συγχέονται. Τέλος, οι μαθητές συχνά θεωρούν ότι οι μηχανές παράγουν περισσότερο έργο από την ενέργεια που προσφέρεται σ' αυτές.

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. R. Duit and P. 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.
3. Α. Κασσέτας, «Το Μήλο και το Κουάρκ», Εκδόσεις Σαββάλας, Αθήνα 2004.

### Στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να προσδιορίζουν τις προϋποθέσεις κάτω από τις οποίες μια δύναμη παράγει έργο.
2. Να αποκτήσουν την ικανότητα να υπολογίζουν το έργο που παράγεται από σταθερή δύναμη.
3. Να αποκτήσουν την ικανότητα να υπολογίζουν το έργο μιας δύναμης με διαφορετική κατεύθυνση από τη μετατόπιση του σώματος.
4. Να μπορούν να συσχετίζουν το παραγόμενο έργο με τη μεταφερόμενη ενέργεια σε ένα σώμα.
5. Να μπορούν να διακρίνουν την κινητική από τη δυναμική ενέργεια.
6. Να είναι σε θέση να υπολογίζουν τη δυναμική ενέργεια λόγω βάρους και την κινητική ενέργεια ενός κινούμενου σώματος.
7. Να εξηγούν πώς μετατρέπεται η κινητική ενέργεια σε δυναμική και αντίστροφα, ώστε η ολική μηχανική ενέργεια να διατηρείται σταθερή, να διατυπώνουν το θεώρημα διατήρησης της μηχανικής ενέργειας και να αναγνωρίζουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες ισχύει.
8. Να είναι σε θέση να εφαρμόζουν το θεώρημα διατήρησης της μηχανικής ενέργειας στην επίλυση απλών προβλημάτων.
9. Να αναφέρουν άλλες μορφές ενέργειας εκτός της μηχανικής και να τις συσχετίζουν με συγκεκριμένα φαινόμενα. Να περιγράφουν τις μετατροπές ενέργειας σε συγκεκριμένα φαινόμενα.
10. Να επεκτείνουν τη διατήρηση της μηχανικής ενέργειας σε μια γενική αρχή διατήρησης της ενέργειας, την οποία να εφαρμόζουν στην ποιοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων απλών πειραμάτων και φαινομένων.
11. Κατά τη λειτουργία μιας μηχανής, να εφαρμόζουν την αρχή διατήρησης της ενέργειας και να διακρίνουν τη συνολική ενέργεια από τη χρήσιμη ενέργεια, μέσω της έννοιας της απόδοσης.
12. Να διατυπώνουν τον ορισμό της ισχύος και να υπολογίζουν σε παραδείγματα την ισχύ μιας μηχανής ή μιας δύναμης. Να διακρίνουν την ισχύ από το έργο και από την ενέργεια.

**Διαθεματικές έννοιες**

Το σύστημα, η μεταβολή και η διατήρηση αποτελούν τις θεμελιώδεις έννοιες της διαθεματικής προσέγγισης του Δ.Ε.Π.Π.Σ που διατρέχουν τη μελέτη της ενέργειας. Η ενέργεια εισάγεται ως ποσότητα που διατηρείται κατά τις μεταβολές που συμβαίνουν σε ένα σύστημα σωμάτων.

**Ενδεικτικά διδακτικά βήματα****Έργο σταθερής δύναμης – Εφαρμογές****Στόχοι 1, 2, 3, 4**

Χρησιμοποιώ παραδείγματα από την καθημερινή ζωή για να δείξω την αναγκαιότητα της εισαγωγής της έννοιας του έργου δύναμης (για παράδειγμα ρωτώ τους μαθητές τι επιδιώκουν οι αθλητές ή οι αθλήτριες της άρσης βαρών σ' έναν αγώνα άρσης βαρών: Να ανυψώσουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βάρος, ασκώντας δύναμη τουλάχιστον ίσου μέτρου, στο μεγαλύτερο δυνατό ύψος).

Στον ορισμό του έργου σταθερής δύναμης τονίζω ότι η δύναμη είναι σταθερή και έχει την ίδια διεύθυνση με τη μετατόπιση. Ζητώ από τους μαθητές να διεκπεραιώσουν αριθμητικά παραδείγματα, που καλύπτουν όλες τις περιπτώσεις παραγωγής έργου σταθερής δύναμης.

Αξιοποιώ την πειραματική δραστηριότητα «Έργο δύναμης». Για να κινείται το κιβώτιο με σταθερή ταχύτητα, θα πρέπει να ασκείται μέσω του δυναμομέτρου δύναμη ίσου μέτρου και αντίθετης κατεύθυνσης από τη δύναμη της τριβής.

Τονίζω ότι το έργο εκφράζει τη μεταφορά (μηχανικής) ενέργειας. Συνεπώς το έργο και η ενέργεια έχουν την ίδια μονάδα, το Joule.

Διευρύνω την έννοια της δυναμικής ενέργειας, πέρα της βαρυτικής, σε οποιαδήποτε περίπτωση ασκείται δύναμη σ' ένα σώμα. Επισημαίνω με αριθμητικά παραδείγματα και χρησιμοποιώντας τις αντίστοιχες εικόνες του βιβλίου την εξάρτηση της κινητικής ενέργειας από το τετράγωνο της ταχύτητας.

Τονίζω ότι η μηχανική ενέργεια ενός σώματος διατηρείται μόνον όταν πάνω του ενεργούν δυνάμεις ορισμένου είδους (για παράδειγμα δεν διατηρείται όταν ασκούνται δυνάμεις τριβής).

**Κινητική – Δυναμική – Μηχανική ενέργεια****Στόχοι 5, 6**

Συνδέω την έννοια της ενέργειας ενός σώματος και τον υπολογισμό της με το έργο των δυνάμεων που ασκούνται πάνω του ή με το έργο των δυνάμεων που ασκεί σε κάποιο άλλο σώμα όταν αλληλεπιδρά με αυτό. Διακρίνω την ενέργεια λόγω της κίνησης από



την ενέργεια λόγω της θέσης ή της κατάστασης ενός σώματος που ενεργούν πάνω του δυνάμεις και ορίζω την κινητική και τη δυναμική ενέργεια σώματος. Αναλύω μερικά παραδείγματα σωμάτων που έχουν κινητική ή δυναμική ενέργεια (κινούμενο φορτηγό, σώμα που πέφτει από κάποιο ύψος προς το έδαφος, βέλος που εκτοξεύεται από τεντωμένη χορδή τόξου). Προσδιορίζω με ποιο τρόπο υπολογίζεται η κινητική και η δυναμική ενέργεια και ζητώ από τους μαθητές να διεκπεραιώσουν αριθμητικές εφαρμογές.

## Η διατήρηση της Μηχανικής Ενέργειας – Εφαρμογές

### Στόχοι 7, 8

Εκτοξεύω μια μικρή μπάλα προς τα επάνω και ζητώ από τους μαθητές να αναλύσουν την κίνησή της, μέχρις ότου ξαναγυρίσει στο χέρι μου. Κάνω μια σχηματοποίηση του φαινομένου της κίνησης της μπάλας στον πίνακα ή σε διαφάνεια και ζητώ από τους μαθητές να υπολογίσουν την κινητική και τη δυναμική ενέργεια σε μία τυχαία θέση της. Τους καθοδηγώ να διαπιστώσουν ποιοτικά ότι όταν η μια μορφή ενέργειας αυξάνεται, η άλλη μειώνεται και αντίστροφα. Διατυπώνω το θεώρημα διατήρησης της μηχανικής ενέργειας. Ζητώ από τους μαθητές να το εφαρμόσουν στην επίλυση αριθμητικών προβλημάτων. Μπορώ να δείξω την έννοια της διατήρησης ενός μεγέθους χρησιμοποιώντας αναλογίες. Για παράδειγμα, μπορώ να χρησιμοποιήσω δέκα βόλους τους οποίους τοποθετώ σε δύο κουτάκια Κ και Δ. Μετακινώ βόλους από το ένα κουτί στο άλλο, οπότε ο αριθμός των βόλων που περιέχουν τα κουτιά Κ και Δ μεταβάλλεται, ωστόσο ο ολικός τους αριθμός διατηρείται σταθερός.

## Μορφές και μετατροπές της Ενέργειας

### Στόχος 9

Εισάγω άλλες μορφές ενέργειας, εκτός της μηχανικής, μέσω παραδειγμάτων από την καθημερινή εμπειρία των μαθητών. Εισάγω την ηλεκτρική, τη θερμική, τη χημική, τη φωτεινή και την πυρηνική ενέργεια. Περιγράφω παραδείγματα και συσκευές, όπου η μια μορφή μετατρέπεται στην άλλη. Τονίζω τη σημασία της μετατροπής της ενέργειας στο σύγχρονο πολιτισμό. Παραδείγματα: Μετατροπές της ενέργειας σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα με μπαταρία και λαμπτήρα πυρακτώσεως – Μετατροπές της ενέργειας σε ένα θερμοηλεκτρικό σταθμό της ΔΕΗ – Μετατροπές της ενέργειας στον Ήλιο.

Επισημαίνω μέσω παραδειγμάτων ότι όλες οι μορφές ενέργειας ανάγονται σε δύο θεμελιώδεις (κινητική και δυναμική).

## Η αρχή Διατήρησης της Ενέργειας – Απόδοση μηχανής

### Στόχοι 10, 11

Εισάγω την αρχή διατήρησης της ενέργειας ως μια γενική αρχή της φύσης. Τονίζω το

εύρος των φαινομένων, στα οποία ισχύει η αρχή διατήρησης της ενέργειας, αν ληφθούν υπόψη όλες οι μορφές της.

Αναλύω τις μετατροπές ενέργειας κατά τη λειτουργία ενός κινητήρα που ανυψώνει ένα σώμα. Εφαρμόζω τη διατήρηση της ενέργειας και εισάγω την έννοια της ωφέλιμης και της δαπανώμενης ενέργειας, καθώς και των θερμικών απωλειών. Εισάγω την έννοια του συντελεστή απόδοσης μιας μηχανής.

Ζητώ από τους μαθητές να αναφέρουν παραδείγματα από τις ειδήσεις ή από τις καθημερινές τους εμπειρίες, στα οποία αναφέρεται η έννοια της ενέργειας σε διάφορες όψεις της καθημερινής ζωής. Ρωτώ τους μαθητές τι εννοούμε λέγοντας ότι υπάρχει έλλειψη ενέργειας ή ενεργειακό πρόβλημα, με δεδομένο ότι σύμφωνα με την αρχή διατήρησής της, η ενέργεια δεν μπορεί να ελαττωθεί ή να αυξηθεί.

Ερωτήσεις: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – Εφαρμογές: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

**Ασκήσεις: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13**

### Ισχύς μηχανής – Ισχύς δύναμης

#### Στόχος 12

Συσχετίζω το έργο ή την ωφέλιμη ενέργεια που παράγει μια μηχανή με το χρόνο στον οποίο παράγεται. Ζητώ από τους μαθητές να συγκρίνουν δύο ηλεκτροκινητήρες που έχουν την ίδια απόδοση αλλά παράγουν το ίδιο ποσό ωφέλιμης ενέργειας σε διαφορετικούς χρόνους. Εισάγω τον ορισμό της ισχύος. Επισημαίνω τη διαφορά μέσω του ορισμού των μονάδων έργου, ενέργειας και ισχύος.

Επισημαίνω την αναλογία μεταξύ των μεγεθών που ορίζονται ως χρονικοί ρυθμοί στην κίνηση (ταχύτητα και επιτάχυνση) και στο χρονικό ρυθμό του έργου που είναι η ισχύς.

Κατευθύνω τους μαθητές να υπολογίσουν την ισχύ σταθερής δύναμης που ασκείται σε σώμα κινούμενο με σταθερή ταχύτητα. Τους ζητώ να διεκπεραιώσουν αριθμητικές εφαρμογές.

Ερωτήσεις: 8, 9 – Εφαρμογές: 15, 16, 17

**Ασκήσεις: 14, 15, 16, 17**

**ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1**  
**ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

Όνομα μαθητή:.....Τμήμα..... Ημερομηνία.....

1. Δώσε τον ορισμό της δυναμικής ενέργειας βαρύτητας και της κινητικής ενέργειας ενός σώματος (**3 μονάδες**)

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

2. Γράψε το θεώρημα διατήρησης της Μηχανικής Ενέργειας (**3 μονάδες**)

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

3. Σημείωσε με Σ τις σωστές και με Λ τις λανθασμένες προτάσεις: (**3 μονάδες**)

A. Ένα σώμα έχει δύναμη 100 N.

B. Η δύναμη και το έργο της δύναμης είναι διανυσματικά μεγέθη.

Δ. Όταν ένα σώμα μετά από μια ελεύθερη πτώση χτυπήσει στο έδαφος, η ενέργειά του χάνεται.

