

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ
Α' ΤΑΞΗΣ ΕΝΙΑΙΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΗΣ ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ

Παναγιώτης Β. Κόκκοτας, Καθηγητής της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αθηνών.

ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Ιωάννης Α. Βλάχος, Διδάκτορας, Σχολικός Σύμβουλος του κλάδου ΠΕ4.

Ιωάννης Γ. Γραμματικάκης, Επίκουρος Καθηγητής Φυσικής στο Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Βασίλης Α. Καραπαναγιώτης, Φυσικός, Καθηγητής Πειραματικού Σχολείου Πανεπιστημίου Αθηνών.

Παναγιώτης Β. Κόκκοτας, Καθηγητής της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αθηνών.

Περικλής Εμ. Περιστερόπουλος, Φυσικός, Υποψήφιος Διδάκτορας, Καθηγητής στο 3ο Λύκειο Βύρωνα.

Γιώργος Β. Τιμοθέου, Φυσικός, Λυκειάρχης στο 2ο Λύκειο Αγ. Παρασκευής.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΡΙΣΗΣ

Φλυτζάνης Νικόλαος (Πρόεδρος), Καθηγητής Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Καλοψικάκης Εμμανουήλ, Φυσικός, τ. Σχολικός Σύμβουλος.

Ξενάκης Χρήστος, Δρ. Φυσικός, Σχολικός Σύμβουλος Φθιώτιδος.

Πάλλας Δήμος, Φυσικός, Υποδιευθυντής 1ου Λυκείου Λαμίας.

Στεφανίδης Κωνσταντίνος, Δρ. Φυσικός, Σχολικός Σύμβουλος Πειραιά.

Η παραπάνω επιτροπή αξιολόγησε το παρόν βιβλίο ως το καλύτερο μεταξύ αυτών που υποβλήθηκαν προς κρίση.

ΕΚΔΟΤΙΚΟΣ ΟΙΚΟΣ

Εκπαιδευτικές Τομές Ορόσημο Α.Ε.

ATELIER

ART CHOICE

Σχεδιασμός/Ηλεκτρονική σελιδοποίηση/Φιλμς

Διεύθυνση δημιουργικού: **Δημήτρης Κορωνάκος**

Υπεύθυνη Atelier: **Κασσάνδρα Παξιμάδη**

Φωτοστοιχειοθεσία: **Ιωάννα Φατούρου**

Επεξεργασία εικόνων: **Άννα Νικηταρά**

Σχεδιασμός εικόνων: **Ελένη Μπέλμπα, Φαίη Λερίου**

Σύμβουλος τεχνικής υποστήριξης: **Αλέκος Αναγνωστόπουλος**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στην Σωτηρία Θεοδωρίδου για τη συμβολή της στο Ευρετήριο.

Οι συγγραφείς

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

ΙΩΑΝΝΗΣ Α. ΒΛΑΧΟΣ

ΙΩΑΝΝΗΣ Γ. ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΑΚΗΣ

ΒΑΣΙΛΗΣ Α. ΚΑΡΑΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Β. ΚΟΚΚΟΤΑΣ

ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΕΜ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΟΠΟΥΛΟΣ

ΓΙΩΡΓΟΣ Β. ΤΙΜΟΘΕΟΥ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ
Α' ΤΑΞΗΣ ΕΝΙΑΙΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑΙ

Το παρόν έγινε στο πλαίσιο του
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ & ΑΡΧΙΚΗΣ
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗΣ (Ε.Π.Ε.Α.Ε.Κ.)

Υποπρόγραμμα 1: ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Μέτρο 1.1: ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΕΝΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Ενέργεια 1.1α: Προγράμματα - βιβλία

**ΕΡΓΟ: ΑΝΑΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΕΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΔΙΔΑΚΤΙ-
ΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ**



Με απόφαση της Ελληνικής κυβέρνησης, τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου και του Λυκείου τυπώνονται από τον Οργανισμό Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων και διανέμονται δωρεάν.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΣΧΕΔΙΑΖΟΝΤΑΣ ΚΑΙ ΕΚΤΕΛΩΝΤΑΣ ΜΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	9
2. Η ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ	11
3. ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΗΚΟΥΣ	15
4. ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΡΟΝΟΥ	18
5. ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΑΖΑΣ	21
6. ΜΕΤΡΗΣΗ ΔΥΝΑΜΗΣ	25
7. ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ	27
8. ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ (ΣΦΑΛΜΑ) ΜΕΤΡΗΣΗΣ	31
9. ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΨΗΦΙΑ - ΣΤΡΟΓΓΥΛΟΠΟΙΗΣΗ	33
10. ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ	35

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1.	ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΗΚΟΥΣ, ΧΡΟΝΟΥ, ΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΗΣ	41
2α.	ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗΣ ΟΜΑΛΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ.....	44
2β.	ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗΣ ΟΜΑΛΑ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΟΜΕΝΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	49
3.	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΚΗΣ ΜΑΖΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΝΟΜΟ $F=ma$	54
3α.	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΚΗΣ ΜΑΖΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ	58
4.	ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΒΟΛΗΣ	62
5.	ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΥ ΔΥΝΑΜΗΣ	
6.	ΤΡΙΒΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	
7.	ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΠΤΩΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ	
8.	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΣΕ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ	
9.	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	
10.	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΛΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΠΗΓΗ, ΩΜΙΚΟ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	
11.	ΜΕΛΕΤΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΠΗΓΗΣ, ΩΜΙΚΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ ΚΑΙ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟ-ΔΙΟΔΟΥ	
1		
1		
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	91
	ΚΑΤΑΛΟΓΟΙ ΟΡΓΑΝΩΝ	93
	ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΟΡΩΝ.....	95

Πρόλογος

Αγαπητή μαθήτριά, αγαπητέ μαθητή.

Ο ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ περιέχει αναλυτικές οδηγίες που θα σε βοηθήσουν να εκτελέσεις σωστά και με ασφάλεια μια σειρά εργαστηριακών ασκήσεων. Οι εργαστηριακές ασκήσεις θα σε βοηθήσουν να εξοικειωθείς με τις διαδικασίες της επιστημονικής μεθόδου, να αποκτήσεις τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και να κατανοήσεις καλύτερα τη θεωρία.

Κάθε εργαστηριακή άσκηση περιλαμβάνει τα παρακάτω θέματα:

1. Τους ΣΤΟΧΟΥΣ της εργαστηριακής άσκησης. Αυτοί σου φανερώνουν τους σκοπούς της εργαστηριακής σου δραστηριότητας. Σου δηλώνουν δηλαδή αυτά που θα πρέπει να έχεις επιτύχει, όταν θα έχεις τελειώσει την άσκηση.

2. Τις ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ. Σε αυτές γίνεται μια σύντομη έκθεση των απαραίτητων για την εργαστηριακή άσκηση θεωρητικών γνώσεων ή παρουσίαση οργάνων και συσκευών. Επίσης πολλές φορές γίνεται παραπομπή σε ορισμένες παραγράφους του διδλίου Φυσικής. Οι εισαγωγικές γνώσεις θα σε βοηθήσουν να προχωρήσεις στην εργαστηριακή σου δραστηριότητα χωρίς δυσκολία και καθυστέρηση. Τις γνώσεις αυτές θα πρέπει να έχεις αποκτήσει πριν από την έναρξη της εργαστηριακής άσκησης. Μη ξεχνάς, ότι σημαντικός παράγοντας για την επιτυχή εκτέλεση των πειραμάτων είναι η σωστή προετοιμασία.

3. Τα ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ, δηλαδή έναν κατάλογο με τα απαραίτητα μέσα (εργαστηριακά όργανα κ.τ.λ.), για να πραγματοποιήσεις τη συγκεκριμένη εργαστηριακή άσκηση.

4. Την ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ και τα ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ που πρέπει να λάβεις για την αποφυγή ατυχημάτων. Να διαβάζεις και να έχεις πάντοτε υπόψη σου τις οδηγίες ασφάλειας που αναφέρονται στην εισαγωγή του εργαστηριακού οδηγού (παράγραφος 2).

5. Την ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ, στην οποία περιγράφεται δήμα προς δήμα ο τρόπος εκτέλεσης του πειράματος. Το σχήμα που συνοδεύει το κάθε πείραμα σε διευκο-

λύνει στην κατανόηση και στη συναρμολόγηση της πειραματικής διάταξης. Κατά τη διαδικασία αυτή, αν έχεις κάποια απορία, μη διστάσεις να συμβουλευτείς τον καθηγητή (ή την καθηγήτρια) σου. Μετά το τέλος της πειραματικής διαδικασίας, φρόντισε να καθαρίσεις και να τακτοποιήσεις τον πάγκο εργασίας.

Το δίδλίο του εργαστηριακού οδηγού συνοδεύεται από το ΤΕΤΡΑΔΙΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ. Το τετράδιο εργαστηριακών ασκήσεων περιλαμβάνει ένα αντίστοιχο για κάθε εργαστηριακή άσκηση **φύλλο εργασίας**. Στο φύλλο εργασίας θα καταχωρείς τις **πειραματικές μετρήσεις**, συνήθως σε πίνακα τιμών, θα πραγματοποιείς τους **υπολογισμούς** και θα καταγράφεις τα **αποτελέσματα**. Επίσης θα κατασκευάζεις γραφικές παραστάσεις, όπου χρειάζεται, θα τις ερμηνεύεις και θα καταλήγεις σε **συμπεράσματα**.

Σε κάθε εργαστηριακή άσκηση φρόντιζε να πάρεις και να καταχωρίσεις στους πίνακες όλες τις πειραματικές τιμές, πριν τελειώσει η διδακτική (εργαστηριακή) ώρα. Μπορείς κατόπιν να ολοκληρώσεις την άσκηση, στο υπόλοιπο της ώρας ή στο σπίτι σου.

Οι συγγραφείς

Εισαγωγή

1. ΣΧΕΔΙΑΖΟΝΤΑΣ ΚΑΙ ΕΚΤΕΛΩΝΤΑΣ ΜΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Η επιστημονική έρευνα περιλαμβάνει ένα σύνολο δραστηριοτήτων, που σκοπό έχουν να απαντήσουν σε μία ερώτηση ή να λύσουν ένα πρόβλημα. Οι δραστηριότητες αυτές ακολουθούν συνήθως (αλλά όχι πάντοτε) την εξής σειρά: Παρατήρηση, υπόθεση, σχεδιασμός έρευνας, πείραμα, αποτελέσματα και ερμηνεία των δεδομένων (συμπέρασμα).

1. Παρατήρηση

Το πρώτο βήμα για την έρευνα και τη μελέτη της φύσης είναι η παρατήρηση, δηλαδή η προσεκτική παρακολούθηση με όλες τις αισθήσεις μας των αντικειμένων και των φαινομένων.

2. Υπόθεση (Ιδέες)

Από τις παρατηρήσεις μας προκύπτουν ερωτηματικά του τύπου “τι” και “πώς”. Για να δώσουμε απάντηση σε αυτά, κάνουμε υποθέσεις (διαμορφώνουμε ιδέες), οι οποίες θα κατευθύνουν την έρευνά μας.

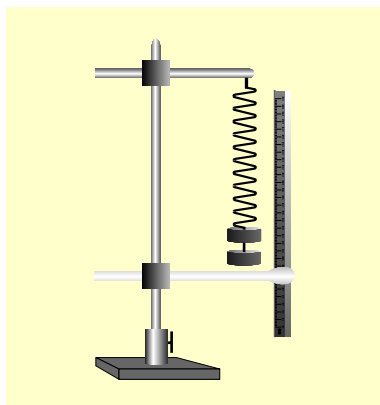
3. Σχεδιασμός έρευνας

Καταστρώνουμε ένα λεπτομερές σχέδιο για την έρευνά μας. Σκοπός μας είναι να ελέγξουμε, αν οι υποθέσεις που κάναμε μπορούν να επαληθευθούν πειραματικά και να αποκτήσουν την ισχύ θεωρίας ή πρέπει να αποδειχθούν. Συχνά, μία έρευνα περιλαμβάνει την εύρεση της σχέσης που συνδέει δύο φυσικά μεγέθη σε ένα φαινόμενο. Για την εύρεση της σχέσης αυτής, βρίσκουμε ποια άλλα φυσικά μεγέθη υπεισέρχονται στο φαινόμενο και μπορούν να επηρεάσουν την εξέλιξή του (αυτό λέγεται αναγνώριση των μεταβλητών). Έπειτα, επινοούμε τρόπους και μέσα για να διατηρήσουμε όλα τα φυσικά μεγέθη σταθερά, εκτός από τα δύο που μας ενδιαφέρουν (αυτό λέγεται **έλεγχος των μεταβλητών**). Στην ίδια φάση της επιστημονικής έρευνας, επιλέγουμε τα κατάλληλα όργανα για τη μέτρηση των δύο αυτών φυσικών μεγεθών. Μεταβάλλουμε κατόπιν το ένα από αυτά (ανεξάρτητη μεταβλητή) και μετράμε τις τιμές του άλλου (εξαρτημένη μεταβλητή).

4. Πείραμα

Με ένα πείραμα, αναπαράγουμε ένα φαινόμενο, ρυθμίζοντας τις συνθήκες εξέλιξής του σύμφωνα με το σκοπό μας. Με κάθε πείραμα θέτουμε μία καθορισμένη ερώτηση στη φύση, και περιμένουμε από αυτή μία απάντηση. Με τα πειράματα υποβάλλουμε ουσιαστικά τη φύση σε ανάκριση.

Ιδιαίτερη σημασία κατά τη διεξαγωγή ενός πειράματος

**Εικόνα 1.1**

Διάταξη για την εύρεση της σχέσης μεταξύ δύναμης και επιμήκυνσης ενός σπειροειδούς ελατηρίου (Νόμος του Hooke).

έχουν οι μετρήσεις. Για να φθάσουμε σε ασφαλή και ορθά συμπεράσματα, πρέπει να πραγματοποιούμε κάθε πείραμα με ακρίβεια και προσοχή, χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες συσκευές και τα κατάλληλα όργανα μέτρησης.

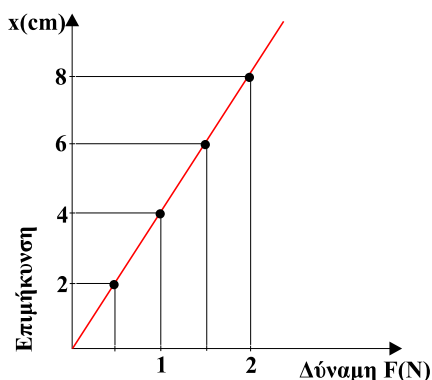
5. Καταγραφή αποτελεσμάτων.

Καταγράφουμε τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων και των μετρήσεών μας σε πίνακα. Συνηθίζεται σε ένα πίνακα αντίστοιχων τιμών δύο φυσικών μεγεθών, οι τιμές της ανεξάρτητης μεταβλητής να καταχωρούνται στην πρώτη στήλη και οι τιμές της εξαρτημένης στη δεύτερη.

Με βάση τις τιμές του πίνακα, κατασκευάζουμε τη γραφική παράσταση, η οποία μας δίνει σαφή και εποπτική εικόνα της πορείας του φαινομένου.

ΠΙΝΑΚΑΣ

Δύναμη (N)	Επιμήκυνση cm
0,5	2
1,0	4
1,5	6
2,0	8
2,5	10

ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ

Πίνακας τιμών και γραφική παράσταση του νόμου του Hooke.

6. Ερμηνεία των πειραματικών αποτελεσμάτων.

Ερμηνεύουμε τα πειραματικά αποτελέσματα και καταλήγουμε στη διατύπωση κάποιου συμπεράσματος. Το συμπέρασμα αυτό, προσπαθούμε να το εκφράσουμε με μία εξίσωση (συνάρτηση). Μία εξίσωση προσδιορίζει με ακρίβεια την αλληλοεξάρτηση μεταξύ δύο ή περισσότερων φυσικών μεγεθών. Συγχρόνως, παρουσιάζει το πλεονέκτημα να συμπυκνώνει σχεδόν σε μισή γραμμή, όλες τις πληροφορίες για τον τρόπο εξέλιξης ενός φαινομένου.

Ερμηνεύοντας τα πειραματικά αποτελέσματα του συγκεκριμένου παραδείγματος (επιμήκυνση ελατηρίου συναρτήσει της δύναμης), μπορούμε να καταλήξουμε στις εξής διατυπώσεις:

- Η γραφική παράσταση της σχέσης μεταξύ δύναμης και επιμήκυνσης του ελατηρίου είναι ευθεία γραμμή.
- Η επιμήκυνση του ελατηρίου είναι ανάλογη της δύναμης.
- Μεταξύ δύναμης και επιμήκυνσης ισχύει η εξίσωση $F=kx$, όπου k είναι μία σταθερά.

7. Πρόβλεψη και επαλήθευση.

