

ΦΥΣΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ

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

Γ' Κ.Π.Σ./ΕΠΕΑΕΚ II/Ενέργεια 2.2.1/Κατηγορία Πράξεων 2.2.1.α:
«Αναμόρφωση των προγραμμάτων σπουδών και συγγραφή νέων εκπαιδευτικών πακέτων»

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ
Δημήτριος Γ. Βλάχος
Ομότιμος Καθηγητής του Α.Π.Θ.
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
Γεώργιος Κ. Παληός
Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

Αναπληρωτές Επιστημονικοί Υπεύθυνοι Έργου
Ιγνάτιος Ε. Χατζηευστρατίου
Μόνιμος Πάρεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου
Γεώργιος Χαρ. Πολύζος
Πάρεδρος Ε.Θ. του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

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

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

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

ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ: 

ΦΥΣΙΚΗ

Γ' Γυμνασίου

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑ

Περιεχόμενα

Εισαγωγή

1. Πείραμα και θεωρία	7
2. Η εργαστηριακή άσκηση	7
3. Μέτρα ασφαλείας στο εργαστήριο	8
4. Σύμβολα ασφαλείας	8

Μέτρηση – Σφάλματα – Γραφικές παραστάσεις

1. Πώς μετράμε ένα μέγεθος;	9
2. Πώς προκύπτουν τα σφάλματα στις μετρήσεις των φυσικών μεγεθών;	10
3. Πώς σχεδιάζουμε πειραματικά τη γραφική παράσταση δύο φυσικών μεγεθών που σχετίζονται μεταξύ τους;	12
4. Μεταβολές μεγεθών	13

Εργαστηριακές ασκήσεις

Εργαστηριακή άσκηση 1: Ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις	15
Εργαστηριακή άσκηση 2: Ο Νόμος του Ohm	19
Εργαστηριακή άσκηση 3: Νόμος αντίστασης συρμάτινου αγωγού	21
Εργαστηριακή άσκηση 4: Σύνδεση αντιστατών σε σειρά	23
Εργαστηριακή άσκηση 5: Παράλληλη σύνδεση αντιστατών	26
Εργαστηριακή άσκηση 6: Διακοπή και βραχυκύκλωμα στο ηλεκτρικό κύκλωμα	29
Εργαστηριακή άσκηση 7: Πειραματικός έλεγχος των νόμων του απλού εκκρεμούς	33
Εργαστηριακή άσκηση 8: Ταλάντωση ελατηρίου	35
Εργαστηριακή άσκηση 9: Μελέτη κυμάτων	37
Εργαστηριακή άσκηση 10: Ανάκλαση – Επίπεδοι καθρέφτες	41
Εργαστηριακή άσκηση 11: Σφαιρικοί καθρέφτες	43
Εργαστηριακή άσκηση 12: Διάθλαση	47
Εργαστηριακή άσκηση 13: Συγκλίνοντες φακοί	50

Πειράματα επίδειξης

Κίνηση φορτισμένων σωματιδίων σε ηλεκτρικό πεδίο	53
Ροοστάτης και ποτενσιόμετρο	56
Διάδοση του φωτός και σκιά	60
Μελέτη της διάθλασης φωτεινής δέσμης σε πρίσμα	62
Ανάλυση του φωτός με πρίσμα	65

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Πείραμα και θεωρία

Η Φυσική είναι η επιστήμη που διαμόρφωσε και συνεχίζει να διαμορφώνει ο άνθρωπος στην προσπάθειά του να κατανοήσει και να ερμηνεύσει τα **φυσικά φαινόμενα**, δηλαδή τις μεταβολές του φυσικού κόσμου που τον περιβάλλει. Για να πετύχει σ' αυτή του την προσπάθεια, επινοεί και χρησιμοποιεί κατάλληλες **φυσικές έννοιες** και **φυσικά μεγέθη**, όπως για παράδειγμα υλικό σώμα, βαρύτητα, ηλεκτρικό πεδίο, ή ακόμα, μήκος, ταχύτητα, ενέργεια, θερμοκρασία, φορτίο κ.ά. Στη συνέχεια, στηριζόμενος στην εμπειρία του, επιχειρεί να βρει και να διατυπώσει **σχέσεις** μεταξύ των φυσικών μεγεθών, που είναι γνωστές ως **φυσικοί νόμοι**. Τέλος εντάσσει τους φυσικούς νόμους σε ευρύτερες λογικές κατασκευές, τις **φυσικές θεωρίες**.

Παραδείγματα φυσικών νόμων:

- α. «Αν αυξήσεις τη **θερμοκρασία** μιας μεταλλικής ράβδου, αυξάνεται το **μήκος** της».
- β. «Αν προσφέρεις **θερμότητα** στο νερό και η **θερμοκρασία** του φτάσει τους 100°C , σε ατμοσφαιρική **πίεση** 1 atm, τότε μετατρέπεται από **υγρό** σε **αέριο**».
- γ. «Το **διάστημα** που διανύει ένα σώμα, όταν κινείται με σταθερή **ταχύτητα**, είναι ανάλογο με το **χρόνο** της **κίνησής** του».

Οι νόμοι και οι θεωρίες που διατυπώνονται στο πλαίσιο της Φυσικής δεν είναι αυθαίρετοι. Πρέπει να συμφωνούν με την «**πραγματικότητα**». Για να ελέγξεις αν αυτό πραγματικά συμβαίνει, πρέπει να καταφύγεις στο **πείραμα**.

Πείραμα είναι μια καλοσχεδιασμένη ερώτηση που κάνει ο άνθρωπος στη φύση, με στόχο να επαληθεύσει ή να διαψεύσει ένα νόμο ή μια εικασία ή για να ανακαλύψει έναν καινούργιο.

Λόγου χάρη, για να ελέγξεις το παράδειγμα (β), δεν έχεις παρά να κάνεις το εξής: Μια μέρα που η ατμοσφαιρική πίεση είναι 1 atm να ζεστάνεις νερό σ' ένα δοχείο, παρακολουθώντας τη θερμοκρασία του με ένα θερμόμετρο, και να ελέγξεις αν πραγματικά μετατρέπεται σε αέριο όταν η ένδειξη του θερμόμετρου φτάσει τους 100°C .

Το πείραμα παίζει κυρίαρχο ρόλο στη Φυσική. Αυτό είναι που επιβεβαιώνει ή διαψεύδει τους νόμους και τις θεωρίες που διατυπώνει ο άνθρωπος στην προσπάθειά του να κατανοήσει τα φαινόμενα που συμβαίνουν γύρω του. Για το λόγο αυτό η Φυσική χαρακτηρίζεται ως **πειραματική επιστήμη**.

2. Η εργαστηριακή άσκηση

Ένα πείραμα πραγματοποιείται συνήθως στο εργαστήριο. Πρέπει, βέβαια, πριν από την εκτέλεσή του, να έχουν οριοθετηθεί με σαφήνεια οι στόχοι του και να έχει γίνει προσεκτικός σχεδιασμός. Έτσι κάθε εργαστηριακή άσκηση που περιέχεται σ' αυτό τον οδηγό περιλαμβάνει:

- **Τους στόχους της:** Τι θέλουμε να ρωτήσουμε τη φύση; Ποιες φυσικές έννοιες πρέπει να συσχετίσουμε μεταξύ τους; Ποιους φυσικούς νόμους θέλουμε να επιβεβαιώσουμε ή να διαψεύσουμε;
- **Θεωρητικές επισημάνσεις:** Βασικές γνώσεις από τη θεωρία που είναι απολύτως απαραίτητες για την πραγματοποίηση της άσκησης.
- **Τα απαιτούμενα όργανα και υλικά.**

- **Οδηγίες** για τη συναρμολόγηση της πειραματικής διάταξης και τις διαδοχικές ενέργειες που πρέπει να γίνουν για τη σωστή διεξαγωγή της άσκησης.
- **Το φύλλο εργασίας:** Σ' αυτό περιέχονται ερωτήσεις που αφορούν την επεξεργασία των πειραματικών μετρήσεων ή δεδομένων, τη διαμόρφωση συμπερασμάτων και τη γενίκευση των αποτελεσμάτων.

3. Μέτρα ασφαλείας στο εργαστήριο

Όπως και στην καθημερινή μας ζωή, οι κίνδυνοι που μπορεί να παρουσιαστούν κατά τη διενέργεια των πειραμάτων είναι πολλοί. Γι' αυτό κατά την εκτέλεση **κάθε** εργαστηριακής άσκησης πρέπει να είσαι ιδιαίτερα προσεκτικός και πειθαρχημένος. Να ελέγχεις απόλυτα τις κινήσεις σου και να ακολουθείς πιστά τις οδηγίες του καθηγητή σου. Μια από τις δεξιότητες που πρέπει να αποκτήσεις μέσα στο εργαστήριο είναι η ικανότητα να εργάζεσαι με ασφάλεια.

Ειδικότερα, όταν είσαι μέσα στο εργαστήριο Φυσικής, είναι απαραίτητο να **γνωρίζεις** και να **εφαρμόζεις** τους κανόνες ασφαλείας όπως διατυπώνονται παρακάτω:

1. **Δεν χρησιμοποιώ καμιά συσκευή αν δεν μάθω καλά τον τρόπο λειτουργίας της και αν δεν ζητήσω άδεια από τον καθηγητή μου.**
2. **Έχω μελετήσει και γνωρίζω τι πρέπει να κάνω για να διεξαχθεί σωστά η εργαστηριακή άσκηση. Για κάθε απορία απευθύνομαι στον καθηγητή μου.**
3. **Φορώ προστατευτικά γυαλιά και ποδιά, εφ' όσον προβλέπεται από τους κανόνες ασφαλείας της άσκησης ή μου το ζητήσει ο καθηγητής μου.**
4. **Μόλις ολοκληρώσω τη συναρμολόγηση της διάταξης μιας εργαστηριακής άσκησης, καλώ τον καθηγητή μου να την ελέγξει. Σε καμιά περίπτωση δεν αρχίζω την εκτέλεση του πειράματος προτού πραγματοποιηθεί έλεγχος.**
5. **Ποτέ δεν τροφοδοτώ μια διάταξη με ηλεκτρική τάση αν δεν έχει προηγηθεί έλεγχος από τον καθηγητή μου και δεν έχει δοθεί η άδειά του.**
6. **Ποτέ δεν ανάβω μια εστία θέρμανσης, χωρίς την άδεια και την επίβλεψη του καθηγητή μου. Θυμάμαι να τη σβήνω αμέσως μετά την εκτέλεση της εργασίας.**
7. **Δεν πιάνω ποτέ χωρίς αντιθερμικό γάντι σκεύη ή συσκευές που έχουν θερμανθεί είτε από κάποια εστία θέρμανσης είτε λόγω της διέλευσης ηλεκτρικού ρεύματος.**
8. **Είμαι ιδιαίτερα προσεκτικός όταν χρησιμοποιώ γυάλινα σκεύη. Δεν τα πιέζω και τα κρατώ ή τα τοποθετώ με προσοχή για να μη σπάσουν και με τραυματίσουν.**
9. **Δεν πιάνω χημικές ουσίες. Όταν έρθει σε επαφή το δέρμα μου ή τα μάτια μου με κάποια χημική ουσία, αμέσως τα ξεπλένω με άφθονο νερό και ειδοποιώ τον καθηγητή μου.**
10. **Δεν μετακινούμαι άσκοπα από τη θέση μου χωρίς την άδεια του καθηγητή μου. Εργάζομαι υπεύθυνα και δεν κάνω αστεία με τους συμμαθητές μου.**

Όταν ολοκληρώσεις μια εργαστηριακή άσκηση και καταγράψεις τα πειραματικά σου αποτελέσματα, δεν πρέπει να ξεχάσεις να κάνεις μια τελευταία εργασία: Να αποσυναρμολογήσεις προσεκτικά τη διάταξη, να καθαρίσεις τον πάγκο και να τακτοποιήσεις τα όργανα και τα υλικά στις θέσεις που θα σου υποδείξει ο καθηγητής σου.

Σύμβολα ασφαλείας

Για να κυκλοφορούν με ασφάλεια οι οδηγοί στους δρόμους, υπάρχουν τα σήματα της κώδικα οδικής κυκλοφορίας. Για τον ίδιο λόγο, οι εργαστηριακές ασκήσεις που περιλαμβάνονται σ' αυτόν τον εργαστηριακό οδηγό συνοδεύονται από ορισμένα «σύμβολα ασφαλείας». Κάθε σύμβολο προειδοποιεί για τους κινδύνους που ενδεχομένως να παρουσιαστούν κατά την εκτέλεση της αντίστοιχης εργαστηριακής δραστηριότητας. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι ερμηνείες των συμβόλων αυτών:

 ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΑΝΤΙΘΕΡΜΙΚΩΝ ΓΑΝΤΙΩΝ	Η χρήση αντιθερμικών γαντιών επιβάλλεται, όταν χειρίζεσαι θερμά αντικείμενα.	 ΠΡΟΣΟΧΗ ΙΣΧΥΡΕΣ ΠΗΓΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	Κίνδυνος για τα μάτια κατά τη χρήση ακτίνων laser ή πολύ ισχυρών πηγών ακτινοβολίας. Δεν πρέπει να κοιτάζεις ποτέ κατευθείαν την πηγή της ακτινοβολίας.
 ΠΡΟΣΟΧΗ ΚΟΦΤΕΡΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ	Κίνδυνος τραυματισμού κατά το χειρισμό γυάλινων ή αιχμηρών αντικειμένων.	 ΠΡΟΣΟΧΗ ΕΥΦΛΕΚΤΕΣ ΥΛΕΣ	Κίνδυνος εγκαυμάτων από τη χρησιμοποίηση λύχνων ή άλλων εστιών θερμότητας.
 ΠΡΟΣΟΧΗ ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΞΙΑΣ ΚΑΙ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ	Κίνδυνος ηλεκτροπληξίας, εγκαυμάτων κ.λπ. κατά τη χρήση ηλεκτρικών συσκευών.	 ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΓΥΑΛΙΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	Επιβάλλεται η χρήση προστατευτικών γυαλιών. Υπάρχει κίνδυνος τραυματισμού, ερεθισμού ή άλλης βλάβης των ματιών.
 ΠΡΟΣΟΧΗ ΓΕΝΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ	Γενικός κίνδυνος	 ΠΡΟΣΟΧΗ ΚΑΥΤΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	Κίνδυνος από καυτές επιφάνειες.

ΜΕΤΡΗΣΗ-ΣΦΑΛΜΑΤΑ-ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

1. Πώς μετράμε ένα μέγεθος;

Τι θα κάνεις αν θελήσεις να μετρήσεις το πλάτος του βιβλίου σου; Το πιο πιθανό είναι ότι θα εφαρμόσεις διαδοχικά τις ακόλουθες ενέργειες:

- Παίρνεις ένα χάρακα (υποδεκάμετρο).
- Τοποθετείς τη χαραγή του χάρακα που αντιστοιχεί στο μηδέν στο ένα άκρο του βιβλίου.
- Ευθυγραμμίζεις το χάρακα με την ακμή του βιβλίου.
- Διαβάζεις την υποδιαίρεση του χάρακα που αντιστοιχεί στο άλλο άκρο της ακμής του βιβλίου.
- Έστω ότι βρήκες 20,92 cm. Μπορείς να ονομάσεις το μήκος της ακμής που μέτρησες με ένα γράμμα (για παράδειγμα το α) και να καταγράψεις το αποτέλεσμα της μέτρησής σου ως εξής:

$$a=20,92 \text{ cm}$$

Αν πάλι θέλεις να μετρήσεις τη μάζα του σώματός σου, αρκεί να ανέβεις πάνω σε μια ζυγαριά. Ο δείκτης ή η ψηφιακή της οθόνη θα σου δείξουν αμέσως ότι η μάζα σου είναι, για παράδειγμα, 53,45 kg. Αν συμβολίσεις τη μάζα με το γράμμα m, μπορείς τότε να γράψεις:

$$m=53,45 \text{ kg}$$

Στην πρώτη περίπτωση πραγματοποιήσαμε μια **μέτρηση μήκους**. Στη δεύτερη μια **μέτρηση μάζας**. Είναι ολοφάνερο ότι ενεργήσαμε με πολύ διαφορετικό τρόπο για να πραγματοποιήσουμε τις δύο παραπάνω **μετρήσεις**. Ωστόσο και οι δύο διαδικασίες χαρακτηρίζονται με τον ίδιο όρο. Ονομάζονται μετρήσεις. Γιατί άραγε; Ποια είναι τα κοινά τους χαρακτηριστικά;

Κατά τη μέτρηση του μήκους, αν ξεχάσουμε τις λεπτομέρειες των ενεργειών μας, αυτό που κάναμε ουσιαστικά ήταν η σύγκριση του μήκους της ακμής του βιβλίου με ένα άλλο μήκος που έχουμε συμ-

φωνήσει να το λέμε εκατοστό του μέτρου (cm). Το cm είναι η **μονάδα μέτρησης** μήκους που χρησιμοποιήσαμε. Προσδιορίζεται από το χάρακα που διαθέτουμε και από τους κάθε είδους χάρακες, κανόνες, μετροταινίες και άλλα όργανα μέτρησης μήκους που είναι βαθμονομημένα με τη συγκεκριμένη μονάδα. Έτσι βρήκαμε ότι το πλάτος του βιβλίου είναι 20,92 φορές το μήκος του ενός εκατοστού (cm).

Το ίδιο όμως κάναμε και κατά τη μέτρηση της μάζας. Η μηχανή (ζυγαριά) έχει κατασκευαστεί έτσι ώστε να μπορεί να συγκρίνει τη μάζα του σώματός μας με μια συγκεκριμένη μάζα (την ίδια για όλες τις παρόμοιες ζυγαριές) που ονομάζεται κιλό (kg). Στην περίπτωση αυτή το αποτέλεσμα που προέκυψε από τη σύγκριση της μάζας του σώματός μας με το κιλό το πληροφορηθήκαμε αυτόματα από το δείκτη και την κλίμακα της μηχανής ή από τη ψηφιακή της οθόνη: Το σώμα που ζυγίσαμε έχει μάζα 53,45 φορές τη μάζα του ενός κιλού.

Καταλήγουμε λοιπόν σ' ένα συμπέρασμα:

*Κάθε διαδικασία σύγκρισης δύο ομοειδών μεγεθών (ανεξαρτήτως του τρόπου με τον οποίο πραγματοποιείται και του πόσο εύκολα ή δύσκολα μπορεί να γίνει) ονομάζεται **μέτρηση**.*

Από τη μέτρηση ενός μεγέθους προκύπτει πάντοτε ένας αριθμός. Είναι το αποτέλεσμα της σύγκρισης του μεγέθους με τη μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιούμε. Αν επιλέξουμε άλλη μονάδα, το αποτέλεσμα της μέτρησης θα είναι διαφορετικό. Για παράδειγμα, αν χρησιμοποιήσουμε ως μονάδα το μέτρο (m) αντί του cm, το αποτέλεσμα της μέτρησης της ακμής του βιβλίου θα είναι:

$$a=0,209 \text{ m}$$

και αν χρησιμοποιήσουμε ως μονάδα την ίντσα (in), το ίδιο μήκος θα το βρούμε:

$$a=8,2 \text{ in.}$$

2. Πώς προκύπτουν τα σφάλματα στις μετρήσεις των φυσικών μεγεθών;

Πίνακας Α		
α/α	Μαθητές	Μήκος της ακμής (α) του βιβλίου του Κώστα σε cm
1	Κώστας	20,92
2	Γιάννης	20,90
3	Μαρία	20,89
4	Βασιλική	20,93
5	Γιώργος	20,88
6	Ελένη	20,90
7	Ηλίας	20,91
8	Σάββας	20,92
9	Άννα	20,90
10	Μαργαρίτα	20,89
	Μέση τιμή	20,90

Ας γυρίσουμε στο παράδειγμα της μέτρησης της ακμής του βιβλίου. Αν ζητούσαμε από δέκα συμμαθητές σου να κάνουν με τον ίδιο χάρακα την ίδια μέτρηση, θα κατέληγαν άραγε όλοι στο ίδιο αποτέλεσμα; Είναι εξαιρετικά απίθανο! Το πιθανότερο είναι ότι τα αποτελέσματα των μετρήσεών τους θα διέφεραν λίγο μεταξύ τους. Στον πίνακα Α καταγράφονται οι τιμές του μήκους μιας πλευράς ενός συγκεκριμένου βιβλίου που προέκυψαν από τις μετρήσεις δέκα μαθητών.