4. Κράτησε το βιβλίο Φυσικής μάζας 400 g σε ύψος 1,5 μ από το δάπεδο. Υπολόγισε τη δυναμική ενέργεια βαρύτητας του βιβλίου σε αυτή τη θέση.  $g=10 \text{ m/s}^2$  (**3 μονάδες**)

.....  
.....

5. Αν αφήσεις το βιβλίο να πέσει, με τι ταχύτητα θα χτυπήσει στο δάπεδο; (**3 μονάδες**)

.....  
.....

6. Το βιβλίο κτυπά στο δάπεδο και σταματά. Ποιες μετατροπές ενέργειας συμβαίνουν με το χτύπημα στο δάπεδο; (**3 μονάδες**)

.....  
.....

7. Αν πετούσες το βιβλίο οριζόντια από το ίδιο ύψος με ταχύτητα  $u=3 \text{ m/s}$ , με τι ταχύτητα θα έφθανε στο έδαφος; (**2 μονάδες**)

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

# ΕΝΟΤΗΤΑ 2

## Θερμότητα

### ΟΡΓΑΝΟΓΡΑΜΜΑ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

##### Σχέδιο Διδασκαλίας (6 διδακτικές ώρες)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΞΕΙΣ
<b>Κ<sub>6</sub> Θερμοκρασία, θερμική ενέργεια και θερμότητα</b> <input type="checkbox"/> Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας (2 ώρες) <input type="checkbox"/> Θερμότητα-μια μορφή ενέργειας (1 ώρα) <input type="checkbox"/> Πώς μετράμε τη θερμότητα (2 ώρες) <input type="checkbox"/> Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος (1 ώρα)	ΕΑ: Βαθμονόμηση θερμομέτρου ΠΔ: Προσδιορισμός θερμοκρασίας με αφή ΠΔ: Χρήση θερμομέτρου ΠΔ: Εξέλιξη θερμοκρασίας δυο σωμάτων σε θερμική επαφή με χρήση αισθητήρων ΠΔ: Κίνηση εμβόλου σύριγγας ΠΔ: Θέρμανση με κίνηση ΕΑ: Μέτρηση θερμότητας ΠΔ: Η Μηχανή του Ήρωνα	Μέτρηση της θερμοκρασίας- Θερμόμετρα

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

##### Σχέδιο Διδασκαλίας (4 διδακτικές ώρες)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ
<input type="checkbox"/> Θερμική διαστολή και συστολή (2 διδακτικές ώρες) <b>Κ<sub>7</sub> Θερμικά φαινόμενα</b> <input type="checkbox"/> Αλλαγή κατάστασης <input type="checkbox"/> Εξάτμιση και Συμπύκνωση	ΕΑ: Μεταφορά θερμότητας – Διατήρηση της ενέργειας ΕΑ: Θερμική ισορροπία (ΣΛΑ) ΕΑ: Βρασμός ΕΑ: Διαστολή υγρών και αερίων ΠΔ: Όγκος σφαίρας	Η διαστολή του νερού και η ζωή στη θάλασσα Λειτουργία του ψυγείου και των κλιματιστικών Κλίμα και προσαρμογή των οργανισμών Γεωλογικά ρεύματα και ρεύματα μεταφοράς

<p><b>Κ8 Διάδοση της θερμότητας</b> (3 διδακτικές ώρες)</p> <p><input type="checkbox"/> Πώς άγεται η θερμότητα</p> <p><input type="checkbox"/> Θερμότητα και ρεύματα μεταφοράς</p> <p>Θερμότητα και ακτινοβολία</p>	<p>ΕΑ: Γραμμική διαστολή ΠΔ: Διμεταλλικό έλασμα</p> <p>ΕΑ: Διαστολή υγρών ΕΑ: Διαστολή αερίων</p> <p>ΠΔ: Μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία</p> <p>ΠΔ: Ρεύματα μεταφοράς</p>	<p>Το φαινόμενο του θερμοκηπίου</p>
---	--	-------------------------------------

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. The meaning of Temperature, Baiererein, Rulph. The Physics Teacher, February 1990, p. 94.
2. Energy from the sun, Weinberg, Carl J., Scientific American, Sept. 1990.
3. Appraising the understanding of science concepts Heat, Watts, D.M. Gilbert J. K. Department of educational studies. University of Surrey, 1985.
4. Children' s idea about temperature, Appleton, Research in Science Education 15: 122-26
5. Πού βρήκαμε την ενέργεια, Ισαάκ Ασίμωφ, Πανεπιστημιακός τύπος
6. Λεονάρ Ντε Βρις, Το πρώτο , το δεύτερο και το τρίτο βιβλίο πειραμάτων, Εκδόσεις Καστανιώτη, Αθήνα 1987.
7. Πειράματα ΦΕ με υλικά καθημερινής χρήσης, ΟΕΔΒ, σελ. 44-51. Μόνο όσον αφορά την πραγματοποίηση πειραματικών δραστηριοτήτων.
8. Μελέτη προβλημάτων διδασκαλίας των θερμικών φαινομένων. Πρόταση για εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία και τη μάθηση των θερμικών φαινομένων στους 4/ετείς φοιτητές του ΠΤΔΕ, Ιωάννης Καρανίκας, Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή.

**Λογισμικό:**

9. ΣΕΠ (Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον) Πείραμα 1-8 (ΠΙ, έργο Οδύσσεια)

## ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

### 1. Μυθολογία

Σύμφωνα με τον Όμηρο, ο Δίας κυριαρχεί στον Ουρανό με τα σύννεφα και τον αιθέρα, τη φωτιά-θερμό και το φως. Ο Άδης βασιλεύει στα σκοτάδια στο «ζόφον κερόεντα», όπου ο αήρ συμπίπτει με το ψυχρό, και ο Ποσειδώνας στη θάλασσα. Σ' αυτή τη κοσμολογική εικόνα, συναντάμε το θερμό μαζί με το φως και το ψυχρό μαζί με το σκοτάδι ως αρχέγονες κοσμικές ουσίες, στη διάθεση των θεϊκών δυνάμεων και στη ρίζα της κοσμικής σύνθεσης.

Στη «Θεογονία» του Ησίοδου μέσα από μια αρχέγονη ενότητα, το χάος, γεννιούνται με διαχωρισμό ζεύγη αντίθετων στοιχείων (πρώτων ουσιών) το θερμό και το ψυχρό, το υγρό και το ξηρό που θα διαφοροποιήσουν τέσσερις περιοχές του χώρου: Το φλογισμένο ουρανό, τον ψυχρό αέρα, την ξηρή γη και την υγρή θάλασσα. Τα αντίθετα, στη συνέχεια, ενώνονται σύμφωνα με την αρχή του Έρωτα και καθένα με τη σειρά του επικρατεί, στα πλαίσια ενός ατελείωτου κύκλου, στα φυσικά φαινόμενα, στη διαδοχή των εποχών, στη γέννηση και το θάνατο κάθε έμβιου όντος.

Στη δομή αυτή που αποτελεί και τη βάση της σκέψης των Ιώνων φιλοσόφων, το θερμό και το ψυχρό είναι οι αρχέγονες, άφθαρτες ουσίες που εξακολουθούν να υπάρχουν μέσα στις οντότητες που γεννιούνται με Έρωτα, όπου το θερμό νοείται σχεδόν πάντα μαζί με το φως και το ψυχρό μαζί με το σκοτάδι.

Οι αλλαγές, στις οποίες συμμετέχουν οι ουσίες θερμό και ψυχρό, γίνονται με βάση ορθολογισμένες αρχές χωρίς την καθοριστική παρουσία θεϊκών δυνάμεων.

### 2. Ο λόγος των Ιώνων φιλοσόφων

Στον κοσμογονικό μύθο του Ησίοδου το θερμό, το ψυχρό, το ξηρό και το υγρό πέρα από τις ουσίες στοιχεία, διατηρούν και ένα χαρακτήρα θεϊκής δύναμης. Από τη θεϊκή αυτή δύναμη πρόκειται να τα απαλλάξουν, στη συνέχεια, οι Ίωνες «φυσικοί φιλόσοφοι». Βέβαια, η δομή της σκέψης και η μεθοδολογία των Ιώνων φιλοσόφων ήταν τελείως διαφορετική από τη σύγχρονη επιστημονική σκέψη, δηλαδή τη διατύπωση υποθέσεων για την ερμηνεία των φαινομένων και την πραγματοποίηση πειραμάτων για την επιβεβαίωση ή απόρριψη των υποθέσεων. Όμως επειδή οι φιλόσοφοι δίδασκαν στην αγορά των πόλεων, ο λόγος τους όφειλε να είναι πειστικός, γεγονός που οδήγησε στον εξορθολογισμό του μύθου. Έτσι το θερμό και το ψυχρό γίνονται ουσιαστικά ουσίες της φύσης, ενώ η κίνηση είναι υπεύθυνη, σύμφωνα με τον Αναξίμανδρο, για την εμφάνιση των πρώτων μορφών. Υπάρχουν, επιπλέον, οι παγκόσμιες αρχές: Η «δίκη» του Αναξίμανδρου, το «νείκος» του Εμπεδοκλή και ο «πόλεμος» του Ηράκλειτου. Με βάση αυτές τις αρχές, λύνεται πειστικά και το κοσμολογικό πρόβλημα και εξηγείται η λειτουργία της φύσης χωρίς την παρέμβαση των θεών. Η φιλοσοφία έχει πια γεννηθεί. Στον κόσμο της Ιωνικής φιλοσοφίας,

το θερμό συνυπάρχει με το φως στη φωτιά, στον αιθέρα, στο φλογισμένο ουρανό. Το ψυχρό συνυπάρχει με το σκοτάδι στον αέρα, που βρίσκεται κάτω από τον ουρανό και πάνω από τη γη. Το ξηρό κυριαρχεί στη γη και το υγρό στη θάλασσα. Ταυτόχρονα, όλα τα αντίθετα συνυπάρχουν παντού και η διαρκής πάλη τους δικαιολογεί τις αλλαγές. Έτσι, η διαδοχική επικράτηση ενός εκάστου των «στοιχείων» εξηγεί επιπλέον και τους ορατούς κύκλους των αλλαγών στη φύση.

### 3. Η Αριστοτελική θεωρία

Σύμφωνα με την Αριστοτελική φιλοσοφία τα επίγεια σώματα συντίθενται από τέσσερις ουσίες: το πυρ, τον αέρα, το ύδωρ και τη γη. Το θερμό, το ψυχρό, το υγρό και το ξηρό είναι οι πρωταρχικές ποιότητες των σωμάτων. Τα τέσσερα δομικά στοιχεία του κόσμου έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά (ποιότητες). Το πυρ είναι το θερμό και ξηρό, ο αήρ θερμός και υγρός, το ύδωρ ψυχρό και υγρό και η γη ψυχρή και ξηρή. Όταν τα σώματα έρχονται σε επαφή, είναι δυνατόν να ανταλλάσσουν τις ποιότητές τους, οπότε δημιουργούνται νέα σώματα π.χ. Νερό (ψυχρό, υγρό) + Φωτιά (θερμό, υγρό)=γη (ψυχρό, ξηρό)+Αέρας (θερμό, υγρό). Οι ιδέες αυτές χρησιμοποιήθηκαν από τους αλχημιστές στο Μεσαίωνα για να εξηγήσουν τις χημικές μεταβολές.

Επίσης κατά τον Αριστοτέλη, όταν μια ποιότητα κυκλωθεί από την αντίθετή της, ενισχύεται. Μια σπηλιά το καλοκαίρι είναι δροσερή γιατί κυκλώνεται από θερμό αέρα, ενώ η ίδια σπηλιά το χειμώνα είναι σχετικά θερμή, γιατί κυκλώνεται από ψυχρό αέρα.

### 4. Το θερμό και το ψυχρό ως «δυνάμεις» που ξεπηδούν από αντίστοιχες πηγές.

Σύμφωνα με τον Crosseteste, εξέχοντα συγγραφέα φυσικής φιλοσοφίας του 13ου αιώνα μ.Χ., η θερμότητα και το ψύχος είναι ακτίνες δύναμης που πηγάζουν αντίστοιχα από θερμά και ψυχρά σώματα - πηγές και αποτελούν την αιτία της δράσης της πηγής πάνω σ' ένα άλλο σώμα από απόσταση.