Με βάση το συμπέρασμά μας μπορούμε να κάνουμε ορθές προβλέψεις. Για το συγκεκριμένο παράδειγμα της επιμήκυνσης ελατηρίου, μπορούμε να προβλέψουμε πόση επιμήκυνση θα προκαλέσει στο ελατήριο μία τυχαία δύναμη (με την προϋπόθεση ότι δεν ξεπερνά το όριο ελαστικότητας). Λόγου χάρη, από τη γραφική παράσταση ή από την εξίσωση $F=kx$, βρίσκουμε ότι δύναμη 1,25N πρέπει να προκαλεί στο ελατήριο επιμήκυνση ίση με 5cm. Πραγματοποιούμε κατόπιν πείραμα για να επαληθεύσουμε την πρόβλεψή μας.

2. Η ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

2.1 Γενικά.

Επικίνδυνες καταστάσεις υπάρχουν παντού: στα σπίτια, στους δρόμους, στους χώρους εργασίας, στους χώρους των σπορ κ.λπ. Όταν μία επικίνδυνη κατάσταση συνδυαστεί με ανθρώπινα λάθη, τότε οδηγεί σε ατυχήματα, σύμφωνα με το σχήμα:

Επικίνδυνη κατάσταση + Ανθρώπινα λάθη = Ατυχήματα.

Στο εργαστήριο Φυσικής, οι κίνδυνοι είναι δυνατό να προκύψουν κυρίως από το ηλεκτρικό ρεύμα, τη φλόγα του λύχνου θέρμανσης και τα χημικά υλικά.

Όλοι όμως αυτοί οι κίνδυνοι, μπορούν σχδόν να εκλείψουν, αν είστε προσεκτικοί, συμμορφώνεστε με τις οδηγίες που σας δίνονται και τηρείτε πιστά τους κανόνες ασφαλείας του εργαστηρίου.

2.2 Γενικοί κανόνες για την ασφάλεια στο εργαστήριο.

Για την εύρυθμη λειτουργία του εργαστηρίου και την αποφυγή ατυχημάτων, είναι ανάγκη να τηρείτε πιστά τους παρακάτω βασικούς κανόνες.

A. Να έρχεστε στο εργαστήριο προετοιμασμένοι για την εργαστηριακή άσκηση. Να μελετάτε προσεκτικά κάθε πείραμα. Έτσι, εξοικονομείτε χρόνο και αποφεύγετε ανεπιθύμητα λάθη και ατυχήματα. (Ιδιαίτερη προσο-

χή να δίνετε στις επισημάνσεις κινδύνων που συνοδεύουν ορισμένα πειράματα).

- B. Να μην πραγματοποιείτε στο εργαστήριο πειράματα που δεν περιλαμβάνονται στον εργαστηριακό οδηγό και δεν σας έχουν υποδειχθεί από τον καθηγητή ή την καθηγήτριά σας.
- Γ. Να μην χρησιμοποιείτε όργανα ή συσκευές, αν δεν έχετε πληροφορηθεί από τον εργαστηριακό οδηγό ή τον καθηγητή σας, τον σωστό και ασφαλή χειρισμό τους.
- Δ. Πριν αρχίσετε την εκτέλεση ενός πειράματος, πρέπει να καλείτε τον καθηγητή ή την καθηγήτριά σας να ελέγξει, αν η συναρμολόγηση της πειραματικής διάταξης είναι η σωστή.
- Ε. Να μην ξεχνάτε, ότι στο εργαστήριο πρέπει να εργάζεστε ήσυχα, προσεκτικά και με σοβαρότητα. Το εργαστήριο είναι χώρος υπεύθυνης εργασίας και όχι παιγνιδιού.
- ΣΤ. Να ενημερώνετε αμέσως τον καθηγητή ή την καθηγήτριά σας, για κάθε περίπτωση ατυχήματος ή τραυματισμού.
- Ζ. Να μην μεταφέρετε έξω από το εργαστήριο όργανα, συσκευές και υλικά, χωρίς την έγκριση του καθηγητή ή της καθηγήτριάς σας.
- Η. Ο χώρος του εργαστηρίου πρέπει να διατηρείται καθαρός, και τα διάφορα όργανα, οι συσκευές και τα υλικά να είναι τακτοποιημένα. Όταν τελειώσετε την άσκησή σας, αποσυναρμολογήστε την πειραματική διάταξη και τακτοποιήστε στη θέση τους όλα τα όργανα κ.τ.λ. που χρησιμοποιήσατε.

2.3 Ειδικοί κανόνες ασφάλειας στο εργαστήριο.

Κανόνες ασφάλειας που σχετίζονται με τα ηλεκτρικά κυκλώματα.

1. Να ενημερώνετε τον καθηγητή (ή την καθηγήτριά σας) για κάθε φθαρμένο καλώδιο, σπασμένο διακόπτη, σπασμένη πρίζα κ.τ.λ. Υπάρχει κίνδυνος ηλεκτροπληξίας, βραχυκυκλωμάτων και πυρκαγιών.
2. Να μην τροφοδοτείτε με την τάση του δικτύου ηλεκτρικά κυκλώματα, χωρίς την άδεια του καθηγητή (ή της καθηγήτριάς σας). Πρώτα να συναρμολογείτε το ηλεκτρικό κύκλωμα, μετά να καλείτε τον καθηγητή ή την καθηγήτριά σας να το ελέγξει και μετά να το συνδέετε στην πρίζα.

3. Μην βραχυκυκλώνετε τους ακροδέκτες μιας ηλεκτρικής πηγής (λόγου χάρη, συσσωρευτή). Ο αγωγός θα υπερθερμανθεί και μπορεί να προκαλέσει σοβαρά εγκαύματα. Εκτός αυτού, η ηλεκτρική πηγή θα καταστραφεί.

Κανόνες ασφάλειας που σχετίζονται με τη χρήση πηγών θερμότητας (λ.χ. λύχνου υγραερίου), (Εικ. 2.1)

4. Να ανάβετε τον εργαστηριακό λύχνο υγραερίου (γκάζακι) πάντοτε κατά τον ίδιο τρόπο, ακολουθώντας τα τέσσερα βήματα που φαίνονται στην εικόνα 2.2.

Ανάδουμε τον λύχνο, πάντοτε κατά τον ίδιο τρόπο, σύμφωνα με τα παρακάτω βήματα:



Εικόνα 2.1



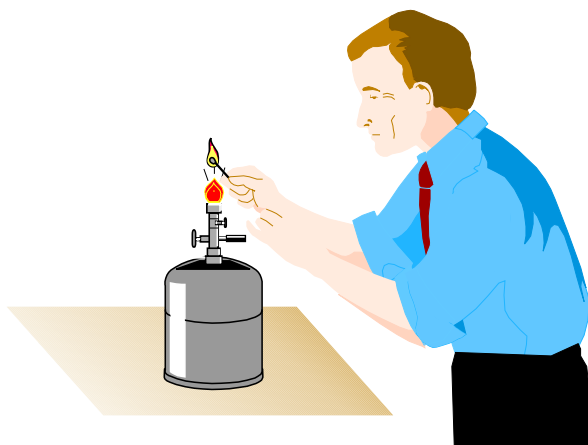
Εικόνα α

1. Κλείνουμε τις οπές αέρα με περιστροφή του δακτυλίου (δακτύλιος με βίδα).



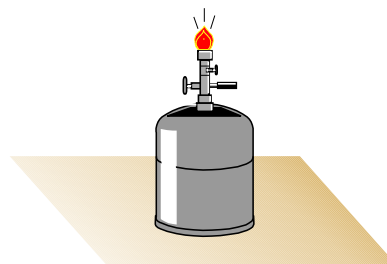
Εικόνα β

2. Ανάδουμε το σπίρτο (ή τον αναπτήρα) και πλησιάζουμε τη φλόγα στο επάνω μέρος του σωλήνα εκροής αερίου.



Εικόνα γ

3. Ανοίγουμε τη στρόφιγγα του αερίου φυλάσσοντας το κεφάλι και τα μαλλιά μας μακριά από τον λύχνο.



Εικόνα δ

4. Ανοίγουμε τις οπές του αέρα, στρέφοντας αργά τον δακτύλιο, μέχρις ότου η φλόγα χάσει την κίτρινη απόχρωσή της.

5. Όταν πλέον δεν χρειαζόμαστε τη φλόγα του λύχνου, κλείνουμε τη στρόφιγγα για να σβήσει.

Εικόνα 2.2

5. Να μην πλησιάζετε εύφλεκτα υλικά (όπως οινόπνευμα, δενζίνη κ.α.) κοντά στη φλόγα.

6. Να μην πιάνετε με γυμνά δάκτυλα αντικείμενα που μόλις θερμάνετε σε υψηλή θερμοκρασία. Υπάρχει κίνδυνος οδυνηρών εγκαυμάτων. Τα καυτά αντικείμενα να τα πιάνετε με χαρτομάτηλο, με κομμάτι υφάσματος ή με θερμομονωτικό γάντι.

7. Να μην αφήνετε αναμμένο τον λύχνο υγραερίου ή οινόπνευματος, όταν πλέον δεν χρειάζεστε τη φλόγα του.

Κανόνες ασφάλειας που σχετίζονται με το σπάσιμο γυαλιών.

8. Να μην πιέζετε δυνατά γυάλινους σωλήνες, θερμόμετρα κ.τ.λ. προσπαθώντας λόγω χάρη να τα περάσετε σε οπές πωμάτων. Μπορείτε να διευκολυνθείτε, αν χρησιμοποιήσετε γλυκερίνη ή άλλο λιπαντικό.

Επίσης, για αποφυγή τραυματισμού σε τυχόν σπάσιμο του σωλήνα, καλό είναι να τον κρατάτε με ένα κομμάτι υφάσματος.

9. Κατά τη θέρμανση ενός υγρού μέσα σε γυάλινο δοχείο (ποτήρι, φιάλη) να τοποθετείτε το δοχείο επάνω σε αντιθερμικό πλέγμα και όχι απευθείας στη φλόγα. Σε αντίθετη περίπτωση, υπάρχει κίνδυνος το γυάλινο δοχείο να σπάσει.

10. Να μην θερμαίνετε υπερβολικά έντονα ένα αέριο κλεισμένο μέσα σε γυάλινο δοχείο και χωρίς δυνατότητα διαφυγής. Υπάρχει κίνδυνος έκρηξης.

Κανόνες ασφάλειας που σχετίζονται με πτώσεις αντικειμένων.

11. Μην αφήνετε ψηλές συσκευές και όργανα στην άκρη του εργαστηριακού πάγκου. Είναι πιθανόν να ανατραπούν και να πέσουν. Το νερό που θα χυθεί, αν είναι καυτό, μπορεί να προκαλέσει εγκαύματα στο δέρμα. Το νερό που θα πέσει κάτω θα κάνει ολισθηρό το δάπεδο και είναι πιθανόν να γλιστρήσει κάποιος και να υπάρξει δεύτερο ατύχημα.

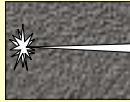
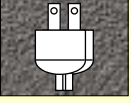
12. Για περισσότερη ασφάλεια, να στερεώνετε τη συσκευή με τη βοήθεια λαβίδας επάνω σε ορθοστάτη.

13. Για διατάξεις με πολύ βαριά αντικείμενα, να στερεώνετε τη βάση του ορθοστάτη επάνω στον πάγκο με σφιγκτήρες.

2.4 Σύμβολα ασφάλειας.

Τα σύμβολα ή εικονοσύμβολα ασφάλειας, που δρίσκονται

στην εικόνα 2.3, μας προειδοποιούν ότι σε κάποια δραστηριότητα υπάρχει κίνδυνος ατυχήματος. Μας υπενθυμίζουν τι πρέπει να κάνουμε και τι δεν πρέπει να κάνουμε. Γενικά μας δίνουν οδηγίες για την ασφάλεια μας, όταν εργαζόμαστε στο εργαστήριο.

ΠΡΟΣΟΧΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΑ ΥΛΙΚΑ 	ΠΡΟΣΟΧΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ 
ΠΡΟΣΟΧΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΛΕΙΖΕΡ 	ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ Η ΑΠΟΘΕΣΗ ΥΛΙΚΩΝ 
ΠΡΟΣΟΧΗ ΕΚΡΗΚΤΙΚΕΣ ΥΛΕΣ 	ΠΡΟΣΟΧΗ ΚΟΦΤΕΡΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ 
ΠΡΟΣΟΧΗ ΤΟΞΙΚΕΣ ΥΛΕΣ 	ΠΡΟΣΟΧΗ ΕΥΛΕΚΤΕΣ ΥΛΕΣ / ΥΨΗΛΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 
(ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ) ΧΡΗΣΗ ΠΟΔΙΑΣ 	ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ Η ΓΥΜΝΗ ΦΛΟΓΑ 
ΠΡΟΣΟΧΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΑΝΑΘΥΜΙΑΣΕΙΣ 	ΠΡΟΣΟΧΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΦΥΤΑ 
ΠΡΟΣΟΧΗ! ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΜΒΟΛΟ 	(ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ) ΧΡΗΣΗ ΑΝΤΙΘΕΡΜΙΚΩΝ ΓΑΝΤΙΩΝ 
(ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ) ΧΡΗΣΗ ΓΥΑΛΙΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ 	ΠΡΟΣΟΧΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ 

Εικόνα 2.3

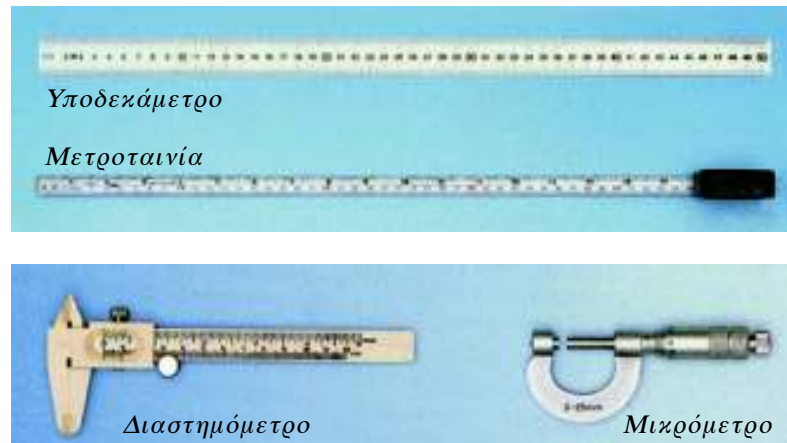
3. ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΗΚΟΥΣ

3.1 Όργανα μέτρησης μήκους

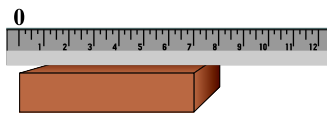
Όταν πρόκειται να μετρήσουμε ένα μήκος, πρέπει να επιλέξουμε εκείνο το όργανο μέτρησης το οποίο είναι κατάλληλο για να μετρήσει το μήκος αυτό και να δώσει την απαιτούμενη ακρίβεια.

Έτσι, όταν θέλουμε να μετρήσουμε την απόσταση στην

οποία έριξε ένας αθλητής τη σφαίρα ή το ακόντιο χρησιμοποιούμε τη **μετροταινία**. Όταν επιδιώκουμε να μετρήσουμε το μήκος ενός βιβλίου χρησιμοποιούμε **υποδεκάμετρο** (βαθμολογημένο κανόνα ή χάρακα). Όταν επιθυμούμε να μετρήσουμε τη διάμετρο ενός σύρματος χρησιμοποιούμε **διαστημόμετρο** ή **μικρόμετρο**.



3.2 Χρήση του κανόνα

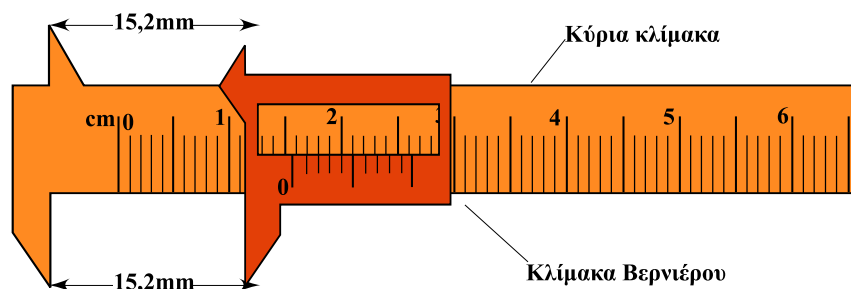


Εικόνα 3.1

Για να μετρήσουμε το μήκος σώματος, λ.χ. το μήκος ενός ξύλινου παραλληλεπιπέδου, φέρνουμε σε σύμπτωση τη χαραγή μηδέν του κανόνα με το ένα άκρο του σώματος. Διαβάζουμε έπειτα την υποδιαίρεση του κανόνα που συμπίπτει με το άλλο άκρο του. Με το βαθμολογημένο κανόνα δεν μπορούμε να μετρήσουμε αποστάσεις με ακρίβεια μεγαλύτερη από 0,5mm, (Εικ. 3.1).