Κάτι ανάλογο θα συμβεί αν εσύ ο ίδιος επαναλάβεις, για παράδειγμα, δέκα φορές την ίδια μέτρηση και τοποθετήσεις τα αποτελέσματα σ' ένα πίνακα παρόμοιο με τον πίνακα Α. Θα παρατηρήσεις ότι κάθε φορά που μετράς μια συγκεκριμένη απόσταση ή μια

ορισμένη διάσταση ενός σώματος δεν καταλήγεις απαραίτητα στην ίδια τιμή. **Οι διαφοροποιήσεις αυτές οφείλονται στα σφάλματα που γίνονται κατά τη διεξαγωγή κάθε μέτρησης.**

Ποιες είναι άραγε οι αιτίες των σφαλμάτων που επηρεάζουν το αποτέλεσμα μιας μέτρησης; Ποιο από τα αποτελέσματα που καταγράφουμε είναι το πλέον αξιόπιστο;

Αν επαναλάβεις πολλές φορές τη μέτρηση του ίδιου μήκους (για παράδειγμα του πλάτους του βιβλίου), δεν είναι δύσκολο να ανακαλύψεις αρκετές αιτίες που ευθύνονται για τις μικρές διαφοροποιήσεις των αποτελεσμάτων που διαπιστώνεις. Παραθέτουμε μερικές από τις συνηθέστερες:

α. Κάθε φορά που διεξάγουμε τη μέτρηση, η αρχή του χάρακα δεν τοποθετείται πάντοτε ακριβώς στο ίδιο σημείο (βλ. σχήμα 1).

β. Αν το τέλος της ακμής του βιβλίου βρίσκεται μεταξύ δύο χαραγών του χάρακα, δεν μπορούμε να γνωρίζουμε με βεβαιότητα το τελευταίο ψηφίο του μετρούμενου μήκους. Έτσι αναγκαζόμαστε να καταφύγουμε σε υποκειμενική εκτίμηση. Για παράδειγμα, το αποτέλεσμα της μέτρησης του πλάτους του βιβλίου, που φαίνεται στο σχήμα 1, μπορεί να είναι 20,5 ή 20,6 ή 20,7 cm.



Σχήμα 1

γ. Δεν είναι δυνατή η απόλυτη ευθυγράμμιση του χάρακα με το μετρούμενο αντικείμενο: Η καμπύλωση του χάρακα ή ο σχηματισμός μικρής γωνίας με την ακμή του βιβλίου μπορεί να επηρεάσουν τη μέτρηση και επομένως αποτελούν μια ακόμα αιτία σφαλμάτων.

Αντίστοιχες αιτίες σφαλμάτων μπορούμε να ανακαλύψουμε στη μέτρηση οποιουδήποτε φυσικού μεγέθους. Με βάση λοιπόν τις παραπάνω διαπιστώσεις καταλήγουμε στη διατύπωση ενός συμπεράσματος: *Η διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από πολλές μετρήσεις του ίδιου, σταθερού μεγέθους οφείλονται είτε σε αστάθμητους παράγοντες είτε σε υποκειμενικές εκτιμήσεις του παρατηρητή.*

Βέβαια όλοι αυτοί οι τυχαίοι ή υποκειμενικοί παράγοντες που επηρεάζουν τις μετρήσεις μας δεν είναι δυνατό να ελεγχθούν και να αποφευχθούν πλήρως. Επομένως μπορούμε να ισχυριστούμε ότι όλες οι μετρήσεις ενός μεγέθους είναι μεταξύ τους ισοδύναμες και ότι έχουν την ίδια αξιοπιστία, εφ' όσον τηρούνται κάποιες προϋποθέσεις:

- Γίνονται με την ίδια προσοχή και κάτω από τις ίδιες οδηγίες.
- Οι συνθήκες του περιβάλλοντος διατηρούνται (κατά το δυνατόν) σταθερές και (περίπου) κοινές για όλες τις μετρήσεις.
- Πραγματοποιούνται με το ίδιο ή με πανομοιότυπα όργανα μέτρησης.

Με δεδομένες αυτές τις προϋποθέσεις όλες οι μετρήσεις που καταγράφονται στον πίνακα Α θεωρούνται ισοδύναμες. Καμία τους δεν μπορεί να χαρακτηριστεί «καλύτερη» ή «πιο πιθανή» από τις άλλες. Κάθε αποτέλεσμα προσεγγίζει με την ίδια πιθανότητα το «πραγματικό» μήκος της ακμής του βιβλίου. Επομένως αποδεχόμαστε ότι η τιμή που προσεγγίζει με τη μεγαλύτερη ακρίβεια το μετρούμενο μήκος είναι η μέση τιμή (μέσος όρος) όλων των αποτελεσμάτων των μετρήσεων που πραγματοποιήσαμε. Δηλαδή:

$$a = (20,92 + 20,90 + 20,89 + 20,93 + 20,88 + 20,90 + 20,91 + 20,92 + 20,90 + 20,89) / 10 = 20,90 \text{ cm}$$

Το αποτέλεσμα αυτό καταγράφεται στην τελευταία σειρά του πίνακα Α.

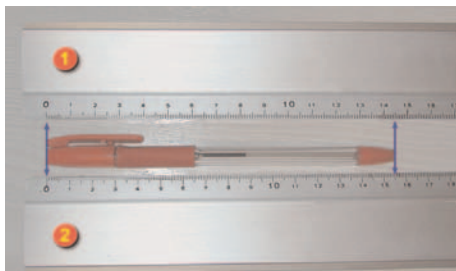
Πρέπει να τονιστεί ότι κατά τον υπολογισμό της μέσης τιμής κρατάμε στο τελικό αποτέλεσμα τον ίδιο αριθμό δεκαδικών ψηφίων με εκείνο των επιμέρους μετρήσεων. Αν προκύπτουν περισσότερα δεκαδικά ψηφία, τα διαγράφουμε στρογγυλοποιώντας κατάλληλα το τελευταίο σημαντικό ψηφίο. Για παράδειγμα, η μέση τιμή που προκύπτει για το a με βάση τις τιμές του πίνακα Α είναι:

$$a = 20,904 \text{ cm}$$

Επειδή οι μετρήσεις έχουν γίνει με προσέγγιση δεύτερου δεκαδικού ψηφίου, στρογγυλοποιούμε την τιμή του a και γράφουμε:

$$a = 20,90 \text{ cm}$$

Τα σφάλματα των μετρήσεων που μελετήσαμε μέχρι τώρα μπορεί να οφείλονται σε τυχαίους παράγοντες ή στις υποκειμενικές εκτιμήσεις του παρατηρητή. Ωστόσο υπάρχει και μια άλλη πιθανή αιτία σφαλμάτων: Η λανθασμένη κατασκευή ή η μη σωστή λειτουργία των οργάνων μέτρησης. Φαντάσου, για παράδειγμα, ότι οι υποδιαιρέσεις του ενός cm του χάρακα με τον οποίο μετρήσες το πλάτος του βιβλί-



Σχήμα 2

Σύμφωνα με το χάρακα που έχει λανθασμένη βαθμολόγηση, το μήκος του αντικειμένου AB του σχήματος είναι 14,5 cm, ενώ το πραγματικό του μήκος είναι 15,5 cm.

ου σου δεν έχουν πραγματικά μήκος ένα cm. Τότε οι μετρήσεις σου θα είναι εσφαλμένες λόγω της κακής κατασκευής του οργάνου (βλ. σχήμα 2). Τα σφάλματα που επηρεάζουν τις μετρήσεις μας και προέρχονται από λάθη στην κατασκευή ή τη λειτουργία των οργάνων μέτρησης ονομάζονται συστηματικά. Τα συστηματικά σφάλματα, σε αντίθεση με τα τυχαία, μπορούμε να τα εξουδετερώσουμε και να τα αποφύγουμε. Αρκεί να κάνουμε προσεκτικό έλεγχο και δοκιμή των οργάνων μέτρησης πριν από τη χρήση τους.

3. Πώς σχεδιάζουμε πειραματικά τη γραφική παράσταση δύο φυσικών μεγεθών που σχετίζονται μεταξύ τους;

Ας ξεκινήσουμε πάλι με ένα παράδειγμα.

Γνωρίζεις ότι όσο περισσότερο χρόνο θερμαίνεις μια ορισμένη μάζα νερού (προτού αρχίσει να βράζει) τόσο περισσότερο αυξάνεται η θερμοκρασία του. Η θερμοκρασία του νερού σχετίζεται με το χρόνο θέρμανσής του. Πώς μπορούμε να βρούμε πειραματικά και να παραστήσουμε με ένα διάγραμμα τη σχέση μεταξύ της **θερμοκρασίας** του νερού και του **χρόνου** που το θερμαίνουμε;

Αρκεί να σχεδιάσουμε και να εκτελέσουμε ένα κατάλληλο πείραμα. Μια πειραματική διαδικασία χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις θα μπορούσε να περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

- Ρίχνουμε σ' ένα δοχείο ζέσεως μια ποσότητα (≈ 200 g) νερού και το τοποθετούμε σε μια ήπια εστία θέρμανσης.
- Φέρνουμε ένα θερμόμετρο σε επαφή με το νερό έτσι ώστε να μας δείχνει διαρκώς τη θερμοκρασία του.
- Χρησιμοποιούμε ένα χρονόμετρο για να μετράμε το χρόνο θέρμανσης του νερού.
- Ανάβουμε την εστία και μετά από λίγο θέτουμε σε λειτουργία το χρονόμετρο, καταγράφοντας ταυτόχρονα και την ένδειξη του θερμομέτρου. Σημειώνουμε σ' ένα πίνακα τις τιμές της θερμοκρασίας ανά μισό ή ένα λεπτό.
- Όταν η θερμοκρασία φτάσει τους $60\text{--}70^\circ\text{C}$, κλείνουμε την εστία και σταματούμε τις μετρήσεις.

Πίνακας Β		
Χρόνος θέρμανσης t min	Θερμοκρασία του νερού θ $^\circ\text{C}$	Μεταβολή της θερμοκρασίας από την αρχική της τιμή $\Delta\theta$ $^\circ\text{C}$
0	20	0
0,5	24	4
1	27,5	7,5
1,5	32	12
2	36,5	16,5
2,5	40	20
3	43,5	23,5
3,5	48	28
4	52,5	32,5

Ας υποθέσουμε ότι τα αποτελέσματα του συγκριμένου πειράματος είναι αυτά που περιέχουν οι δύο πρώτες στήλες του πίνακα Β. Παρατηρούμε, όπως εξάλλου ήταν αναμενόμενο, ότι καθώς μεταβάλλεται ο χρόνος θέρμανσης η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται. Εμείς όμως επιδιώκουμε κάτι περισσότερο: θέλουμε να ανακαλύψουμε ποια μαθηματική σχέση ικανοποιούν και να διατυπώσουμε τον αντίστοιχο φυσικό νόμο. Για να πετύχουμε το στόχο μας αυτό, αρκεί να σχεδιάσουμε τη γραφική παράσταση της θερμοκρασίας του νερού σε συνάρτηση με το χρόνο θέρμανσης με βάση τα πειραματικά δεδομένα του πίνακα Β.

Ο σωστός και μεθοδικός σχεδιασμός μιας γραφικής παράστασης, με βάση κάποια πειραματικά δεδομένα, απαιτεί την εφαρμογή ορισμένων απλών οδηγιών:

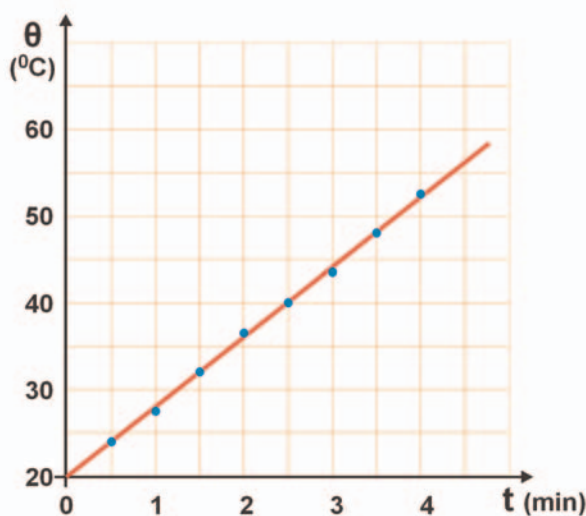
- Με ένα χάρακα σχεδιάζουμε πάνω σε ένα χιλιοστομετρικό (μιλιμετρέ) φύλλο ένα σύστημα ορθογωνίων αξόνων. Επιλέγουμε κατάλληλη κλίμακα και στον οριζόντιο άξονα τοποθετούμε τις τιμές του

χρόνου από 0 έως 5 min. Αντίστοιχα, στον κατακόρυφο άξονα τοποθετούμε τις τιμές της θερμοκρασίας από 10°C έως 60°C.

- β. Εντοπίζουμε και σημειώνουμε πάνω στο φύλλο τα σημεία με συντεταγμένες τις τιμές χρόνου και θερμοκρασίας που αναγράφονται σε κάθε σειρά του πίνακα Β (βλ. σχήμα 3).
- γ. Με τη βοήθεια του χάρακα παρατηρούμε ότι όλα τα σημεία που έχουμε τοποθετήσει (με βάση τις πειραματικές τιμές του πίνακα Β) βρίσκονται περίπου επάνω ή πολύ κοντά σε μια ευθεία γραμμή (βλ. σχήμα 3).

Γιατί άραγε συμβαίνει αυτό;

Την απάντηση μπορείς να τη μαντέψεις αν συνδυάσεις ό,τι έχεις ήδη μάθει σχετικά με τα σφάλματα των μετρήσεων. Θυμήσου ότι κάθε σημείο που σημειώσαμε πάνω στο χιλιοστομετρικό χαρτί έχει προκύψει από τη μέτρηση δύο φυσικών μεγεθών: του χρόνου θέρμανσης (που τον μετρήσαμε με το χρονόμετρο) και της θερμοκρασίας του νερού (που τη μετρήσαμε με το θερμόμετρο). Γνωρίζεις όμως ότι κάθε μέτρηση περιέχει σφάλμα. Επομένως όλες οι τιμές του χρόνου και της θερμοκρασίας που έχουν καταγραφεί στον πίνακα Β (εφ' όσον έχουν προκύψει από μετρήσεις) περιέχουν κάποιο σφάλμα. Άρα και οι θέσεις των αντίστοιχων πειραματικών σημείων στο διάγραμμα δεν είναι απόλυτα ακριβείς.



Σχήμα 3

Πώς θα σκεφτούμε λοιπόν για να σχεδιάσουμε τη γραφική παράσταση θερμοκρασίας-χρόνου που προσδιορίζεται από το σύνολο των πειραματικών μας σημείων;

Αφού η θέση τους δεν είναι απόλυτα σωστή, δεν είναι απαραίτητο να βρίσκονται όλα επάνω στη γραμμή που παριστάνει τη σχέση των παραπάνω μεγεθών. Πρέπει ωστόσο να βρίσκονται πολύ κοντά σε αυτή. Σχεδιάζουμε επομένως μια απλή συνεχή γραμμή που περνάει όσο γίνεται πιο κοντά από το σύνολο των σημείων. Αφήνουμε έξω από τη γραμμή, δεξιά και αριστερά της, περίπου τον ίδιο αριθμό σημείων (βλ. σχήμα 3).

4. Μεταβολές μεγεθών

Ας παρατηρήσουμε πάλι τις τιμές της θερμοκρασίας και του χρόνου που έχουν καταγραφεί στον πίνακα Β:

Τη στιγμή $t_1=0,5$ min, η θερμοκρασία του νερού ήταν $\theta_1=24^\circ\text{C}$. Τη χρονική στιγμή $t_2=1,5$ min η θερμοκρασία του νερού ήταν $\theta_2=32^\circ\text{C}$. Πώς θα απαντήσεις στο ερώτημα «Πόσο μεταβλήθηκε η θερμοκρασία του νερού από τη στιγμή t_1 έως τη στιγμή t_2 ;» ή στο ισοδύναμο ερώτημα «Πόση είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας στο χρονικό διάστημα που προσδιορίζεται από τις χρονικές στιγμές t_1 και t_2 ;»

Η απάντηση προκύπτει αμέσως από την καθημερινή μας εμπειρία: Δεν έχεις παρά να αφαιρέσεις από τη θερμοκρασία $\theta_2=32^\circ\text{C}$ τη θερμοκρασία $\theta_1=24^\circ\text{C}$. Δηλαδή η μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού από τη στιγμή $t_1=0,5$ min μέχρι τη στιγμή $t_2=1,5$ min είναι:

$$\theta_2 - \theta_1 = (32 - 24)^\circ\text{C} = 8^\circ\text{C}$$

Τη μεταβολή της θερμοκρασίας τη συμβολίζουμε με το σύμβολο $\Delta\theta$ και γράφουμε:

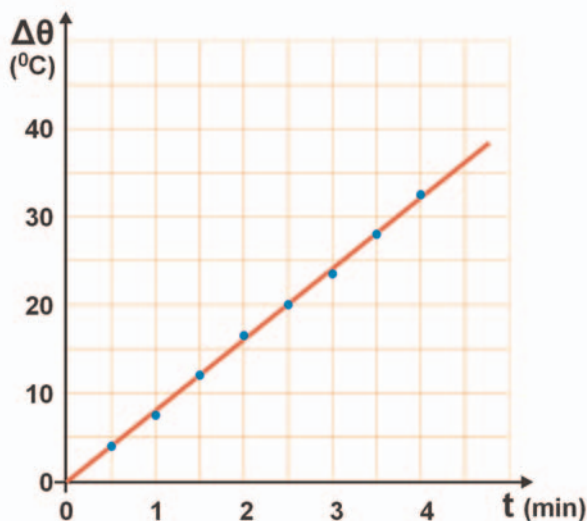
$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$$

οπότε στο προηγούμενο παράδειγμα η μεταβολή της θερμοκρασίας είναι:

$$\Delta\theta=8^{\circ}\text{C}$$

Πολλές φορές μας ενδιαφέρει να υπολογίζουμε τη μεταβολή ενός μεγέθους (για παράδειγμα της θερμοκρασίας) από την αρχική του τιμή, δηλαδή από τη χρονική στιγμή $t=0$, που αρχίσαμε τις μετρήσεις. Έτσι σύμφωνα με τις τιμές του πίνακα Β διαπιστώνουμε ότι:

- Τη στιγμή $t=0,5$ min η θερμοκρασία του νερού έχει μεταβληθεί από την αρχική της τιμή κατά $\Delta\theta=(24-20)^{\circ}\text{C}=4^{\circ}\text{C}$.
- Τη στιγμή $t=1$ min η θερμοκρασία του νερού έχει μεταβληθεί από την αρχική της τιμή κατά $\Delta\theta=(27,5-20)^{\circ}\text{C}=7,5^{\circ}\text{C}$ κ.λπ.



Σχήμα 4

Όλες αυτές τις μεταβολές της θερμοκρασίας από την αρχική της τιμή μπορούμε να τις καταχωρίσουμε στην τρίτη στήλη του πίνακα Β. Με βάση τις τιμές αυτές κατασκευάζουμε τη γραφική παράσταση της μεταβολής της θερμοκρασίας του νερού σε συνάρτηση με το χρόνο θέρμανσης. Αν ακολουθήσεις τους γνωστούς σου πλέον κανόνες σχεδιασμού της, θα καταλήξεις σε ένα γράφημα παρόμοιο με αυτό του σχήματος 4.

Παρατήρησε ότι σύμφωνα με το γράφημα του σχήματος 4 η μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού σε συνάρτηση με το χρόνο θέρμανσης παριστάνεται με μια ευθεία που διέρχεται από την αρχή των αξόνων. Επομένως, όπως γνωρίζεις από τα Μαθηματικά, τα δύο αυτά μεγέθη είναι ανάλογα. Ώστε από την επεξεργασία των πειραματικών μας δεδομένων καταλήξαμε στη διατύπωση ενός φυσικού νόμου: *Αν η ένταση της εστίας θέρμανσης είναι σταθερή, τότε η μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού είναι ανάλογη του χρόνου που το θερμαίνουμε.*

ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

Εργαστηριακή άσκηση 1

□ Έννοιες και φυσικά μεγέθη

Ηλεκτρική δύναμη – Φορτισμένο σώμα – Ελκτικές και απωστικές δυνάμεις – Θετικά και αρνητικά φορτισμένα σώματα – Ηλεκτρικό φορτίο – Ηλεκτροσκόπιο – Αγωγοί – Μονωτές.

□ Στόχοι

1. Να διαπιστώνεις πειραματικά ότι υπάρχουν σώματα που με την τριβή φορτίζονται: αναπτύσσουν μεταξύ τους ελκτικές ή απωστικές ηλεκτρικές δυνάμεις.
2. Να εξοικειωθείς με τη χρήση του ηλεκτροσκοπίου.
3. Να ανιχνεύεις αν ένα σώμα είναι φορτισμένο (την ύπαρξη φορτίου) με το ηλεκτροσκόπιο.
4. Να διαπιστώνεις πειραματικά ότι ένα φορτισμένο σώμα μπορεί να μεταφέρει φορτίο σε ένα άλλο σώμα, όταν τα δύο σώματα έρθουν σε επαφή.
5. Να διαπιστώνεις πειραματικά ότι ένα σώμα μπορεί να φορτιστεί όταν βρεθεί κοντά σε κάποιο άλλο φορτισμένο σώμα (χωρίς να έρθουν σε επαφή). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται επαγωγική φόρτιση.
6. Να διακρίνεις πειραματικά αν ένα σώμα είναι αγωγός του ηλεκτρικού φορτίου ή μονωτής.