Οι «πειραματιστές» του 17ου αιώνα μ.Χ. κινήθηκαν στα χνάρια του Γαλιλαίου συνεχίζοντας την προσπάθεια αμφισβήτησης της Αριστοτελικής φυσικής φιλοσοφίας του τέλους του Μεσαίωνα και χρησιμοποίησαν συστηματικά το θερμόμετρο για τον προσδιορισμό του βαθμού θέρμανσης των σωμάτων, πριν ακόμη η έννοια της θερμοκρασίας διαφοροποιηθεί από αυτή της θερμότητας.

Στα πλαίσια της Γαλιλαϊκής φυσικής, τα θερμικά φαινόμενα συνδέονται με τις μηχανικές μεταβολές και ερμηνεύονται με βάση ένα μηχανιστικό μοντέλο. Το μοντέλο αυτό θεωρούσε τη θερμότητα και το ψύχος ως «δυνάμεις» με τη στενή έννοια της απευθείας δράσης ενός αντικειμένου πάνω σε ένα άλλο, όταν αυτά έρχονται σε επαφή. Οι πηγές μετά από παρατεταμένη χρήση εξαντλούνται (η φλόγα ενός κεριού σβήνει και ένα σύστημα ψύξης λιώνει), ενώ οι αποδέκτες εμφανίζουν μηχανικές, μετρήσιμες μεταβολές ως αποτέλεσμα της δράσης των δυνάμεων που ασκούν οι πηγές.

## 5. Διαφοροποίηση των εννοιών θερμότητας και θερμοκρασίας από τον Black

Σύμφωνα με τους πειραματιστές, η θερμότητα συνίσταται από σωματίδια που εκπέμπονται από τις θερμές πηγές και απορροφώνται από τους αποδέκτες. Υπήρχε όμως σοβαρή αμφιβολία για το αν και οι ψυχρές πηγές εκπέμπουν σωματίδια ψύχους όπως αντίστοιχα οι θερμές. Ο Σκωτσέζος Joseph Black (Τζόζεφ Μπλακ 1728–1799) γύρω στα 1760 έκανε διάφορες παρατηρήσεις και πειράματα για τις μεταβολές των πηγών ψύχους (πάγος, χιόνι) όταν δρούσαν πάνω στους αποδέκτες. Παρατήρησε ότι η δράση της ψυχρής πηγής πάνω στον αποδέκτη σταματά, όταν οι ενδείξεις των θερμομέτρων που μετρούν το βαθμό θερμότητας στην πηγή και στον αποδέκτη εξισωθούν. Επιπλέον, μια ποσότητα χιονιού έχει την ίδια συμπεριφορά (λιώνει) είτε παίζει το ρόλο της πηγής ψύχους είτε το ρόλο του αποδέκτη της θερμότητας.

Ο Black διατύπωσε μια τολμηρή υπόθεση. Το ψύχος δεν υπάρχει ως δύναμη που εκπέμπεται από τις κρύες πηγές. Όταν δυο σώματα έρχονται σε επαφή, τότε αυτό που έχει, σύμφωνα με το θερμόμετρο, το μεγαλύτερο «βαθμό θερμότητας» παίζει το ρόλο της θερμής πηγής, δίνοντας θερμότητα στο άλλο μέχρι οι ενδείξεις των θερμομέτρων στα δυο σώματα να εξισωθούν. Έτσι γεννήθηκαν η έννοια της θερμικής ισορροπίας και η έννοια της θερμοκρασίας (=βαθμός θερμότητας ή ένδειξη θερμομέτρου), ενώ από τη θερμότητα και το ψύχος διατηρήθηκε μόνο η πρώτη.

Δυο ακόμη συμπεράσματα του Black επιβεβαίωσαν την παραπάνω υπόθεση και καθιέρωσαν τη θερμοκρασία ως έννοια διαφορετική από τη θερμότητα:

- α. Τα διάφορα υλικά χαρακτηρίζονται από μια σταθερά, την ειδική θερμότητα, γεγονός που άνοιξε το δρόμο για τη διατύπωση του θεμελιώδους νόμου της θερμιδομετρίας.
- β. Κατά την αλλαγή φάσης, η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή, ενώ η θερμότητα βρίσκεται κρυμμένη –λανθάνουσα– μέσα στο λιωμένο πάγο ή στους υδρατμούς που προήλθαν από την εξαέρωση του νερού. Ο Black θεώρησε ότι η θερμότητα αποτελεί μια άλλη χαρακτηριστική σταθερά των υλικών.

## 6. Η θερμότητα ως «ρευστό» ή ως «κίνηση μορίων». Η προσέγγιση των Lavoisier – Laplace

Είκοσι χρόνια περίπου μετά από την εργασία του Black, οι Γάλλοι Lavoisier και Laplace συνέγραψαν ένα κοινό μνημόνιο γύρω από μια μέθοδο για τη μέτρηση της θερμότητας. Ένα χαρακτηριστικό απόσπασμα:

Οι γνώμες των φυσικών αναφορικά με τη φύση της θερμότητας διχάζονται. Μερικοί φυσικοί θεωρούν τη θερμότητα ένα ρευστό που διαπερνάει όλη τη φύση, που διεισδύει στα σώματα σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, ανάλογα με τη θερμοκρασία τους και τη χωρητικότητά τους. Μπορεί να συνδέεται με τα σώματα και στην κατάσταση αυτή παύει να επηρεάζει το θερμόμετρο ή να ρέει ελεύθερα από το ένα στο άλλο. Άλλοι φυσικοί πάλι, πιστεύουν ότι η θερμότητα δεν είναι παρά το αποτέλεσμα ανεπαίσθητων κινήσεων στα μόρια της ύλης. Θερμότητα είναι η vis-viva (ζωντανή δύναμη) του συνόλου των κινήσεων των μορίων ενός σώματος. Είναι, δηλαδή, το άθροισμα των γινομένων της μάζας κάθε μορίου επί το τετράγωνο της ταχύτητάς του.



Από τις δύο υποθέσεις, την πρώτη υποστήριξε ο χημικός Lavoisier και τη δεύτερη ο μαθηματικός Laplace. Η άποψη του Lavoisier παρέμενε επικρατέστερη. Η μεγάλη πλειοψηφία των επιστημόνων θεωρούσε τη θερμότητα ως «θερμογόνο», θερμικό ρευστό που διατηρείται αμετάβλητο.

### 7. Σχέση της τριβής με τη θερμότητα Ο Rumford.

Η πρώτη σοβαρή αμφισβήτηση προήλθε από παρατηρήσεις σχετικές με τη θερμότητα που παράγεται εξαιτίας της τριβής. Το 1778 ο Αμερικανός Benjamin Thomson (Μπεντζιαμίν Τόμσον 1753–1814) που αργότερα ονομάστηκε κόμης Rumford (Ρούμφορντ) βρισκόταν στη Γερμανία όπου επέβλεπε την κατασκευή κανονιών. Η διάνοιξη της κάνης του κανονιού γινόταν με ένα τρυπάνι κατασκευασμένο από ένα σκληρό μέταλλο.

Καθώς προχωρούσε το τρυπάνι, αναπτυσσόταν πολύ μεγάλη τριβή ανάμεσα στο περιστρεφόμενο μεταλλικό τμήμα του και το κομμάτι του μετάλλου όπου διανοιγόταν η κάνη. Έτσι τα δύο μέταλλα θερμαίνονταν τόσο πολύ, που έπρεπε διαρκώς να διαβρέχονται με κρύο νερό. Η θερμότητα γεννιόταν ασταμάτητα και δεν είχε τις ιδιότητες ενός ρευστού που προϋπήρχε στο μέταλλο εξαρχής. Σ' ένα κρίσιμο πείραμά του ο Rumford διαπίστωσε ότι η θερμότητα που απέδιδαν μικρά ρινίσματα υψηλής θερμοκρασίας ήταν ίση με τη θερμότητα που απέδιδαν ελάσματα που είχαν την ίδια συνολική μάζα καθώς και ίδια θερμοκρασία με τα ρινίσματα και όχι μικρότερη όπως θα αναμενόταν, αν η θερμότητα ήταν ρευστό που διέφευγε κατά την παραγωγή των ρινισμάτων. Με το αποτέλεσμα αυτού του πειράματος καταφέρθηκε καιρίο πλήγμα στην αντίληψη του αόρατου θερμικού ρευστού.

Ο Rumford σκέφθηκε ότι η θερμότητα έπρεπε να είναι ένα είδος κίνησης. Όχι όμως η κίνηση ολόκληρου του σώματος, αλλά η μη ορατή κίνηση των μικροσκοπικών τμημάτων από τα οποία αποτελείται το σώμα. Επιπλέον αυτές οι μικροσκοπικές κινήσεις ήταν ταλαντώσεις προς οποιαδήποτε κατεύθυνση, οπότε συνολικά αλληλοαναιρούνταν και έτσι ολόκληρο το σώμα παρέμεινε ακίνητο.

Οι απόψεις του Rumford, ιδιαίτερα πρωτοποριακές για την εποχή του, αξιολογήθηκαν θετικά από ελάχιστους επιστήμονες. Μόλις όμως πέντε χρόνια μετά από το 1803 ο Άγγλος φυσικός και χημικός ο John Dalton (Τζων Ντάλτον) παρουσίασε μια νέα θεωρία, σύμφωνα με την οποία η ύλη αποτελείται από μικροσκοπικά κομματάκια που τα ονόμασε «άτομα». Με το πέρασμα του χρόνου άρχισε να φαίνεται πιο λογική η υπόθεση ότι η θερμότητα συνδεόταν με τις μικροσκοπικές κινήσεις αυτών των ατόμων. Πριν να επικρατήσει όμως αυτή η άποψη, έμελλε να αποδειχθεί ότι η θερμότητα είναι μορφή ενέργειας.

### 8. Θερμότητα, μια μορφή ενέργειας

Η δημιουργία κίνησης από θερμότητα αρχίζει με τον ατμοστρόβιλο του Ήρωνα από την Αλεξάνδρεια και συνεχίζεται με τους Άγγλους μηχανικούς και κυρίως με τον James Watt (1736–1819), οι οποίοι στη διάρκεια του 18ου αιώνα κατασκευάζουν και βελτιώνουν τις πρώτες ατμομηχανές στην Αγγλία που ουσιαστικά σηματοδοτούν την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης.

Η κατασκευή όμως των πρώτων ατμομηχανών είχε πρακτικό χαρακτήρα και μόλις στα 1824 ο Γάλλος Smandi Carnot (Καρνώ 1796–1832) δημοσίευσε ένα βιβλίο στο οποίο γίνεται θεωρητική μελέτη της μηχανικής ενέργειας που παράγεται από μετατροπή θερμότητας σε μια ατμομηχανή.

Στα μέσα όμως του 19ου αιώνα τρεις επιφανείς επιστήμονες διατύπωσαν την άποψη ότι η θερμότητα είναι μια μορφή ενέργειας. Πρώτος ο Γερμανός γιατρός Mayer (1814–1878) ξεκινώντας από παρατηρήσεις στο χρώμα του φλεβικού αίματος των ανθρώπων στις θερμές χώρες και με βάση καθαρά θεωρητικούς υπολογισμούς εξέφρασε το 1842 την άποψη ότι η θερμότητα και η μηχανική ενέργεια των μυών που παράγονται στο ανθρώπινο σώμα προέρχονται από τη χημική ενέργεια των τροφών. Άρα τελικά η θερμότητα, η χημική ενέργεια και η μηχανική ενέργεια είναι μορφές ισοδύναμες που μετατρέπονται η μια στην άλλη.

Η άμεση επιβεβαίωση της αρχής διατήρησης της ενέργειας οφείλεται στον Άγγλο ερευνητή Joule (Τζάουλ 1813–1879). Αρχικά ο Joule έκανε πειράματα σχετικά με τη θερμότητα που παράγεται από το ηλεκτρικό ρεύμα και τη συμπίεση αερίων. Το ιστορικής σημασίας πείραμα πραγματοποιήθηκε το 1847 με την περίφημη συσκευή στην οποία δυο κύλινδροι έπεφταν από κάποιο ύψος και έθεταν σε περιστροφική κίνηση μια φτερωτή βυθισμένη στο νερό και η θερμοκρασία του νερού αυξανόταν. Η βαρυτική δυναμική ενέργεια των κυλίνδρων μετατρέπóταν σε κινητική ενέργεια της φτερωτής και τελικά σε ενέργεια (θερμότητα;) που ανύψωνε τη θερμοκρασία του νερού. Τέλος λίγα χρόνια αργότερα, ο Γερμανός Helmholtz (1821–1894) θα διατυπώσει ολοκληρωμένα την άποψη ότι όλες οι μορφές ενέργειας είναι ισοδύναμες και ότι κατά τις μετατροπές από μια μορφή σε άλλη η συνολική ενέργεια διατηρείται. Ανέφερε χαρακτηριστικά σε μια διάλεξη: «Το σύμπαν περιέχει μια ποσότητα ενέργειας που δεν μπορεί με κανένα τρόπο ούτε να αυξηθεί ούτε να ελαττωθεί. Η ποσότητα ενέργειας του σύμπαντος είναι αιώνια και αμετάβλητη όπως η μάζα του. Μ' αυτά τα λόγια σας αναγγέλλω ένα μεγάλο νόμο της φύσης, την Αρχή διατήρησης της ενέργειας».