3.3. Χρήση του διαστημομέτρου

Για μετρήσεις μικρών μηκών, μέχρι 25cm, στις οποίες απαιτείται ακρίβεια περίπου 0,1mm, χρησιμοποιούμε το διαστημόμετρο. Το διαστημόμετρο (Εικ. 3.2) αποτελείται από ένα κανόνα υποδιαιρεμένο σε mm. Το κινητό τμήμα έχει 10 γραμμές που αποτελούν την κλίμακα του βερνιέ-

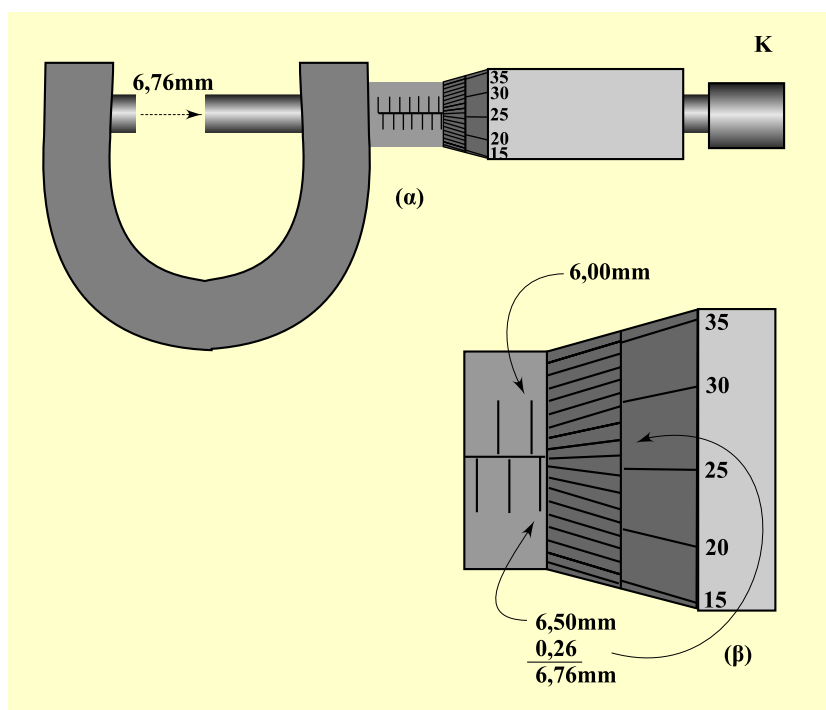


Εικόνα 3.2

ρου. Ο βερνιέρος είναι υποκλίμακα της κύριας κλίμακας του διαστημομέτρου. Οι γραμμές του βερνιέρου έχουν μεταξύ τους απόσταση ίση με $0,9\text{mm}$. Για να μετρήσουμε π.χ. το πάχος ενός σωλήνα, τον φέρνουμε μεταξύ των δύο σιαγόνων. Στην εικόνα 3.2 η γραμμή της κύριας κλίμακας, αριστερά από τη χαραγή 0 του βερνιέρου, αντιστοιχεί στα 15mm . Η δεύτερη γραμμή του βερνιέρου συμπίπτει με μία γραμμή της κύριας κλίμακας. Η ένδειξη λοιπόν του οργάνου είναι: $(15,0 + 0,2)\text{mm} = 15,2\text{mm}$ ή $1,52\text{cm}$

3.4 Χρήση του μικρομέτρου

Για μετρήσεις μικρών μηκών, μέχρι $2,5\text{cm}$, στις οποίες απαιτείται ακρίβεια περίπου $0,01\text{mm}$, χρησιμοποιούμε το μικρόμετρο (παχύμετρο). Το μικρόμετρο αποτελείται από ένα στρεπτό κοχλία (Εικ 3.2α).



Εικόνα 3.3

Επάνω στον κοχλία βρίσκεται προσαρμοσμένο ένα τύμπανο που περιστρέφεται μαζί του. Η περιφέρεια του τυμπάνου είναι υποδιαιρεμένη σε 50 ίσα μέρη. Ο κοχλίας σε κάθε πλήρη στροφή μετατοπίζεται κατά $0,5\text{mm}$. Επομένως στροφή του τυμπάνου κατά μία γραμμή της υποδιαίρεσής του προκαλεί μετατόπιση του κοχλία κατά $0,01\text{mm}$. Στην εικόνα 3.3 β το τύμπανο αποκοχλιώθηκε κατά 676 στροφές, δηλαδή ο κοχλίας έχει μετακινηθεί προς τα δεξιά κατά $6,76\text{mm}$.

Σημείωση:

Επειδή το αποτέλεσμα της μέτρησης με το μικρόμετρο

εξαρτάται πολύ από το σφίξιμο του κοχλίου, προβλέπεται μια κινητή κεφαλή Κ, η οποία με ελατήριο πιέζεται επάνω στο άκρο του κοχλίου και τον παρασύρει, εφ' όσον η ροπή που μεταδίδεται από το χέρι δεν υπερβαίνει ορισμένη τιμή. Αν η ροπή γίνει μεγαλύτερη, η κεφαλή περιστρέφεται ελεύθερα, χωρίς να παρασύρει σε περιστροφή του κοχλίου.

4. ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΡΟΝΟΥ

4.1 Όργανα μέτρησης χρόνου

Το χρόνο τον μετράμε με τα ποικίλα είδη χρονομέτρων. Η λειτουργία των χρονομέτρων και των ρολογιών βασίζεται σε κάποιο φαινόμενο που επαναλαμβάνεται κατά τον ίδιο τρόπο μέσα στο ίδιο, σταθερό πάντοτε χρονικό διάστημα (περίοδο). Αν το χρονικό αυτό διάστημα το πάρουμε ως μονάδα μέτρησης, τότε η μέτρηση του χρόνου ανάγεται στην απαρίθμηση των επαναλήψεων.

Η λειτουργία των συνηθισμένων μηχανικών χρονομέτρων και ρολογιών (χεριού) βασίζεται στις ταλαντώσεις που εκτελεί ένας τροχός γύρω από τον άξονά του, μέσω οδοντωτών τροχών, καθώς ξετυλίγεται (ξεκουρντίζεται) ένα ελατήριο. Επίσης στα εκκρεμή ρολόγια και στο μετρονόμο ο χρόνος μετράται με τις ταλαντώσεις ενός εκκρεμούς.

Η λειτουργία των ηλεκτρικών χρονομέτρων βασίζεται στις ταλαντώσεις των ηλεκτρονίων σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Παράδειγμα ηλεκτρικού χρονομέτρου αποτελεί ο ηλεκτρικός χρονομετρητής ταινίας, ο οποίος λειτουργεί με το ρεύμα του ηλεκτρικού δικτύου και παράγει ταλαντώσεις συχνότητας 50Hz, δηλαδή 50 ταλαντώσεις σε κάθε δευτερόλεπτο (βλέπε παράγραφο 7.3).

Ως ηλεκτρικό χρονόμετρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ένα στροβοσκόπιο, το οποίο παράγει φωτεινές αναλαμπές σε ίσα χρονικά διαστήματα.

Πολύ ακριβή χρονόμετρα και ρολόγια είναι τα ψηφιακά με κρύσταλλο χαλαζία (quartz). Ο κρύσταλλος συνδέεται με μια μπαταρία, η οποία τον αναγκάζει να ταλαντεύεται και να παράγει ηλεκτρικά σήματα. Τα ηλεκτρικά σήματα εμφανίζονται με ψηφιακή μορφή σε οθόνη υγρών κρυστάλλων του χρονομέτρου.

Ακόμη ακριβέστερα είναι τα ατομικά χρονόμετρα, των οποίων η λειτουργία βασίζεται στη χαρακτηριστική συχνότητα ταλάντωσης του ατόμου του κεσίου.

4.2 Χρήση των χρονομέτρων

Ο μετρονόμος δίνει ίσες χρονικές μονάδες η διάρκεια των οποίων ρυθμίζεται με μετάθεση του δρομέα κατά μή-

κος του κινητού στελέχους (Εικ. 4.2.1) Σε κάθε ακραία θέση του κινητού στελέχους παράγεται κρότος.

Οι ταλαντώσεις του μετρονόμου λοιπόν είναι δυνατό να παρακολουθούνται είτε οπτικά είτε (μόνο) ακουστικά. Το όργανο, όταν χρειαστεί, κουρντίζεται με το κλειδί που δρίσκεται στη μία πλευρά του.

Τα μηχανικά και τα απλά ηλεκτρικά χρονόμετρα (Εικ. 4.2.2), έχουν συνήθως τρία πλήκτρα διαφορετικού χρώματος. Το πράσινο πλήκτρο είναι το πλήκτρο έναρξης και το κόκκινο το πλήκτρο λήξης. Το τρίτο πλήκτρο είναι το πλήκτρο επαναφοράς του δείκτη στη θέση 0 (πλήκτρο μηδενισμού). Τα πλήκτρα έναρξης και λήξης πρέπει να πιέζονται ταυτόχρονα με την έναρξη και τη λήξη αντιστοίχως της χρονικής διάρκειας του φαινομένου που μετράται.

Με τα ηλεκτρονικά ψηφιακά χρονόμετρα επιτυγχάνουμε μετρήσεις μεγαλύτερης ακρίβειας. Με το ηλεκτρονικό χρονόμετρο της εικόνας 4.2.3 μετράμε με ακρίβεια 0,01s.



Εικόνα 4.2.1
Μετρονόμος



Εικόνα 4.2.2
Ηλεκτρικό χρονόμετρο



Εικόνα 4.2.3
Ηλεκτρονικά ψηφιακά χρονόμετρα

Στην αριθμητική (κυκλική) κλίμακα διαβάζεται ο αριθμός των δευτερολέπτων (από τη θέση της κόκκινης κουκίδας), ενώ στην ψηφιακή οθόνη τα εκατοστά των δευτερολέπτων. Η έναρξη και η λήξη μέτρησης του χρόνου γίνεται είτε με τους δικούς του χειροκίνητους διακόπτες είτε αυτόματα με εξωτερικούς διακόπτες που συνδέονται καλωδιακά (με ηλεκτρόδια, με γεννήτριες συχνοτήτων, με μικρόφωνα, με εμπόδια φωτός κτλ.).

Στην εικόνα 4.2.4 φαίνεται ένα πολυδύναμο ψηφιακό όργανο

μέτρησης. Μπορεί να λειτουργήσει ως χρονόμετρο με ακρίβεια χιλιοστού του δευτερόλεπτου (0,001s), ως συχνόμετρο και ως ρυθμόμετρο.



Εικόνα 4.2.4

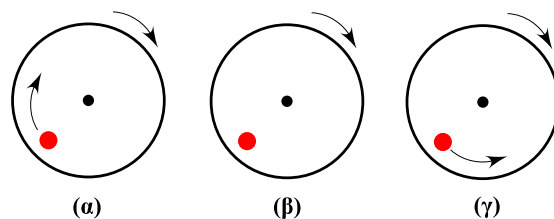


Εικόνα 4.2.5

Με το **στροβοσκόπιο** (Εικόνα 4.2.5) μπορούμε να υπολογίσουμε τη συχνότητα ή την περίοδο ενός σώματος που εκτελεί μία ταχύτατη περιοδική κίνηση (ομαλή κυκλική, ταλάντωση κτλ.).

Ας υποθέσουμε π.χ. ότι θέλουμε να μετρήσουμε τη συχνότητα περιστροφής ενός λευκού δίσκου, ο οποίος φέρει μια κόκκινη κηλίδα κοντά στην περιφέρειά του. Εξαιτίας της μεγάλης ταχύτητας περιστροφής δεν μπορούμε να διακρίνουμε την κηλίδα. Για να επιτύχουμε το σκοπό μας, χρησιμοποιούμε στροβοσκόπιο σε σκοτεινή αίθουσα. Συνδέουμε το στροβοσκόπιο με την τάση του δικτύου (220V). Φέρουμε το κουμπί επιλογής συχνοτήτων στη θέση των χαμηλών συχνοτήτων. Θέτουμε σε λειτουργία το στροβοσκόπιο με το διακόπτη ON-OFF. Το στροβοσκόπιο εκπέμπει αναλαμπές βραχύτατης διάρκειας σε ίσα χρονικά διαστήματα, οι οποίες φωτίζουν τον περιστρεφόμενο δίσκο. Αυξάνουμε σιγά σιγά τη συχνότητα των αναλαμπών στρέφοντας το κουμπί μεταβολής συχνότητας. Αν το κουμπί αυτό φτάσει στο τέλος της διαδρομής του και εξακολουθούμε να μη διακρίνουμε την κηλίδα, αλλάζουμε κλίμακα συχνοτήτων με το κουμπί επιλογής συχνοτήτων. Συνεχίζουμε την αύξηση της συχνότητας των αναλαμπών. Όταν η συχνότητα των αναλαμπών αρχίζει να πλησιάζει τη συχνότητα περιστροφής του δίσκου, η κηλίδα εμφανίζεται να προχωρεί αργά κατά τη

φορά περιστροφής του δίσκου (Εικ. 4.3 α). Όταν η συχνότητα των αναλαμπών γίνει ίση με τη συχνότητα περιστροφής του δίσκου, η κηλίδα φαίνεται να παραμένει ακίνητη (Εικ. 4.3 β). Στην περίπτωση αυτή το στραβοσκόπιο εκπέμπει αναλαμπές τη στιγμή που η κηλίδα βρίσκεται στην ίδια θέση κάθε φορά. Αν η συχνότητα των αναλαμπών γίνει λίγο μεγαλύτερη από τη συχνότητα περιστροφής του δίσκου, τότε η κηλίδα φαίνεται να προχωρεί αργά κατά φορά αντίθετη της περιστροφής του δίσκου. Αν η συχνότητα των αναλαμπών συνεχώς αυξανόμενη, γίνεται διπλάσια, τριπλάσια κτλ. της συχνότητας περιστροφής του δίσκου, τότε η κηλίδα και στις περιπτώσεις αυτές θα φαίνεται ακίνητη.



Εικόνα 4.3

5. ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΑΖΑΣ

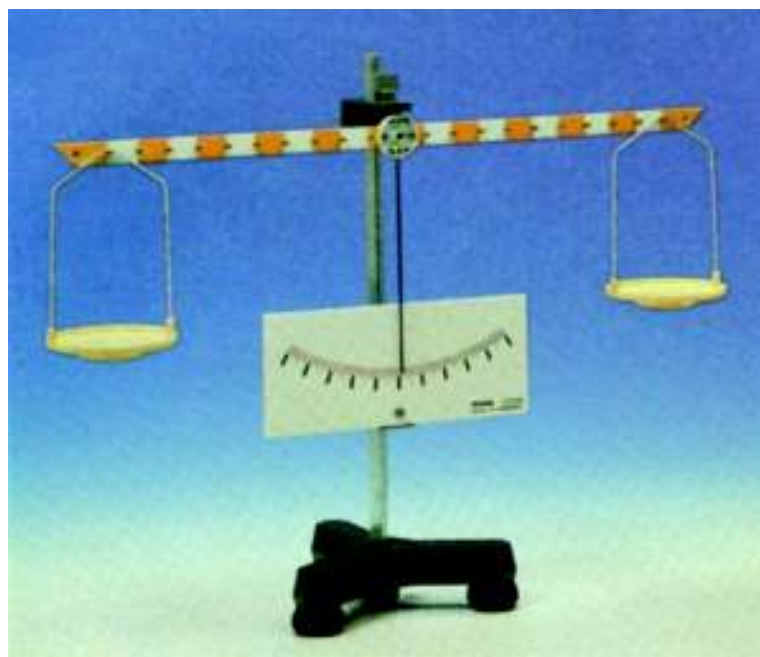
5.1 Γενικά

Τη μάζα σώματος (αντικειμένου) μετράμε με τη βοήθεια ζυγού. Κάθε ζυγός χαρακτηρίζεται από το ανώτατο όριο φόρτισής του (δηλαδή την αντοχή του) και την ευαισθησία του (δηλαδή τη μικρότερη μάζα με την οποία φορτιζόμενος ο ζυγός μπορεί να αντιδράσει και να παρουσιάσει ένδειξη).

Οι ζυγοί είναι γενικώς λεπτά και ευπαθή όργανα και γι' αυτό πρέπει να τους χρησιμοποιούμε με προσοχή. Να αποφεύγουμε την υπερφόρτωση ενός ζυγού γιατί υπάρχει κίνδυνος βλάβης. Ποτέ η μάζα που πρόκειται να ζυγίσουμε να μη ξεπερνά το ανώτατο όριο της κλίμακας του οργάνου. Υπάρχουν ποικίλοι τύποι ζυγών.

5.2 Ζυγοί με ίσους βραχίονες (ισοσκελείς)

Ο συναρμολογούμενος ζυγός με μοχλό αλουμινίου (Εικ. 5.2.1) έχει ευαισθησία 1g περίπου, δηλαδή ο ζυγός δεν αποκλίνει από τη θέση ισορροπίας του, όταν στο ένα δίσκο του τοποθετηθεί μάζα μικρότερη από 1g.