□ Θεωρητικές επισημάνσεις

Μεταξύ δύο ηλεκτρισμένων σωμάτων αναπτύσσονται δυνάμεις που είναι είτε ελκτικές είτε απωστικές. Υποθέτουμε ότι οι δυνάμεις αυτές οφείλονται στην ύπαρξη μιας φυσικής ποσότητας που την ονομάζουμε **ηλεκτρικό φορτίο**. Τα ηλεκτρισμένα (φορτισμένα) σώματα μπορούμε να τα ταξινομήσουμε σε δύο κατηγορίες: Σε εκείνα που έχουν θετικό και σε εκείνα που έχουν αρνητικό φορτίο. Σώματα που έχουν φορτίο ίδιου τύπου απωθούνται. Δύο σώματα που έχουν φορτίο διαφορετικού τύπου έλκονται. Το ηλεκτρικό φορτίο είναι ένα μέγεθος που παρατηρείται και στα πιο μικρά σωματίδια της ύλης.

Ένα σώμα μπορεί να φορτιστεί με τρεις τρόπους:

- Αν τρίψουμε την επιφάνειά του με κατάλληλο σώμα (πλαστικό, ύφασμα, κ.λπ.): **Φόρτιση με τριβή**.
- Αν έρθει σε επαφή με ένα άλλο φορτισμένο σώμα: **Φόρτιση με επαφή**.
- Όταν πλησιάσει κοντά σε ένα φορτισμένο σώμα: **Φόρτιση με επαγωγή**.

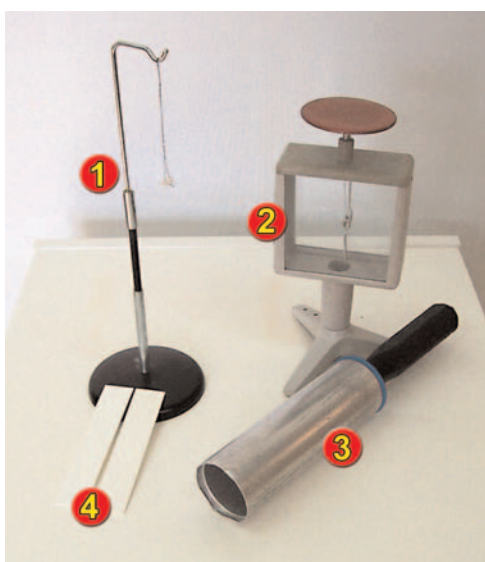
Πολλά σώματα επιτρέπουν τη διάχυση του ηλεκτρικού φορτίου σε όλη τους την έκταση. Ονομάζονται αγωγοί. Αντίθετα, τα σώματα στα οποία το φορτίο δεν διαχέεται, αλλά παραμένει εντοπισμένο στην περιοχή του σώματος που φορτίσαμε, ονομάζονται μονωτές.

Οι ηλεκτρικές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ φορτισμένων σωμάτων ερμηνεύονται με τη βοήθεια της έννοιας του **ηλεκτρικού πεδίου**: Σε μια περιοχή του χώρου υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο αν αναπτύσσονται ηλεκτρικές δυνάμεις σε φορτισμένα σώματα που τοποθετώ μέσα σε αυτήν.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

□ Απαιτούμενα όργανα και υλικά

- ✓ Ηλεκτρικό εκκρεμές (1)
- ✓ Ηλεκτροσκόπιο (2)
- ✓ Ηλεκτροστατικός κύλινδρος (3)
- ✓ Κομματάκια από φελιζόλ
- ✓ Πλαστικές ταινίες (4)
- ✓ Πλαστικός χάρακας
- ✓ Πλαστική και μάλλινη επιφάνεια για τριβή



Εικόνα 1

ΠΕΙΡΑΜΑ 1: Ηλέκτριση με τριβή και με επαφή – Αγωγοί και μονωτές

Ηλέκτριση με τριβή και με επαφή

1. Τρίψε ισχυρά μια πλαστική ταινία ανάμεσα στις σελίδες του βιβλίου σου. Πλησίασε το μέρος της ταινίας που έτριψες σε μικρά κομματάκια φελιζόλ και στα σωματίδια από φελιζόλ ενός διπλού ηλεκτρικού εκκρεμούς (εικόνα 2).

Πώς αλληλεπιδρά η πλαστική ταινία με τα τμήματα από φελιζόλ ή τα σωματίδια του ηλεκτρικού εκκρεμούς;

α. Προτού τρίψω την ταινία στις σελίδες του βιβλίου.

.....

β. Μετά την τριβή της στις σελίδες του βιβλίου.

.....



Εικόνα 2

2. Τρίψε δύο ίδιες πλαστικές ταινίες στις σελίδες του βιβλίου και πλησίασέ τις τη μια κοντά στην άλλη.

Πώς αλληλεπιδρούν μεταξύ τους οι δύο πλαστικές ταινίες πριν και μετά την τριβή τους στις σελίδες του βιβλίου;

.....

3. Πάρε μια πλαστική ταινία και ακούμπησέ τη στο δίσκο του ηλεκτροσκοπίου. Στη συνέχεια, φόρτισε την ταινία με τριβή και ακούμπησέ την πάλι στο δίσκο του ηλεκτροσκοπίου. Γράψε τις παρατηρήσεις σου:

.....

Αγωγοί – Μονωτές

1. Φόρτισε τον πλαστικό χάρακα. Στη συνέχεια ακούμπησε το φορτισμένο άκρο του στο δίσκο του ηλεκτροσκοπίου.

Παρατηρώ ότι τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου

2. Εκφόρτισε το ηλεκτροσκόπιο ακουμπώντας το χέρι σου στο δίσκο του. Ακούμπησε την άλλη άκρη του φορτισμένου πλαστικού χάρακα στο δίσκο του ηλεκτροσκοπίου.

Παρατηρώ ότι τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου

3. Τρίψε το άκρο του μεταλλικού κυλίνδρου με πλαστική επιφάνεια, ώστε να φορτιστεί. Ακούμπησε το φορτισμένο κύλινδρο στο δίσκο του ηλεκτροσκοπίου.

Παρατηρώ ότι τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου

4. Εκφόρτισε το ηλεκτροσκόπιο ακουμπώντας το χέρι σου στο δίσκο του. Ακούμπησε την άλλη άκρη του κυλίνδρου στο δίσκο του ηλεκτροσκοπίου.

Παρατηρώ ότι τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου

ΠΕΙΡΑΜΑ 2: Φόρτιση με επαγωγή



Εικόνα 3

1. Τοποθέτησε το μεταλλικό κύλινδρο πάνω στο δίσκο του ηλεκτροσκοπίου. Φόρτισε με τριβή τον πλαστικό χάρακα και πλησίασέ το στην επιφάνεια του κυλίνδρου, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.
Παρατηρώ ότι τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου
2. Απομάκρυνε διαδοχικά: πρώτα τον κύλινδρο και στη συνέχεια το χάρακα.
Παρατηρώ ότι τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου
3. Έλεγε πειραματικά αν μετά την επαγωγική φόρτισή τους ο κύλινδρος και το ηλεκτροσκόπιο έχουν αντίθετα φορτία, φέρνοντάς τα σε επαφή. Τι παρατηρείς;

Ο ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ

Εργαστηριακή άσκηση 2

□ Έννοιες και φυσικά μεγέθη

Ηλεκτρικό ρεύμα – Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος – Ηλεκτρική τάση – Αντίσταση αγωγού – Αντιστάτης

□ Στόχοι

1. Να αποκτήσεις την ικανότητα να συναρμολογείς απλά κυκλώματα ηλεκτρικού ρεύματος.
2. Να εξοικειωθείς με τη χρήση του πολύμετρου.
3. Να επιβεβαιώσεις πειραματικά το νόμο του Ohm σε έναν αντιστάτη.
4. Να διαπιστώνεις πειραματικά ότι η αντίσταση ενός λαμπτήρα δεν υπακούει στο νόμο του Ohm.

□ Θεωρητικές επισημάνσεις

Όταν στα άκρα ενός αγωγού εφαρμόσουμε μια διαφορά δυναμικού, τότε από τον αγωγό διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (εφ' όσον η θερμοκρασία του αγωγού διατηρείται σταθερή) είναι ανάλογη της εφαρμοζόμενης τάσης:

$$I = \frac{V}{R}$$

Η πρόταση αυτή είναι γνωστή ως **νόμος του Ohm**.

Το πηλίκο της τάσης που υπάρχει στα άκρα ενός αγωγού προς την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται απ' αυτόν ονομάζεται **αντίσταση (R)** του αγωγού. Σύμφωνα με το νόμο του Ohm η αντίσταση ενός αγωγού είναι σταθερή (ανεξάρτητη της εφαρμοζόμενης τάσης).

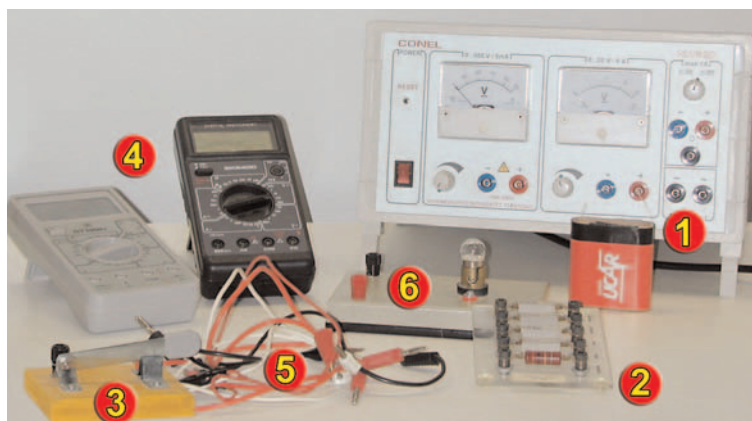
Ο νόμος του Ohm δεν ισχύει για όλους τους αγωγούς. Για παράδειγμα, μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε πειραματικά ότι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει ένα λαμπτήρα **δεν** είναι ανάλογη της τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα του.

Η κατηγορία των αγωγών για τους οποίους ισχύει ο νόμος του Ohm ονομάζονται **αντιστάτες**.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

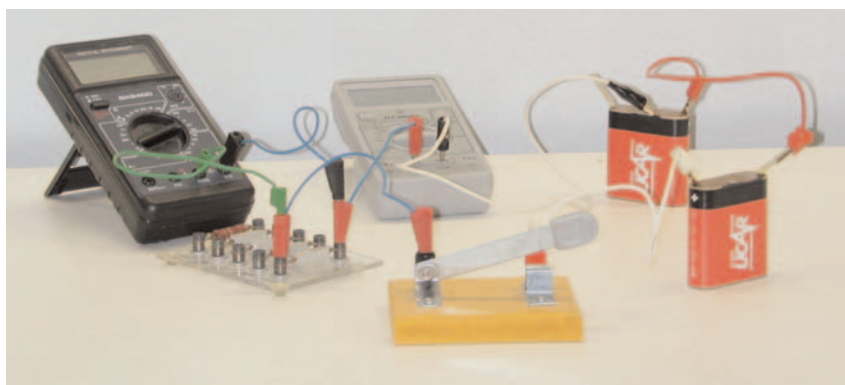
□ Απαιτούμενα όργανα και υλικά

- ✓ Τροφοδοτικό συνεχούς ρεύματος 0–12 V ή μπαταρία 4,5 V (1)
- ✓ Αντιστάτης 100 Ω (2)
- ✓ Διακόπτης (3)
- ✓ Δύο πολύμετρα εργαστηρίου (4)
- ✓ Καλώδια σύνδεσης (5)
- ✓ Λαμπάκι 6 Volt (6)



Εικόνα 1

1. Συναρμολόγησε το κύκλωμα της εικόνας 2.
2. Κάθε πλακέ μπαταρία των 4,5 V αποτελείται από τρία στοιχεία των 1,5 V το καθένα. Μετάβαλε την τάση της πηγής από 1,5 V έως 6 V, συνδέοντας διαδοχικά στο κύκλωμα το πρώτο στοιχείο, μετά και το δεύτερο, κ.ο.κ. Σημείωσε τις αντίστοιχες ενδείξεις του αμπερόμετρου και του βολτόμετρου στον πίνακα Α του φύλλου εργασίας.
3. Αντικατάστησε τον αντιστάτη με το λαμπάκι των 6 V και, επαναλαμβάνοντας την πειραματική διαδικασία που αναφέρεται στα προηγούμενα βήματα 1 και 2, συμπλήρωσε τον πίνακα Β του φύλλου εργασίας.



Εικόνα 2

ΝΟΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΥΡΜΑΤΙΝΟΥ ΑΓΩΓΟΥ

Εργαστηριακή άσκηση 3

□ Έννοιες και φυσικά μεγέθη

Ηλεκτρική τάση – Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος – Αντίσταση – Ειδική αντίσταση

□ Στόχοι

1. Να αποκτήσεις τη δεξιότητα να μετράς την αντίσταση ενός αγωγού με ωμόμετρο ή με βολτόμετρο και αμπερόμετρο (εφαρμόζοντας το νόμο του Ohm).
2. Να μπορείς να επιβεβαιώσεις πειραματικά ότι η αντίσταση ενός συρματινού αγωγού:
 - α. είναι ανάλογη του μήκους του,
 - β. είναι αντιστρόφως ανάλογη του εμβαδού της διατομής του,
 - γ. εξαρτάται από το υλικό του σύρματος.

□ Θεωρητικές επισημάνσεις

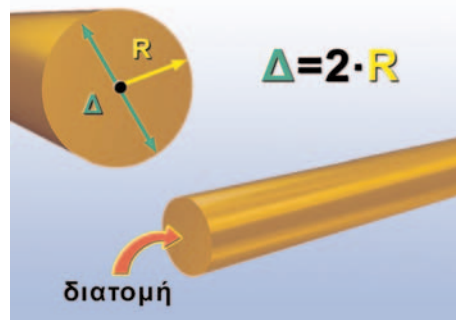
Η αντίσταση ενός μεταλλικού αγωγού είναι ανεξάρτητη από την ηλεκτρική τάση που εφαρμόζουμε στα άκρα του και την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει. Εξαρτάται όμως από το μήκος L , τη διατομή A και από το υλικό του σύρματος:

$$R = \rho \cdot \frac{\ell}{A} \quad (1)$$

όπου ρ είναι η ειδική αντίσταση του υλικού του σύρματος. Η ειδική αντίσταση ρ εξαρτάται μόνον από το είδος του μετάλλου και από τη θερμοκρασία.

Σε αυτή την εργαστηριακή άσκηση θα προσπαθήσεις να ελέγξεις πειραματικά το νόμο της αντίστασης συρματινού αγωγού (σχέση 1). Για να το πετύχεις πρέπει να μετρήσεις:

- α. τις αντιστάσεις συρμάτων ίδιου υλικού και διατομής αλλά διαφορετικού μήκους
- β. τις αντιστάσεις συρμάτων ίδιου υλικού και μήκους αλλά διαφορετικής διατομής
- γ. τις αντιστάσεις συρμάτων ίδιου μήκους και διατομής αλλά διαφορετικών υλικών.



Εικόνα

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

□ Απαιτούμενα όργανα και υλικά

- ✓ Πολύμετρο
- ✓ Καλώδια πολλαπλής σύνδεσης
- ✓ Συσκευή νόμου του Ohm (ΗΛ 210.1).



Εικόνα 1

Η συσκευή του νόμου του Ohm αποτελείται από τέσσερα σύρματα μήκους 1 m το καθένα, εκ των οποίων τα τρία είναι κατασκευασμένα από κράμα νικελίου-χρωμίου (Ni-Cr) και το τέταρτο από κράμα αλουμινίου-χρωμίου (Al-Cr). Τα δύο σύρματα Ni-Cr έχουν διάμετρο 0,5 mm, ενώ το τρίτο σύρμα Ni-Cr και το σύρμα Al-Cr έχουν διάμετρο 0,7 mm.

Χρησιμοποίησε τη συσκευή του νόμου του Ohm (εικόνα 1). Κάνε τις μετρήσεις των αντιστάσεων χρησιμοποιώντας το πολύμετρο ως ωμόμετρο.



Εικόνα 2

Επισήμανση: Όταν μετράμε την αντίσταση ενός στοιχείου με το ωμόμετρο, δεν πρέπει να υπάρχει στο κύκλωμα ηλεκτρική πηγή.

Κάνε τις παρακάτω μετρήσεις και κατάγραφέ τις στον πίνακα Α του φύλλου εργασίας:

1. Μέτρηση της αντίστασης του σύρματος από κράμα Al-Cr (αλουχρώμ) μήκους 0,5 m και διαμέτρου 0,7 mm.
2. Μέτρηση της αντίστασης του σύρματος από κράμα Al-Cr (αλουχρώμ) μήκους 1 m και διαμέτρου 0,7 mm.
3. Μέτρηση της αντίστασης του σύρματος από κράμα Ni-Cr (χρωμονικελίνης) μήκους 2 m και διαμέτρου 0,5 mm.
4. Μέτρηση της αντίστασης του σύρματος από κράμα Ni-Cr (χρωμονικελίνης) μήκους 1 m και διαμέτρου 0,5 mm.
5. Μέτρηση της αντίστασης του σύρματος από κράμα Ni-Cr (χρωμονικελίνης) μήκους 0,5 m και διαμέτρου 0,5 mm.
6. Μέτρηση της αντίστασης του σύρματος από κράμα Ni-Cr (χρωμονικελίνης) μήκους 1 m και διαμέτρου 0,7 mm.

ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΤΩΝ ΣΕ ΣΕΙΡΑ

Εργαστηριακή άσκηση 4

□ Έννοιες και φυσικά μεγέθη

Αντιστάτης – Αντίσταση – Ηλεκτρική τάση – Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος – Ισοδύναμη αντίσταση

□ Στόχοι

1. Να αποκτήσεις την ικανότητα να συναρμολογείς απλά κυκλώματα που περιλαμβάνουν αντιστάτες, ηλεκτρική πηγή και όργανα μέτρησης.
2. Να συναρμολογείς απλό κύκλωμα που περιλαμβάνει ηλεκτρική πηγή και αντιστάτες συνδεδεμένους σε σειρά. Στο κύκλωμα αυτό να επιβεβαιώνεις πειραματικά ότι:
 - Σε κάθε σημείο του κυκλώματος η ένταση του ρεύματος έχει την ίδια τιμή.
 - Η τάση στους πόλους της πηγής είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων στα άκρα των αντιστατών.
3. Να μετράς την αντίσταση κάθε αντιστάτη, καθώς και την ολική (ισοδύναμη) αντίσταση του κυκλώματος και να επιβεβαιώνεις ότι στη σύνδεση σε σειρά η ολική αντίσταση του κυκλώματος είναι ίση με το άθροισμα των αντιστάσεων των αντιστατών.
4. Να τεκμηριώνεις θεωρητικά ότι, όταν αυξάνεις τον αριθμό των αντιστατών που συνδέονται σε σειρά διατηρώντας την τάση στους πόλους της πηγής σταθερή, η ένταση του ρεύματος που διέρχεται από το κύκλωμα ελαττώνεται. Να μπορείς να ελέγχεις πειραματικά την πρόβλεψή σου.

□ Θεωρητικές επισημάνσεις

Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι να συνδέσουμε δύο ή περισσότερους αντιστάτες: σε σειρά και παράλληλα.

Στη σύνδεση σε σειρά οι αντιστάτες συνδέονται έτσι ώστε να διέρχεται απ' αυτούς πάντοτε το ίδιο (κοινό) ρεύμα. Η σύνδεση αντιστατών σε σειρά έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Απ' όλους τους αντιστάτες διέρχεται το ίδιο ρεύμα.
- Το άθροισμα των τάσεων στα άκρα των αντιστατών (πτώσεις τάσεων) είναι ίσο με την τάση στους πόλους της πηγής.
- Η **ολική (ισοδύναμη) αντίσταση** του κυκλώματος είναι ίση με το άθροισμα των αντιστάσεων των αντιστατών.

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Παρατήρησε ότι η αύξηση του αριθμού των αντιστατών αυξάνει τη συνολική αντίσταση του κυκλώματος.