## 9. Η ενέργεια διατηρείται, αλλή υποβαθμίζεται

Αν η ενέργεια διατηρείται, τι συμβαίνει κατά τις μετατροπές της από μια μορφή σε άλλη; Ο πρώτος που διατύπωσε το αδύνατο της πλήρους μετατροπής της θερμότητας σε μηχανικό έργο ήταν ο Carnot. Οι μελέτες του έγιναν το 1824, δηλαδή πριν την τελική διατύπωση του νόμου διατήρησης της ενέργειας. Είχαν περάσει αρκετά χρόνια από την κατασκευή των πρώτων ατμομηχανών και η λειτουργία τους ήταν προβληματική, γιατί μόνο το 5% της θερμότητας που προερχόταν από τη καύση του ξύλου ή του άνθρακα μετατρέπóταν σε μηχανικό έργο, ενώ το υπόλοιπο προκαλούσε αύξηση της θερμοκρασίας (θέρμανση;) του περιβάλλοντος.

Ο Carnot αναζητώντας τρόπο βελτίωσης της απόδοσης των ατμομηχανών υπέθεσε την ύπαρξη μιας ιδανικής ατμομηχανής που λειτουργεί χωρίς απώλεια θερμότητας. Παρόλα αυτά, οι υπολογισμοί τον οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι ακόμα και σε αυτή

τη μηχανή ήταν αδύνατο να μετατραπεί όλη η θερμότητα σε μηχανικό έργο, αλλά το παραγόμενο έργο εξαρτιόταν από τη διαφορά μεταξύ της υψηλής θερμοκρασίας του λέβητα και της χαμηλής του συμπυκνωτή. Αν δεν υπήρχε διαφορά θερμοκρασίας, δεν υπήρχε και δυνατότητα μετατροπής της θερμότητας σε μηχανικό έργο. Το 1850 αρκετά χρόνια μετά το θάνατο του Carnot, ένας Γερμανός επιστήμονας ο Rudolf Clausius (Κλαούζιους 1822–1888) μελέτησε τις απόψεις του Carnot και άρχισε να εξετάζει όλα τα είδη της ενέργειας και τη δυνατότητα μετατροπής τους σε έργο. Ο Clausius έδειξε ότι η ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε έργο μόνο στην περίπτωση που είναι ανομοιομορφα διασκορπισμένη στην πηγή από όπου την αντλούμε. Όσο πιο ομοιομορφα κατανέμεται η ενέργεια σε ένα σύστημα, τόσο μικρότερο μέρος της μπορεί να μετατραπεί σε μηχανικό έργο, δηλαδή τόσο μικρότερη χρησιμότητα έχει αυτή η ενέργεια. Ο Clausius εισήγαγε ένα μέτρο της ομοιομορφίας κατανομής της ενέργειας ή της ποιότητας της ενέργειας, το οποίο συνέδεσε με το βαθμό αταξίας της ύλης σε μικροσκοπικό επίπεδο. Στο μέτρο αυτό έδωσε το όνομα εντροπία. Όσο αυξάνεται η εντροπία ενός συστήματος τόσο αυξάνει η αταξία της ύλης, η ενέργεια κατανέμεται πιο ομοιομορφα και συγχρόνως υποβαθμίζεται, δηλαδή γίνεται λιγότερο χρήσιμη, αφού μικρότερο ποσοστό της μπορεί να μετατραπεί σε άλλες μορφές. Τελικά, όλες οι μετατροπές στη φύση πραγματοποιούνται προς την κατεύθυνση αύξησης της εντροπίας του σύμπαντος.

#### 10. Θερμότητα και μικρόκοσμος

Μετά την καθιέρωση της αντίληψης ότι η θερμότητα αποτελεί μια μορφή ενέργειας, άρχισε να αναπτύσσεται έντονος προβληματισμός στους επιστήμονες για τη δυνατότητα θεμελιώδους σύνδεσής της με τις άλλες μορφές ενέργειας στα πλαίσια της Νευτώνειας Μηχανικής. Έτσι ήλθαν στην επιφάνεια οι ιδέες του Black για τη σύνδεση της θερμότητας με την κίνηση των δομικών συστατικών της ύλης σε μικροσκοπικό επίπεδο. Η έρευνα ξεκίνησε το 1857 από τον Clausius και συνεχίσθηκε από τον Σκωτζέζο James Clark Maxwell (Τζαίμς Κλαρκ Μάξγουελ 1831–1879) και τον Αυστριακό Ludwig Boltzman (Λούτβιχ Μπόλτzman 1844–1906). Εφάρμοσαν τους νόμους της Νευτώνειας Μηχανικής για τη μελέτη της κίνησης των σωματιδίων που συγκροτούν την ύλη και λόγω του τεράστιου πλήθους τους χρησιμοποίησαν στατιστικές μεθόδους για τον υπολογισμό μέσων τιμών μακροσκοπικών μεγεθών όπως η πίεση και η θερμοκρασία. Έτσι γεννήθηκε μια καινούργια θεωρία, η κινητική θεωρία, που ερμήνευσε τα πειραματικά δεδομένα εξ ίσου καλά όπως και η καθαρά μακροσκοπική θερμοδυναμική. Ωστόσο, μόνο μετά το 1905, όταν ο Einstein έδωσε μια ικανοποιητική ερμηνεία της κίνησης Brown με βάση την αδιάκοπη, άτακτη κίνηση των μορίων του νερού, η κινητική θεωρία άρχισε να καθιερώνεται μεταξύ των επιστημόνων.

## ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΦΩΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2

Σ' αυτή την ενότητα μελετώνται οι βασικές έννοιες θερμοκρασία, θερμική ενέργεια, θερμότητα, οι θερμικές μεταβολές και τέλος οι τρόποι διάδοσης της θερμότητας.

Αρχικά τονίζεται η αδυναμία της αξιόπιστης εκτίμησης της θερμικής κατάστασης ενός σώματος μέσω των αισθήσεων. Εισάγεται η θερμοκρασία ουσιαστικά σαν ένδειξη του οργάνου μέτρησής της, του θερμομέτρου, μέσω του οποίου προσδιορίζεται με ακριβή και αντικειμενικό τρόπο. Αξιοποιούμε την προηγούμενη γνώση των μαθητών περί ενέργειας και εισάγουμε τη θερμότητα ως μορφή μεταφερόμενης ενέργειας που προκαλεί τις ίδιες μεταβολές όπως και η μηχανική ενέργεια.

Εξετάζονται οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η μεταφορά θερμότητας. Εισάγεται η ειδική θερμότητα ως μέγεθος χαρακτηριστικό του κάθε υλικού και γίνεται μια πρώτη απόπειρα σύνδεσης της θερμότητας με τη διατήρηση της ενέργειας. Γίνεται ο παραλληλισμός της θερμότητας με το έργο (ως διαδικασίες μεταφοράς ενέργειας) και διατυπώνεται ο 1ος θερμοδυναμικός νόμος ως έκφραση της αρχής διατήρησης της ενέργειας.

Προκειμένου να διακρίνουν σαφώς οι μαθητές τις έννοιες θερμοκρασία και θερμότητα και να ενισχυθεί η κριτική τους ικανότητα σχετικά με τις ερμηνείες και προβλέψεις στις θερμικές μεταβολές και στη διάδοση της θερμότητας, οι έννοιες συνδέονται με το μικρόκοσμο. Προς τούτο εισάγεται η έννοια του δομικού λίθου. Ως παράδειγμα δομικών λίθων αναφέρονται τα μόρια των αερίων. Έτσι η έννοια της θερμικής ισορροπίας εξετάζεται παράλληλα, τόσο στο μακροσκοπικό, όσο και στο μικροσκοπικό επίπεδο. Επειδή σε επίπεδο δομικών λίθων της ύλης εκδηλώνονται μόνο δυο θεμελιώδεις μορφές ενέργειας, η κινητική και η δυναμική, εισάγονται η θερμική και η εσωτερική ενέργεια ως η συνολική κινητική και το άθροισμα της συνολικής κινητικής και δυναμικής ενέργειας των δομικών λίθων αντίστοιχα. Η διάκριση θερμικής και εσωτερικής ενέργειας κρίθηκε απαραίτητη για την πλήρη κατανόηση από τους μαθητές του ρόλου της «λανθάνουσας» θερμότητας στις μεταβολές κατάστασης που εξετάζονται στη συνέχεια.

Οι θερμικές μεταβολές μελετώνται μέσω πειραμάτων, που μπορούν να διεξαχθούν είτε με τη μορφή επίδειξης είτε στο εργαστήριο από ομάδες μαθητών. Συγχρόνως όμως επιχειρείται μια ερμηνεία των φαινομένων αυτών που βασίζεται στο απλό μικροσκοπικό μοντέλο των κινούμενων δομικών λίθων. Στα φαινόμενα τήξης-πήξης και βρασμών-υγροποίησης η θερμοκρασία του συστήματος διατηρείται σταθερά, μολονότι μεταφέρεται σε αυτό θερμότητα. Για την ερμηνεία αυτού του φαινομένου, τονίζεται ότι ενώ αυξάνεται η εσωτερική ενέργεια του συστήματος, η θερμική του ενέργεια διατηρείται σταθερή.

Η χρησιμοποίηση του απλού μικροσκοπικού μοντέλου επιτρέπει τη σχετικά εύκολη σύνδεση των θερμοτήτων βρασμού με τη μάζα και το είδος του υλικού και την ερμηνεία της μεταβολής των θερμοκρασιών τήξης και βρασμού σε διάλυμα νερού και λόγω της

μεταβολής της πίεσης. Τέλος τονίζεται ότι κατά την τήξη-πήξη μεταβάλλεται ο όγκος του σώματος, ενώ η μάζα του διατηρείται σταθερή. Η εξάτμιση διαφοροποιείται από το βρασμό ως διαδικασία εξαέρωσης που πραγματοποιείται σε οποιαδήποτε θερμοκρασία, ενώ το μοριακό μοντέλο επιτρέπει μια απλή ερμηνεία των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η ταχύτητα εξάτμισης. Τονίζεται ότι το ορατό «λευκό σύννεφο» που παρατηρείται κατά το βρασμό αποτελείται από υδροσταγονίδια που προήλθαν από συμπύκνωση και όχι από αόρατους υδρατμούς.

Οι τρόποι διάδοσης της θερμότητας αναπτύσσονται κυρίως μέσα από εφαρμογές. Η διάδοση με αγωγή διακρίνεται από τη διάδοση με ρεύματα μεταφοράς με βάση τη μετακίνηση ή όχι της ύλης, δηλαδή μορίων από τις θέσεις ισορροπίας τους. Η διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία παραλληλίζεται με τη διάδοση του φωτός ακόμα μέσω «κενού χώρου». Τέλος, εξετάζεται η εξάρτηση της εκπεμπόμενης θερμότητας από τη θερμοκρασία και το είδος της επιφάνειας του σώματος που ακτινοβολεί.

## ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 6: ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

### Εναλλακτικές απόψεις των μαθητών για τη θερμότητα – θερμοκρασία

#### Η έννοια της θερμότητας

Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες στη διδακτική των φυσικών επιστημών, ένα από τα θέματα στα οποία φαίνεται ότι οι μαθητές έχουν μεγάλη σύγχυση είναι η έννοια της θερμότητας. Πηγή αυτής της σύγχυσης από τους περισσότερους ερευνητές θεωρείται ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιούνται στο καθημερινό λεξιλόγιο λέξεις όπως θερμότητα, θερμική ροή, θερμοχωρητικότητα.

Η άποψη την οποία εκφράζουν οι περισσότεροι μαθητές ηλικίας 12–16 ετών ότι η θερμότητα είναι ένα συστατικό που ρέει από θέση σε θέση, προσεγγίζει πολύ την άποψη Lavoisier για το καλορικό υγρό. Οι μαθητές θεωρούν τη θερμότητα ως ένα λεπτό συστατικό, όπως ο αέρας, το οποίο έχει τη δυνατότητα να ρέει μέσα ή έξω από τα αντικείμενα. Επίσης αρκετά συχνά θεωρούν το ψύχος σαν το αντίθετο φαινόμενο της θερμότητας και το συνδέουν με τον αέρα.