Εικόνα 5.2.1

Ζυγός με ίσους βραχίονες

Ένας ημιαναλυτικός ή φαρμακευτικός ζυγός μετρά μάζες μέχρι 500g και έχει ευαισθησία από 0,05g μέχρι 0,1g. (Εικ. 5.2.2).



Εικόνα 5.2.2

Ημιαναλυτικός ή φαρμακευτικός ζυγός

Ένας ζυγός εξέδρας (Roberval) μετρά μάζες μέχρι 5kg και έχει ευαισθησία 1g (Εικ. 5.2.3).



Εικόνα 5.2.3

Ζυγός εξέδρας



Εικόνα 5.2.4

Πριν πραγματοποιήσουμε μία ζύγιση ελέγχουμε τη θέση του μηδενός. Όταν ο ζυγός έχει κενούς δίσκους και η φάλαγγα είναι ακίνητη, ο δείκτης πρέπει να δείχνει το μηδέν της κλίμακας.

Για να μετρήσουμε τη μάζα σώματος τοποθετούμε στον αριστερό δίσκο του ζυγού το σώμα και στο δεξιό κατάλληλα σταθμά. Τα σταθμά είναι γνωστές, τυποποιημένες μάζες από σίδηρο με τιμές από 10kg έως 100g (Εικ. 5.2.4)

από ορείχαλκο με τιμές από 1kg έως 1g και από αλουμίνιο σε μικρά φύλλα με τιμές από 500mg έως 1mg (Εικ. 5.2.5).

Τοποθετούμε ή αφαιρούμε τα σταθμά (τα ορειχάλκινα και τα αλουμινένια με λαβίδα) αρχίζοντας από τη μεγαλύτερη μάζα σταθμών και προχωρώντας διαδοχικά προς τη μικρότερη. Όταν επιτύχουμε ισορροπία του ζυγού, αθροίζουμε τις μάζες των σταθμών.



Εικόνα 5.2.5

5.3 Ζυγοί με άνισους βραχίονες (με ή χωρίς βερνιέρο).

Οι ζυγοί του τύπου αυτού αποτελούνται από φάλαγγα με άνισους βραχίονες. Ο μικρός βραχίονας φέρει ένα δίσκο, στον οποίο τοποθετείται το αντικείμενο που θα ζυγιστεί. Ο μεγάλος βραχίονας αποτελείται από δύο ή τρία παράλληλα στελέχη (σκέλη). Άλλοι από τους ζυγούς της κατηγορίας αυτής έχουν βερνιέρο, ενώ άλλοι όχι. Επίσης άλλοι έχουν πρόσθετες μάζες (βαρίδια), ενώ άλλοι όχι (Εικ. 5.3.1).



Εικόνα 5.3.1

Ζυγοί με άνισους βραχίονες

Στην εικόνα 5.3.2 φαίνεται ο ζυγός με βερνιέρο που υπάρχει στα περισσότερα σχολικά εργαστήρια.

Ο μεγάλος βραχίονας αποτελείται από δύο παράλληλα στελέχη. Κάθε στέλεχος φέρει μία μάζα, η οποία μπορεί να μετακινηθεί κατά μήκος του. Ο ζυγός συνοδεύεται και από δύο πρόσθετες μάζες (μεταλλικούς κυλίνδρους).

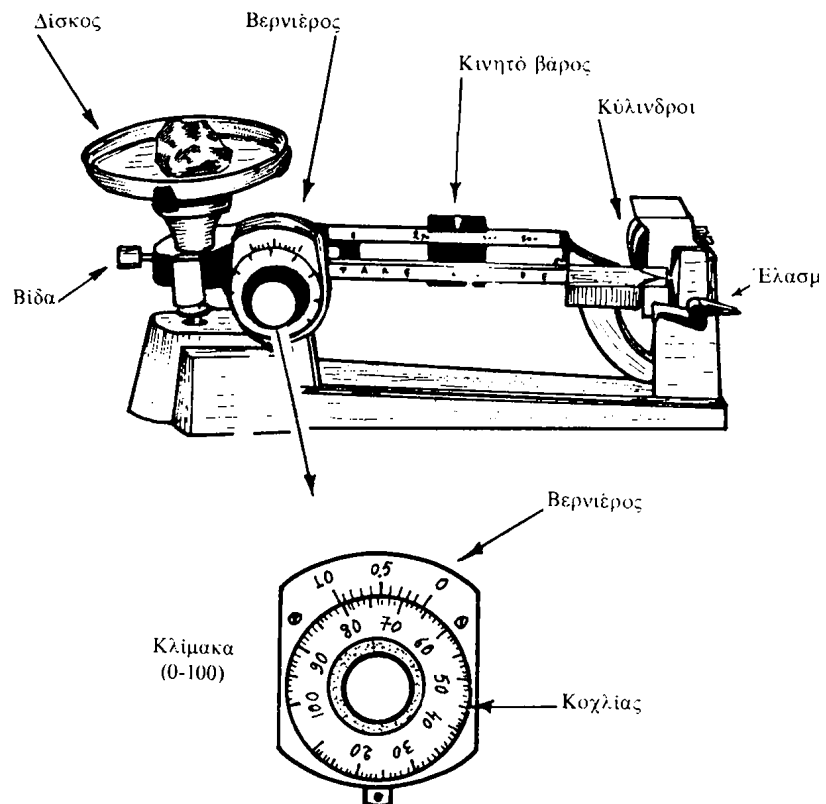
Για να μετρήσουμε τη μάζα αντικειμένου κάνουμε προηγουμένως ρύθμιση μηδενός. Για το σκοπό αυτό φέρνουμε



Εικόνα 5.3.2

την κινητή μάζα του μπροστινού στελέχους (απόβαρο) στην άκρη αριστερά και την κινητή μάζα του πίσω στελέχους (βαρίδι) στη θέση 0. Στρέφουμε το μαύρο κοχλία της κλίμακας 0-100, ώστε το μηδέν του να συμπίπτει με το μηδέν του δερνιέρου. Στρέφουμε έπειτα τη μικρή βίδα που υπάρχει κάτω από το δίσκο, δεξιά ή αριστερά, μέχρις ότου φέρουμε το δείκτη του μπροστινού στελέχους στη χαραγή “μηδέν”. Ο ζυγός είναι τώρα έτοιμος για ζύγιση.

Για να ζυγίσουμε σώμα με μάζα μέχρι 100g, τοποθετούμε το σώμα στο δίσκο και στρέφουμε τον κοχλία, μέχρις ότου ο δείκτης της φάλαγγας έρθει στη χαραγή “μηδέν”. Βρίσκουμε σε ποια χαραγή της κλίμακας του κοχλία αντιστοιχεί το μηδέν του δερνιέρου. Η χαραγή αυτή μας δείχνει το ακέραιο μέρος της τιμής της μάζας (στην εικόνα 5.3.3 η ένδειξη είναι 67).



Εικόνα 5.3.3

Προσδιορίζουμε έπειτα τη χαραγή (ένδειξη) του δερνιέρου που συμπίπτει με κάποια χαραγή της κλίμακας του κοχλία. Η χαραγή αυτή του δερνιέρου μας δίνει το δεκαδικό μέρος της τιμής της μάζας (στην εικόνα 5.3.3 συμπίπτει η τέταρτη χαραγή, άρα το δεκαδικό μέρος είναι 0,4). Το σώμα λοιπόν έχει μάζα 67,4g.

Για να ζυγίσουμε σώμα με μάζα από 100 έως 600g μετατοπίζουμε την κινητή μάζα του πίσω στελέχους της φάλαγγας στις θέσεις (εγκοπές) 100g, 200g, 300g κτλ., μέχρις

όπου ο δείκτης της φάλαγγας πέσει κάτω από τη χαραγή. Φέρνουμε τότε τη κινητή μάζα μία θέση πίσω. Η φάλαγγα ανασηκώνεται πάλι και την οριζοντιώνουμε (ώστε ο δείκτης της να έρθει στη χαραγή “μηδέν”) με τη βοήθεια του κοχλία. Η μάζα του σώματος βρίσκεται, αν προσθέσουμε την ένδειξη της θέσης της κινητής μάζας και αυτή της κλίμακας 0 έως 100 (λ.χ. $200 + 67,4 = 267,4\text{g}$).

Για μάζες από 600 έως 1.100 g πιέζουμε το ένα έλασμα, ώστε να πέσει στην υποδοχή ένας μαύρος κύλινδρος, ο οποίος έχει μάζα 500g, ή τον κρεμάμε σε κατάλληλη υποδοχή. Η εύρεση της μάζας του σώματος γίνεται με την προηγούμενη διαδικασία αφού προσθέσουμε το 500.

Για μάζες από 1.100 έως 1.600 g ρίχνουμε ή κρεμάμε και τους δύο κυλίνδρους. Η εύρεση της μάζας γίνεται όπως και προηγουμένως αλλά τώρα θα προσθέσουμε το 1.000.

Όταν τελειώσουμε τη ζύγιση, επαναφέρουμε τους κυλίνδρους στις θέσεις τους με περιστροφή της πεταλούδας που βρίσκεται κάτω από το δείκτη.

5.4 Ηλεκτρονικοί ζυγοί.

Οι ηλεκτρονικοί ζυγοί (Εικ. 5.4.1) είναι αυτόματοι ζυγοί ακριβείας. Έχουν διακόπτη λειτουργίας ON/OFF και λειτουργούν είτε με μπαταρία είτε με τροφοδότηση ρεύματος από πρίζα. Έχουν ένα δίσκο επάνω στον οποίο αφήνουμε το σώμα, του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε τη μάζα. Η μέτρηση της μάζας γίνεται μέσω του μικροεπεξεργαστή του οργάνου. Το αποτέλεσμα της μέτρησης εμφανίζεται σε οθόνη υγρών κρυστάλλων.

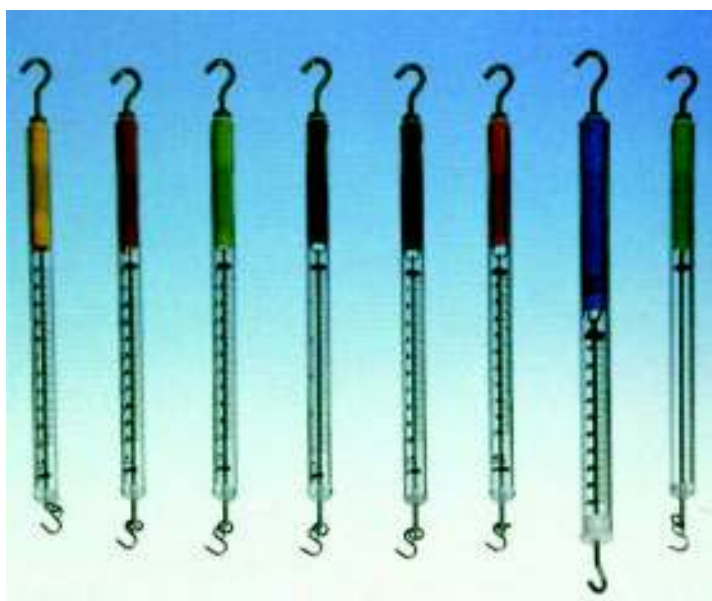


Εικόνα 5.4.1

6. ΜΕΤΡΗΣΗ ΔΥΝΑΜΗΣ

Τις δυνάμεις μετρούμε με τα δυναμόμετρα. Τα δυναμόμετρα είναι βαθμολογημένα σε νιούτον (N). Η λειτουργία τους βασίζεται στην ελαστική παραμόρφωση των σωμάτων.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι δυναμομέτρων με ποικίλες κλίμακες μέτρησης ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο προορίζονται. Τα συνηθισμένα δυναμόμετρα με σπειροειδές ελατήριο (κανταράκι) χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση σχετικά μικρών δυνάμεων. Τα δυναμόμετρα αυτά λειτουργούν είτε με τάση (Εικ. 6.1 α) είτε με συμπίεση (Εικ. 6.1 β).



Εικόνα 6.1 α



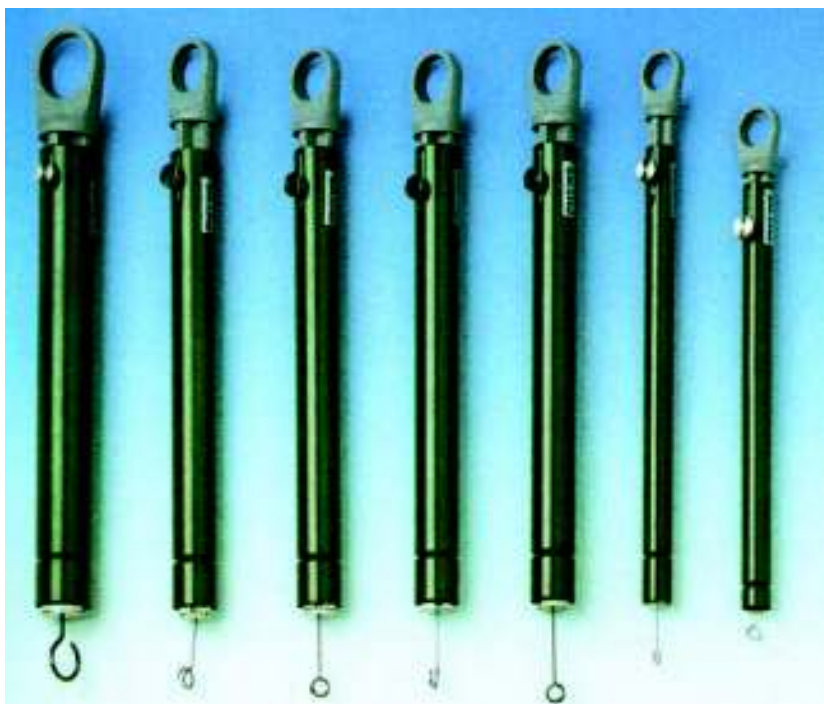
Εικόνα 6.1 β

Στην εικόνα 6.2 φαίνεται μια σειρά διαφανών δυναμομέτρων με κλίμακες λειτουργίας από 0 έως 1N, 2N, 5N και 10N.



Εικόνα 6.2

Στην εικόνα 6.3 φαίνεται μία άλλη σειρά δυναμομέτρων με κλίμακες από 0 έως 0,1N, 1N, 2,5N, 5N, 10N, 20N και 100N. Στο επάνω μέρος κάθε δυναμομέτρου διακρίνεται μία βίδα για τη ρύθμιση της θέσης του μηδενός.



Εικόνα 6.3

Όταν το δυναμόμετρο είναι αφόρτιστο πρέπει η ένδειξή του να είναι μηδέν. Σε αντίθετη περίπτωση χαλαρώνουμε τη βίδα, ρυθμίζουμε τη θέση του μηδενός και σφίγγουμε έπειτα τη βίδα.

Κατά τη χρήση του δυναμομέτρου θα πρέπει να μη μετρούμε δυνάμεις που ξεπερνούν το ανώτερο όριο της κλίμακας του (όριο αντοχής).

Θα πρέπει να σημειώσουμε εδώ, ότι, εκτός από τη μέτρηση μιας δύναμης με δυναμόμετρο, μπορούμε να υπολογίσουμε την τιμή της και έμμεσα από την επιτάχυνση που δίνει σε σώμα γνωστής μάζας με εφαρμογή του δεύτερου νόμου της κίνησης του Νεύτωνα ($F=ma$). Η μέτρηση της επιτάχυνσης ανάγεται στη μέτρηση απόστασης και χρόνου.

7. ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ

7.1 Γενικά.

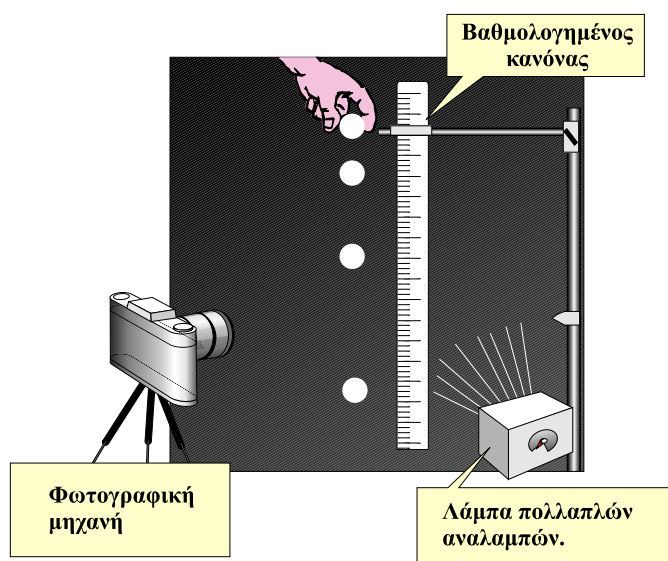
Για να μελετήσουμε τις κινήσεις σωμάτων χρειαζόμαστε όργανα για άμεσες μετρήσεις των διανυόμενων αποστάσεων και των αντίστοιχων χρόνων. Αλλά στις γρήγορες κινήσεις, όπως π.χ. στην ελεύθερη πτώση ή στην ταλάντωση σώματος, δεν προφταίνουμε να σημειώσουμε τις θέσεις και τις αντίστοιχες χρονικές στιγμές. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούμε ειδικές πειραματικές τεχνικές και μεθόδους.