Σύμφωνα με το νόμο του Ohm, η ένταση του ρεύματος που διέρχεται από το κύκλωμα είναι:

$$I = \frac{V}{R_{ολ}}$$

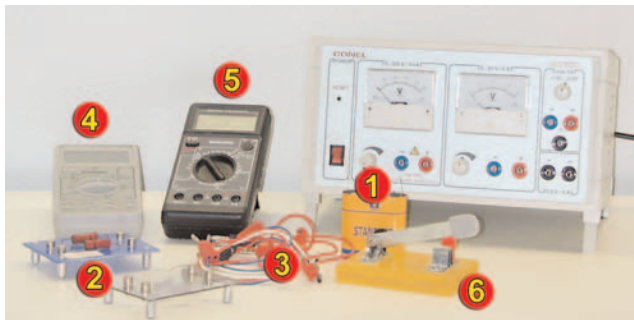
όπου V είναι η τάση στους πόλους της πηγής.

Από τις δύο προηγούμενες σχέσεις βλέπουμε ότι, όταν αυξάνουμε την ολική αντίσταση του κυκλώματος διατηρώντας την τάση της πηγής σταθερή, τότε η ένταση του ρεύματος ελαττώνεται.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

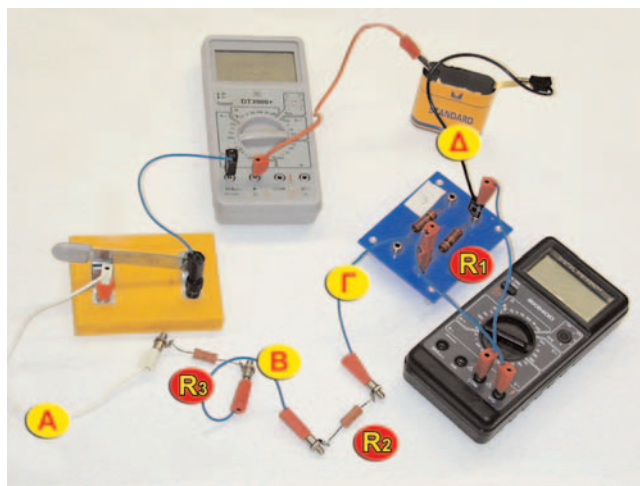
□ Απαιτούμενα όργανα και υλικά

- ✓ Τροφοδοτικό συνεχούς τάσης 0–5 V ή μπαταρία 4,5 V (1)
- ✓ Τέσσερις αντιστάτες (αντιστάσεων μεταξύ 10 και 50 Ω) (2)
- ✓ Καλώδια σύνδεσης (3)
- ✓ Πολύμετρο ή βολτόμετρο συνεχούς 0–5 V (4)
- ✓ Πολύμετρο ή αμπερόμετρο 0–1 A (5)
- ✓ Μαχαιρωτός διακόπτης (6)



Εικόνα 1

1. Συναρμολόγησε το κύκλωμα σύνδεσης τριών αντιστατών σε σειρά (εικόνα 2).



Εικόνα 2

2. Μέτρησε με το βολτόμετρο την τάση στα άκρα κάθε αντιστάτη (εικόνα 2). Κατάγραψε τις τιμές των τάσεων στον πίνακα Α του φύλλου εργασίας.
3. Μέτρησε την τάση στα άκρα της πηγής και κατάγραφέ τη στον πίνακα Α.
4. Μέτρησε την ένταση του ρεύματος, τοποθετώντας το αμπερόμετρο διαδοχικά στις θέσεις α, β, γ και δ του κυκλώματος (εικόνα 2). Κατάγραψε τις τιμές των εντάσεων των ρευμάτων στον πίνακα Α του φύλλου εργασίας.

Πόση είναι η ένταση του ρεύματος που διέρχεται από κάθε αντιστάτη;

$$I_1 = \dots\dots\dots \text{ A} \quad I_2 = \dots\dots\dots \text{ A} \quad I_3 = \dots\dots\dots \text{ A}$$

Πόση είναι η ένταση ($I_{\text{πηγής}}$) του ρεύματος που διέρχεται από την ηλεκτρική πηγή;

$$I_{\text{πηγής}} = \dots\dots\dots \text{ A}$$

ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΤΩΝ

Εργαστηριακή άσκηση 5

□ Έννοιες και φυσικά μεγέθη

Ηλεκτρική τάση – Ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος – Αντιστάτης – Αντίσταση – Ισοδύναμη ή ολική αντίσταση.

□ Στόχοι

1. Να αποκτήσεις την ικανότητα να συναρμολογείς απλά κυκλώματα που περιλαμβάνουν αντιστάτες, ηλεκτρική πηγή και όργανα μέτρησης.
2. Να συναρμολογείς απλό κύκλωμα που περιλαμβάνει ηλεκτρική πηγή και δύο αντιστάτες συνδεδεμένους παράλληλα. Στο κύκλωμα αυτό να επιβεβαιώσεις πειραματικά ότι:
 - α. Η ένταση του ρεύματος που διέρχεται από την πηγή είναι ίση με το άθροισμα των εντάσεων των ρευμάτων που διέρχονται από τους αντιστάτες.
 - β. Η τάση στα άκρα κάθε αντιστάτη είναι ίση με την τάση στους πόλους της πηγής με την οποία συνδέονται.
3. Να μετράς την αντίσταση (R_1 και R_2) κάθε αντιστάτη, καθώς και την ισοδύναμη (ολική) αντίσταση του κυκλώματος και να επιβεβαιώσεις ότι στη σύνδεση σε σειρά η ολική αντίσταση ($R_{ολ}$) του κυκλώματος δίνεται από τη σχέση:

$$R_{ολικο} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

4. Να τεκμηριώνεις θεωρητικά ότι, όταν αυξάνεις τον αριθμό των αντιστατών που συνδέονται παράλληλα (διατηρώντας την τάση στους πόλους της πηγής σταθερή), η ένταση του ολικού ρεύματος που διέρχεται από το κύκλωμα αυξάνεται. Να μπορείς να ελέγχεις πειραματικά την πρόβλεψή σου.

□ Θεωρητικές επισημάνσεις

Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι να συνδέσουμε δύο ή περισσότερους αντιστάτες: σε σειρά και παράλληλα.

Στην παράλληλη σύνδεση οι αντιστάτες συνδέονται έτσι ώστε τα άκρα τους να είναι κοινά. Η τάση είναι ίδια στα άκρα όλων των αντιστατών.

Σε ένα απλό κύκλωμα, όπου οι παράλληλα συνδεδεμένοι αντιστάτες συνδέονται με μια πηγή, η κοινή τάση των αντιστατών είναι ίση με την τάση της πηγής. Τα βασικά χαρακτηριστικά της παράλληλης σύνδεσης σε ένα τέτοιο κύκλωμα είναι τα ακόλουθα:

- Όλοι οι αντιστάτες έχουν την ίδια τάση στα άκρα τους (που είναι ίση με την τάση στους πόλους της πηγής).
- Το άθροισμα των εντάσεων των ρευμάτων που διέρχονται από τους αντιστάτες είναι ίσο με το ρεύμα που διέρχεται από την πηγή.
- Η ολική (ισοδύναμη) αντίσταση ($R_{ολ}$) ενός συστήματος παράλληλα συνδεδεμένων αντιστατών, που έχουν αντιστάσεις R_1, R_2, \dots κ.λπ., δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{1}{R_{ολική}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Παρατήρησε ότι, σύμφωνα με την παραπάνω σχέση, αν αυξήσουμε τον αριθμό των αντιστατών, το $\frac{1}{R_{ολική}}$ αυξάνεται. Επομένως το $R_{ολική}$ μειώνεται. Σύμφωνα με το νόμο του Ohm η ένταση του ρεύματος που διέρχεται από την πηγή είναι:

$$I = \frac{V_{πηγής}}{R_{ολική}}$$

Βλέπουμε ότι, αν η τάση της πηγής είναι σταθερή, το ολικό ρεύμα I αυξάνεται. Επομένως, όταν προσθέτουμε αντιστάτες παράλληλα συνδεδεμένους και διατηρούμε σταθερή την τάση της πηγής, το ολικό ρεύμα αυξάνεται.

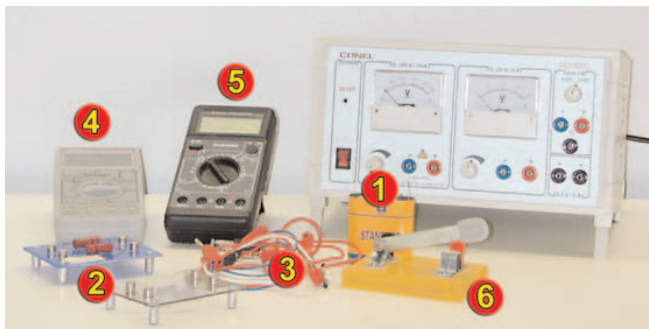
Από άλλη πλευρά, η τάση κάθε αντιστάτη δεν μεταβάλλεται (αφού είναι ίση με την τάση της πηγής):

$$V_1 = V_2 = \dots = V_{πηγής}$$

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

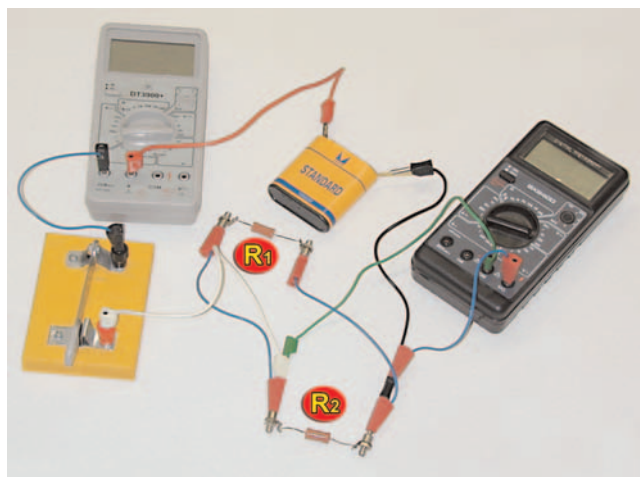
□ Απαιτούμενα όργανα και υλικά

- ✓ Τροφοδοτικό συνεχούς τάσης 0–5 V ή μπαταρία 4,5 V (1)
- ✓ Τρεις αντιστάτες (αντιστάσεων μεταξύ 10 και 50 Ω) (2)
- ✓ Καλώδια σύνδεσης (3)
- ✓ Πολύμετρο ή βολτόμετρο συνεχούς τάσης 0–5 V (4)
- ✓ Πολύμετρο ή αμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος 0–1 A (5)
- ✓ Μαχαιρωτός διακόπτης (6)



Εικόνα 1

1. Συναρμολόγησε το κύκλωμα σύνδεσης δύο αντιστατών και πηγής παράλληλα συνδεδεμένων (εικόνα 2).



Εικόνα 2

2. Μέτρησε με το πολύμετρο/βολτόμετρο την τάση στα άκρα κάθε αντιστάτη (εικόνα 2). Κατάγραψε τις τιμές των τάσεων στον πίνακα Α.
3. Μέτρησε την τάση στα άκρα της πηγής και κατάγραψε τη στον πίνακα Α.
4. Μέτρησε με το πολύμετρο/αμπερόμετρο την ένταση του ρεύματος που διαρρέει κάθε αντιστάτη, καθώς και το ρεύμα που διέρχεται από την πηγή. Κατάγραψε τις τιμές των εντάσεων των ρευμάτων στον πίνακα Α του φύλλου εργασίας.

Πόση είναι η ένταση του ρεύματος που διαρρέει κάθε αντιστάτη;

$$I_1 = \dots\dots\dots \text{ A} \quad I_2 = \dots\dots\dots \text{ A}$$

Πόση είναι η ένταση ($I_{\text{πηγής}}$) του ρεύματος που διαρρέει την ηλεκτρική πηγή;

$$I_{\text{πηγής}} = \dots\dots\dots \text{ A}$$

ΔΙΑΚΟΠΗ ΚΑΙ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

Εργαστηριακή άσκηση 6

□ Έννοιες και φυσικά μεγέθη

Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος – Ανοιχτό και κλειστό κύκλωμα – Βραχυκύκλωμα – Ασφάλεια στο ηλεκτρικό κύκλωμα.

□ Στόχοι

1. Να αποκτήσεις την ικανότητα να συναρμολογείς απλά κυκλώματα που περιλαμβάνουν λαμπτήρες, ηλεκτρική πηγή και όργανα μέτρησης.
2. Να δείχνεις πειραματικά ότι, αν βραχυκυκλώσουμε δύο σημεία ενός κυκλώματος, τότε:
 - Από το βραχυκυκλωμένο τμήμα του κυκλώματος δεν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα.
 - Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται από την πηγή αυξάνεται σημαντικά.
3. Να τεκμηριώνεις θεωρητικά και να δείχνεις πειραματικά πώς λειτουργεί η ηλεκτρική ασφάλεια σ' ένα κύκλωμα.
4. Να διακρίνεις αν η διακοπή ρεύματος σε τμήμα κυκλώματος οφείλεται σε βραχυκύκλωμα ή σε άνοιγμα διακόπτη.

□ Θεωρητικές επισημάνσεις

Όταν συνδέσουμε δύο σημεία (A και B) ενός κυκλώματος με ένα σύρμα, τότε σύμφωνα με το νόμο του Ohm από το σύρμα διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα έντασης:

$$I = \frac{V}{R} \quad (1)$$

όπου V είναι η τάση μεταξύ των σημείων A και B του κυκλώματος και R η αντίσταση του σύρματος.

Από τη σχέση (1) βλέπουμε ότι, αν η αντίσταση R του σύρματος είναι πολύ μικρή, τότε η ένταση (I) του ρεύματος που διέρχεται απ' αυτό είναι πολύ μεγάλη.

Η μεγάλη αύξηση της έντασης του ρεύματος που διέρχεται από το σύρμα έχει δύο επακόλουθα:

- α. τη μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας του εξαιτίας του φαινομένου Joule και
- β. την αύξηση του συνολικού ρεύματος που διέρχεται από το κύκλωμα.

Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως **βραχυκύκλωμα**.

Όταν από ένα σύρμα διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, η θερμοκρασία του αυξάνεται (φαινόμενο Joule).

Έτσι, αν η ένταση του ρεύματος αυξηθεί πάρα πολύ, η θερμοκρασία του σύρματος είναι δυνατόν να φτάσει το σημείο τήξης του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένο με αποτέλεσμα να λιώσει.

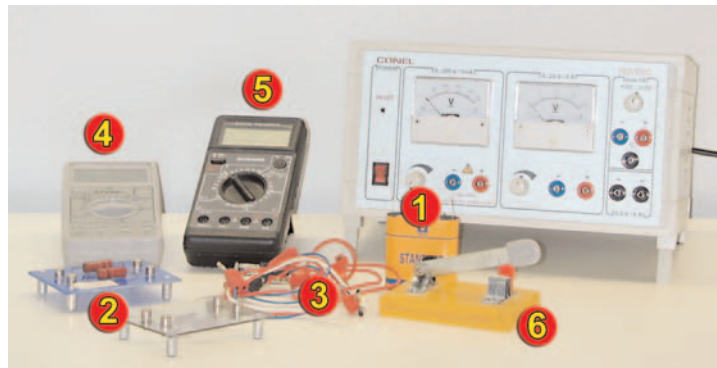
Αυτό το φαινόμενο το εκμεταλλευόμαστε στην κατασκευή των θερμικών ασφαλειών ενός ηλεκτρικού κυκλώματος.

Προκειμένου να προστατεύσουμε τις ηλεκτρικές συσκευές που συνδέονται σ' ένα κύκλωμα από την αύξηση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος (που μπορεί, για παράδειγμα, να προκληθεί από ένα βραχυκύκλωμα), συνδέουμε σε σειρά με αυτές ένα εύτηκτο σύρμα. Όταν η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος υπερβεί μια ορισμένη τιμή, το σύρμα λιώνει και το κύκλωμα είναι πλέον ανοιχτό. Επομένως η ροή του ηλεκτρικού ρεύματος διακόπτεται.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

□ Απαιτούμενα όργανα και υλικά

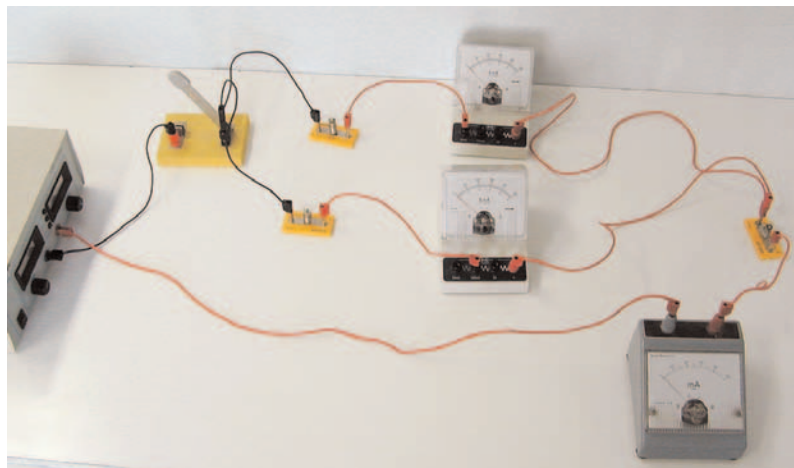
- ✓ Τροφοδοτικό συνεχούς τάσης 0–5 V (1)
- ✓ Τρία λαμπάκια 3,6 V – 0,5 W (2)
- ✓ Καλώδια σύνδεσης (3)
- ✓ Ένα πολύμετρο με χρήση βολτόμετρου (4)
- ✓ Τρία αμπερόμετρα συνεχούς ρεύματος με κλίμακα 0–1 A και 0–5 A (5)
- ✓ Ένας μαχαιρωτός διακόπτης (6)



Εικόνα 1

ΠΕΙΡΑΜΑ 1: Διακοπή της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος σε κύκλωμα ή κλάδο κυκλώματος

1. Συναρμολόγησε το κύκλωμα που βλέπεις στην εικόνα 2.



Εικόνα 2

2. Κλείσε το διακόπτη και ρύθμισε την τάση της πηγής ώστε να φωτοβολούν και τα τρία λαμπάκια.
3. Πρόβλεψε τι θα συμβεί στη φωτοβολία των λαμπτήρων αν ξεβιδώσεις το λαμπάκι L_1 στο κύκλωμα που εικονίζεται στην εικόνα 2, σημειώνοντας ένα X στην κατάλληλη θέση του πίνακα A του φύλλου εργασίας.

4. Επιβεβαίωσε πειραματικά τις προβλέψεις σου ξεβιδώνοντας το λαμπτήρα Λ_1 . Διόρθωσε τις λανθασμένες προβλέψεις που σημείωσες στον πίνακα Α του φύλλου εργασίας. Εξήγησε θεωρητικά τις μεταβολές που παρατήρησες στη φωτοβολία των λαμπτήρων.

.....

.....

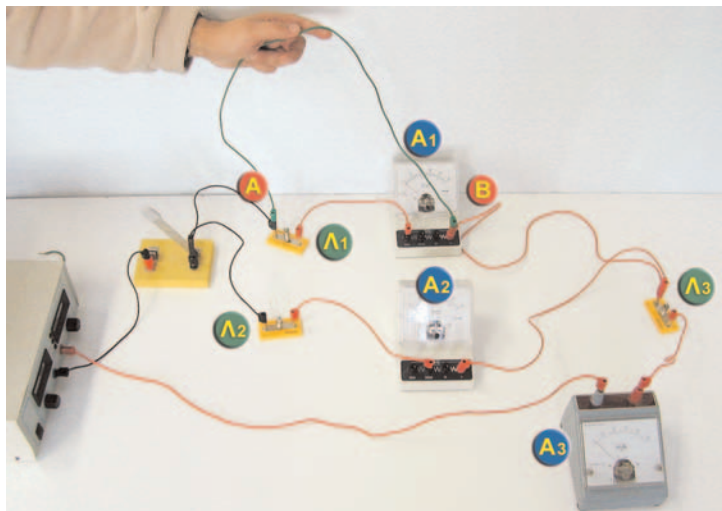
.....

.....

5. Πρόβλεψε τι θα συμβεί στη φωτοβολία των λαμπτήρων αν ξεβιδώσεις το λαμπάκι Λ_3 στο κύκλωμα που εικονίζεται στην εικόνα 2, σημειώνοντας ένα Χ στην κατάλληλη θέση του πίνακα Β του φύλλου εργασίας.
6. Επιβεβαίωσε πειραματικά τις προβλέψεις σου ξεβιδώνοντας το λαμπτήρα Λ_3 του κυκλώματος που έχεις συναρμολογήσει (εικόνα 2). Διόρθωσε τις λανθασμένες προβλέψεις που σημείωσες στον πίνακα Β.

ΠΕΙΡΑΜΑ 2: Βραχυκύκλωμα

1. Συναρμολογήσε το κύκλωμα που βλέπεις στην εικόνα 3.