#### Η έννοια της θερμοκρασίας

Η διάκριση μεταξύ των εννοιών θερμότητα-θερμοκρασία είναι από τα πλέον δύσκολα θέματα για τους μαθητές. Συνήθως θεωρούν τη θερμοκρασία ενός σώματος ως το μίγμα του ψυχρού και της θερμότητας που περιέχεται σε αυτό. Επίσης αρκετοί μαθητές έχουν την άποψη ότι η θερμοκρασία ενός σώματος σχετίζεται με το μέγεθός του, τον όγκο του ή το ποσό της ύλης που περιέχει.

Αντιλαμβάνονται τη θερμοκρασία ως ιδιότητα της ύλης και αποδίδουν σε κάποια συστατικά την ιδιότητα του θερμού και του ψυχρού. Έτσι συχνά οι μαθητές δεν είναι σε θέση να δημιουργήσουν μια συστηματική αιτιατή σχέση μεταξύ θέρμανσης ουσιών και αύξησης της θερμοκρασίας. Επίσης δεν αναγνωρίζουν ότι αντικείμενα διαφορετικής θερμοκρασίας που βρίσκονται σε επαφή θα αποκτήσουν ίδια θερμοκρασία.

#### Διαθεματικές έννοιες

Το **σύστημα**, η **μεταβολή**, η **διατήρηση** και η **δομή** ενός συστήματος αποτελούν τις θεμελιώδεις έννοιες της διαθεματικής προσέγγισης του Δ.Ε.Π.Σ που διατρέχουν τη μελέτη της ενότητας της θερμότητας. Τα θερμικά φαινόμενα και οι μεταβολές ενός συστήματος περιγράφονται με βάση τη μεταφορά, το μετασχηματισμό και τη διατήρηση της ενέργειας. Η ερμηνεία των θερμικών φαινομένων γίνεται με βάση μοντέλα που περιγράφουν τη μικροσκοπική δομή του συστήματος.

## Εισαγωγικό σημείωμα

Στην εισαγωγική συζήτηση του κεφαλαίου προκαλώ το ενδιαφέρον των μαθητών χρησιμοποιώντας τα μικρά ένθετα «Σύνδεση με: την Ιστορία, τη μυθολογία, την Τεχνολογία». Προς τούτο υποβοηθούμαι από τις σχετικές εικόνες της παραγράφου ή αντίστοιχες διαφάνειες.

### Θερμόμετρα – Θερμοκρασία – Θερμότητα και θερμική ενέργεια

#### Στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να ορίζουν τη θερμοκρασία ως φυσικό μέγεθος που προσδιορίζεται αντικειμενικά με χρήση των θερμομέτρων.
2. Να περιγράφουν τον τρόπο βαθμονόμησης των θερμομέτρων.
3. Να περιγράφουν τις κλίμακες θερμοκρασίας Κελσίου, Φαρενάιτ και Κέλβιν.
4. Να προσδιορίζουν τη θερμότητα ως μορφή μεταφερόμενης ενέργειας, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ δύο σωμάτων.
5. Να υπολογίζουν τη θερμότητα που μεταφέρεται μεταξύ δύο σωμάτων διαφορετικής θερμοκρασίας.
6. Να εφαρμόζουν τη διατήρηση της ενέργειας κατά τη μεταφορά θερμότητας μεταξύ δύο σωμάτων.
7. Να συνδέουν την έννοια της θερμοκρασίας με τη μικροσκοπική δομή των σωμάτων.
8. Να διακρίνουν τις έννοιες θερμοκρασία, θερμική ενέργεια και θερμότητα.
9. Να περιγράφουν πώς επιτυγχάνεται η κατάσταση θερμικής ισορροπίας και να τη συσχετίζουν με τη μέτρηση της θερμοκρασίας.

## Ενδεικτικά διδακτικά βήματα

### Θερμοκρασία

#### Στόχοι 1, 2, 3

Αρχίζω τη διδασκαλία της ενότητας με μια πειραματική δραστηριότητα, με στόχο να συνειδητοποιήσουν οι μαθητές την αναγκαιότητα εισαγωγής αντικειμενικού τρόπου μέτρησης της θερμοκρασίας:

Χρησιμοποιώ τρία δοχεία με νερό: Το δοχείο Α περιέχει νερό θερμοκρασίας 50 °C–60 °C, το δοχείο Β περιέχει νερό χαμηλότερης θερμοκρασίας (νερό στο οποίο έχω βάλει παγάκια, ώστε η θερμοκρασία του να είναι λίγους βαθμούς πάνω από το 0) και το δοχείο Γ που περιέχει νερό σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Ένας μαθητής βάζει διαδοχικά το χέρι του στο δοχείο Α και στη συνέχεια στο Β.

Χρησιμοποιεί τις λέξεις «ζεστό»-«κρύο» για να προσδιορίσει (υποκειμενικά) τη θερμοκρασία του νερού κάθε δοχείου.

Ένας άλλος μαθητής βουτά πρώτα το χέρι του στο δοχείο Γ και στη συνέχεια στο Β και προσδιορίζει με τον ίδιο τρόπο τις θερμοκρασίες του νερού των δύο δοχείων.

Από τη διαδικασία θα προκύψουν δύο αντιφατικοί υποκειμενικοί προσδιορισμοί για τη θερμοκρασία του νερού του δοχείου Β. Οι μαθητές οδηγούνται στο συμπέρασμα ότι χρειαζόμαστε έναν αντικειμενικό τρόπο προσδιορισμού της θερμοκρασίας, αποδεκτό από όλους και ανεξάρτητο της διαδικασίας μέτρησής της.

Στη συνέχεια, τοποθετώ δυο θερμόμετρα, το ένα στο δοχείο Α και το άλλο στο Β. Αφού σταθεροποιηθούν οι ενδείξεις τους, τα τοποθετώ στο δοχείο Β. Οι μαθητές διαπιστώνουν ότι τα δύο θερμόμετρα θα δείξουν τελικά την ίδια θερμοκρασία.

*Σημειώσεις:*

- Το δοχείο του θερμομέτρου πρέπει να βυθίζεται πλήρως στο νερό, του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε τη θερμοκρασία.
- Η μέτρηση να λαμβάνεται όταν σταθεροποιείται η ένδειξη του οργάνου (Αποκατάσταση θερμικής ισορροπίας).

Ορίζω τη θερμοκρασία ως ένα φυσικό μέγεθος που το μετράμε με ειδικά όργανα, τα θερμόμετρα. Δείχνω στους μαθητές μερικούς τύπους εργαστηριακών θερμομέτρων. Τους εξηγώ πώς έχει γίνει η βαθμονόμησή τους και μέσω πειραματικής δραστηριότητας τους δείχνω πώς γίνεται η θερμομέτρηση διαφόρων σωμάτων. Τονίζω ότι η μέτρηση της θερμοκρασίας γίνεται με βάση τη μεταβολή μιας φυσικής ιδιότητας και κάθε τύπος θερμομέτρου είναι κατάλληλος για τη μέτρηση της θερμοκρασίας σε συγκεκριμένη περιοχή θερμοκρασιών. Χρησιμοποιώ και τη σχετική εικόνα του βιβλίου καθώς και το ένθετο «Σύνδεση με την Κοσμολογία, Ιστορία και Ανθρωπολογία».

### **Εργαστηριακή άσκηση: Βαθμονόμηση θερμομέτρου**

Πραγματοποιώ την εργαστηριακή άσκηση «Βαθμονόμηση θερμομέτρου» του εργαστηριακού οδηγού, είτε ως άσκηση μετωπικού εργαστηρίου είτε ως πείραμα επίδειξης. Σε κάθε περίπτωση οι μαθητές συμπληρώνουν το φύλλο εργασίας που υπάρχει στις οδηγίες διεξαγωγής της άσκησης, στον εργαστηριακό οδηγό.

### **Θερμότητα – υπολογισμός της θερμότητας**

#### **Στόχοι 4, 5, 6**

*Σύνδεση με προηγούμενη γνώση*

Σε αυτή την παράγραφο επιχειρείται η εισαγωγή της έννοιας της θερμότητας ως μορφής μεταφερόμενης ενέργειας μεταξύ δύο σωμάτων διαφορετικής θερμοκρασίας. Δεδομένου ότι έχει προηγηθεί η διδασκαλία της έννοιας του έργου και της ενέργειας, επιδιώκεται οι



μαθητές να συσχετίσουν τη θερμότητα με τη γενικότερη αρχή διατήρησης της ενέργειας κατά την περιγραφή των θερμικών φαινομένων.

Η διδασκαλία μπορεί να επικεντρωθεί σε μια πειραματική δραστηριότητα, ή να υποβοηθηθεί από τις σχετικές εικόνες του βιβλίου ή αντίστοιχες διαφάνειες, ώστε οι μαθητές να συνειδητοποιήσουν ότι η επαφή ενός σώματος με ένα άλλο υψηλότερης θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας του αρχικού σώματος ή ακόμα και άλλες μεταβολές, όπως την κίνηση του εμβόλου της σύριγγας στη φιάλη του διπλανού σχήματος.

Με αυτό το πείραμα επίδειξης αποσκοπούμε σε δύο στόχους:

α) Η κίνηση του εμβόλου μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι μεταφέρθηκε στο αέριο της φιάλης ενέργεια και β) Η μεταφορά αυτής της ενέργειας έγινε από το θερμότερο σώμα (φλόγα) προς το λιγότερο θερμό (αέριο της φιάλης). Έτσι, εισάγουμε την έννοια της θερμότητας ως μια μορφή ενέργειας που μεταφέρεται από το θερμότερο προς το λιγότερο θερμό σώμα και μπορεί να μετατραπεί σε άλλες μορφές ενέργειας (κίνηση του εμβόλου).

Ζητώ από τους μαθητές σας να σκεφτούν, γιατί κινείται το έμβολο: στο έμβολο ασκείται δύναμη από τον αέρα της σύριγγας, η δύναμη παράγει έργο, η κινητική ενέργεια του εμβόλου αυξάνεται.

Με βάση αυτή την πειραματική δραστηριότητα και δείχνοντας εικόνες με αντίστοιχα παραδείγματα (για παράδειγμα τη μηχανή του Ήρωνα του σχολικού εργαστηρίου), ζητώ από τους μαθητές να περιγράψουν τη λειτουργία των θερμικών μηχανών ή τα θερμικά φαινόμενα που απεικονίζονται στις εικόνες, χρησιμοποιώντας την έννοια της θερμότητας, της ενέργειας και των μετατροπών της καθώς και την αρχή διατήρησης της ενέργειας.

[Επισημαίνουμε την αδυναμία πολλών μαθητών αυτής της ηλικίας να διακρίνουν και να συνδέσουν αιτιατά τη μεταφορά θερμότητας σε ένα σώμα με την αύξηση της θερμοκρασίας του. Η δραστηριότητα αυτή θα επαναληφθεί και στην επόμενη παράγραφο, αφού θα έχει γίνει η εισαγωγή της έννοιας της θερμικής ενέργειας. Εδώ επιμένουμε στη μακροσκοπική περιγραφή του παρατηρούμενου φαινομένου. Τη μικροσκοπική θα την αναπτύξουμε στην επόμενη παράγραφο. Ωστόσο ο τελικός στόχος και των δύο παραγράφων είναι οι μαθητές να μπορούν να περιγράφουν με τη γλώσσα της ενέργειας στο μακροσκοπικό και στο μικροσκοπικό επίπεδο τα παρατηρούμενα φαινόμενα (αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα της φιάλης και κίνηση του εμβόλου).

#### *Μακροσκοπικό επίπεδο*

Το διάπυρο αέριο της φλόγας του λύχνου έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από τον αέρα της φιάλης. Έτσι, μεταφέρεται ενέργεια με τη μορφή θερμότητας από τη φλόγα στον αέρα



της φιάλης. Ένα μέρος αυτής της ενέργειας μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια του αέρα (η θερμοκρασία του ανεβαίνει) και ένα άλλο μέρος προκαλεί την κίνηση του εμβόλου (μετατρέπεται σε μηχανικό έργο κατά την κίνηση του εμβόλου).

#### *Μικροσκοπικό επίπεδο*

Από την εστία θέρμανσης μεταφέρεται ενέργεια με τη μορφή θερμότητας στον αέρα της φιάλης. Η ενέργεια αυτή προκαλεί την αύξηση της κινητικής ενέργειας των δομικών λίθων (μορίων) του αέρα. Η αύξηση της κινητικής ενέργειας των μορίων του αέρα προκαλεί τα ακόλουθα αποτελέσματα: α) την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα. β) την κίνηση του εμβόλου (οι συγκρούσεις των μορίων του αέρα με το έμβολο γίνονται σφοδρότερες και το έμβολο μετατοπίζεται).