7.2 Χρονοφωτογραφία (πολλαπλή φωτογράφιση)

Το πείραμα πραγματοποιείται σε σκοτεινή αίθουσα.

Το διάφραγμα μιας φωτογραφικής μηχανής διατηρείται ανοικτό (θέση B). Ένα στροβοσκόπιο παράγει αναλαμπές (φλας) με ορισμένη γνωστή συχνότητα π.χ. 50 αναλαμπές ανά δευτερόλεπτο, οι οποίες φωτίζουν στιγμιαία το σώμα που κινείται. Στην περίπτωση αυτή το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών αναλαμπών

είναι $\frac{1}{50}$ του δευτερολέπτου ή 0,02s. Σε κάθε αναλαμπή καταγράφεται επάνω στο φιλμ της φωτογραφικής μηχανής μια εικόνα του σώματος. Επομένως το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών εικόνων (θέσεων) του σώματος στη φωτογραφία

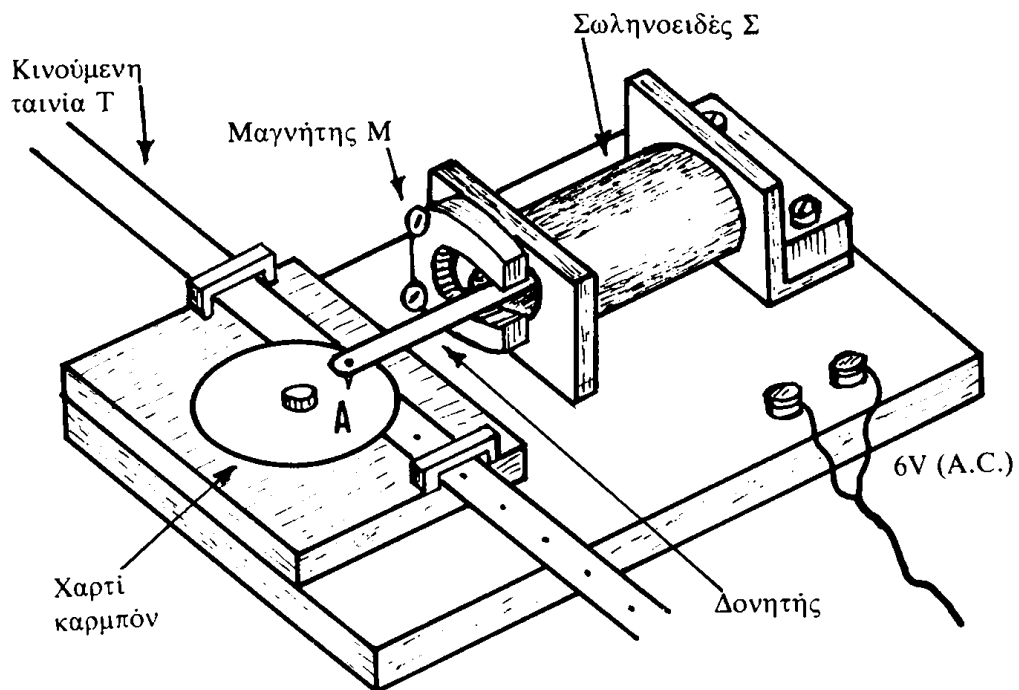


είναι ίσο με 0,02s. Επάνω λοιπόν στη φωτογραφία που θα πάρουμε μπορούμε να προσδιορίσουμε θέσεις και χρονικές στιγμές.

7.3 Ηλεκτρικός χρονομετρητής.

Ο ηλεκτρικός χρονομετρητής με χαρτοταινία (ticker-timer) ή τηλεγραφικός χρονομετρητής είναι μία αξιοσημείωτη συσκευή, χρήσιμη για σειρά πειραμάτων Κινητικής και Δυναμικής.

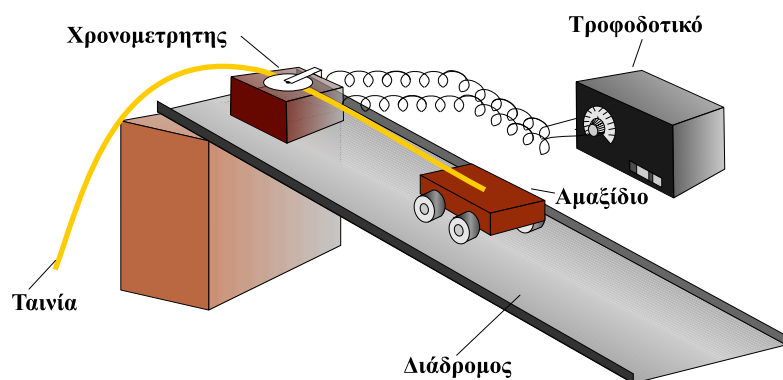
1. Ένας τύπος ηλεκτρικού χρονομετρητή, ο οποίος λειτουργεί τροφοδοτούμενος με χαμηλή εναλλασσόμενη τάση (6V A.C.) φαίνεται στην εικόνα 7.3.1



Εικόνα 7.3.1

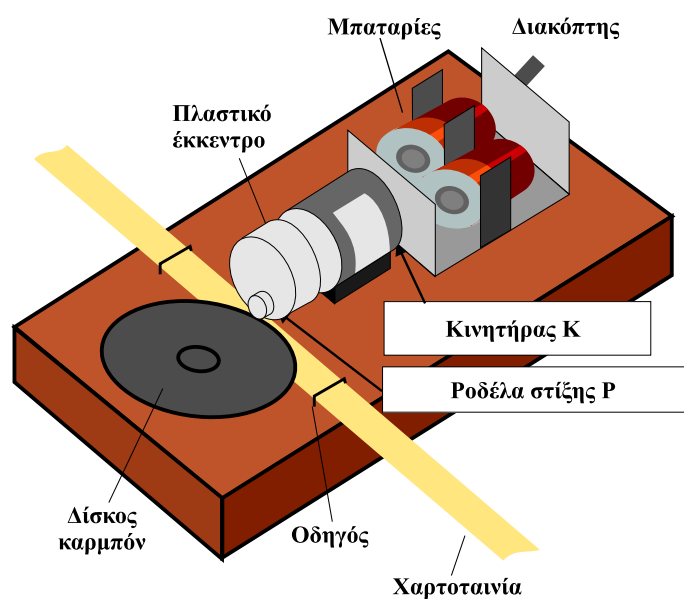
Ο χρονομετρητής αυτός αποτελείται από ένα σωληνοειδές Σ σε σταθερή βάση, μέσα από το οποίο διέρχεται ένα εύκαμπτο έλασμα από μαλακό σίδηρο ϵ , στερεωμένο στο ένα άκρο του. Το έλασμα βρίσκεται μεταξύ των πόλων ισχυρού πεταλοειδούς μαγνήτη μ και στο ελεύθερο άκρο του φέρει ακίδα α . Όταν μία χαμηλή εναλλασσόμενη τάση συχνότητας 50Hz τροφοδοτεί το σωληνοειδές, τότε το σιδερένιο έλασμα πάλλεται με την ίδια συχνότητα και η ακίδα χτυπά ένα δίσκο “καρμπόν” Δ που βρίσκεται από κάτω της. Κάτω από το δίσκο “καρμπόν” δια μέσου των οδηγών σε σχήμα Π παρασύρεται η χαρτοταινία τ από το σώμα του οποίου

μελετούμε την κίνηση (π.χ. αμαξάκι). Έτσι επάνω στην κινούμενη χαρτοταινία καταγράφονται σημεία (στιγμές, κουκίδες) ανά ίσα χρονικά διαστήματα, (Εικ. 7.3.2)



Εικόνα 7.3.2

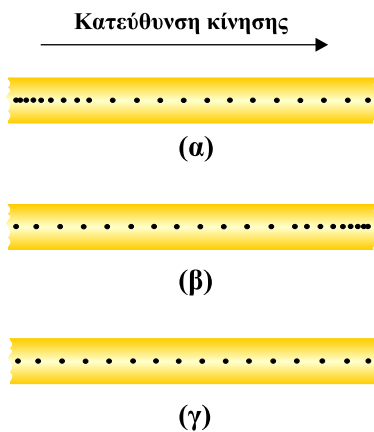
2. Ένας άλλος τύπος ηλεκτρικού χρονομετρητή (Εικ. 7.3.3) λειτουργεί με μία ή δύο μπαταρίες (1,5V, μεγέθους D). Ο χρονομετρητής αυτός συνίσταται από ένα ηλεκτρικό κινητήρα K, ο οποίος στο άκρο του άξονά του έχει στερεωμένο ένα πλαστικό δίσκο (έκκεντρο). Στη βάση του εκκέντρου κοντά στην περιφέρειά του είναι διδωμένη χαλαρά μία μεταλλική ροδέλα P (ροδέλα στίξης). Κάτω από το έκκεντρο, επάνω στην ξύλινη βάση της συσκευής, μεταξύ δύο οδηγών σε σχήμα Π υπάρχει μεταλλικό έλασμα. Επίσης στην ξύλινη βάση του χρονομετρητή δίπλα στο έλασμα είναι κολλημένος ένας δίσκος από φελλό.



Εικόνα 7.3.3

Για να χρησιμοποιήσουμε τον ηλεκτρικό χρονομετρητή σε κάποιο πείραμα:

- Τον στερεώνουμε στην άκρη του τραπεζιού πειραμάτων με τη βοήθεια σφιγκτήρα (τύπου G)
- Καρφιτσώνουμε στο δίσκο από φελλό ένα δίσκο “καρμπόν” (διαμέτρου 5cm) έτσι, ώστε να μπορεί να περιστρέφεται ελεύθερα. Φροντίζουμε, ώστε η μελανωμένη όψη του καρμπόν να είναι προς τα κάτω και να καλύπτει την περιοχή του ελάσματος που βρίσκεται κάτω από το πλαστικό έκκεντρο.
- Περνάμε τη χαρτοταινία (πλάτους 13mm) δια μέσου των δύο οδηγών κατά μήκος του ελάσματος και κάτω από τη μελανωμένη όψη του δίσκου “καρμπόν”. Διευκολυνόμαστε στην τοποθέτηση της χαρτοταινίας, αν σπρώξουμε λίγο

**Εικόνα 7.3.4**

Καταγραφή σε χαρτοταινία: α) επιταχυνόμενη κίνησης, β) επιβραδυνόμενη κίνησης, γ) ομαλής κίνησης.

τον κινητήρα προς τα πίσω στη θήκη του (εφ' όσον εμποδίζει) και τον επαναφέρουμε έπειτα σε θέση τέτοια, ώστε η ροδέλα στίξης να εφάπτεται στη χαρτοταινία.

- Συνδέουμε (κολλάμε) την μία άκρη της χαρτοταινίας με το σώμα (λ.χ. αμαξάκι), του οποίου θα μελετήσουμε την κίνηση.

- Συγχρόνως με την εκκίνηση του σώματος, θέτουμε σε λειτουργία το χρονομετρητή στρέφοντας το διακόπτη του, ώστε να έρθει σε επαφή με τη μεταλλική θήκη και να κλείσει το κύκλωμα.

- Καθώς το έκκεντρο περιστρέφεται και η χαρτοταινία σύρεται από το κινούμενο σώμα, η ροδέλα στίξης χτυπά το δίσκο “καρμπόν” και καταγράφει επάνω στην ταινία μία σειρά από στιγμές (τελείες, κουκίδες). Ρυθμίζουμε την καθαρότητα των κουκίδων με περιστροφή της δίδας που είναι κοχλιωμένη στην κάτω πλευρά της ξύλινης βάσης, οπότε το έλασμα ανυψώνεται ή χαμηλώνει κατάλληλα.

- Στο τέλος του πειράματος σταματάμε τη λειτουργία του χρονομετρητή και αφαιρούμε την ταινία.

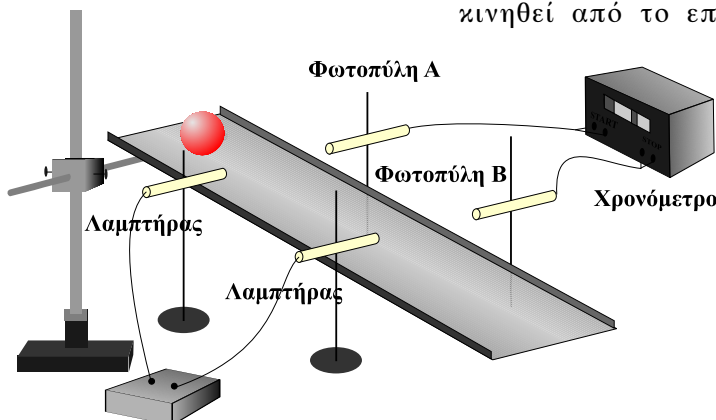
Επειδή η συχνότητα περιστροφής του κινητήρα είναι σταθερή, οι κουκίδες καταγράφονται σε ίσα χρονικά διαστήματα. Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών κουκίδων μπορούμε να το λάβουμε ως μονάδα χρόνου και το ονομάζουμε ένα “τικ” (χτύπο). Αν οι μπαταρίες είναι καινούριες, τότε η συχνότητα περιστροφής του κινητήρα είναι (σχεδόν) 50Hz, οπότε το χρο-

νικό διάστημα μεταξύ δύο κουκίδων είναι $\frac{1}{50}$ s ή 0,02s. Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κουκίδων ονομάζεται στιγμοδιάστημα.

Επάνω λοιπόν στη χαρτοταινία μπορούμε να προσδιορίσουμε θέσεις και χρονικές στιγμές.

7.4 Ηλεκτρονικό χρονόμετρο σε συνδυασμό με φωτοπύλες

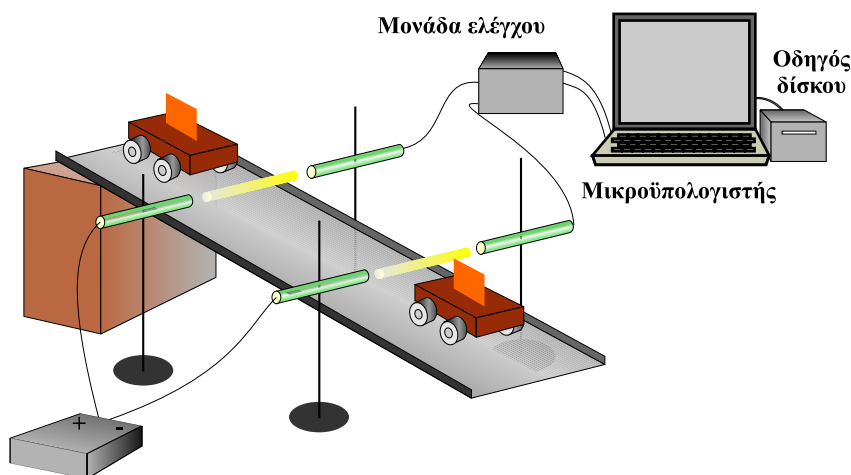
Στη διάταξη της εικόνας 7.4.1 η σφαίρα αφήνεται να κινηθεί από το επάνω άκρο του κεκλιμένου επιπέδου.

**Εικόνα 7.4.1**

Η σφαίρα τη στιγμή που περνά εμπρός από το φωτοπύλη Α θέτει σε λειτουργία το ηλεκτρονικό χρονόμετρο. Στη συνέχεια, τη στιγμή που περνά εμπρός από τη φωτοπύλη Β σταματά τη λειτουργία του χρονομέτρου. Το χρονόμετρο λοιπόν δείχνει (μετρά) το χρόνο κίνησης από τη θέση Α στη θέση Β. Η απόσταση ΑΒ μπορεί να μετρηθεί με βαθμολογημένο χάρακα, μετροταινία κτλ.

7.5 Μικροϋπολογιστής σε συνδυασμό με φωτοπύλες

Στη διάταξη της εικόνας 7.5.1 ο μικροϋπολογιστής μπορεί να μετρήσει το χρονικό διάστημα που χρειάζεται για να διανύσει το αμαξίδιο την απόσταση μεταξύ των δύο φωτοπυλών. Ο υπολογιστής είναι δυνατόν επίσης να προγραμματιστεί, ώστε να υπολογίσει και να εμφανίσει την τιμή της επιτάχυνσης στην οθόνη.

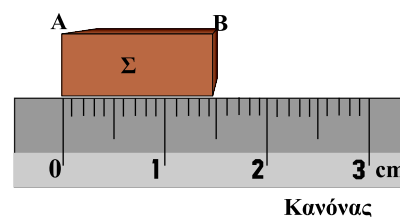


Εικόνα 7.5.1

8. ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ (ΣΦΑΛΜΑ) ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Καμία μέτρηση φυσικού μεγέθους δεν είναι απόλυτα ακριβής. Το αριθμητικό αποτέλεσμα κάθε μέτρησης είναι πάντοτε μια προσέγγιση. Η διαφορά (απόκλιση) του αριθμητικού αποτελέσματος μιας μέτρησης από την πραγματική τιμή που έχει το μέγεθος ονομάζεται **αβεβαιότητα** (ή **σφάλμα**) της μέτρησης.