Εικόνα 3

2. Κλείσε το διακόπτη και ρύθμισε την τάση της πηγής ώστε να φωτοβολούν και τα τρία λαμπάκια.
3. Πρόβλεψε πώς θα μεταβληθούν οι φωτοβολίες των λαμπτήρων αν τα σημεία Α και Β του κυκλώματος της εικόνας 3 συνδεθούν με αγωγό αμελητέας αντίστασης (καλώδιο). Συμπλήρωσε τον πίνακα Γ του φύλλου εργασίας, σημειώνοντας (με μολύβι) ένα Χ στην αντίστοιχη θέση.
4. Επιβεβαίωσε πειραματικά τις προβλέψεις που κατέγραψες στον πίνακα Γ του φύλλου εργασίας, συνδέοντας ένα καλώδιο στις άκρες του λαμπτήρα Λ_1 (εικόνα 3). Διόρθωσε όπου υπάρχουν λάθη στον πίνακα Γ. Τεκμηρίωσε θεωρητικά τις μεταβολές που παρατήρησες στη φωτοβολίας των λαμπτήρων.

.....

.....

.....

.....

5. Επανάλαβε τα βήματα 3 και 4 καταγράφοντας τώρα τις ενδείξεις των αμπερόμετρων. Συμπλήρωσε τον πίνακα Δ του φύλλου εργασίας.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΝΟΜΩΝ ΤΟΥ ΑΠΛΟΥ ΕΚΚΡΕΜΟΥΣ

Εργαστηριακή άσκηση 7

□ Έννοιες και φυσικά μεγέθη

Απλό εκκρεμές – Ταλάντωση – Περίοδος – Πλάτος ταλάντωσης – Επιτάχυνση της βαρύτητας

□ Στόχοι

1. Να μπορείς να μετράς την περίοδο της ταλάντωσης ενός εκκρεμούς.
2. Να διαπιστώνεις πειραματικά ότι:
 - όταν η απόκλιση από τη θέση της ισορροπίας απλού εκκρεμούς είναι μικρή, τότε η περίοδος T της ταλάντωσης του εκκρεμούς είναι ανεξάρτητη από τη μάζα του και από το πλάτος της ταλάντωσης.
 - το τετράγωνο της περιόδου είναι ανάλογο του μήκους του νήματος του εκκρεμούς.

□ Θεωρητικές επισημάνσεις

Αν κρεμάσουμε ένα μικρό βαρίδι στην άκρη ενός νήματος, έχουμε κατασκευάσει ένα απλό εκκρεμές. Το πιο γνωστό απλό εκκρεμές που έχετε δει στο σχολείο είναι το νήμα της στάθμης. Το απλό εκκρεμές είναι μια πειραματική διάταξη με τη βοήθεια της οποίας μπορούμε να μετρήσουμε χρονικά διαστήματα.

Σε αυτή την εργαστηριακή άσκηση θα ελέγχουμε την επίδραση:

- α) του μήκους του εκκρεμούς
- β) της μάζας και
- γ) του πλάτους ταλάντωσης του στην περίοδο του εκκρεμούς.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

□ Απαιτούμενα όργανα και υλικά

- ✓ Ένα νήμα της στάθμης με μοιρογνωμόνιο. Αν δεν υπάρχει, μπορούμε απλά να προσδέσουμε στο ένα άκρο νήματος ένα μεταλλικό «παξιμάδι» βίδας και να δέσουμε το άλλο άκρο στην οριζόντια ράβδο ενός ορθοστάτη.
- ✓ Μοιρογνωμόνιο (1)
- ✓ Ορειχάλκινους δακτυλίους (2)
- ✓ Ένα χρονόμετρο (3)
- ✓ Ορθοστάτη (4)



Εικόνα 1

1. Πραγματοποίησε τη διάταξη της εικόνας 2.
 - Απομάκρυνε το βαρίδι από τη θέση ισορροπίας του, ώστε το νήμα να σχηματίζει γωνία 6 μοιρών με την κατακόρυφη.
 - Άφησέ το ελεύθερο.
 - Μέτρησε το χρόνο που χρειάζεται για να εκτελέσει δέκα πλήρεις αιωρήσεις.
 - Συμπλήρωσε την αντίστοιχη στήλη του πίνακα 1 του φύλλου εργασίας.
2. Επανάλαβε την προηγούμενη διαδικασία με διαφορετικά πλάτη ταλάντωσης, απομακρύνοντας το νήμα του εκκρεμούς διαδοχικά 3 και 9 μοίρες από την κατακόρυφο. Συμπλήρωσε την αντίστοιχη στήλη του πίνακα 1.
3. Για να ελέγξεις την επίδραση της μάζας του βαριδιού στην περίοδο της ταλάντωσης, πρόσθεσε έναν ορειχάλκινο δακτύλιο στο νήμα της στάθμης.
 - Μέτρησε την περίοδο της ταλάντωσης ακολουθώντας την προηγούμενη διαδικασία.
 - Συμπλήρωσε τον πίνακα 2 του φύλλου εργασίας.
4. Για να ελέγξεις την επίδραση του μήκους του νήματος στην περίοδο της ταλάντωσης, χρησιμοποίησε νήματα με διαφορετικά μήκη: 10 cm, 40 cm, 90 cm.
 - Για κάθε μήκος μέτρησε την περίοδο της ταλάντωσης ακολουθώντας τη διαδικασία 1.
 - Συμπλήρωσε τον πίνακα 3 του φύλλου εργασίας.



Εικόνα 2

ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ ΕΛΑΤΗΡΙΟΥ

Εργαστηριακή άσκηση 8

□ Έννοιες και φυσικά μεγέθη

Ελατήριο – Περίοδος ταλάντωσης – Πλάτος ταλάντωσης – Σταθερά του ελατηρίου

□ Στόχοι

1. Να μετράς την περίοδο της ταλάντωσης ενός σώματος προσδεμένου στην άκρη ενός ελατηρίου.
2. Να υπολογίζεις πειραματικά τη σταθερά (k) του ελατηρίου.
3. Να επιβεβαιώσεις πειραματικά ότι η περίοδος:
 - είναι ανεξάρτητη από το πλάτος της ταλάντωσης
 - εξαρτάται από τη μάζα του σώματος που ταλαντώνεται.

□ Θεωρητικές επισημάνσεις

Στερεώνουμε τη μια άκρη ενός ελατηρίου σε ένα σταθερό σημείο. Στην ελεύθερη άκρη του προσδένουμε ένα σώμα, έτσι ώστε το ελατήριο και το σώμα να ισορροπούν σε κατακόρυφη διεύθυνση.

Στο σώμα ασκούνται δύο δυνάμεις: Το βάρος του και η δύναμη επαναφοράς του ελατηρίου. Στη θέση ισορροπίας οι δύο δυνάμεις είναι αντίθετες.

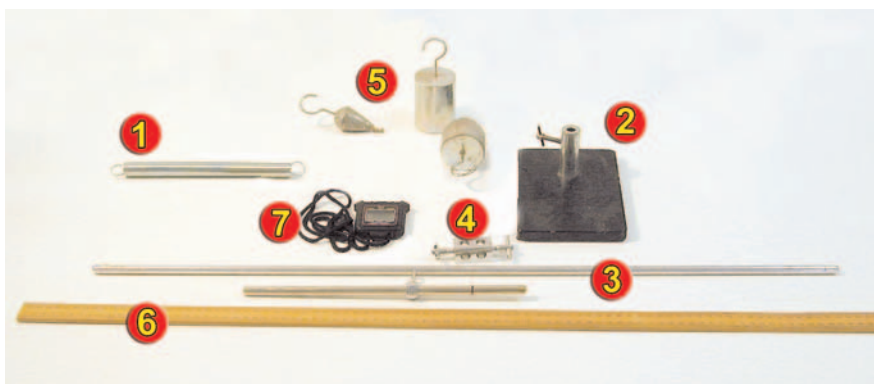
Απομακρύνουμε το σώμα από τη θέση της ισορροπίας του κατά την κατακόρυφη διεύθυνση και το αφήνουμε ελεύθερο. Το σώμα εκτελεί ταλαντώσεις γύρω από τη θέση ισορροπίας του.

Η περίοδος της ταλάντωσης εξαρτάται από τη σταθερά (k) του ελατηρίου και τη μάζα (m) του σώματος. Όταν αυξήσουμε τη μάζα η περίοδος αυξάνεται, ενώ όταν αυξήσουμε τη σταθερά του ελατηρίου (σκληρότερο ελατήριο), η περίοδος μειώνεται.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

□ Απαιτούμενα όργανα και υλικά

- ✓ Ελατήριο (1)
- ✓ Βάση στήριξης (2)
- ✓ Δύο ράβδοι στήριξης (3)
- ✓ Σταυρός και δακτύλιος (4)
- ✓ Βαρίδια 5 και 10 N (5)
- ✓ Χάρακας (6)
- ✓ Χρονόμετρο (7)



Εικόνα 1

1. Πραγματοποίησε τη διάταξη της εικόνας 2.
2. Ανάρτησε σώμα μάζας 0,5 kg στην ελεύθερη άκρη του ελατηρίου. Άφησέ το να ισορροπήσει σε μια θέση.
3. Απομάκρυνε το σώμα σε απόσταση 5 cm (πλάτος) από τη θέση της ισορροπίας του κατά την κατακόρυφη διεύθυνση και άφησέ το ελεύθερο. Παρατήρησε την ελεύθερη ταλάντωση του σώματος.
4. Με το χρονόμετρο μέτρησε το χρόνο που απαιτείται για να εκτελέσει το σώμα 10 πλήρεις αιωρήσεις. Κατάγραψε τη μέτρησή σου στον πίνακα 1 του φύλλου εργασίας.
5. Επανάλαβε την ίδια διαδικασία για πλάτος ταλάντωσης 10 cm και 15 cm.
6. Ανάρτησε στο ελεύθερο άκρο του ελατηρίου διαδοχικά σώματα μαζών 1 και 1,5 kg και επανάλαβε το βήμα 4 της πειραματικής διαδικασίας όσες φορές απαιτείται για να συμπληρώσεις όλα τα κελιά της τρίτης στήλης του πίνακα 1.



Εικόνα 2

ΜΕΛΕΤΗ ΚΥΜΑΤΩΝ

Εργαστηριακή άσκηση 9

□ Έννοιες και φυσικά μεγέθη

Ταλάντωση – Απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας – Πλάτος ταλάντωσης – Περίοδος – Συχνότητα – Διαταραχή – Κύμα – Μήκος κύματος

□ Στόχοι

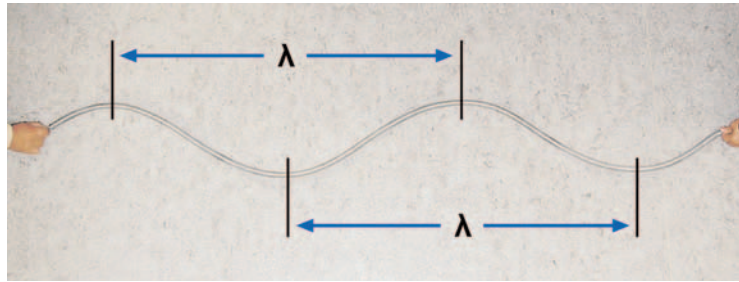
1. Να δείχνεις πειραματικά ότι κατά τη διάδοση ελαστικού κύματος κατά μήκος ελατηρίου κυματισμών δεν μεταφέρεται μάζα.
2. Να διακρίνεις τις διαφορές μεταξύ των εγκαρσίων και των διαμηκών κυμάτων.
3. Να υπολογίζεις την ταχύτητα διάδοσης ελαστικού κύματος κατά μήκος ελατηρίου κυματισμών.
4. Να δείχνεις πειραματικά ότι, όταν αυξάνουμε τη δύναμη που τεντώνει το ελατήριο κυματισμών, η ταχύτητα του κύματος αυξάνεται.
5. Να υπολογίζεις πειραματικά τη συχνότητα ενός αρμονικού κύματος που διαδίδεται στο ελατήριο κυματισμών.
6. Να μετρήσεις το μήκος κύματος ενός εγκαρσίου αρμονικού κύματος.
7. Να δείχνεις πειραματικά ότι το μήκος κύματος αυξάνει με την ταχύτητα του κύματος, όταν η συχνότητα διατηρείται σταθερή.
8. Να συσχετίζεις πειραματικά αποτελέσματα και να καταλήγεις σε γενικότερες σχέσεις.

□ Θεωρητικές επισημάνσεις

Το μηχανικό κύμα είναι ο μηχανισμός διάδοσης μιας ταλάντωσης και γενικότερα μιας διαταραχής σε ένα υλικό μέσο. Με το κύμα μεταφέρεται ενέργεια από την πηγή παραγωγής του, αλλά δεν μεταφέρεται μάζα. Ανάλογα με το μηχανισμό διάδοσης, τα μηχανικά κύματα διακρίνονται σε εγκάρσια και διαμήκη.

Τα χαρακτηριστικά φυσικά μεγέθη με τα οποία περιγράφουμε ένα κύμα, καθώς και τα κυματικά φαινόμενα, είναι η περίοδος (T), η συχνότητα (f) και το μήκος κύματος (λ). Η σχέση που τα συνδέει ονομάζεται **εξίσωση του κύματος** και έχει τη μορφή:

$$c = \lambda \cdot f$$



Εικόνα 1

Σε αυτή την εργαστηριακή άσκηση με τη βοήθεια ελατηρίου κυματισμών θα παρατηρήσουμε και θα διακρίνουμε μεταξύ τους τα εγκάρσια και τα διαμήκη κύματα. Θα μετρήσουμε την περίοδο και το μήκος κύματος. Τέλος θα μελετήσουμε πώς μπορούμε να μεταβάλλουμε τα χαρακτηριστικά φυσικά μεγέθη του κύματος και να βρούμε σχέσεις μεταξύ αυτών των μεγεθών και των αιτίων που προκαλούν τις μεταβολές τους.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

□ Απαιτούμενα όργανα και υλικά

- ✓ Δύο ελατήρια κυματισμών: ένα μαλακό (1) και ένα σκληρό (2)
- ✓ Χρονόμετρο
- ✓ Μετροταινία



Εικόνα 1

ΠΕΙΡΑΜΑ 1: Εγκάρσια και διαμήκη κύματα

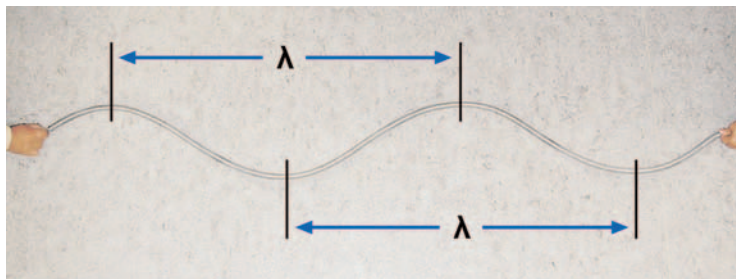
1. Τοποθέτησε στο πάτωμα του εργαστηρίου το μαλακό ελατήριο (1). Κράτησε εσύ το ένα άκρο και ένας συμμαθητής σου το άλλο, έτσι ώστε η απόσταση των χεριών σας (το μήκος του ελατηρίου L) να είναι 3,5 m (εικόνα 2).
2. Απομάκρυνε το ένα άκρο του ελατηρίου περίπου κατά 15 cm από τη θέση ισορροπίας του και επανάφερε το απότομα στην αρχική θέση του. Παρατήρησε την κίνηση του παλμού (διαταραχής) που δημιουργήσες κατά μήκος του ελατηρίου. Συμπλήρωσε την ερώτηση 1 του φύλλου εργασίας.
3. Δέσε μια κόκκινη κλωστή σε μια σπείρα του ελατηρίου. Επανάλαβε το βήμα 2 της πειραματικής διαδικασίας. Παρατήρησε την κίνηση ενός σημείου του ελατηρίου (κίνηση της κλωστής). Συμπλήρωσε την ερώτηση 2 του φύλλου εργασίας.
4. Συσπείρωσε τις πέντε πρώτες σπείρες του ελατηρίου με το χέρι σου και άφησέ τις ελεύθερες. Παρατήρησε τον τρόπο κίνησης των σπειρών του ελατηρίου και συμπλήρωσε την ερώτηση 3 του φύλλου εργασίας.
5. Τέντωσε με τη βοήθεια του συμμαθητή σου το ελατήριο, ώστε το μήκος του να είναι 3,5 m. Ο συμμαθητής σου πρέπει να κρατά την άλλη άκρη του ελατηρίου σταθερή. Δημιούργησε ένα παλμό, όπως στο βήμα 2 της πειραματικής διαδικασίας. Παρατήρησε ότι ο παλμός φθάνει μέχρι το άλλο άκρο του ελατηρίου, ανακλάται, επιστρέφει στο χέρι σου κ.ο.κ.
 - Μέτρησε το χρόνο που χρειάζεται για να φθάσει ο παλμός για πέμπτη φορά στο χέρι σου. Σε αυτή την περίπτωση ο παλμός έχει διανύσει μετατόπιση 10 L , όπου L το μήκος του ελατηρίου. Συμπλήρωσε το πρώτο κελί της δεύτερης στήλης του πίνακα 1.
 - Επανάλαβε την ίδια διαδικασία για κάθε μήκος ελατηρίου που αναγράφεται στην πρώτη στήλη του πίνακα 1 και συμπλήρωσε τον πίνακα 1.



Εικόνα 2

ΠΕΙΡΑΜΑ 2: Μέτρηση μήκους κύματος – Εξίσωση του κύματος

1. Τέντωσε το σκληρό ελατήριο (2) με τη βοήθεια του συμμαθητή σου ώστε το μήκος του να είναι 2,5 m. Με το χέρι σου θέσε το ένα άκρο του σε ταλάντωση **σταθερής** συχνότητας και πλάτους 10 cm (εικόνα 3).



Εικόνα 3

2. Υπολόγισε τη συχνότητα ταλάντωσης του χεριού σου, μετρώντας το χρόνο 10 (πλήρων) ταλαντώσεων.

$$\text{συχνότητα} = \frac{\text{αριθμός ταλαντώσεων}}{\text{χρονικό διάστημα που πραγματοποιούνται}}$$

$$f = \frac{N}{t}$$

$$f = \frac{10}{\dots\dots\dots \text{s}} = \dots\dots\dots \text{Hz}$$

Κατάγραψε την τιμή της συχνότητας στη δεύτερη στήλη του πίνακα 2.

3. Παρατήρησε τα **όρη** και τις **κοιλιάδες** που δημιουργούνται κατά τη διάδοση του κύματος κατά μήκος του ελατηρίου. Μέτρησε την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κοιλιάδων ή ορέων (**το μήκος κύματος**) και κατάγραφέ την στην τρίτη στήλη του πίνακα 2.
4. Επανάλαβε τα βήματα 2 και 3 της πειραματικής διαδικασίας για κάθε μήκος ελατηρίου που αναγράφεται στην πρώτη στήλη του πίνακα 2, φροντίζοντας να ταλαντώνεις την άκρη του ελατηρίου **ο** πάντοτε με την ίδια συχνότητα. Συμπλήρωσε όλα τα κελιά του πίνακα 2.

ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΕΠΙΠΕΔΟΙ ΚΑΘΡΕΦΤΕΣ

Εργαστηριακή άσκηση 10

□ Έννοιες και φυσικά μεγέθη

Φωτεινή δέσμη – Ανάκλαση – Γωνία πρόσπτωσης – Γωνία ανάκλασης – Επίπεδος καθρέφτης – Αντικείμενο – Είδωλο

□ Στόχοι

1. Να δείχνεις πειραματικά ότι, κατά την ανάκλαση φωτεινής δέσμης πάνω στην επιφάνεια ενός επίπεδου καθρέφτη, η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης.
2. Να αποκτήσεις την ικανότητα να κατασκευάζεις το είδωλο ενός φωτεινού αντικειμένου ως προς ένα επίπεδο καθρέφτη.

□ Θεωρητικές επισημάνσεις

Μία φωτεινή δέσμη που συναντά την επιφάνεια ενός καθρέφτη αλλάζει κατεύθυνση: υφίσταται ανάκλαση.

Η ανακλώμενη και η προσπίπτουσα δέσμη, μαζί με την κάθετη ευθεία στην επιφάνεια του καθρέφτη που περνάει από το σημείο πρόσπτωσης, βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.