#### *Η Μηχανή του Ήρωνα*

Στη σφαίρα της μηχανής τοποθετούμε λίγο νερό (λιγότερο από το της χωρητικότητας της) και το θερμαίνουμε. Όταν το νερό βράζει, ατμοί εξέρχονται από τα ακροφύσια της μηχανής. Αναπτύσσονται πάνω στο περιστρεφόμενο τμήμα δυνάμεις, που το περιστρέφουν.

#### *Στη γλώσσα της ενέργειας*

Ένα μέρος της θερμότητας μεταφέρεται στη μηχανή, που μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του περιστρεφόμενου μέρους της.

Αφού εισάγω την έννοια της θερμότητας, επισημαίνω στους μαθητές ότι αύξηση της θερμοκρασίας ενός σώματος (ή συστήματος) μπορούν να προκληθεί και με μηχανικό τρόπο, όπως, για παράδειγμα, κατά την περιστροφή του αναδευτήρα ενός μίξερ. Το παράδειγμα αυτό παραπέμπει στο ιστορικό πείραμα του Joule και δίνει στους μαθητές τη δυνατότητα να εμπεδώσουν καλύτερα την έννοια της θερμότητας ως μορφής ενέργειας.



*Εικόνα 2. Η Μηχανή του Ήρωνα*

Η μονάδα ενέργειας ονομάστηκε Joule προς τιμή του Άγγλου ζυθοποιού-φυσικού που πρώτος διερεύνησε πειραματικά την ισοδυναμία Θερμότητας-Μηχανικής ενέργειας. Ο Joule εργαζόταν με τόσο μεγάλο πάθος για τη διερεύνηση αυτής της ισοδυναμίας, ώστε τον απασχολούσε και κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του στους καταρράκτες του Ρήνου. Κατασκεύασε μόνος του ένα ειδικό θερμόμετρο και το χρησιμοποίησε για να μετρήσει τη θερμοκρασία του νερού στο πάνω και το κάτω μέρος του καταρράκτη. Αυτό που ήθελε να μάθει ήταν αν η ενέργεια της υδατόπτωσης μετατρέποταν σε θερμότητα στο κάτω άκρο, και αν πράγματι συνέβαινε αυτό, πόση θερμότητα παραγόταν.

*Πώς μετράμε τη θερμότητα που προκαλεί ορισμένη μεταβολή της θερμοκρασίας σώματος;*

Ήδη οι μαθητές έχουν συσχετίσει τη θερμότητα και τη θερμοκρασία με μια σχέση αιτίας-αποτελέσματος. Για να διατυπώσω την εξίσωση της θερμιδομετρίας, καταφεύγω στην περιγραφή εικονικών πειραμάτων, στη διαίσθηση και στην τάση των μαθητών να σχετίζουν τα φυσικά μεγέθη με σχέσεις αναλογίας. Εφαρμόζω το νόμο της θερμιδομετρίας σε πολλά αριθμητικά παραδείγματα, ώστε οι μαθητές να εξοικειωθούν με αυτόν.

Παρατηρήσεις

1. Η ειδική θερμότητα αποτελεί χαρακτηριστική σταθερά για κάθε υλικό. Η υψηλή τιμή της ειδικής θερμότητας του νερού (βλέπε σχετικό διάγραμμα) συνδυάζεται με εφαρμογές όπως αυτή στο ένθετο «Σύνδεση με το περιβάλλον» ή με την καθημερινή τους εμπειρία (ένθετο «Ακονίστε το μυαλό σας»).
2. Πολλοί μαθητές πιστεύουν ότι εκτός της θερμότητας μεταφέρεται και ψύχος όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία των σωμάτων. Τονίζω ότι η θερμοκρασία ενός σώματος αυξάνεται όταν μεταφέρεται θερμότητα προς αυτό και ελαττώνεται όταν μεταφέρεται θερμότητα από αυτό προς το περιβάλλον του.

### **Εργαστηριακή άσκηση: Διατήρηση της ενέργειας κατά τη μεταφορά θερμότητας – Θερμική ισορροπία**

Η σχετική άσκηση του εργαστηριακού οδηγού αποτελεί ένα εξαιρετικό παράδειγμα πειραματικού ελέγχου απλών θεωρητικών προβλέψεων του μαθητή. Προτείνεται η διεξαγωγή της με τη μορφή μετωπικού εργαστηρίου. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να συμπληρωθεί το φύλλο εργασίας που περιέχει.

### **Θερμότητα, θερμοκρασία, θερμική ενέργεια και μικρόκοσμος**

#### **Στόχοι 7, 8**

#### *Εισαγωγικό σημείωμα*

Σε αυτή την παράγραφο επιχειρείται η εισαγωγή ενός απλού σωματιδιακού μοντέλου και η σύνδεσή του με βασικά μακροσκοπικά μεγέθη, όπως η θερμοκρασία και η θερμική ενέργεια. Δεν πρέπει βέβαια να αγνοούμε το γεγονός ότι η δημιουργία νοητικών παραστάσεων στο μικροσκοπικό επίπεδο είναι δύσκολη για τους μαθητές αυτής της ηλικίας. Ωστόσο, ο βασικός στόχος της διδασκαλίας της Φυσικής στο Γυμνάσιο, που είναι η εισαγωγή και σταδιακή εξοικείωση του μαθητή με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, εξυπηρετείται άριστα με μια κατάλληλη μοντελοποίηση του μικρόκοσμου και την αναγωγή/ερμηνεία φαινομένων του μακροσκοπικού επιπέδου σε μικροσκοπικές διαδικασίες. Με την αναγωγή αυτή, ο μαθητής καθίσταται ικανός να διακρίνει τα μικροσκοπικά από τα μακροσκοπικά μεγέθη, να εφαρμόζει το μικροσκοπικό μοντέλο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και να προβλέπει και να ερμηνεύει την εξέλιξη των φυσικών φαινομένων που

παρατηρεί. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι μαθητές έχουν ήδη έλθει σε επαφή με τα μοντέλα δομής της ύλης από το Δημοτικό Σχολείο.

Στο υπόλοιπο του κεφαλαίου επιχειρείται μια παράλληλη περιγραφή εννοιών και φαινομένων τόσο σε μακροσκοπικό όσο και σε μικροσκοπικό επίπεδο. Τονίζεται ότι η διδασκαλία των σχετικών παραγράφων πρέπει να μεθοδευτεί κατάλληλα ώστε αφενός να αποφευχθεί σύγχυση μεταξύ των δυο επιπέδων και αφετέρου να συνδεθούν μεταξύ τους. Δηλαδή να αξιοποιηθεί το σωματιδιακό μοντέλο σε τέτοιο βαθμό, ώστε να οι μαθητές να μπορούν να το χρησιμοποιούν για να προσεγγίζουν έννοιες και φυσικά μεγέθη και να περιγράφουν φαινόμενα στο μακροσκοπικό επίπεδο.

Στο αρχικό μοντέλο δομής της ύλης χρησιμοποιείται η έννοια του δομικού λίθου. Ο δομικός λίθος θεωρείται ως απλό σωματίδιο που έχει μάζα, κινείται στο χώρο και μπορεί να αλληλεπιδρά με άλλους δομικούς λίθους. Κάθε σώμα θεωρείται ότι αποτελείται από ένα σύνολο δομικών λίθων που κινούνται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Το μοντέλο αυτό εμπλουτίζεται σταδιακά έτσι ώστε να ανταποκρίνεται κάθε φορά στις ανάγκες περιγραφής και ερμηνείας των φαινομένων που μελετάμε. Επισημαίνεται ότι το μικροσκοπικό μοντέλο πρέπει να εισαχθεί με τον απλούστερο δυνατό τρόπο, με βάση τις εμπειρίες και τη διαίσθηση των μαθητών. Η διδασκαλία πρέπει να εστιαστεί κυρίως στα θεμελιώδη χαρακτηριστικά των θεμελιωδών λίθων, που είναι η κίνηση και η αλληλεπίδραση.

### Ενδεικτικά διδακτικά βήματα

Πραγματοποιώ το **πείραμα επίδειξης** με την πειραματική διάταξη της εικόνας 1. Θερμαίνω τη φιάλη, μέχρις ότου παρατηρηθεί μετακίνηση του εμβόλου της σύριγγας. Ρωτώ τους μαθητές τι υπάρχει μέσα στη φιάλη και ποια είναι η μικροσκοπική του δομή. Τους καθοδηγώ ώστε να συμπεράνουν ότι τα μόρια του αέρα κινούνται προς κάθε κατεύθυνση και συγκρούονται με τα τοιχώματα του δοχείου. Στη συνέχεια τους ρωτώ ποια είναι η μεταβολή που υφίσταται η κίνηση και η κινητική ενέργεια των μορίων από τη θέρμανση της φιάλης. Χρησιμοποιούν τις γνωστές τους έννοιες της ενέργειας, της μεταφοράς ενέργειας και της διατήρησης της ενέργειας. Καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι λόγω της αύξησης της κινητικής ενέργειας των μορίων, οι συγκρούσεις τους με τα τοιχώματα του δοχείου έγιναν πιο βίαιες, με αποτέλεσμα να ασκούνται ισχυρότερες δυνάμεις από τα μόρια στα τοιχώματα, άρα και στο έμβολο της σύριγγας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπερνικηθεί η τριβή και να μετακινηθεί το έμβολο.

Κατευθύνω τους μαθητές ώστε να συνδέσουν την αύξηση της θερμοκρασίας του αερίου της φιάλης με την αύξηση της κινητικής ενέργειας των μορίων του αέρα που περιέχεται σε αυτήν. Εισάγω την έννοια της θερμικής ενέργειας του αέρα που περιέχεται στη φιάλη ως το άθροισμα των κινητικών ενεργειών όλων των δομικών λίθων (μορίων) του.

Ζητώ από τους μαθητές (και τους βοηθώ) να περιγράψουν στο μικροσκοπικό επίπεδο πώς μεταφέρεται θερμότητα από τη φλόγα του λύχνου προς τον αέρα της φιάλης. Συνδέουν τη μεταφορά θερμότητας στο μακροσκοπικό επίπεδο με τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας των μορίων του αέρα της φιάλης κατά τη σύγκρουσή τους με τους δομικούς λίθους του υλικού της φιάλης (γυαλί).

Με βάση το μικροσκοπικό προσδιορισμό των εννοιών θερμοκρασία, θερμική ενέργεια και θερμότητα, ζητώ από τους μαθητές να διακρίνουν τις τρεις έννοιες και να επισημάνουν τις διαφορές μεταξύ τους, καθώς και τα βασικά χαρακτηριστικά τους.

*Παρατηρήσεις:*

1. Πολλοί μαθητές έχουν την άποψη ότι η θερμοκρασία αποτελεί μέτρο της θερμικής ενέργειας που περικλείει ένα σώμα. Η αξιοποίηση του ένθετου «Ακονίστε το μυαλό σας» μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές κατανοήσουν ότι η θερμοκρασία δεν εξαρτάται από την έκταση ή τη μάζα του σώματος, αλλά μόνο από το μέγεθος της κινητικής ενέργειας που έχει κάθε μόριο κατά μέσο όρο.
2. Πολλοί μαθητές αντιλαμβάνονται ότι η θερμοκρασία αποτελεί την παράμετρο που καθορίζει την κατεύθυνση μεταφοράς θερμότητας όταν δύο σώματα βρίσκονται σε θερμική επαφή. Θεωρούν ότι τα διάφορα υλικά έχουν τη δική τους θερμοκρασία που συνδέεται με τη φύση του υλικού παρά με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (π.χ. θεωρούν ότι η χύτρα έχει μικρότερη θερμοκρασία από το νερό που υπάρχει στο εσωτερικό της).
3. Πολλοί μαθητές έχουν την άποψη ότι η θερμότητα περιέχεται ή εναποθηκεύεται στα σώματα. Για να άρω αυτή την παρανόηση, τους ζητώ να περιγράψουν τι συμβαίνει όταν δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας βρίσκονται σε θερμική επαφή, χρησιμοποιώντας τους όρους «θερμοκρασία», «θερμότητα» και «θερμική ενέργεια σώματος». Τους υποβοηθώ να χρησιμοποιήσουν τη γλώσσα της ενέργειας και τη μικροσκοπική περιγραφή, ώστε να κατανοήσουν πώς μεταβάλλεται η θερμοκρασία και η θερμική ενέργεια των δύο σωμάτων κατά τη θερμική επαφή τους.