Για να γίνουν ευκολότερα κατανοητά τα παραπάνω, ας θεωρήσουμε το σώμα Σ, του οποίου θέλουμε να δρούμε το μήκος (Εικ. 8.1).



Εικόνα 8.1

Για το σκοπό αυτό τη μία άκρη Α του σώματος τη φέρνουμε σε επαφή με τη χαραγή μηδέν (0) του κανόνα και επιζητούμε να εκτιμήσουμε τη θέση κατά μήκος του κανόνα της άλλης άκρης Β. Η τεχνική της μέτρησης ενός μήκους καταλήγει πάντοτε στην εύρεση της θέσης μιας χαραγής κατά μήκος μιας υποδιαλεγμένης κλίμακας. Είναι φανερό ότι για να είναι η μέτρηση ακριβής πρέπει α) η μία άκρη Α να έρθει σε τέλεια σύμπτωση με το μηδέν της κλίμακας και β) η θέση της άκρης Β κατά μήκος του κανόνα να δρεθεί με τέλεια ακρίβεια. Είναι προφανές ότι και τα δύο δεν επιτυγχάνονται ακριβώς, άρα εισάγεται σφάλμα στη μέτρηση του μήκους του σώματος.

Το μήκος του σώματος βρίσκεται ίσο με 14,5mm χωρίς όμως να είμαστε βέβαιοι γι' αυτό. Εκείνο για το οποίο είμαστε βέβαιοι είναι ότι η ακριβής θέση της άκρης Β βρίσκεται μεταξύ 14 και 15mm. Αλλά δεν γνωρίζουμε, αν είναι 14,1 ή 14,2 ή 14,3 κτλ. Γι' αυτό είναι πιο σωστό να γράφουμε ως αποτέλεσμα το: $(14,5 \pm 0,5)\text{mm}$.

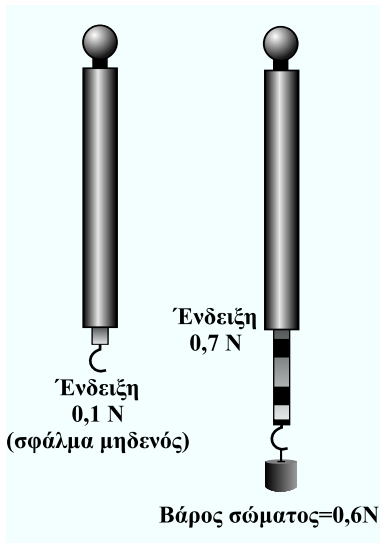
Τα σφάλματα (αβεβαιότητες) μπορεί να οφείλονται είτε στη χρησιμοποιούμενη μέθοδο, είτε στην ατέλεια των οργάνων, είτε στην αδεξιότητα του παρατηρητή.

Τα σφάλματα διακρίνονται σε συστηματικά και τυχαία.

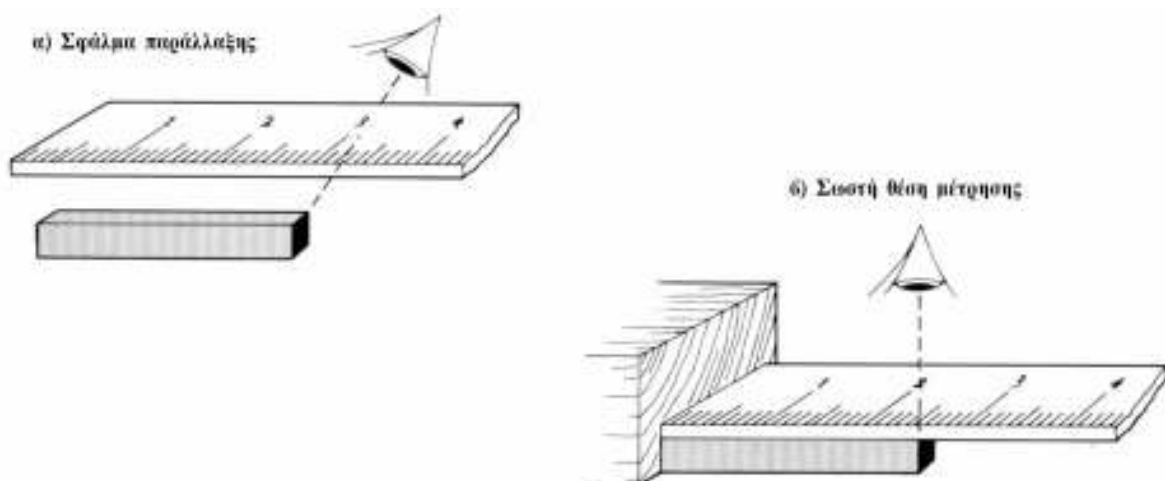
Τα **συστηματικά σφάλματα** οφείλονται σε μόνιμη αιτία και επηρεάζουν το αποτέλεσμα της μέτρησης πάντοτε κατά τον ίδιο τρόπο. Συνήθως οφείλονται σε ατέλειες ή βλάβες των οργάνων μέτρησης. Έτσι, ένα όχι σωστά βαθμολογημένο θερμόμετρο, ανακριδή σταθμά, ή ένας ζυγός που ο δείκτης του δεν δείχνει το “μηδέν” της κλίμακας όταν οι δίσκοι του είναι κενοί, προκαλούν συστηματικά σφάλματα. Επίσης, αν ένα δυναμόμετρο χωρίς φόρτιση (χωρίς εξάσκηση δύναμης) δεν δείχνει το “μηδέν” της κλίμακας του, τότε όλες οι μετρήσεις που γίνονται με αυτό θα περιέχουν συστηματικό “σφάλμα μηδενός”. Θα πρέπει να επιδιώκουμε τον προσδιορισμό του σφάλματος μηδενός όπου είναι δυνατόν και να προβαίνουμε σε διόρθωση της τιμής του μετρούμενου μεγέθους (Εικ. 8.2)

Τα **τυχαία σφάλματα** προέρχονται από όχι μόνιμη αιτία και επηρεάζουν το αποτέλεσμα ακανόνιστα (τυχαία). Αυτά οφείλονται είτε στην περιορισμένη ακρίβεια των οργάνων μέτρησης είτε στην αστάθεια των εξωτερικών συνθηκών που μπορούν να επηρεάσουν το πείραμα (όπως π.χ. η απότομη μεταβολή της θερμοκρασίας στην διάρκεια του πειράματος) είτε στον παρατηρητή.

Τυχαίο σφάλμα είναι π.χ. το **σφάλμα παράλλαξης** (Εικ. 8.3α). Στην εικόνα 8.3β φαίνεται η σωστή θέση παρατήρησης.



Εικόνα 8.2



Εικόνα 8.3

Στα τυχαία σφάλματα περιλαμβάνονται και τα **ακούσια λάθη παρατήρησης και γραφής**. Έτσι, ενώ μετράμε μήκος ίσο με 12mm, γράφουμε 12cm ή ενώ διαβάζουμε 35,2g γράφουμε 3,52g κτλ. Τα λάθη αυτά μπορούν να εξαλειφθούν, αν είμαστε προσεκτικοί.

Σε μια εργαστηριακή άσκηση μπορούμε να περιορίσουμε τα τυχαία σφάλματα στη μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους, αν το μετρήσουμε πολλές φορές και κατόπιν υπολογίσουμε τη μέση τιμή του (το μέσο όρο των τιμών του). Η μέση τιμή υπολογίζεται με την πρόσθεση όλων των τιμών των μετρήσεων και τη διαίρεση του αθροίσματος δια του αριθμού των μετρήσεων.

Για παράδειγμα, μετράμε 4 φορές το χρόνο που χρειάζεται ένα αμαξάκι για να διατρέξει μήκος 1m επάνω σε κεκλιμένο επίπεδο. Οι τιμές των διαδοχικών μετρήσεων του χρόνου είναι $t_1=1,4s$, $t_2=1,5s$, $t_3=1,6s$, $t_4=1,5s$.

Η μέτρηση του χρόνου κίνησης του αμαξιού είναι

$$t_{\mu} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4} = \frac{1,4 + 1,5 + 1,6 + 1,5}{4} s$$

$$t_{\mu} = 1,5s.$$

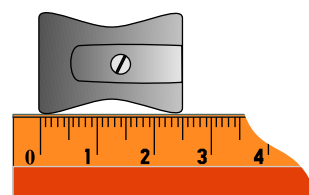
Η μέση τιμή που υπολογίζουμε με τον τρόπο αυτό δεν είναι η πραγματική (η ακριβής) τιμή του μετρούμενου μεγέθους. Είναι όμως μία πολύ καλή προσέγγισή της. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των μετρήσεων τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να βρίσκεται η μέση τιμή πλησιέστερα στην πραγματική τιμή.

9. ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΨΗΦΙΑ - ΣΤΡΟΓΓΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

9.1 Μετρήσεις και σημαντικά ψηφία

Η ακρίβεια κάθε μέτρησης περιορίζεται από την ακρίβεια του οργάνου μέτρησης, που δεν είναι ποτέ απόλυτα ακριβές (αξιόπιστο).

Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι μετράμε με βαθμολογημένο χάρακα το μήκος μιας μεταλλικής ξύστρας μολυβιών (Εικ. 9.1.1).



Εικόνα 9.1.1

Ο χάρακας έχει υποδιαίρεσεις ανά $\frac{1}{10}$ του εκατοστομέτρου (δηλαδή ανά ένα χιλιοστόμετρο). Με το χάρακα αυτό δεν μπορούμε να παρατηρήσουμε αποστάσεις μικρότερες από ένα χιλιοστόμετρο. Η ακρίβεια που μας δίνει είναι 0,1cm. Βρίσκουμε έτσι, ότι η ξύστρα έχει μήκος 2,6cm.

Με ένα διαστημόμετρο (παράγραφος 3.3) μπορούμε να μετρήσουμε το μήκος ενός μικρού αντικειμένου με ακρίβεια 0,01cm. Χρησιμοποιώντας λοιπόν διαστημόμετρο βρίσκουμε

ότι το μήκος της ξύστρας είναι 2,58cm.

Λέμε ότι η τιμή 2,6 έχει δύο σημαντικά ψηφία (2 και 6) ενώ η τιμή 2,58 έχει τρία σημαντικά ψηφία (2,5 και 8). Τα ψηφία του αριθμητικού αποτελέσματος μιας μέτρησης, για τα οποία είμαστε απόλυτα βέβαιοι (ότι είναι σωστά) ονομάζονται **σημαντικά ψηφία**.

Επίσης με έναν ημιαναλυτικό ζυγό που ζυγίζει με ακρίβεια $\frac{1}{10}$ του γραμμαρίου βρίσκουμε ότι η μάζα ενός αντικειμένου (π.χ. της ξύστρας) είναι 8,6g. Η τιμή αυτή έχει δύο σημαντικά ψηφία. Αν η ίδια μάζα υπολογιστεί με άλλο πιο ακριβή ζυγό που ζυγίζει με ακρίβεια $\frac{1}{100}$ του γραμμαρίου βρίσκουμε ως τιμή 8,63g. Τώρα η τιμή της μάζας της ξύστρας έχει τρία σημαντικά ψηφία (το 8, το 6 και το 0). Το τελευταίο ψηφίο είναι αρκετά σωστό και εγγυάται ότι τα δύο προηγούμενα ψηφία είναι σίγουρα σωστά.

9.2 Στρογγυλοποίηση αριθμητικού αποτελέσματος

Σε ένα αριθμητικό αποτέλεσμα που προέκυψε από τη μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους δεν πρέπει να γράφουμε περισσότερα ψηφία από όσα μας παρέχει η ακρίβεια του οργάνου (ή της μεθόδου). Πρέπει να αναγράφουμε μόνο εκείνα για τα οποία είμαστε βέβαιοι ότι είναι σωστά, δηλαδή τα σημαντικά ψηφία. Είναι προφανές ότι η αναγραφή πρόσθετων ψηφίων πέρα από τα σημαντικά δεν έχει καμία σημασία. Τα επιπλέον ψηφία όχι μόνο συνιστούν απώλεια χρόνου αλλά μπορούν να οδηγήσουν και σε παραπλάνηση εκείνους που τα χρησιμοποιούν και τα εμπιστεύονται.

Αυτό πρέπει να το έχουμε ιδιαίτερα υπόψη μας, όταν εκτελούμε αριθμητικές πράξεις με την αριθμομηχανή (υπολογιστή τσέπης ή κομπιουτεράκι). Στην οθόνη εμφανίζονται τότε 8 ή περισσότερα ψηφία, από τα οποία τα τελευταία δεξιά είναι χωρίς αξία. Είναι ανάγκη τέτοια αριθμητικά αποτελέσματα να τα στρογγυλοποιούμε στο πλησιέστερο δεκαδικό ψηφίο, ώστε όλα τα ψηφία να είναι σημαντικά στην απάντησή μας.

Ένας αριθμός στρογγυλοποιείται στον επιθυμητό αριθμό σημαντικών ψηφίων, αν παραλείψουμε ένα ή περισσότερα ψηφία από τα δεξιά.

Όταν το πρώτο (από τα δεξιά) ψηφίο που παραλείπεται είναι μεγαλύτερο του 5, τότε στο τελευταίο ψηφίο που απομένει προσθέτουμε τη μονάδα:

π.χ. ο αριθμός 3,1416 γίνεται 3,142. Όταν το πρώτο ψηφίο που παραλείπεται είναι μικρότερο του 5, τότε το τελευταίο ψηφίο παραμένει αμετάβλητο.

π.χ. ο αριθμός 3,142 γίνεται διαδοχικά 3,14, 3,1 και 3. Όταν το ψηφίο που παραλείπεται είναι ακριδώς 5, τότε προσθέτουμε τη μονάδα αν το τελευταίο ψηφίο είναι περιττό αλλιώς παραλείπεται.

π.χ. το μήκος 23,75cm γίνεται 23,8cm

το μήκος 23,65cm γίνεται 23,6cm

το μήκος 23,85cm γίνεται 23,8cm

Όταν πραγματοποιούμε προσθέσεις (ή αφαιρέσεις) πρέπει μετά την εκτέλεση της πράξης να στρογγυλοποιούμε το αποτέλεσμα. Κατά την πρόσθεση (ή την αφαίρεση) πρέπει το άθροισμα (ή η διαφορά) να διατηρήσει τόσα δεκαδικά ψηφία όσα ο αριθμός με τα λιγότερα δεκαδικά ψηφία.

Για παράδειγμα:

$$\begin{array}{r} 4,1 \\ 1,63 \\ 0,014 \\ \hline 5,744 \end{array}$$

Το αριθμητικό αυτό αποτέλεσμα στρογγυλοποιείται στον αριθμό 5,7 δηλαδή με ένα μόνο δεκαδικό ψηφίο.

Όταν πραγματοποιούμε πολλαπλασιασμούς ή διαιρέσεις, το αποτέλεσμα πρέπει να στρογγυλοποιείται έτσι, ώστε να περιέχει μόνο όσα σημαντικά ψηφία έχει ο λιγότερο ακριδής αριθμός.

π.χ. στον πολλαπλασιασμό 8,37 cm x 2,3 cm, το αποτέλεσμα πρέπει να δοθεί με δύο σημαντικά ψηφία.

Είναι $8,37\text{cm} \cdot 2,3\text{cm} = 19,251\text{cm}^2$ και μετά τη στρογγυλοποίηση το εξαγόμενο γράφεται 19cm^2 .

Σημείωση:

Υπάρχουν αριθμομηχανές που εκτός από τις αριθμητικές πράξεις πραγματοποιούν και στρογγυλοποιήσεις των αποτελεσμάτων.

10. ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

10.1 Πως κατασκευάζουμε μια γραφική παράσταση

Κατά τη μελέτη ενός φαινομένου στο εργαστήριο καταγράφουμε τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων και των μετρήσεών μας σε πίνακες. Οι πίνακες αυτοί μας δίνουν μία σειρά από πληροφορίες για την εξέλιξη του φαινομένου.

Μπορούμε να έχουμε μία απλή και παραστατική εικόνα της σχέσης (αλληλοεξάρτησης) δύο φυσικών μεγεθών, αν με βάση τον πίνακα τιμών κατασκευάσουμε την αντίστοιχη γραφική παράσταση. Για να κατασκευάσουμε τη γραφική παράσταση της σχέσης δύο φυσικών μεγεθών - μεταβλητών, εργαζόμαστε ως εξής:

Χαράσσουμε σε χαρτί, συνήθως χιλιοστομετρικό (μιλίμετρé) δύο ημιευθείες κάθετες μεταξύ τους (τους άξονες συντεταγμένων). Στον οριζόντιο άξονα (άξονα των τετμημένων) τοποθετούμε την ανεξάρτητη μεταβλητή γράφοντας το όνομα (ή το σύμβολο) του φυσικού μεγέθους μαζί με την μονάδα στην οποία μετρήθηκε. Στον κατακόρυφο άξονα τοποθετούμε την εξαρτημένη μεταβλητή.