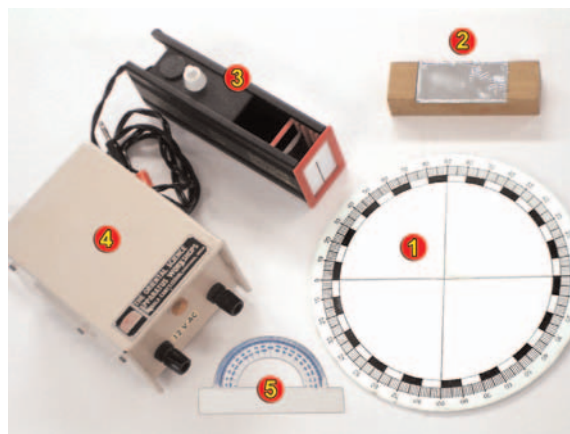
Η κάθετη ευθεία σχηματίζει με την προσπίπτουσα και την ανακλώμενη δέσμη δύο γωνίες: τη **γωνία πρόσπτωσης** και τη **γωνία ανάκλασης** αντίστοιχα. Οι γωνίες αυτές είναι ίσες.

Η εικόνα ενός φωτεινού αντικειμένου σε ένα καθρέφτη ονομάζεται **είδωλο** του αντικειμένου. Το είδωλο φωτεινού αντικειμένου ως προς επίπεδο καθρέφτη είναι συμμετρικό ως προς το επίπεδο του καθρέφτη.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

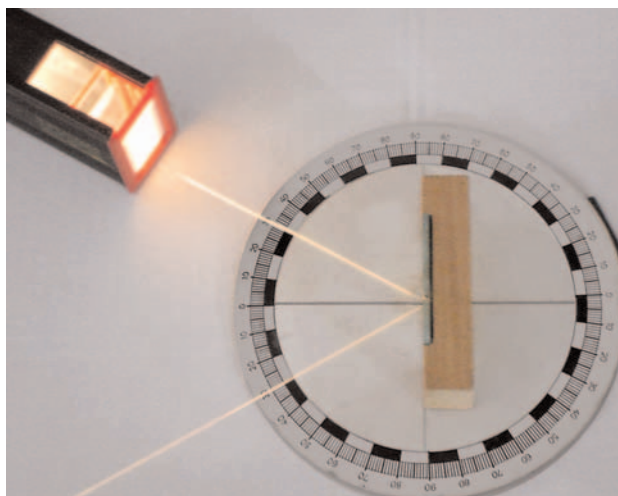
□ Απαιτούμενα όργανα και υλικά

- ✓ Γωνιομετρικός δίσκος (1)
- ✓ Επίπεδος καθρέφτης (2)
- ✓ Προβολέας Reuter (3)
- ✓ Τροφοδοτικό (4)
- ✓ Μοιρογνωμόνιο (5)



Εικόνα 1

1. Συναρμολόγησε τη διάταξη που εικονίζεται στην εικόνα 2. Τοποθέτησε τον επίπεδο καθρέφτη στο κέντρο του γωνιομετρικού δίσκου.



Εικόνα 2

2. Ρύθμισε το διάφραγμα του προβολέα, ώστε να εκπέμπεται μία λεπτή δέσμη φωτός. Ρύθμισε τη θέση του προβολέα ώστε η δέσμη να αφήνει ένα φωτεινό ίχνος πάνω στο γωνιομετρικό δίσκο.
3. Περίστρεψε το γωνιομετρικό δίσκο ώστε η γωνία πρόσπτωσης της δέσμης να είναι 30 μοίρες. Μέτρησε την αντίστοιχη τιμή της γωνίας ανάκλασης. Επανάλαβε το ίδιο για τιμές της γωνίας πρόσπτωσης 10, 20, 40, 60 και 80 μοίρες.

Συμπληρώστε τον πίνακα Α του φύλλου εργασίας.

ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΚΑΘΡΕΦΤΕΣ

Εργαστηριακή άσκηση 11

□ Έννοιες και φυσικά μεγέθη

Φωτεινή δέσμη – Ανάκλαση – Αντικείμενο – Είδωλο – Κοίλος και κυρτός σφαιρικός καθρέφτης – Κύριος άξονας – Κύρια εστία – Εστιακή απόσταση

□ Στόχοι

1. Να επιβεβαιώνεις πειραματικά ότι φωτεινές δέσμες φωτός, παράλληλες με τον κύριο άξονα σφαιρικού καθρέφτη, διέρχονται από συγκεκριμένο (σταθερό) σημείο του κύριου άξονα: την κύρια εστία του καθρέφτη.
2. Να μετράς την εστιακή απόσταση κοίλου και κυρτού σφαιρικού καθρέφτη, χρησιμοποιώντας προβολέα Reuter και γωνιομετρικό δίσκο.
3. Να αποκτήσεις την ικανότητα να κατασκευάζεις το είδωλο φωτεινού αντικειμένου σε κοίλο ή σε κυρτό σφαιρικό καθρέφτη.

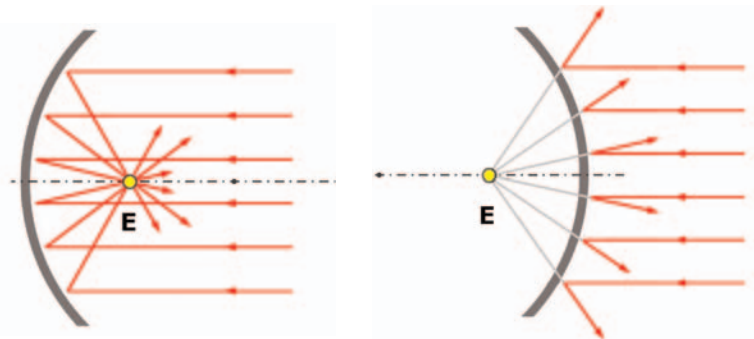
□ Θεωρητικές επισημάνσεις

Κύριος άξονας ενός κοίλου ή κυρτού σφαιρικού καθρέφτη ονομάζεται ο άξονας συμμετρίας του.

Όταν πάνω σε ένα κοίλο σφαιρικό καθρέφτη προσπίπτουν δέσμες που έχουν διεύθυνση παράλληλη με τον κύριο άξονα ενός κοίλου σφαιρικού καθρέφτη, τότε μετά την ανάκλασή τους οι δέσμες διέρχονται από ένα ορισμένο σημείο του κύριου άξονα του καθρέφτη που ονομάζεται **κύρια εστία**. Στους κυρτούς καθρέφτες η κύρια εστία είναι το σημείο του κύριου άξονα στο οποίο συγκλίνουν οι **προεκτάσεις** των ανακλώμενων δεσμών (εικόνα 1).

Αντίστροφα: Κάθε προσπίπτουσα δέσμη που διέρχεται από την κύρια εστία, μετά την ανάκλασή της στην επιφάνεια του καθρέφτη, διαδίδεται παράλληλα με τον κύριο άξονα.

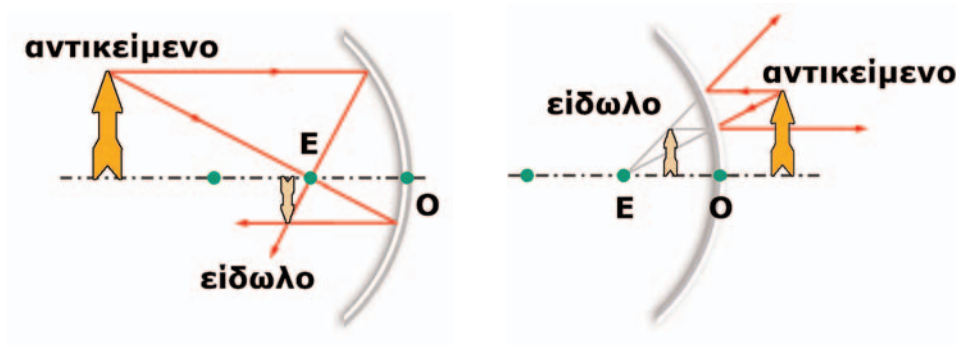
Η απόσταση (ΟΑ) (σχήμα 1) της κύριας εστίας E από το μέσον (O) του καθρέφτη ονομάζεται **εστιακή απόσταση** του καθρέφτη.



Εικόνα 1

Οι φωτεινές δέσμες που προέρχονται από ένα πολύ απομακρυσμένο φωτεινό αντικείμενο, όπως ο Ήλιος, μετά την ανάκλασή τους στην επιφάνεια κοίλου σφαιρικού καθρέφτη, εστιάζουν στην κύρια εστία του. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να προσδιορίσουμε εύκολα τη θέση της κύριας εστίας κοίλου σφαιρικού καθρέφτη.

Αν γνωρίζουμε την κύρια εστία σφαιρικού καθρέφτη, τότε μπορούμε να κατασκευάσουμε το είδωλο κάθε φωτεινού αντικειμένου γεωμετρικά (εικόνα 2).

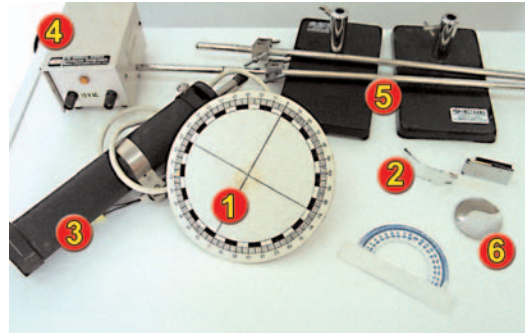


Εικόνα 2

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

□ Απαιτούμενα όργανα και υλικά

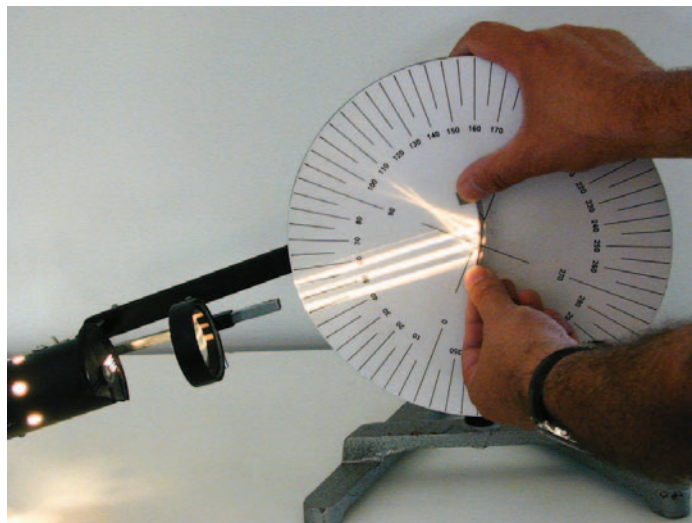
- ✓ Γωνιομετρικός δίσκος (1)
- ✓ Κοίλος και κυρτός σφαιρικός καθρέφτης που προσαρμόζονται στο γωνιομετρικό δίσκο (2)
- ✓ Προβολέας Reuter (3)
- ✓ Πηγή τάσης 12 Volt (4)
- ✓ Δύο ορθοστάτες με συνδέσμους (5)
- ✓ Κοίλος σφαιρικός καθρέφτης με διάμετρο δίσκου της τάξης των 10 cm (6).



Εικόνα 3

ΠΕΙΡΑΜΑ 1: Προσδιορισμός της κύριας εστίας κοίλου και κυρτού σφαιρικού καθρέφτη Μέτρηση της εστιακής απόστασης

1. Τοποθέτησε τον κοίλο σφαιρικό καθρέφτη πάνω στο γωνιομετρικό δίσκο, έτσι ώστε το μέσο της ανακλαστικής του επιφάνειας να βρίσκεται στο κέντρο του δίσκου (εικόνα 3). Ο κύριος άξονας του καθρέφτη να ταυτίζεται με έναν από τους άξονες του δίσκου.
2. Ρύθμισε το διάφραγμα του προβολέα ώστε να εκπέμπονται τρεις παράλληλες λεπτές φωτεινές δέσμες φωτός. Παρατήρησε ότι οι ανακλώμενες φωτεινές δέσμες συγκεντρώνονται σε ένα σημείο. Περίστρεψε το γωνιομετρικό δίσκο, ώστε οι φωτεινές δέσμες να είναι παράλληλες με τον κύριο άξονα του καθρέφτη.



Εικόνα 4

Παρατηρώ ότι φωτεινές δέσμες παράλληλες με τον κύριο άξονα του καθρέφτη, μετά την ανάκλασή τους στην κοίλη του καθρέφτη, και διέρχονται από ένα σημείο του Το σημείο αυτό είναι η του καθρέφτη.

3. Με ένα μολύβι σημείωσε πάνω στο γωνιομετρικό δίσκο τη θέση της κύριας εστίας του καθρέφτη. Με το χάρακά σου μέτρησε την απόσταση της κύριας εστίας από το μέσον της ανακλαστικής επιφάνειας του καθρέφτη, δηλαδή την εστιακή του απόσταση f .

$$f = \text{---} \text{ cm}$$

4. Επανάλαβε τα δύο πρώτα βήματα του πειράματος χρησιμοποιώντας τον κυρτό σφαιρικό καθρέφτη. Με ένα μολύβι σημείωσε τρία σημεία πάνω σε κάθε ανακλώμενη δέσμη.
5. Απομάκρυνε τον καθρέφτη από το δίσκο. Με το χάρακά σου σχεδίασε τις διευθύνσεις των ανακλώμενων φωτεινών δεσμών και το σημείο από το οποίο διέρχονται οι προεκτάσεις τους. Το σημείο αυτό είναι η κύρια εστία του καθρέφτη. Μέτρησε την εστιακή απόσταση f του καθρέφτη.

$$f = \text{---} \text{ cm}$$

Παρατηρώ ότι φωτεινές δέσμες παράλληλες με τον κύριο άξονα του καθρέφτη, μετά την ανάκλασή τους στην κυρτή του καθρέφτη, Οι των ανακλώμενων δεσμών διέρχονται από ένα σημείο του Το σημείο αυτό είναι η του καθρέφτη.

ΠΕΙΡΑΜΑ 2: Πειραματικός προσδιορισμός της θέσης φωτεινού αντικειμένου σε κοίλο καθρέφτη

1. Στρέψε τον κοίλο σφαιρικό καθρέφτη προς τον Ήλιο ή προς κάποια απομακρυσμένη φωτεινή πηγή. Μετακίνησε κατά μήκος του κύριου άξονα του καθρέφτη ένα μικρό επίπεδο χαρτόνι (ορθό) ώστε να σχηματιστεί ευκρινώς πάνω του το σχεδόν σημειακό είδωλο της φωτεινής πηγής. Το σημείο αυτό ταυτίζεται με την κύρια εστία του καθρέφτη. Με το χάρακά σου μέτρησε την εστιακή απόσταση του καθρέφτη.

$$f = \text{---} \text{ cm}$$

2. Σε απόσταση $a = 1,5 f$ από τον καθρέφτη τοποθέτησε ένα αναμμένο κεράκι, έτσι ώστε η φλόγα του να βρίσκεται πάνω στον κύριο άξονα του καθρέφτη.
3. Μετακίνησε ένα επίπεδο χαρτόνι κατά μήκος του κύριου άξονα, με το επίπεδό του κάθετο στον κύριο άξονα, μέχρις ότου σχηματιστεί ευκρινώς πάνω του το είδωλο της φλόγας. Με το χάρακά σου μέτρησε την απόσταση β του ειδώλου από τον καθρέφτη.

$$\beta = \text{---} \text{ cm}$$

Παρατηρώ ότι το είδωλο της φλόγας είναι:

- ◆ Αντεστραμμένο/ορθό
- ◆ Μεγαλύτερο/μικρότερο του αντικειμένου

ΔΙΑΘΛΑΣΗ

Εργαστηριακή άσκηση 12

□ Έννοιες και φυσικά μεγέθη

Φωτεινή δέσμη – Προσπίπτουσα και διαθλώμενη ακτίνα – Γωνία πρόσπτωσης – Γωνία διάθλασης – Δείκτης διάθλασης

□ Στόχοι

1. Να δείχνεις πειραματικά ότι η διεύθυνση της διάδοσης του φωτός αλλάζει όταν μια φωτεινή δέσμη διέρχεται από την επιφάνεια που διαχωρίζει δύο διαφανή σώματα.
2. Να συναρμολογείς και να χειρίζεσαι την προτεινόμενη πειραματική διάταξη, με σκοπό τη μέτρηση του δείκτη διάθλασης του νερού ως προς τον αέρα.
3. Να επεξεργάζεσαι τα πειραματικά δεδομένα: Να σχεδιάζεις υπό κλίμακα μια σχηματική αναπαράσταση της πειραματικής διάταξης, να μετράς τις γωνίες πρόσπτωσης και διάθλασης κατά τη διέλευση φωτεινής ακτίνας από τον αέρα στο νερό και να υπολογίζεις το δείκτη διάθλασης του νερού ως προς τον αέρα.

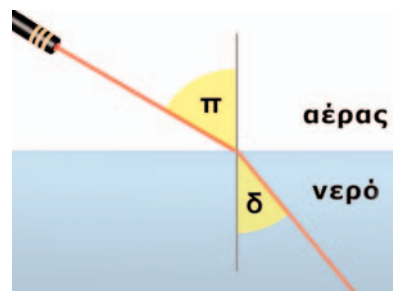
□ Θεωρητικές επισημάνσεις

1. Μια λεπτή δέσμη φωτός διαδίδεται στον αέρα και προσπίπτει στην επιφάνεια νερού που ηρεμεί. Τότε ένα μέρος της δέσμης ανακλάται και συνεχίζει να διαδίδεται στον αέρα, ενώ το κύριο μέρος της δέσμης εισχωρεί μέσα στο νερό και διαδίδεται μέσα σε αυτό. Γενικά το φαινόμενο της διέλευσης μιας φωτεινής δέσμης από ένα διαφανές μέσο σε ένα άλλο ονομάζεται διάθλαση του φωτός.
2. Το φως διαδίδεται με μικρότερη ταχύτητα στο νερό απ' ό,τι στον αέρα. Κάθε διαφανές μέσο (όπως ο αέρας και το νερό) χαρακτηρίζεται από ένα φυσικό μέγεθος που ονομάζεται δείκτης διάθλασης (n) του μέσου. Ο δείκτης διάθλασης (n) ενός διαφανούς μέσου ορίζεται ως το πηλίκο της ταχύτητας του φωτός στο κενό (c) προς την ταχύτητα του φωτός στο μέσο (c'):

Για παράδειγμα, η ταχύτητα του φωτός στον αέρα είναι περίπου ίση με την ταχύτητα του φωτός στο κενό:

$$c_{\text{αέρα}} \cong c$$

έτσι ο δείκτης διάθλασης του αέρα είναι:



Εικόνα 2

$$n_{\text{αέρα}} = \frac{c}{c_{\text{αέρα}}} = \frac{c}{c} = 1$$

Στο νερό η ταχύτητα του φωτός είναι $c_{\text{νερού}}=225.000 \text{ km/s}$, ενώ στο κενό είναι $c=300.000 \text{ km/s}$. Έτσι, ο δείκτης διάθλασης του νερού είναι:

$$n_{\text{νερού}} = \frac{c}{c_{\text{νερού}}} = \frac{300.000 \text{ km / s}}{225.000 \text{ km / s}} = 1,33$$

Η τιμή του δείκτη διάθλασης εξαρτάται από το είδος του υλικού και τη συχνότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

3. Όταν μια λεπτή δέσμη φωτός συναντά τη διαχωριστική επιφάνεια δύο διαφανών μέσων, όπως φαίνεται στην εικόνα 2, τότε η δέσμη που διαθλάται αλλάζει διεύθυνση. Ωστόσο η προσπίπτουσα, η διαθλώμενη και η κάθετη στην επιφάνεια, στο σημείο πρόσπτωσης, βρίσκονται πάντοτε στο ίδιο επίπεδο (εικόνα 2).
4. Όταν η προσπίπτουσα φωτεινή δέσμη διαδίδεται στον αέρα και η διαθλώμενη σε κάποιο άλλο διαφανές μέσο, τότε η γωνία διάθλασης εξαρτάται από το δείκτη διάθλασης του μέσου (n) και τη γωνία πρόσπτωσης. Αποδεικνύεται ότι ισχύει η ακόλουθη σχέση, που είναι γνωστή ως νόμος του Snell.

$$n = \frac{\eta_{\mu\alpha}}{\eta_{\mu\delta}}$$

όπου α είναι η γωνία πρόσπτωσης και δ η γωνία διάθλασης.

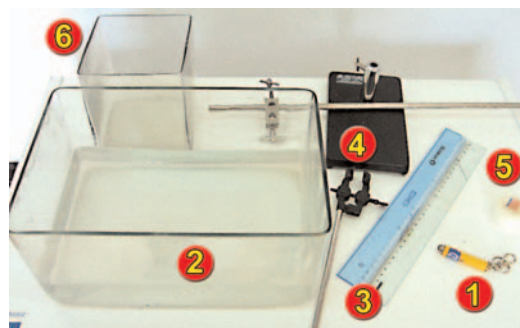
5. Στην άσκηση αυτή θα μετρήσουμε πειραματικά τη γωνία πρόσπτωσης α και την αντίστοιχη γωνία διάθλασης δ , όταν μια λεπτή φωτεινή δέσμη διαθλάται από τον αέρα στο νερό. Στη συνέχεια θα εφαρμόσουμε το νόμο του Snell και θα υπολογίσουμε το δείκτη διάθλασης του νερού. Την τιμή που θα βρούμε θα τη συγκρίνουμε με εκείνη που αναφέρεται στο σχολικό βιβλίο ή σε άλλα βιβλία Φυσικής.