## **Θερμική ισορροπία**

### **Στόχος 9**

Πραγματοποιώ **πείραμα επίδειξης**: Μέσα σε θερμικά μονωμένο δοχείο ρίχνω νερό βρύσης (~200 g) και στη συνέχεια τοποθετώ και ένα μεταλλικό δοχείο με νερό υψηλότερης θερμοκρασίας (για παράδειγμα ~200 g, θερμοκρασίας 50 °C). Με δύο θερμόμετρα παρακολουθώ τις θερμοκρασίες του νερού εντός και εκτός του μεταλλικού δοχείου (μέσα στο θερμικά μονωμένο δοχείο). Οι μαθητές διαπιστώνουν ότι η θερμοκρασία του νερού υψηλής θερμοκρασίας μειώνεται, ενώ του νερού χαμηλής θερμοκρασίας αυξάνεται, μέχρις ότου εξισωθούν. Από τη στιγμή αυτή και μετά, οι θερμοκρασίες διατηρούνται ίσες. Ζητώ από τους μαθητές (και τους βοηθώ) να περιγράψουν το φαινόμενο αυτό στο μικροσκοπικό επίπεδο. Συνδέουν την εξίσωση των θερμοκρασιών στην κατάσταση θερμικής ισορροπίας με την εξίσωση (κατά μέσο όρο) των κινητικών ενεργειών των μορίων του νερού μέσα και έξω από το μεταλλικό δοχείο.

Εφόσον το σχολείο διαθέτει σύστημα ΣΛΑ (MBL), μπορούμε να πραγματοποιήσουμε την αντίστοιχη εργαστηριακή άσκηση του εργαστηριακού οδηγού, ως πείραμα επίδειξης και οι μαθητές να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας που περιλαμβάνεται.

Στόχος της εργαστηριακής άσκησης ή του πειράματος επίδειξης είναι να προσεγγίσουν οι μαθητές τη διαδικασία αποκατάστασης της θερμικής ισορροπίας καθώς και την αρχή διατήρησης της ενέργειας μέσα από την πειραματική διαδικασία.

*Παρατηρήσεις:*

1. Θυμίζω στους μαθητές τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να χρησιμοποιούμε το θερμόμετρο για να μετράμε τη θερμοκρασία ενός σώματος (θερμομέτρηση) και το συσχετίζω με την κατάσταση θερμικής ισορροπίας. Επισημαίνω στους μαθητές ότι η μέτρηση της θερμοκρασίας ενός σώματος προϋποθέτει την ύπαρξη θερμικής ισορροπίας του σώματος με το θερμόμετρο.
2. Χρησιμοποιώ μια εικονική αναπαράσταση του μικρόκοσμου (τη σχετική εικόνα του βιβλίου, ή διαφάνεια ή κατάλληλο πρόγραμμα στον Η/Υ) για να αντιληφθούν τη διαδικασία αποκατάστασης της θερμικής ισορροπίας και κυρίως γιατί μεταφέρεται θερμότητα από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σώμα.

**Συνθετική εργασία διαθεματικού χαρακτήρα: Από τον Ήρωνα στον Βατ**

Με την ολοκλήρωση της ενότητας και στο πλαίσιο του διατιθέμενου χρόνου για τις διαθεματικές δραστηριότητες (10%) μπορούμε να αναθέσουμε στους μαθητές την εκπόνηση συνθετικής εργασίας.

Με βάση το κείμενο του αντίστοιχου ένθετου στο βιβλίο του μαθητή και με χρήση σχετικών διαφανειών, κάνουμε μια συζήτηση στην τάξη για τις θερμικές μηχανές. Ανάλογα με τα ενδιαφέροντα των μαθητών (ιστορικά, κοινωνικά, περιβαλλοντικά, καλλιτεχνικά κτλ.) επιλέγουμε 4–5 θεματικές περιοχές, όπως για παράδειγμα τη βιομηχανική επανάσταση, τη θερμική μόλυνση, τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, βιογραφικά στοιχεία επιστημόνων που συνέβαλλαν στην ανάπτυξη και την εξέλιξη των θερμικών μηχανών κτλ. Χωρίζουμε τους μαθητές σε ομάδες και η κάθε ομάδα αναλαμβάνει την επεξεργασία θέματος από κάθε θεματική περιοχή. Συγκεντρώνονται πληροφορίες, γίνεται επεξεργασία και ταξινόμηση του υλικού, συντίθεται η εργασία και τελικά κάθε ομάδα παρουσιάζει τη δουλειά της στην τάξη και γίνεται αξιολόγησή της. Είναι σημαντικό να τεθούν από την αρχή συγκεκριμένοι εκπαιδευτικοί στόχοι για κάθε συνθετική εργασία, στόχοι που θα προκύψουν από συζήτηση με τους μαθητές. Με βάση τους στόχους αυτούς οι μαθητές θα αξιολογήσουν το τελικό προϊόν της εργασίας τους.

Ερωτήσεις: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 – Εφαρμογές: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

**Ασκήσεις: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8**

**Θερμική διαστολή και συστολή**

**Στόχοι**

Οι μαθητές:

1. Να προσδιορίζουν τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η γραμμική διαστολή των στερεών.

2. Να προσδιορίζουν τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η διαστολή όγκου στα στερεά, στα υγρά και στα αέρια σώματα.
3. Να περιγράφουν εφαρμογές της θερμικής διαστολής των σωμάτων και τη σημασία τους για την καθημερινή ζωή.

### Ενδεικτικά διδακτικά βήματα

Πραγματοποιώ μερικά πειράματα επίδειξης για να δείξω στους μαθητές ότι όταν αυξάνεται η θερμοκρασία των στερεών και τα υγρών σωμάτων, ο όγκος τους αυξάνεται. Για παράδειγμα, θερμαίνω μεταλλική σφαίρα που διέρχεται από δακτύλιο, θερμαίνω μια φιάλη με μακρύ λαιμό, που περιέχει νερό (βλέπε σχετική εργαστηριακή άσκηση στον εργαστηριακό οδηγό). Η διδασκαλία της θερμικής διαστολής και συστολής των σωμάτων ενδείκνυται να γίνει με βάση την αντίστοιχη **εργαστηριακή άσκηση** του εργαστηριακού οδηγού, είτε με τη μορφή μετωπικού εργαστηρίου, είτε ως πείραμα επίδειξης. Σε κάθε περίπτωση, οι μαθητές πρέπει να συμπληρώσουν το αντίστοιχο φύλλο εργασίας.

#### Παρατηρήσεις:

1. Πολλοί μαθητές εκφράζουν την άποψη ότι όταν μια οπή θερμαίνεται, μικραίνει. Αξιοποιώντας τη δραστηριότητα που περιγράφεται στη σχετική εικόνα του βιβλίου του μαθητή, προσπαθώ να προβληματίσω τους μαθητές πάνω σε αυτή την παρανόηση. Τους επισημαίνω ότι για να ξεβιδώσουμε ευκολότερα το μεταλλικό καπάκι από ένα κρύο βάζο, το βρέχουμε με ζεστό νερό.
2. Τονίζω στους μαθητές την αύξηση του μήκους μιας ράβδου κατά τη θερμική διαστολή που είναι της τάξης του  $1\%$  (ένα τοις χιλίοις) του αρχικού της μήκους, για μεταβολές της θερμοκρασίας κατά  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Τους ζητώ να υπολογίσουν την αύξηση του μήκους σιδερένιας ράβδου μήκους ενός μέτρου, όταν η θερμοκρασία της μεταβληθεί κατά  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Έτσι μπορούν να διαπιστώσουν πόσο μικρή είναι η μεταβολή του μήκους ενός στερεού λόγω της θέρμανσής του. Παρά το γεγονός αυτό, οι δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τη θερμική συστολή είναι τεράστιες. Αναφέρω από την καθημερινή εμπειρία το σπάσιμο ενός γυάλινου σκεύους κατά τη θέρμανσή του, ή δείχνω εικόνα ή διαφάνεια παραμορφωμένης μεταλλικής κατασκευής λόγω θερμικής διαστολής των μερών της.
3. Αναφέρω εφαρμογές της θερμικής διαστολής και συστολής στην καθημερινή ζωή. Εστιάζω στο διμεταλλικό έλασμα και το θερμοστάτη. Εξηγώ την αρχή της λειτουργίας του.
4. Επισημαίνω την ανώμαλη διαστολή του νερού και την μεγάλη σημασία της στη διατήρηση της υδρόβιας ζωής. Ζητώ από τους μαθητές να μελετήσουν το σχετικό ένθετο «Ακονίστε το μυαλό σας».

**Φύλλα εργασίας–αξιολόγησης** υπάρχουν στις αντίστοιχες εργαστηριακές ασκήσεις και πειραματικές δραστηριότητες του εργαστηριακού οδηγού. Προτείνεται να αξιοποιηθούν σε

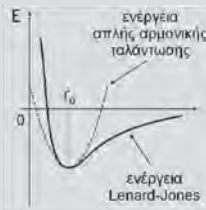
συνδυασμό με τη διεξαγωγή των αντίστοιχων πειραματικών δραστηριοτήτων (εργαστήριο με ομάδες είτε πείραμα επίδειξης).

Ερωτήσεις: 13, 14 – Εφαρμογές: 11, 12, 13, 14, 15

**Ασκήσεις: 9, 10, 11, 12**

### Ερμηνεία της διαστολής-Πρόσθετα επιστημονικά στοιχεία

Το φαινόμενο της θερμικής διαστολής τουλάχιστον των στερεών οφείλεται στον αναρμονικό χαρακτήρα της ταλάντωσης των δομικών λίθων τους. Μια διαδομένη προσέγγιση της έκφρασης της δυναμικής ενέργειας των δομικών λίθων ενός κρυσταλλικού στερεού αποτελεί το καλούμενο δυναμικό Lenard-Jones.



Στο διάγραμμα που παρουσιάζεται στο σχήμα  $r_0$  είναι η απόσταση που θα είχαν οι δομικοί λίθοι αν ήταν ακίνητοι. Όπως φαίνεται στο σχήμα, όσο αυξάνεται η θερμοκρασία δηλ. η κινητική ενέργεια των δομικών λίθων, αυτοί απομακρύνονται περισσότερο απ' ό,τι πλησιάζουν με τελικό αποτέλεσμα την αύξηση των μέσων αποστάσεων τους.

### Διδακτική προσέγγιση

Το μοντέλο των ιδιόμορφων ελατηρίων, αν και αντιστοιχεί σε σχετικά υψηλό επίπεδο αφαίρεσης, παρατίθεται εδώ για δυο λόγους. Πρώτον για λόγους πληρότητας: Κάποιοι τουλάχιστον από τους μαθητές θα προβληματιστούν εύλογα για την ερμηνεία του φαινομένου της διαστολής. Δεύτερον ήδη από το Δημοτικό σχολείο (Φυσικά Ε΄ τάξης Α΄ μέρος σελ. 40) οι μαθητές έχουν έλθει σε επαφή με ένα μοντέλο ελατηρίων για τη κίνηση των μορίων στα στερεά και κάποιοι από αυτούς ήδη έχουν αποκτήσει μια «άποψη» που ερμηνεύει τη θερμική διαστολή με βάση αυτό το μοντέλο.

Αν θεωρείτε ότι η τάξη σας είναι σε θέση να προσεγγίσει την πλήρη ερμηνεία της διαστολής να την διδάξετε, χωρίς να θέσετε ως πρωταρχικό στόχο την κατανόησή της, τονίζοντας οπωσδήποτε τον υποθετικό χαρακτήρα του μοντέλου. Αν πάλι θεωρείτε ότι το θέμα υπερβαίνει το επίπεδο της τάξης σας, μπορείτε να περιοριστείτε απλώς σε δυο επισημάνσεις:

- α. Κατά τη διαστολή δεν αυξάνεται το μέγεθος των μορίων, αλλά οι μεταξύ τους αποστάσεις και
- β. Συνέπεια της διαστολής είναι η μείωση της πυκνότητας των σωμάτων.