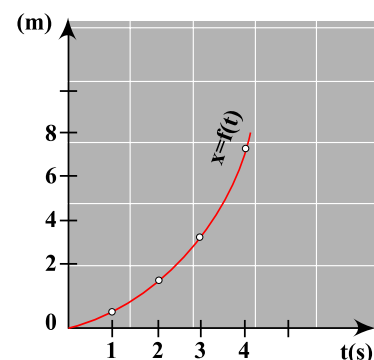
Βαθμονομούμε κατόπιν τους δύο άξονες. Θεωρούμε ως σημείο μηδέν για τον κάθε άξονα το σημείο τομής τους (αρχή των συντεταγμένων). Χωρίζουμε τον οριζόντιο άξονα σε ίσα διαστήματα έτσι, ώστε το καθένα να αντιπροσωπεύει τη μονάδα ή ίσο αριθμό μονάδων της ανεξάρτητης μεταβλητής. Σε κάθε υποδιαίρεση του άξονα σημειώνουμε την αντίστοιχη τιμή (αριθμό μονάδων μέτρησης) της ανεξάρτητης μεταβλητής. Έτσι επάνω στον οριζόντιο άξονα σχηματίζεται μία βαθμονομημένη κλίμακα. Όμοια εργαζόμαστε για να βαθμονομήσουμε τον κατακόρυφο άξονα.

Μετά τη βαθμονόμηση σημειώνουμε στο επίπεδο των αξόνων τα πειραματικά σημεία κατά το γνωστό από τα Μαθηματικά τρόπο. Σε κάθε ζεύγος τιμών του πίνακα μετρήσεων αντιστοιχεί ένα πειραματικό σημείο. Δια μέσου των σημειωμένων πειραματικών σημείων χαράσσουμε την καλύτερη γραμμή, δηλαδή την ομαλή γραμμή που προσεγγίζει περισσότερο τα σημεία ή διέρχεται από αυτά.

ΠΙΝΑΚΑΣ

χρόνος t (s)	Απόσταση x (m)
0	0
1	0,5
2	2,0
3	4,5
4	8,0

Η γραφική παράσταση της απόστασης x συναρτήσει του χρόνου t σε μία ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση



Σημείωση 1^η:

Επάνω σε κάθε άξονα σημειώνουμε τις τιμές της κλίμακας όχι όμως και τις τιμές των πειραματικών μετρήσεων.

Σημείωση 2^η:

Η εκλογή των κλιμάκων για τους δύο άξονες πρέπει να είναι τέτοια, ώστε τα πειραματικά σημεία να καλύπτουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος από το χαρτί σχεδίασης.

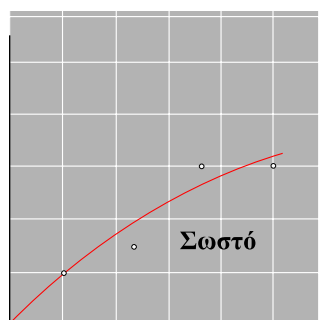
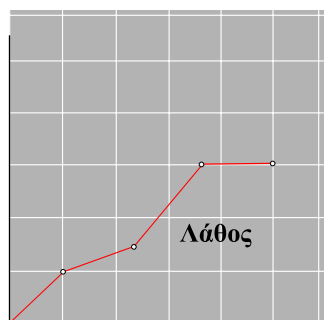
Σημείωση 3^η:

Η κάθε υποδιαίρεση της κλίμακας στους άξονες πρέπει να είναι ίση ή ακέραιο πολλαπλάσιο των αριθμών 1,2,5,10.

Αυτή η επιλογή μας διευκολύνει να προσδιορίζουμε τα σημεία που αντιστοιχούν σε τιμές ενδιαμέσες από αυτές που έχουν σημειωθεί.

Σημείωση 4^η:

Συνδέουμε τα πειραματικά σημεία με ομαλή γραμμή και όχι τεθλασμένη. Όταν δεν μπορούμε να φέρουμε ομαλή γραμμή που να διέρχεται από τα σημεία, τότε χαράσσουμε την ομαλή γραμμή που τα προσεγγίζει και τα κατανέμει ισόροπα από τη μια και την άλλη πλευρά.



10.2 Γραφικές παραστάσεις μερικών απλών συναρτήσεων

Γραφική παράσταση ευθέως αναλόγων ποσοτήτων

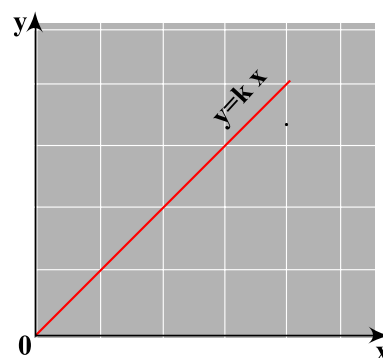
Στον ΠΙΝΑΚΑ φαίνεται ότι, όταν η μεταβλητή x (ανεξάρτητη μεταβλητή) διπλασιάζεται, τότε και η μεταβλητή y (εξαρτημένη μεταβλητή) διπλασιάζεται, όταν η x τριπλασιάζεται, τότε και η y τριπλασιάζεται κ.ο.κ. Λέμε ότι η y είναι ευθέως ανάλογη της x ή συμβολικά $y \propto x$.

Ισχύει $\frac{y}{x} = k$ όπου k είναι η σταθερά αναλογίας ή $y = kx$

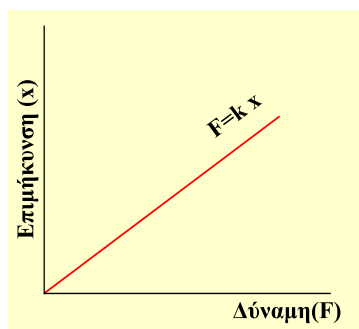
Για μία εξίσωση, όπως η $y = kx$, η γραφική παράσταση είναι ευθεία η οποία διέρχεται από την αρχή των αξόνων.

ΠΙΝΑΚΑΣ

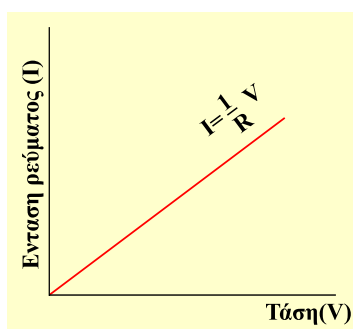
x	y
1	3
2	6
3	8
4	10



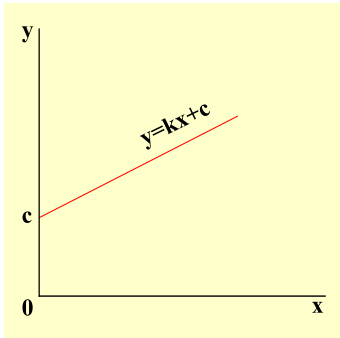
Παραδείγματα



Γραφική παράσταση της σχέσης μεταξύ δύναμης και επιμήκυνσης ελατηρίου
(Νόμος του Hooke)



Γραφική παράσταση της σχέσης μεταξύ τάσης και έντασης ηλεκτρικού ρεύματος
(Νόμος του Ohm).



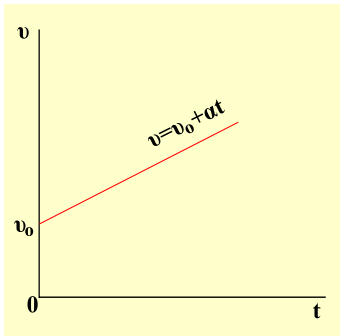
Γραφική παράσταση ποσοτήτων που μεταβάλλονται γραμμικά αλλά όχι ευθέως ανάλογα

Η σχέση μεταξύ των μεταβλητών x και y είναι

$$y = kx + c$$

όπου k και c είναι σταθερές ποσότητες.

Για τη συνάρτηση αυτή η γραφική παράσταση είναι ευθεία, η οποία δεν διέρχεται από την αρχή των αξόνων. Η αρχή της ευθείας είναι το σημείο $(0, c)$



Παράδειγμα

Στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση με αρχική ταχύτητα v_0 ισχύει η εξίσωση

$$v = v_0 + at$$

όπου v η ταχύτητα του κινητού κατά τη χρονική στιγμή t , v_0 η αρχική του ταχύτητα και a η επιτάχυνσή του.

Η γραφική παράστασή της είναι ευθεία.

Η αρχή της ευθείας είναι το σημείο $(0, v_0)$.

Γραφική παράσταση αντιστρόφως αναλόγων ποσοτήτων

Στον ΠΙΝΑΚΑ φαίνεται ότι, όταν η μεταβλητή x διπλασιάζεται, τότε η y γίνεται η μισή, όταν η μεταβλητή x τριπλασιάζεται, τότε η y γίνεται το $1/3$ κ.ο.κ. Λέμε ότι η y είναι αντιστρόφως ανάλογη της x ή

συμβολικά $y \propto \frac{1}{x}$. Επειδή στις

αντιστρόφως ανάλογες ποσότητες το γινόμενο δύο αντίστοιχων τιμών είναι σταθερό, μπορούμε να γράψουμε.

$$xy = k$$

όπου k είναι μία σταθερά

$$\text{ή } y = k \frac{1}{x}$$

Η γραφική παράσταση της y συναρτήσει της x είναι μία καμπύλη. Αν όμως θεωρήσουμε ως ανεξάρτητη μεταβλητή την

ποσότητα $\frac{1}{x}$, τότε η γραφική παράσταση που θα προκύψει είναι ευθεία που διέρχεται από την αρχή των αξόνων.

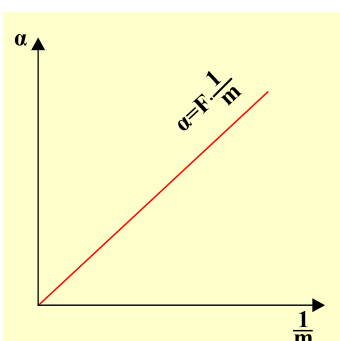
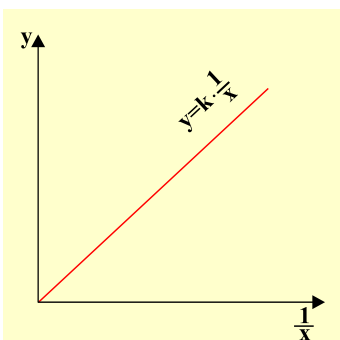
Παράδειγμα

Για σταθερή δύναμη F , η επιτάχυνση a που αποκτά ένα σώμα είναι αντιστρόφως ανάλογη της μάζας του.

$$a = F \frac{1}{m}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ

x	y
1	12
2	6
3	4
4	3



10.3 Η κλίση της γραμμής σε μία γραφική παράσταση

Κλίση γραμμικής συνάρτησης

Ας θεωρήσουμε τη γραφική παράσταση μιας γραμμικής συνάρτησης π.χ. της $y = ax$, η οποία είναι ευθεία.

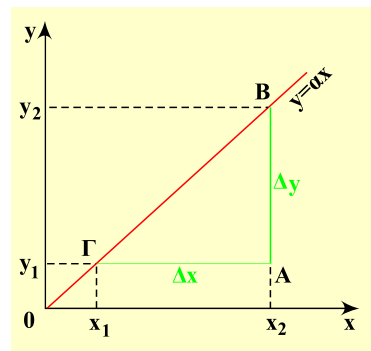
Για να βρούμε την κλίση της ευθείας, σχεδιάζουμε ένα μεγάλο ορθογώνιο τρίγωνο ABΓ, όπως φαίνεται στην εικόνα. Βρίσκουμε τις τιμές των δύο κάθετων πλευρών του στις αντίστοιχες μονάδες των αξόνων.

$$AB = \Delta y = y_2 - y_1$$

$$\text{και } \Gamma A = \Delta x = x_2 - x_1$$

Υπολογίζουμε έπειτα την κλίση της γραφικής παράστασης από το λόγο των δύο αυτών πλευρών του τριγώνου

$$\text{Κλίση} = \frac{AB}{\Gamma A} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

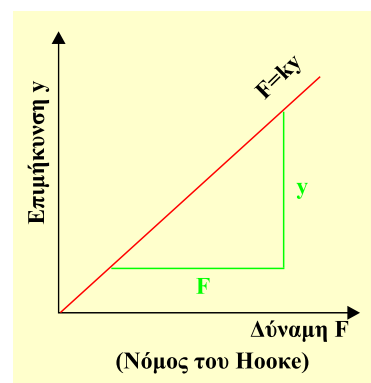


Φυσική σημασία της κλίσης σε γραφικές παραστάσεις

Η κλίση γραφικής παράστασης έχει σε πολλές περιπτώσεις κάποια φυσική σημασία: είναι ίση με την τιμή κάποιου φυσικού μεγέθους.

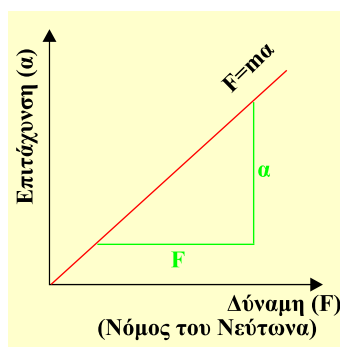
Η κλίση στη γραφική παράσταση της επιμήκυνσης συναρτήσει της δύναμης είναι ίση με το αντίστροφο της σταθεράς k του ελατηρίου

$$\frac{y}{F} = \frac{1}{k}$$



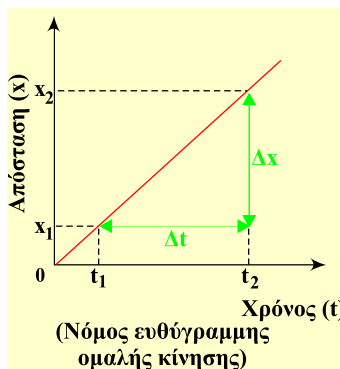
Η κλίση στη γραφική παράσταση της επιτάχυνσης συναρτήσει της δύναμης είναι ίση με το αντίστροφο της μάζας m του σώματος

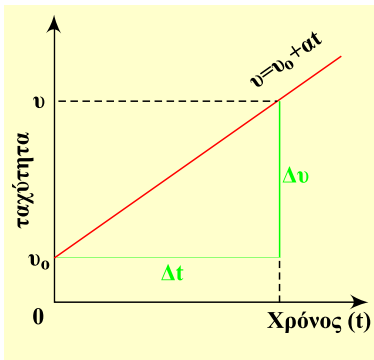
$$\frac{a}{F} = \frac{1}{m}$$



Η κλίση στη γραφική παράσταση της απόστασης συναρτήσει του χρόνου στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση είναι ίση αριθμητικά με την ταχύτητα του κινητού

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = v$$





Η κλίση στη γραφική παράσταση της ταχύτητας συναρτήσει του χρόνου στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση είναι ίση αριθμητικά με την επιτάχυνση του κινητού

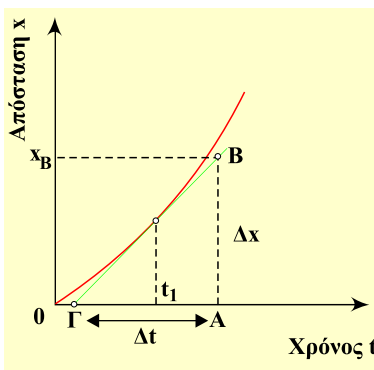
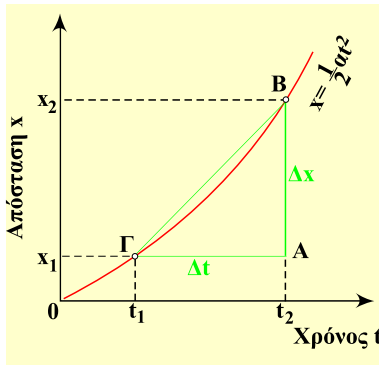
$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t} = a$$

Κλίση σε μη γραμμική συνάρτηση

Όταν η γραφική παράσταση είναι καμπύλη γραμμή μπορούμε να υπολογίσουμε την κλίση της για δύο σημεία της ή για ένα.

Η κλίση στη γραφική παράσταση της απόστασης συναρτήσει του χρόνου για δύο σημεία της καμπύλης είναι ίση με την αριθμητική τιμή της μέσης ταχύτητας v_{μ} του κινητού.