Για να εξασφαλίσουμε μια λεπτή ισχυρή δέσμη μονοχρωματικού φωτός στην πειραματική διαδικασία χρησιμοποιούμε ένα φακό λείζερ.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

□ Απαιτούμενα όργανα και υλικά

- ✓ Φακός λέιζερ (1)
- ✓ Γυάλινο ορθογώνιο δοχείο (2)
- ✓ Δύο υποδεκάμετρα 0–30 cm (3)
- ✓ Ορθοστάτης (4)
- ✓ Λαβίδα (4)
- ✓ Διαφανής κολλητική ταινία (5)
- ✓ Δοχεία χωρητικότητας ~2–3 lt (6)
- ✓ Νερό βρύσης



Εικόνα 1

ΠΕΙΡΑΜΑ: Μέτρηση της γωνίας πρόσπτωσης και διάθλασης κατά τη διέλευση του φωτός από τον αέρα στο νερό. Υπολογισμός του δείκτη διάθλασης του νερού,

1. Συναρμολόγησε τη διάταξη της εικόνας 3:

- Στερέωσε με πλαστική κολλητική ταινία τον ένα χάρακα στον πυθμένα του κενού γυάλινου δοχείου και τον άλλο στο πλευρικό τοίχωμα του δοχείου, ώστε να βρίσκονται στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο. Φρόντισε ώστε η ένδειξη του μηδενός (O) του κατακόρυφου χάρακα (OY) να βρίσκεται ακριβώς στον πυθμένα του δοχείου και να ταυτίζεται με την ένδειξη του μηδενός (O) του οριζόντιου χάρακα (OX).



Εικόνα 3

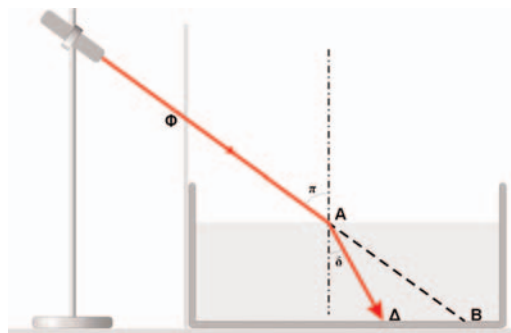
- Στερέωσε το φακό λέιζερ στη λαβίδα και ρύθμισε τη θέση του ώστε η φωτεινή δέσμη να διέρχεται πολύ κοντά από μια ορισμένη χαραγή (Φ) του κατακόρυφου χάρακα. Σημείωσε την ένδειξη H (OΦ=H) του χάρακα, που αντιστοιχεί στη θέση του φακού λέιζερ (εικόνα 3):

$$H = \text{——— cm}$$

- Η δέσμη λέιζερ να συναντά τον οριζόντιο χάρακα σ' ένα σημείο του. Κατάγραψε την αντίστοιχη ένδειξη (OB) του χάρακα που προσδιορίζει τη θέση της φωτεινής κηλίδας πάνω σ' αυτόν (εικόνα 4).

$$OB = \text{——— cm}$$

2. Χωρίς να μετακινήσεις κανένα όργανο ή μέρος της διάταξης, ρίξε μέσα στο γυάλινο δοχείο νερό μέχρις ότου η στάθμη του φτάσει περίπου τα 5 με 6 cm. Μέτρησε με τον κατακόρυφο χάρακα το ύψος (h) του νερού και κατάγραψε το στην πρώτη στήλη του πίνακα Α. Στη συνέχεια παρατήρησε και κατάγραψε τη νέα θέση (OΓ) της φωτεινής κηλίδας πάνω στον οριζόντιο χάρακα (OX). Επανάλαβε την ίδια διαδικασία για ακόμα τέσσερις τιμές του ύψους του νερού. [Κάθε φορά να προσθέτεις μια ποσότητα νερού στο δοχείο]. Κατάγραψε όλες τις μετρήσεις σου στον πίνακα Α.



Εικόνα 4

ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

Εργαστηριακή άσκηση 13

□ Έννοιες και φυσικά μεγέθη

Φωτεινή δέσμη – Συγκλίνων φακός – Κύριος άξονας – Κύρια εστία – Εστιακή απόσταση – Φωτεινό αντικείμενο – Πραγματικό και φανταστικό είδωλο φωτεινού αντικειμένου.

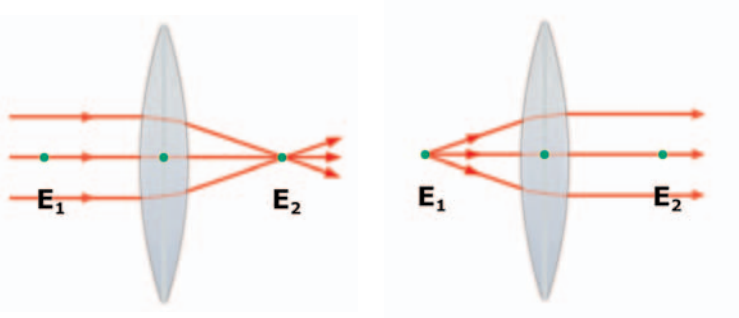
□ Στόχοι

1. Να κατασκευάζεις γεωμετρικά το είδωλο φωτεινού αντικειμένου σε συγκλίνοντα σφαιρικό φακό και να προσδιορίζεις γραφικά τη θέση του πάνω στον κύριο άξονα του φακού.
2. Να μετράς την εστιακή απόσταση ενός συγκλίνοντα φακού.
3. Να συναρμολογείς την αντίστοιχη πειραματική διάταξη (που σχεδίασες στο πλαίσιο του πρώτου στόχου) και να ελέγχεις πειραματικά τις θεωρητικές σου προβλέψεις.

□ Θεωρητικές επισημάνσεις

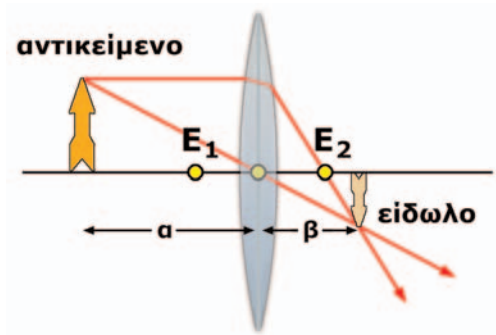
Κύριος άξονας ενός σφαιρικού φακού ονομάζεται ο άξονας συμμετρίας του. Κάθε λεπτή φωτεινή δέσμη που έχει διεύθυνση παράλληλη με τον κύριο άξονα ενός συγκλίνοντα φακού, αφού διαθλασθεί, διέρχεται από ένα συγκεκριμένο σημείο του κύριου άξονα που ονομάζεται κύρια εστία του φακού (εικόνα 1). Κάθε φακός έχει δύο κύριες εστίες που βρίσκονται σε συμμετρικές θέσεις ως προς αυτόν. Η απόσταση κάθε κύριας εστίας από το φακό ονομάζεται **εστιακή απόσταση (f)** του φακού.

Η εικόνα ενός φωτεινού αντικειμένου που σχηματίζεται από ένα φακό ονομάζεται **είδωλο**. Αν είναι δυνατό να προβάλλουμε το είδωλο πάνω σε μια οθόνη, τότε το ονομάζουμε **πραγματικό**. Αντίθετα,



Εικόνα 1

αν είναι αδύνατη η προβολή του σε οθόνη, τότε λέγεται **φανταστικό**. Για να κατασκευάσουμε γεωμετρικά το είδωλο ενός φωτεινού αντικειμένου χρησιμοποιούμε τις ιδιότητες των κυρίων εστιών και του μέσου Κ του φακού (εικόνα 2).



Εικόνα 2

Για να σχηματιστεί από ένα συγκλίνοντα φακό πραγματικό είδωλο, πρέπει να τοποθετήσουμε το φωτεινό αντικείμενο σε σημείο του κύριου άξονα που απέχει από το κέντρο του φακού απόσταση μεγαλύτερη της εστιακής. Τότε μπορούμε να δούμε με ευκρίνεια το είδωλο πάνω σε μία οθόνη που τοποθετούμε σε κατάλληλη θέση από την άλλη πλευρά του φακού. Με μια μετροταινία μπορούμε να μετρήσουμε την απόσταση του ειδώλου από το κέντρο του φακού. Πρέπει να τονιστεί ότι μία τέτοια μέτρηση μπορεί να γίνει μόνον όταν το είδωλο είναι πραγματικό.

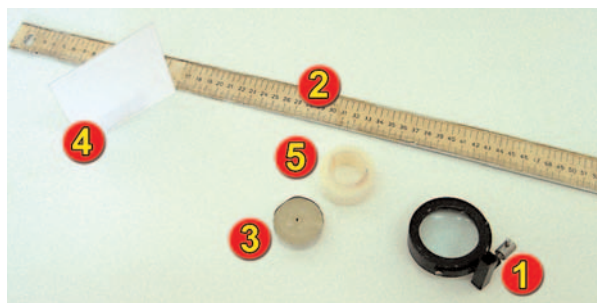
Στην άσκηση αυτή:

- α. Μετράμε την εστιακή απόσταση ενός συγκλίνοντα φακού. Στη συνέχεια τοποθετούμε ένα κεράκι πάνω στον κύριο άξονα του φακού και σχηματίζουμε το είδωλό του πάνω σε μια οθόνη. Με μια μετροταινία μετράμε τις αποστάσεις του αντικειμένου α και του ειδώλου β από το φακό.
- β. Σχεδιάζουμε την πειραματική διάταξη υπό κλίμακα. Τοποθετούμε στο σχήμα μας το φωτεινό αντικείμενο στην ίδια απόσταση α και κάνουμε γεωμετρική κατασκευή του ειδώλου του. Μετράμε την απόσταση β' του ειδώλου από το φακό. Ελέγχουμε αν η θεωρητική τιμή β' και η πειραματική τιμή β ταυτίζονται.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

□ Απαιτούμενα όργανα και υλικά

- ✓ Συγκλίνων φακός, εστιακής απόστασης 10 cm (1)
- ✓ Μετροταινία ή χάρακας (2)
- ✓ Κεράκια (3)
- ✓ Μια μικρή οθόνη από χαρτόνι (4)
- ✓ Κολλητική ταινία (5)



Εικόνα 3

ΠΕΙΡΑΜΑ: Πειραματικός προσδιορισμός της θέσης του ειδώλου φωτεινού αντικειμένου σε σφαιρικό φακό.

1. Με το χαρτόνι και την κολλητική ταινία κατασκεύασε μια μικρή οθόνη που μπορεί να στέκεται κατακόρυφα πάνω στον οριζόντιο πάγκο του εργαστηρίου. Σχημάτισε ευκρινώς στην οθόνη και πάνω στον κύριο άξονα του φακού το είδωλο ενός απομακρυσμένου φωτεινού αντικειμένου (για παράδειγμα του Ηλίου, του ανοιχτού παραθύρου ή ενός λαμπτήρα). Παρατήρησε ότι το είδωλο είναι σχεδόν σημειακό. Οι φωτεινές δέσμες που προέρχονται από το απομακρυσμένο αντικείμενο συγκλίνουν στην κύρια εστία του φακού. Μέτρησε την εστιακή απόσταση του φακού.

$$f = \text{---} \text{ cm}$$

2. Τοποθέτησε το κεράκι όσο πιο μακριά μπορείς από το φακό, έτσι ώστε να διακρίνεται ευκρινώς το είδωλο της φλόγας για κατάλληλη θέση της οθόνης. Μέτρησε την απόσταση του ειδώλου από το φακό. Σύγκρινε την απόσταση με την εστιακή απόσταση του φακού και σχολίασε το αποτέλεσμα.

.....

.....

.....

.....

3. Τοποθέτησε το κεράκι σε απόσταση $a=20$ cm από το φακό, πάνω στον κύριο άξονά του. Μετακίνησε την οθόνη κατά μήκος του κύριου άξονα του φακού, ώστε να σχηματιστεί πάνω της ευκρινώς το είδωλο της φλόγας (εικόνα 4).

Παρατήρησε το είδωλο της φλόγας: Είναι ορθό ή αντεστραμμένο;

.....

.....

Μέτρησε με τη μετροταινία την απόσταση του ειδώλου από το φακό.

$$b = \text{---} \text{ cm}$$



Εικόνα 4

ΚΙΝΗΣΗ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Πείραμα επίδειξης

□ Στόχοι

1. Να χρησιμοποιείς την έννοια του ηλεκτρικού πεδίου για να εξηγείς την κίνηση ηλεκτρισμένων / φορτισμένων σωματιδίων μεταξύ των πόλων μιας ηλεκτροστατικής μηχανής.
2. Να περιγράφεις τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν κατά την κίνηση φορτισμένων σωματιδίων μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο.

Οι πειραματικές δραστηριότητες που ακολουθούν προτείνεται να διεξαχθούν ως πειράματα επίδειξης, με ταυτόχρονη συμπλήρωση από τους μαθητές του φύλλου εργασίας που περιέχουν.

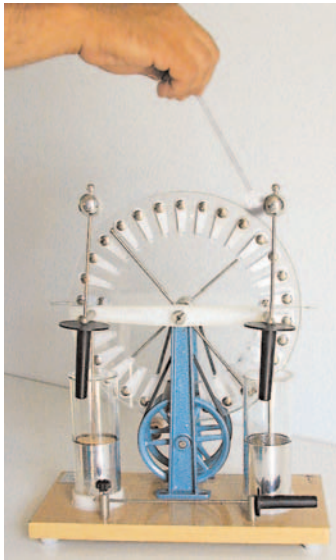
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

❑ Απαιτούμενα όργανα και υλικά

- ✓ Ηλεκτροστατική μηχανή Wimshurst. Η ηλεκτροστατική μηχανή Wimshurst χρησιμοποιείται για την παραγωγή και αποθήκευση μεγάλης ποσότητας θετικού και αρνητικού ηλεκτρικού φορτίου. Τα φορτία παράγονται με την τριβή μεταλλικών ελασμάτων κατά την περιστροφή δύο δίσκων. Τα παραγόμενα φορτία αποθηκεύονται σε δύο «αποθήκες» φορτίου, που ονομάζονται πυκνωτές (εικόνα 1). Μεταξύ των δύο φορτισμένων πόλων της μηχανής αναπτύσσεται ηλεκτρικό πεδίο.
- ✓ Ηλεκτρικό εκκρεμές
- ✓ Συσκευή σχηματισμού ηλεκτρικού πεδίου: Περιλαμβάνει κυλινδρικό κουτί με παράλληλους μεταλλικούς σπλισμούς και σφαιρίδια.

Πείραμα 1: Κίνηση ηηλεκτρισμένου σωματιδίου σε ηηλεκτρικό πεδίο

1. Τοποθετούμε το ηλεκτρικό εκκρεμές έτσι ώστε το σφαιρίδιό του να βρίσκεται σε επαφή με τον ένα πόλο μιας μηχανής Wimshurst (εικόνα 1).



Εικόνα 1

2. Θέτουμε σε λειτουργία τη μηχανή και παρατηρούμε την κίνηση του σφαιριδίου.

Περίγραψε την κίνηση του σφαιριδίου:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

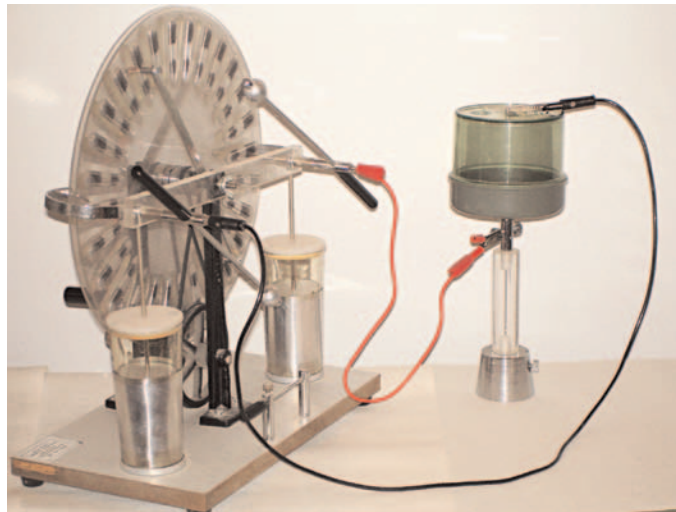
Ερμηνεία

Πώς εξηγείται η κίνηση του σφαιριδίου του εκκρεμούς από τον ένα πόλο της μηχανής στον άλλο; Συμπλήρωσε τις προτάσεις:

Όταν το σφαιρίδιο του εκκρεμούς έρχεται σε επαφή με τον ένα πόλο της φορτισμένης μηχανής, τότε αποκτά ίδιου είδους με το του πόλου. Το φορτισμένο σφαιρίδιο βρίσκεται μέσα στο ηλεκτρικό που αναπτύσσεται μεταξύ των φορτισμένων πόλων της μηχανής και δέχεται Το σφαιρίδιο με την επίδραση της ηλεκτρικής, κινείται από τον έναν πόλο προς τον άλλο. Η κινητική ενέργεια που αποκτά προέρχεται από την μετατροπή της που έχει λόγω της δράσης της ηλεκτρικής που του ασκεί το ηλεκτρικό πεδίο.

Πείραμα 2: Κίνηση φορτισμένων σωματιδίων σε ηλεκτρικό πεδίο

Τοποθετούμε μέσα στο κουτί με τους μεταλλικούς οπλισμούς μερικά σφαιρίδια από ελαφρύ συνθετικό υλικό. Συνδέουμε τους οπλισμούς του με τους πόλους μηχανής Wimshurst. Θέτουμε σε λειτουργία τη μηχανή Wimshurst. Παρατηρούμε ότι τα σφαιρίδια που βρίσκονται μέσα στο κουτί κινούνται από τον ένα μεταλλικό οπλισμό του δοχείου στον άλλο.



Εικόνα 2

Ερμηνεία

Εξήγησε την κίνηση των σφαιριδίων χρησιμοποιώντας τις έννοιες: **φορτίο, φόρτιση με επαφή, ηλεκτρικό πεδίο, ηλεκτρική δύναμη, κινητική ενέργεια, δυναμική ενέργεια φορτισμένου σφαιριδίου μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ΡΟΟΣΤΑΤΗΣ ΚΑΙ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟ

Πείραμα επίδειξης

□ Στόχοι

1. Να περιγράψεις ένα ροοστάτη και ένα ποτενσιόμετρο και να εξηγήεις πώς λειτουργούν.
2. Να συνθέσεις απλά κυκλώματα που περιλαμβάνουν ροοστάτη ή ποτενσιόμετρο. Να δείχνεις πειραματικά πώς χρησιμοποιείται ο ροοστάτης για να ρυθμίζουμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται από ένα απλό κύκλωμα. Να δείχνεις πειραματικά πώς χρησιμοποιείται το ποτενσιόμετρο για να ρυθμίζουμε την τάση που εφαρμόζουμε στα άκρα μιας ηλεκτρικής συσκευής.

ΡΟΟΣΤΑΤΗΣ

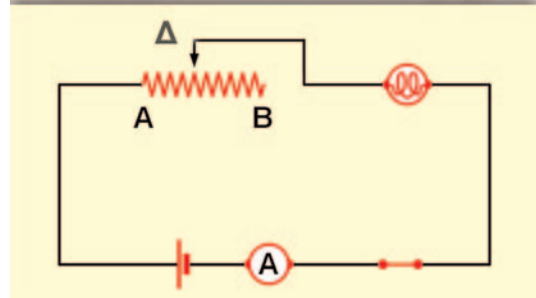
□ Αρχή λειτουργίας του ροοστάτη

Ο ροοστάτης είναι ένας αντιστάτης του οποίου μπορούμε να μεταβάλλουμε την αντίσταση. Για το λόγο αυτό ονομάζεται και **μεταβλητή αντίσταση**.

Αποτελείται από ένα μεταλλικό σύρμα σταθερής διατομής (S), κατά μήκος του οποίου μπορεί να μετακινείται ένα μεταλλικό στέλεχος που ονομάζεται **δρομέας** (Δ). Το σύρμα είναι τυλιγμένο γύρω από μονωτικό κύλινδρο. Κατά τη μετακίνηση του δρομέα το μήκος του σύρματος ($A\Delta$) από το ένα άκρο του (A) μέχρι το δρομέα (Δ) μεταβάλλεται (εικόνα 1). Τότε όμως, σύμφωνα με το νόμο της αντίστασης μεταλλικού αγωγού, και η αντίσταση ($R_{A\Delta}$) του τμήματος $A\Delta$ του σύρματος μεταβάλλεται:

$$R_{A\Delta} = \rho \cdot \frac{(A\Delta)}{S}$$

όπου ρ είναι η ειδική αντίσταση του υλικού του σύρματος.