Κατά το σχεδιασμό των κτιρίων οι μηχανικοί πρέπει να λαμβάνουν σοβαρά υπόψη τους τις δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τη θερμική διαστολή. Στις σύγχρονες κατασκευές χρησιμοποιούνται ασάλινες ράβδοι για την ενίσχυση τη ανοχής τουτσιμέντου (οπλισμένο σκυρόδεμα). Το ασάλι και το τσιμέντο πρέπει να διαστέλλονται το ίδιο, αλλιώς στο κτίριο θα δημιουργηθούν ρωγμές κατά τη διάρκεια μιας ιδιαίτερα θερμής ημέρας. Ένα άλλο πρόβλημα είναι δυνατόν να προκύψει από την ανισομερή θέρμανση διαφορετικών πλευρών πολύ υψηλών κτιρίων, όπως οι ουρανοξύστες, κατά την ανατολή και τη δύση του ηλίου. Τότε η μια πλευρά του κτιρίου διαστέλλεται περισσότερο από την άλλη με αποτέλεσμα το κτίριο να γέρνει ελαφρά. Αν αυτή η κλίση δεν έχει ληφθεί υπόψη, τότε υπάρχει κίνδυνος για τη σταθερότητα του κτιρίου.

Οι τοπογράφοι για την πραγματοποίηση μετρήσεων ακριβείας χρησιμοποιούν βαθμονομημένες μεταλλικές μετροταινίες. Γνωρίζοντας τη θερμοκρασία την ώρα της μέτρησης μπορούν να διορθώσουν την τιμή λόγω της πιθανής διαστολής ή συστολής της μετροταινίας. Υποθέστε ότι μια μετροταινία βαθμονομημένη στους 20 °C που χρησιμοποιείται μια καλοκαιρινή μέρα στην οποία η θερμοκρασία είναι 40 °C, θα είναι σωστές οι μετρήσεις αν η ύπαρξη της υψηλής θερμοκρασίας δεν ληφθεί υπόψη; (Οι τιμές των μηκών που θα πάρουν οι τοπογράφοι θα είναι μικρότερες των πραγματικών).

## ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 7: ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΦΑΣΕΩΝ

### Εισαγωγικό σημείωμα

Στην εισαγωγική συζήτηση καλώ τους μαθητές να ταξινομήσουν όλα τα σώματα που παρατηρούν στο περιβάλλον τους σε τρεις κατηγορίες (καταστάσεις): τη στερεά, την υγρή και την αέρια. Στη συνέχεια τους προτρέπω να αναφέρουν φαινόμενα μεταβολών των καταστάσεων των σωμάτων που παρατηρούν οι μαθητές στην καθημερινή τους ζωή, όπως το λιώσιμο του χιονιού, ο βρασμός του νερού, η υγραποίηση των υδρατμών στα τζάμια των παραθύρων.

### Στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να περιγράφουν παραδείγματα στα οποία συμβαίνει μεταβολή της κατάστασης ενός σώματος και να προσδιορίζουν δύο κοινά χαρακτηριστικά κάθε μεταβολής φάσης: α) τη συνύπαρξη των δύο φάσεων κατά τη διάρκεια της μεταβολής και τη σταθερότητα της θερμοκρασίας.
2. Να ορίζουν τις θερμοκρασίες τήξης, πήξης και βρασμού και να αναφέρουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες οι θερμοκρασίες αυτές είναι δυνατόν να μεταβληθούν.
3. Να περιγράφουν σε μικροσκοπικό επίπεδο και στη γλώσσα της ενέργειας τη μεταβολή της κατάστασης ενός σώματος.
4. Να περιγράφουν μέσω παραδειγμάτων το φαινόμενο της εξάτμισης και να το διακρίνουν από το βρασμό. Να περιγράφουν την εξάτμιση στο μικροσκοπικό επίπεδο.

### Ενδεικτικά διδακτικά βήματα

#### **Μεταβολές φάσεων – Τήξη – Πήξη – Βρασμός**

#### **Στόχοι 1, 2, 3**

Χρησιμοποιώ παραδείγματα από την καθημερινή ζωή για να περιγράψω τα φαινόμενα της τήξης, της πήξης και του βρασμού. Τονίζω στους μαθητές ότι κατά τη μεταβολή της κατάστασης ενός σώματος, η θερμοκρασία του διατηρείται σταθερή και συνυπάρχουν οι δύο φάσεις. Συζητώ πώς ο παράγοντας της εξωτερικής πίεσης επηρεάζει τη θερμοκρασία του βρασμού. Χρησιμοποιώ το παράδειγμα του βρασμού του νερού στην επιφάνεια της θάλασσας και στην κορυφή ενός βουνού.

Αξιοποιώ τις πειραματικές δραστηριότητες που αναφέρονται στις εικόνες 7.4 και 7.5 της παραγράφου και πραγματοποιώ τη σχετική εργαστηριακή άσκηση, που περιέχεται στον Εργαστηριακό Οδηγό, ως πείραμα επίδειξης (οι μαθητές συμπληρώνουν το φύλλο εργασίας του Εργαστηριακού Οδηγού).

Εισάγω απλά μικροσκοπικά μοντέλα για την περιγραφή της δομής ενός στερεού, ενός υγρού και ενός αέριου σώματος. Ζητώ από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν τις έννοιες κινητική ενέργεια, δυναμική ενέργεια, θερμότητα, θερμοκρασία και τη σχέση της θερμοκρασίας με την κινητική ενέργεια των δομικών λίθων του σώματος, για να περιγράψουν στο μικροσκοπικό επίπεδο τα φαινόμενα μεταβολής φάσης και να αιτιολογήσουν τη σταθερότητα της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της μεταβολής. [Δεδομένου ότι οι σχετικές έννοιες είναι δύσκολα αφομοιώσιμες από τους μαθητές, προτείνεται η συμπλήρωση από τους μαθητές ενός σχετικού κειμένου με τη βοήθεια του καθηγητή].

## **Εξάτμιση**

### **Στόχος 4**

Περιγράφω μέσα από παραδείγματα το φαινόμενο της εξάτμισης και το διακρίνω από αυτό του βρασμού. (Παραδείγματα: Πώς δημιουργούνται τα σύννεφα; Τι θα συμβεί σε μια ποσότητα νερού που την αφήνω για αρκετό διάστημα σε ανοικτό δοχείο; Γιατί στεγνώνουν τα νωπά ρούχα όταν τα απλώσω; Γιατί μυρίζω ένα άρωμα όταν ανοίξω το μπουκάλι στο οποίο περιέχεται;)

Χρησιμοποιώ το μικροσκοπικό μοντέλο για τα υγρά και τα αέρια και ζητώ από τους μαθητές να περιγράψουν το φαινόμενο της εξάτμισης στο μικροσκοπικό επίπεδο. Στο πλαίσιο της ερμηνείας αυτής, τους βοηθώ να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι κατά την εξάτμιση η θερμοκρασία του υγρού σώματος μειώνεται. Πραγματοποιώ την πειραματική δραστηριότητα που αναφέρεται στην παράγραφο (Μέτρηση της θερμοκρασίας οινοπνεύματος που εξατμίζεται) για να επιβεβαιώσουν την πρόβλεψή τους.

Ερωτήσεις: 1, 2, 3 – Εφαρμογές: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

**Ασκήσεις: 1, 2, 3**

## ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 8: ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

### Εισαγωγικό σημείωμα

Η διδασκαλία των φαινομένων της μεταφοράς της θερμότητας στηρίζεται, ως συνήθως, στην περιγραφή σχετικών φαινομένων από την καθημερινή ζωή με χρήση των εννοιών της θερμότητας και του μικρόκοσμου που ήδη έχει διδαχθεί ο μαθητής. Το κεφάλαιο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εφαρμογή για παραπέρα αφομοίωση του γλωσσικού πλαισίου και του μικροσκοπικού μοντέλου που έχει ήδη διδαχθεί. Οι έννοιες που πιθανότατα θα δυσκολέψουν τη διδασκαλία, βρίσκονται στην παράγραφο «Διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία». Πρόκειται για τις έννοιες «ακτινοβολία» και «φωτόνιο». Η προσέγγισή τους γίνεται με τον απλούστερο δυνατό τρόπο. Μπορεί να συμπυκνωθεί σε λίγες προτάσεις, όπως για παράδειγμα: «Το φως είναι ένα σύνολο από παράξενα σωματίδια που τρέχουν με την ταχύτητα του φωτός και μεταφέρουν ενέργεια. Τα σωματίδια αυτά ονομάζονται φωτόνια. Κάθε τέτοια δέσμη φωτονίων είτε είναι ορατή είτε αόρατη ονομάζεται ακτινοβολία. «Κάθε σώμα εκπέμπει και ταυτόχρονα απορροφά ακτινοβολία».

### Στόχοι

Οι μαθητές να:

1. Περιγράψουν με παραδείγματα φαινόμενα διάδοσης θερμότητας με αγωγή,
2. Περιγράψουν με παραδείγματα φαινόμενα διάδοσης θερμότητας με μεταφορά
3. Περιγράψουν με παραδείγματα φαινόμενα διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία.
4. Να χρησιμοποιούν τη γλώσσα της ενέργειας και του μικρόκοσμου για να περιγράψουν τα φαινόμενα διάδοσης της θερμότητας και να διακρίνουν τους τρεις μηχανισμούς διάδοσης μεταξύ τους.

### Ενδεικτικά διδακτικά βήματα

#### Στόχοι 1, 4

Θερμαίνω με ένα κεράκι την άκρη μιας μεταλλικής ράβδου και ζητώ από τους μαθητές να παρατηρήσουν την αύξηση της θερμοκρασίας του άλλου άκρου της. Ζητώ από τους μαθητές να ανακαλέσουν τις γνώσεις τους γύρω από τη μικροσκοπική δομή των στερεών σωμάτων και να ερμηνεύσουν το φαινόμενο χρησιμοποιώντας τη γλώσσα της ενέργειας. Δίνω έμφαση στο συμπέρασμα (που προκύπτει από την ανάλυση του φαινομένου) ότι κατά τη διάδοση της θερμότητας με αγωγή δεν παρατηρείται μετατόπιση σωματιδίων από το ένα σημείο του σώματος στο άλλο.

**Στόχοι 2, 4**

Πραγματοποιώ πείραμα επίδειξης με τη χρήση της συσκευής μεταφοράς θερμότητας σε υγρά (εικ. 8.8)

Ζητώ από τους μαθητές να σκεφτούν πώς διαδίδεται η θερμότητα με το νερό σε ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης, δεδομένου ότι το νερό είναι μονωτής και το προηγούμενο μοντέλο της θερμικής αγωγιμότητας δεν μπορεί να εφαρμοστεί. Τους καθοδηγώ να χρησιμοποιήσουν την ιδέα των ρευμάτων μεταφοράς.

**Στόχοι 3, 4**

Εισάγω την έννοια της ακτινοβολίας και του φωτονίου με τη λογική που περιγράφεται στο εισαγωγικό σημείωμα. Φέρνω παραδείγματα, όπου η αύξηση της θερμοκρασίας ενός σώματος δεν μπορεί να ερμηνευτεί με τη βοήθεια των μηχανισμών διάδοσης θερμότητας με αγωγή και με μεταφορά, μπορεί όμως να ερμηνευτεί με το μηχανισμό της εκπομπής και απορρόφησης ακτινοβολίας από αυτό. Για παράδειγμα, η θέρμανση της Γης από τον Ήλιο – Η μεταφορά θερμότητας από μια ηλεκτρική θερμάστρα με κάτοπτρο προς άλλα αντικείμενα του δωματίου κτλ.

Ζητώ από τους μαθητές να περιγράψουν φαινόμενα τα οποία μπορούν να ερμηνευτούν με κάποιον από τους τρεις μηχανισμούς διάδοσης της θερμότητας και να τα αναλύσουν με τη γλώσσα της ενέργειας στο μικροσκοπικό επίπεδο. Τους ζητώ να αναφέρουν χρήσιμες εφαρμογές των μηχανισμών διάδοσης της θερμότητας (Ηλεκτρική κουζίνα–Σύστημα κεντρικής θέρμανσης–Θερμοκήπια).

**Φύλλα εργασίας–αξιολόγησης** υπάρχουν στις αντίστοιχες εργαστηριακές ασκήσεις και πειραματικές δραστηριότητες του εργαστηριακού οδηγού. Προτείνεται να αξιοποιηθούν σε συνδυασμό με τη διεξαγωγή των αντίστοιχων πειραματικών δραστηριοτήτων (εργαστήριο με ομάδες είτε πείραμα επίδειξης).

Ερωτήσεις: 1, 2 – Εφαρμογές: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7



Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη 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').

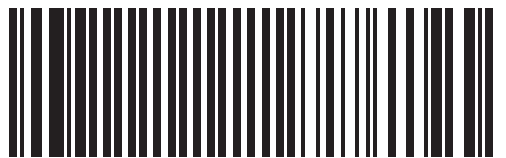
*Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Διά Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων/ ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.*

Κωδικός βιβλίου: 0-21-0103

ISBN 978-960-06-2732-9



ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ & ΕΚΔΟΣΕΩΝ



(01) 000000 0 21 0103 3