Εικόνα 1

Ο ροοστάτης στην εικόνα 1 είναι κατασκευασμένος από χρωμονικελίνη που έχει ειδική αντίσταση $\rho=20 \cdot 10^{-8} \Omega m$. Το σύρμα του έχει συνολικό μήκος 20 m και διατομή $S=0,25 \text{ mm}^2$. Υπολόγισε την ελάχιστη και τη μέγιστη αντίσταση του ροοστάτη.

.....

Πόση είναι η αντίσταση του ροοστάτη όταν ο δρομέας τοποθετηθεί στο μέσον του σύρματος;

.....

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

ΠΕΙΡΑΜΑ 1: Λειτουργία ροοστάτη

Συνδέουμε το τμήμα ΑΔ του σύρματος του ροοστάτη σε σειρά με μια ηλεκτρική συσκευή (ένα λαμπτήρα) και ένα αμπερόμετρο. Στα άκρα της διάταξης εφαρμόζουμε σταθερή τάση (V) (εικόνα 2).

Μετακίνησε το δρομέα του ροοστάτη σε διαδοχικές θέσεις, ξεκινώντας από το άκρο Α του σύρματος. Πώς μεταβάλλεται η ένταση του ρεύματος που δείχνει το αμπερόμετρο και πώς η φωτοβολία του λαμπτήρα;

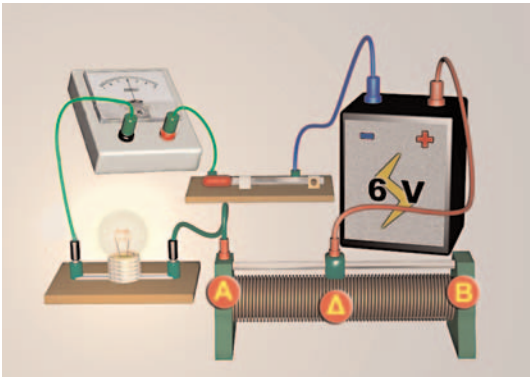
.....

.....

.....

.....

.....



Εικόνα 2

Εξήγησε τις παρατηρήσεις σου με βάση το νόμο του Ωμ και το νόμο της αντίστασης μεταλλικού σύρματος.

.....

.....

.....

.....

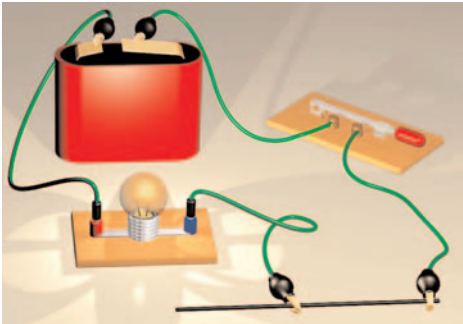
.....

.....

.....

□ Κατασκευή ροοστάτη

Διαθέτεις μια ράβδο από γραφίτη (όπως αυτή που χρησιμοποιείται στα μολύβια), καλώδια με δαγκάνες, ένα λαμπτήρα 4 V και μια μπαταρία 4,5 V. Συναρμολόγησε το κύκλωμα της εικόνας. Μετακίνησε το καλώδιο κατά μήκος της ράβδου από γραφίτη και παρατήρησε τη μεταβολή στη φωτοβολία του λαμπτήρα. Ερμήνευσε τις παρατηρήσεις σου.



Εικόνα 4

ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟ

□ Αρχή λειτουργίας του ποτενσιόμετρου

Το ποτενσιόμετρο είναι ένας μεταβλητός αντιστάτης που τον συνδέουμε σε ένα κύκλωμα έτσι ώστε να μπορούμε να ρυθμίζουμε την ηλεκτρική τάση. Πώς λειτουργεί ένα ποτενσιόμετρο;

Στα άκρα A και B ενός μεταβλητού αντιστάτη εφαρμόζουμε μια σταθερή τάση (V) (εικόνα 3). Τότε σύμφωνα με το νόμο του Ωμ από το κύκλωμα διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα έντασης i:

$$i = \frac{V}{R_{AB}}$$

όπου R_{AB} είναι η αντίσταση όλου του σύρματος του μεταβλητού αντιστάτη.

Εφαρμοσε το νόμο του Ωμ και υπολόγισε την ηλεκτρική τάση ($V_{A\Delta}$) μεταξύ του άκρου A και του δρομέα Δ της μεταβλητής αντίστασης.

.....

.....

.....

Πώς προβλέπεις ότι θα μεταβάλλεται η τάση $V_{A\Delta}$ καθώς μετατοπίζουμε το δρομέα από το άκρο A προς το άκρο B της μεταβλητής αντίστασης; Εξήγησε.

.....

.....

.....

.....

Όταν η μεταβλητή αντίσταση χρησιμοποιείται για να ρυθμίζει την ηλεκτρική τάση στα άκρα μιας συσκευής, όπως στο κύκλωμα της εικόνας 3, ονομάζεται ποτενσιόμετρο.

ΠΕΙΡΑΜΑ 2: Λειτουργία ποτενσιόμετρου σε κύκλωμα

Συναρμολόγησε το κύκλωμα της εικόνας 3. Μετακίνησε το δρομέα σταδιακά από το σημείο A του ποτενσιόμετρου προς το σημείο B και παρατήρησε τη μεταβολή της ένδειξης του βολτόμετρου. Συμφωνούν οι παρατηρήσεις σου με τις θεωρητικές σου προβλέψεις; **ΝΑΙ – ΟΧΙ**

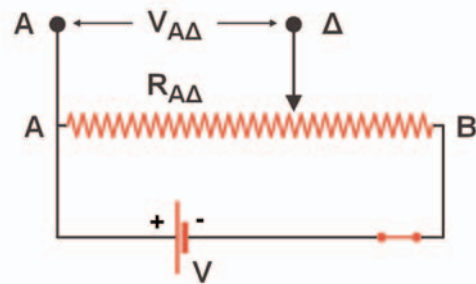
Συναρμολόγησε πάλι το κύκλωμα της εικόνας 3, αλλά τώρα στη θέση του βολτόμετρου τοποθέτησε ένα λαμπτήρα. Μετακίνησε το δρομέα σταδιακά από το σημείο A του ποτενσιόμετρου προς το σημείο B. Πώς μεταβάλλεται η φωτοβολία του λαμπτήρα;

.....

.....

.....

.....



Εικόνα 3

ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΚΑΙ ΣΚΙΑ

Πείραμα επίδειξης

□ Στόχοι

Να δείχνεις πειραματικά ότι το μέγεθος της σκιάς ενός αντικειμένου εξαρτάται:

1. από το μέγεθος του αντικειμένου
2. από την απόσταση του αντικειμένου από την πηγή του φωτός
3. από την απόσταση του αντικειμένου από την επιφάνεια πάνω στην οποία σχηματίζεται.

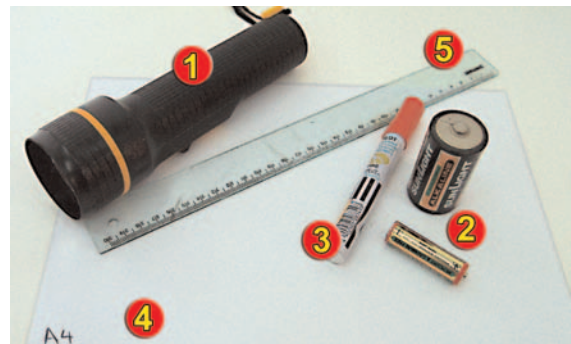
□ Επισήμανση

Το φως διαδίδεται ευθύγραμμα σε κάθε ομοιογενές μέσο (π.χ. στον αέρα). Η δημιουργία της σκιάς των αδιαφανών σωμάτων είναι αποτέλεσμα της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός. Σε αυτή τη δραστηριότητα θα μελετήσεις τους παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος της σχηματιζόμενης σκιάς.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

□ Απαιτούμενα όργανα και υλικά

- ✓ Μικρός φανός (1)
- ✓ Μικρό αντικείμενο (μπαταρία 1,5 V) ύψους 5 cm περίπου (2)
- ✓ Μεγάλο αντικείμενο (μαρκαδόρος) ύψους 10 cm περίπου (3)
- ✓ Φύλλο A4 (4)
- ✓ Μετροταινία (5)



Εικόνα 1

1. Τοποθέτησε τα δύο αντικείμενα σε απόσταση 20 cm από το λευκό φύλλο, και το φανό σε απόσταση 10 cm από αυτά (εικόνα 2).
2. Φώτισε διαδοχικά τα δύο αντικείμενα και μέτρησε το ύψος της σκιάς τους.
3. Επανάλαβε την ίδια διαδικασία με απόσταση φανού-αντικειμένων 15 cm.
4. Επανάλαβε την ίδια διαδικασία με απόσταση φανού-αντικειμένου 20 cm.
5. Συμπλήρωσε τον πίνακα 1.



Εικόνα 2

ΠΙΝΑΚΑΣ 1		
Απόσταση φακού αντικειμένων cm	Ύψος σκιάς μπαταρίας cm	Ύψος σκιάς μαρκαδόρου cm
10		
15		
20		

Με βάση τα πειραματικά σου δεδομένα:

- Σύγκρινε τις σκιές των δύο αντικειμένων όταν οι αποστάσεις τους από το φύλλο, και από το φανό είναι ίσες.

.....

.....

.....

- Πώς μεταβάλλεται η σκιά ενός αντικειμένου καθώς απομακρύνεις το φανό από αυτό, ενώ διατηρείς σταθερή την απόσταση του αντικειμένου από την επιφάνεια (φύλλο) πάνω στην οποία σχηματίζεται η σκιά του;

.....

.....

.....

- Κρατήστε σταθερή την απόσταση φακού-αντικειμένου στα 15 cm και απομάκρυνε το λευκό φύλλο. Πώς μεταβάλλεται η σκιά ενός αντικειμένου καθώς αυξάνεις την απόστασή του από την επιφάνεια (φύλλο), ενώ η απόσταση του φανού από το αντικείμενο παραμένει σταθερή;

.....

.....

.....

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΔΕΣΜΗΣ ΣΕ ΠΡΙΣΜΑ

Πείραμα επίδειξης

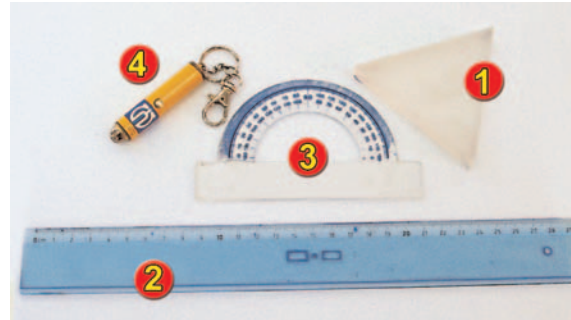
□ Στόχοι

1. Να είσαι σε θέση να σχεδιάζεις την πορεία φωτεινής δέσμης διαμέσου ενός γυάλινου ή πλαστικού διαφανούς πρίσματος.
2. Να δείχνεις πειραματικά ότι η γωνία διάθλασης είναι μικρότερη από τη γωνία πρόσπτωσης όταν το φως διαδίδεται από τον αέρα στο πλαστικό ή στο γυαλί και μεγαλύτερη από αυτήν όταν διαδίδεται αντίστροφα.
3. Να υπολογίζεις πειραματικά την οριακή γωνία κατά τη ολική ανάκλαση του φωτός.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

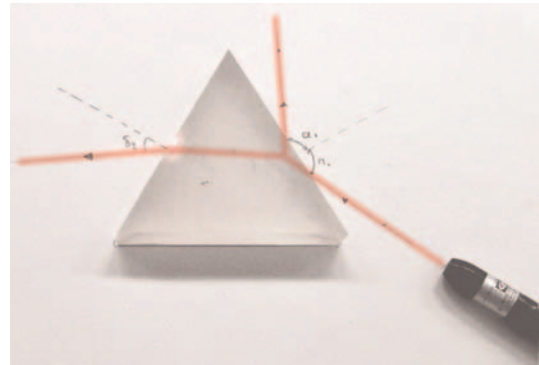
❑ Απαιτούμενα όργανα και υλικά

- ✓ Διαφανές πλαστικό ή γυάλινο τριγωνικό πρίσμα (1)
- ✓ Χαρακάκι (2)
- ✓ Μοιρογνωμόνιο (3)
- ✓ Φανός λέιζερ (4)



Εικόνα 1

1. Τοποθέτησε το πρίσμα πάνω σε μια λευκή κόλλα. Σχεδίασε το περίγραμμά του με ένα μολύβι.
2. Στείλε μια δέσμη φωτός λέιζερ πλάγια στη μια πλευρά του πρίσματος (εικόνα 2).
3. Σχεδίασε πάνω στο χαρτί την προσπίπτουσα και την ανακλώμενη, καθώς και τη δέσμη που διαθλάται από την άλλη πλευρά του πρίσματος.



Εικόνα 2

4. Απομάκρυνε το πρίσμα και σχεδίασε την πορεία της φωτεινής δέσμης μέσα σε αυτό. Σχεδίασε επίσης τις κάθετες στην επιφάνεια του πρίσματος στα σημεία που συμβαίνει ανάκλαση ή διάθλαση.
5. Μέτρησε τις γωνίες πρόσπτωσης, ανάκλασης και διάθλασης και στις δύο επιφάνειες του πρίσματος, χρησιμοποιώντας ένα μοιρογνωμόνιο. Κατάγραψε τις τιμές των γωνιών στον πίνακα Α.
6. Επανάλαβε την ίδια διαδικασία για άλλες τρεις τουλάχιστον διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης. Καταχώρησε τα αποτελέσματα στον πίνακα Α.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α					
Πρώτη πλευρά			Δεύτερη πλευρά		
Γωνία πρόσπτωσης	Γωνία ανάκλασης	Γωνία διάθλασης	Γωνία πρόσπτωσης	Γωνία ανάκλασης	Γωνία διάθλασης

7. Συμπλήρωσε τις προτάσεις:

Σύμφωνα με τα πειραματικά μου δεδομένα:

- α. Όταν η φωτεινή δέσμη εισέρχεται από τον αέρα στο γυαλί ή στο πλαστικό, η γωνία πρόσπτωσης είναι από τη γωνία διάθλασης.
 - β. Κατά τη διέλευση της φωτεινής δέσμης από το γυαλί (πλαστικό) προς τον αέρα παρατήρησα ότι η γωνία πρόσπτωσης είναι από τη γωνία διάθλασης.
 - γ. Γενικά η γωνία πρόσπτωσης είναι από τη γωνία διάθλασης όταν η φωτεινή δέσμη διέρχεται από τον αέρα στο γυαλί (πλαστικό). Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το φως διαδίδεται με ταχύτητα στο γυαλί (πλαστικό) απ' ό,τι στον αέρα.
8. Ρύθμισε κατάλληλα τη γωνία πρόσπτωσης της φωτεινής δέσμης στην πρώτη πλευρά του πρίσματος, ώστε να παρατηρήσεις το φαινόμενο της ολικής ανάκλασης. Ακολούθησε την τακτική των βημάτων 3 και 4 και σχεδίασε πάνω στο λευκό φύλλο το πρίσμα, τις φωτεινές δέσμες και τις κάθετες, ώστε να μπορέσεις να μετρήσεις την οριακή γωνία με ένα μοιρογνωμόνιο.

Οριακή γωνία = ——— μοίρες

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΜΕ ΠΡΙΣΜΑ

Πείραμα επίδειξης

□ Στόχοι

1. Να δείχνεις πειραματικά ότι το λευκό φως αναλύεται σε μονοχρωματικές ακτινοβολίες διαφορετικών χρωμάτων.
2. Να δείχνεις πειραματικά ότι ένα κόκκινο φίλτρο απορροφά όλες τις ακτινοβολίες εκτός από τις κόκκινες.
3. Να δείχνεις πειραματικά ότι το κίτρινο χρώμα είναι αποτέλεσμα της σύνθεσης του κόκκινου και του πράσινου χρώματος.

□ Θεωρητικές επισημάνσεις

Όταν μια δέσμη λευκού φωτός προσπέσει στη μια πλευρά ενός τριγωνικού πρίσματος, τότε διαθλάται και αναλύεται σε ένα σύνολο απλών μονοχρωματικών ακτινοβολιών. Το χρωματικό φάσμα των ακτινοβολιών αυτών μπορούμε να το δούμε πάνω σε μια οθόνη.

Αν στην πορεία του φωτός μετά την έξοδό του από το πρίσμα τοποθετήσουμε ένα έγχρωμο φίλτρο (για παράδειγμα κόκκινο), τότε παρατηρούμε ότι το χρωματικό φάσμα μεταβάλλεται και αποτελείται μόνο από το χρώμα του έγχρωμου φίλτρου. Το κόκκινο φίλτρο απορρόφησε όλες τις ακτινοβολίες εκτός από την κόκκινη.

Το κόκκινο, το πράσινο και το μπλε ονομάζονται βασικά χρώματα. Με τον κατάλληλο συνδυασμό αυτών των χρωμάτων μπορούν να προκύψουν όλα τα άλλα χρώματα, ακόμα και το λευκό φως. Αν για παράδειγμα φωτίσουμε μια οθόνη με δύο προβολείς που εκπέμπουν ο ένας κόκκινο και ο άλλος πράσινο φως, το αποτέλεσμα θα είναι η οθόνη να φαίνεται κίτρινη. Σε αυτή τη δραστηριότητα θα παρατηρήσουμε μερικά από τα παραπάνω φαινόμενα.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

▣ Απαιτούμενα όργανα και υλικά

- ✓ Πρίσμα ανάλυσης φωτός μεγάλου δείκτη διάθλασης (1)
- ✓ Πράσινο φίλτρο (2)
- ✓ Κόκκινο φίλτρο (3)
- ✓ Προβολέας διαφανειών (4)



Εικόνα 1

1. Τοποθέτησε πάνω στην επιφάνεια προβολής του προβολέα διαφανειών δύο φύλλα A4, έτσι ώστε να σχηματιστεί μια λεπτή δέσμη φωτός (εικόνα 2).
2. Τοποθέτησε το πρίσμα πάνω από το φακό του προβολέα διαφανειών, έτσι ώστε η δέσμη του φωτός να πέφτει πλάγια πάνω στη μια πλευρά του. Ρύθμισε με το χέρι σου τον προσανατολισμό του πρίσματος, ώστε να σχηματιστεί πάνω στον τοίχο ή σε οθόνη προβολής το χρωματικό φάσμα του λευκού φωτός.

Από ποια χρώματα αποτελείται το φάσμα που παρατηρείς;

.....

.....

.....

.....

.....

Γράψε δύο τουλάχιστον χαρακτηριστικά του λευκού φωτός.

.....

.....

.....



Εικόνα 2

3. Τοποθέτησε το πράσινο φίλτρο πάνω στη σχισμή μεταξύ των δύο φύλλων, από την οποία εξέρχεται η δέσμη του λευκού φωτός. Ποια είναι τώρα η μορφή του φάσματος που παρατηρείς;

.....

.....

.....

Πώς εξηγείς την παρατηρούμενη μεταβολή του φάσματος μετά την τοποθέτηση του φίλτρου;

.....

.....

.....

.....

4. Αφαίρεσε το πράσινο και τοποθέτησε το κόκκινο φίλτρο πάνω στη σχισμή μεταξύ των δύο φύλλων. Πώς μεταβλήθηκε τώρα το παρατηρούμενο φάσμα;

.....

.....

.....

.....

Πώς εξηγείς την παρατηρούμενη μεταβολή του φάσματος μετά την τοποθέτηση του κόκκινου φίλτρου;

.....

.....

.....

.....

5. Με βάση τις προηγούμενες παρατηρήσεις και εξηγήσεις, γράψε ένα γενικότερο συμπέρασμα που αφορά τη διάχυση του λευκού φωτός μέσα από διαφανή σώματα.

.....

.....

.....

.....

6. Τι προβλέπεις ότι θα συμβεί αν τοποθετήσεις το κόκκινο και το πράσινο φίλτρο μαζί (το ένα πάνω στο άλλο) πάνω στη σχισμή, μεταξύ των δύο φύλλων;

.....

.....

.....

.....

7. Τοποθέτησε το κόκκινο και το πράσινο φίλτρο μαζί (το ένα πάνω στο άλλο) πάνω στη σχισμή για να επιβεβαιώσεις ή να διαψεύσεις την πρόβλεψή σου. Εξήγησε το αποτέλεσμα του πειράματός σου.

.....

.....

.....

.....

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



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