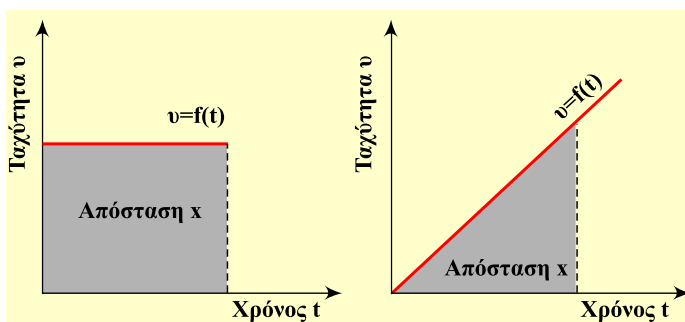
$$\frac{AB}{\Gamma A} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$



Η κλίση στη γραφική παράσταση της απόστασης συναρτήσει του χρόνου σε ένα σημείο (δηλαδή σε μια χρονική στιγμή t_1) δρίσκεται, αν φέρουμε την εφαπτομένη στο σημείο αυτό και σχηματίσουμε ένα ορθογώνιο τρίγωνο ΑΒΓ. Η κλίση της εφαπτομένης είναι ίση με την τιμή της στιγμιαίας ταχύτητας του κινητού.

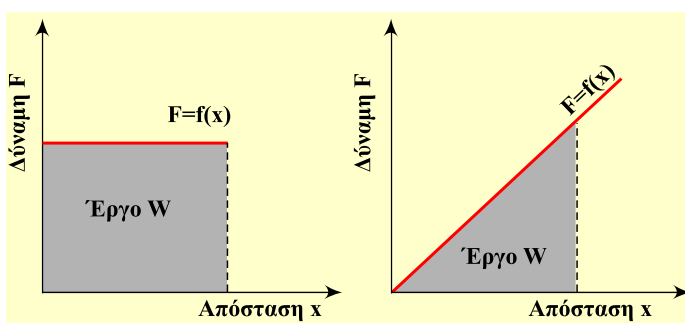
$$\frac{AB}{\Gamma A} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_B}{\Delta t} = v$$

10.4 Το εμβαδόν γραφικής παράστασης



Σε πολλές περιπτώσεις το εμβαδόν που ορίζεται από τη γραμμή της συνάρτησης $y=f(x)$, από τον άξονα των τετμημένων και τα όρια μεταβολής της τετμημένης έχει αξιοσημείωτη φυσική σημασία.

Σε κάθε διάγραμμα το εμβαδόν είναι ίσο αριθμητικά με την απόσταση x που διήνυσε το κινητό.



Σε κάθε διάγραμμα το εμβαδόν είναι ίσο αριθμητικά με το έργο W που παρήγαγε η δύναμη F .

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΗΚΟΥΣ, ΧΡΟΝΟΥ, ΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΗΣ

ΣΤΟΧΟΙ

Στόχοι αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι:

- Να εξασκηθείτε στη μέτρηση μηκών, χρησιμοποιώντας κατάλληλα όργανα (υποδεκάμετρο, διαστημόμετρο, μικρόμετρο).
- Να εξασκηθείτε στη μέτρηση χρονικών διαστημάτων.
- Να εξασκηθείτε στη μέτρηση μαζών.
- Να εξασκηθείτε στη μέτρηση δυνάμεων.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

A. Διαβάστε προσεκτικά όσα αναφέρονται στην Εισαγωγή του διβλίου αυτού για τα όργανα μέτρησης του μήκους, της μάζας, του χρόνου και της δύναμης.

B. Διαβάστε επίσης, όσα αναφέρονται στην Εισαγωγή για τα σφάλματα μέτρησης.

ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

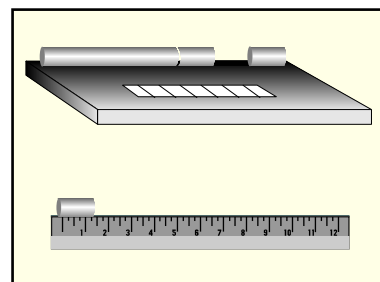
- Υποδεκάμετρο (βαθμολογημένος χάρακας).
- Διαστημόμετρο.
- Μικρόμετρο (παχύμετρο).
- Σειρά μετάλλων (κύβοι και κύλινδροι).
- Σύρμα.
- Χρονόμετρο.
- Μετρονόμος (ένας για όλες τις ομάδες μαθητών).
- Ηλεκτρικός χρονομετρητής με τα συνοδευτικά του (δίσκος καρμπόν, χαρτοταινία).
- Σφικτήρας.
- Ζυγός ημιαναλυτικός (φαρμακευτικός) και σταθμά.
- Ζυγός με δερνιέρο.
- Δυναμόμετρο.
- Βαράκια μάζας 50g.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Πείραμα 1ο: Μέτρηση μήκους

1. Μετρήσεις με υποδεκάμετρο.

Μετρήστε τη διάμετρο της βάσης και το ύψος ενός κυλίνδρου από τη σειρά μετάλλων (λ.χ. του κυλίνδρου από χαλκό) με το υποδεκάμετρο (Εικ. 1.1). Επαναλάβετε τις



Εικόνα 1.1

μετρήσεις τέσσερις φορές και συμπληρώστε τον ΠΙΝΑΚΑ 1. Υπολογίστε τις μέσες τιμές της διαμέτρου της βάσης και του ύψους του κυλίνδρου.

Γιατί είναι αναγκαία η πολλαπλότητα των μετρήσεων και η εύρεση μετά της μέσης τιμής;

2. Μετρήσεις με διαστημόμετρο.

Επαναλάβετε τις μετρήσεις της διαδικασίας 1 για τον κύλινδρο από χαλκό, χρησιμοποιώντας όμως αντί για υποδεκάμετρο ένα διαστημόμετρο. Συμπληρώστε τον ΠΙΝΑΚΑ 2.

3. Μετρήσεις με μικρόμετρο.

Επαναλάβετε τις μετρήσεις της διαδικασίας 1 για τον κύλινδρο, χρησιμοποιώντας μικρόμετρο. Συμπληρώστε τον ΠΙΝΑΚΑ 3.

4. Συγκρίνετε τις τιμές (μέσες τιμές) της διαμέτρου της βάσης και του ύψους του κυλίνδρου, που προέκυψαν από τη χρησιμοποίηση του υποδεκάμετρου, του διαστημόμετρου και του μικρόμετρου. Σε ποια περίπτωση οι μετρήσεις είναι περισσότερο ακριβείς; Ποιο από τα τρία όργανα μέτρησης μήκους είναι καταλληλότερο, για να μετρήσετε το πάχος ενός σύρματος;

Πείραμα 2ο: Μέτρηση χρόνου



Εικόνα 1.2

5. Μέτρηση της χρονικής μονάδας ενός μετρονόμου.

Θέσετε σε ταλάντωση το κινητό στελέχος του μετρονόμου. Μετρήστε με το χρονόμετρο το χρονικό διάστημα μεταξύ δέκα απλών αιωρήσεων (κινήσεων από τη μία άκρη στην άλλη) του κινητού στελέχους.

Διαιρέστε έπειτα διά του 10, για να βρείτε το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών χτύπων, δηλαδή τη χρονική μονάδα του μετρονόμου για τη δεδομένη θέση του δρομέα (Εικ. 1.2).

6. Μέτρηση της χρονικής μονάδας του ηλεκτρικού χρονομετρητή.

Στερεώστε στη μία άκρη του τραπεζιού πειραμάτων τον ηλεκτρικό χρονομετρητή, με τη βοήθεια σφιγκτήρα. Κόψτε δύο μέτρα περίπου χαρτοταινίας και περάστε τη μέση από τους δύο οδηγούς, κατά μήκος του ελάσματος και κάτω από τη μελανωμένη όψη του δίσκου καρμπόν. Προσπαθήστε έπειτα να συνεργαστείτε με συγχρονισμό. Ένας από την ομάδα σας θα χειρίζεται τον διακόπτη του ηλεκτρικού χρονομετρητή και το χρονόμετρο. Ένας άλλος θα σύρει την χαρτοταινία. Εκείνος που θα σύρει την χαρτοταινία θα δώσει το σύνθημα (μετρώντας ένα, δύο, τρία) στο συνεργάτη του να κλείσει τον διακόπτη του χρονομετρητή για 2 δευτερόλεπτα ακριβώς.

Μετρήστε κατόπιν τον αριθμό των κουκίδων στην χαρτοταινία. Διαιρέστε τέλος το χρόνο των 2 δευτερολέπτων με τον αριθμό των κουκίδων, για να βρείτε το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών κουκίδων, δηλαδή τη χρονική μονάδα του χρονομετρητή (1 “τικ”).

Πείραμα 3ο: Μέτρηση μάζας

7. Μέτρηση μάζας με τη βοήθεια ζυγού με ίσους βραχίονες (ημιαναλυτικού ή φαρμακευτικού).

Τοποθετήστε στον ένα δίσκο του ζυγού ένα κύβο της σειράς των μετάλλων, λ.χ. του σιδήρου. Τοποθετήστε στον άλλο δίσκο κατάλληλα σταθμά, μέχρις ότου ο ζυγός ισορροπήσει. Βρείτε τη μάζα του σιδερένιου κύβου, αθροίζοντας τις μάζες των σταθμών.

8. Μέτρηση μάζας με τη βοήθεια ζυγού με βερνιέρο.

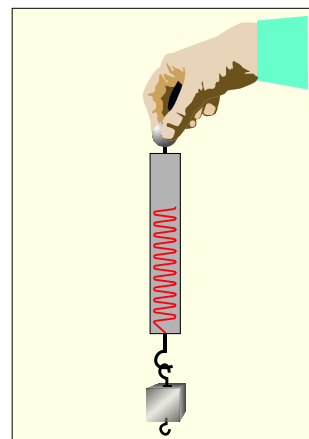
Ζυγίστε το σιδερένιο κύβο με το ζυγό με βερνιέρο. Ζυγίστε επίσης ένα κέρμα, λ.χ. των 20 δραχμών.

9. Έχετε ένα κουτάκι με 100 συνδετήρες και θέλετε να βρείτε τη μάζα ενός συνδετήρα. Όταν όμως βάλετε ένα συνδετήρα επάνω στον ένα δίσκο του ζυγού, δεν παρατηρείτε απόκλιση του δείκτη από το μηδέν της κλίμακας. Πώς θα εργαστείτε με τον ζυγό αυτό, για να βρείτε τη μάζα ενός συνδετήρα;

Πείραμα 4ο: Μέτρηση δύναμης

10. Μετρήστε με τη βοήθεια του δυναμόμετρου το βάρος που έχει μάζα 50g. Μετρήστε επίσης το βάρος που έχουν δύο μάζες των 50g.

11. Αν ένας αστροναύτης ζυγίσει ένα σώμα (με ζυγό με ίσους βραχίονες) στη Γη και στη Σελήνη, θα βρει την ίδια τιμή για τη μάζα του σώματος ή διαφορετική; Αν ο αστροναύτης μετρήσει το βάρος του σώματος με δυναμόμετρο στη Γη και στη Σελήνη, θα βρει την ίδια ή διαφορετική τιμή; (Εικ. 1.3).



Εικόνα 1.3

2α. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗΣ ΟΜΑΛΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

ΣΤΟΧΟΙ

Στόχοι αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι:

- Να πραγματοποιήσετε ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση και να συμπληρώσετε πίνακα μετρήσεων.
- Να κατασκευάσετε τις γραφικές παραστάσεις της ταχύτητας v και της απόστασης x συναρτήσει του χρόνου για την επαλήθευση των νόμων της ευθύγραμμης ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

A. Διαβάστε προσεκτικά όσα αναφέρονται στην Εισαγωγή αυτού του βιβλίου για τον ηλεκτρικό χρονομετρητή.

B. Διαβάστε προσεκτικά όσα αναφέρονται στην Εισαγωγή αυτού του βιβλίου για τις γραφικές παραστάσεις συναρτήσεων.

Γ. Ευθύγραμμη ομοιόμορφα (ομαλά) επιταχυνόμενη κίνηση είναι εκείνη, στην οποία το κινητό κινείται σε ευθεία γραμμή και η ταχύτητά του αυξάνεται κατά την ίδια ποσότητα σε κάθε μονάδα χρόνου.

Το μέτρο της επιτάχυνσης a δίνεται από το ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση το διάνυσμα της επιτάχυνσης είναι σταθερό.

$$\vec{a} = \text{σταθερό.}$$

Όταν το κινητό ξεκινά από την ηρεμία, τότε για την ταχύτητα του v και την απόσταση x που διανύει σε χρόνο t , ισχύουν αντιστοίχως οι σχέσεις:

$$v = at \quad \text{και} \quad x = \frac{1}{2}at^2$$

Σημείωση:

Στα πειράματα των ευθύγραμμων κινήσεων η μετατόπιση των κινητών ταυτίζεται με την απόσταση (διάστημα) που διανύουν. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε αδιακρίτως τους όρους αυτούς.

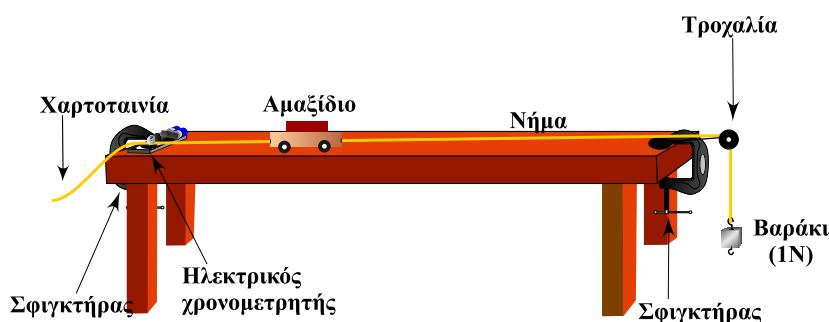
ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

- Ηλεκτρικός χρονομετρητής.
- Δίσκος καρμπόν (διαμέτρου 5cm).
- Δύο μπαταρίες των 1,5V (αλκαλικές μεγέθους D).

- Χαρτοταινία (πλάτους 13mm.).
- Εργαστηριακό αμαξίδιο.
- Τροχαλία σε πλαίσιο (λόγου χάρη από το τριβόμετρο).
- Δύο σφιγκτήρες (τύπου G).
- Μάζα 100g. (βαράκι 1N).
- Νήμα (μήκους 1m. έως 1,2m.).
- Κολλητική ταινία (σελοτέηπ).
- Ψαλίδι.
- Κόλλα.
- Βαθμολογημένος κανόνας.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Πραγματοποιήστε την πειραματική διάταξη της εικόνας 2α.1.

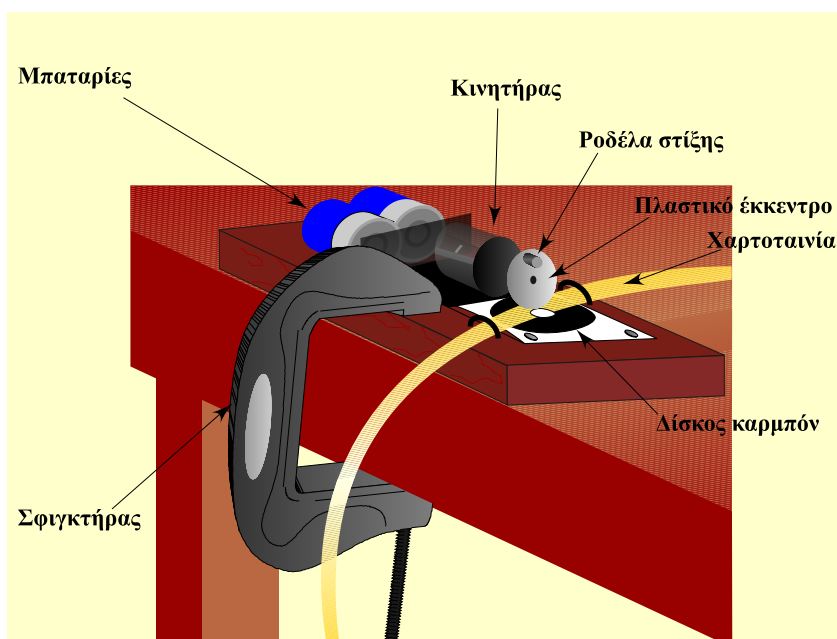


Εικόνα 2α.1

α. Στερεώστε στη μία άκρη του τραπεζιού πειραμάτων, με τη βοήθεια σφιγκτήρα, τον ηλεκτρικό χρονομετρητή. Στην άλλη άκρη του τραπεζιού, στερεώστε με το δεύτερο σφιγκτήρα την τροχαλία με το πλαίσιο.

β. Δέστε τη μία άκρη του νήματος στο αμαξίδιο. Περάστε το νήμα μέσα από την τροχαλία. Στην άλλη άκρη κάνετε μία θηλειά για να κρεμάσετε το βαράκι.

2. Καρφιτσώστε στο δίσκο από φελλό του χρονομετρητή ένα δίσκο καρμπόν με τη μελανωμένη όψη προς τα κάτω, έτσι, ώστε να μπορεί να περιστρέφεται ελεύθερα. Προσέξτε, ώστε ο δίσκος καρμπόν να καλύπτει την περιοχή του ελάσματος που είναι κάτω από το πλαστικό έκκεντρο.



Εικόνα 2α.2

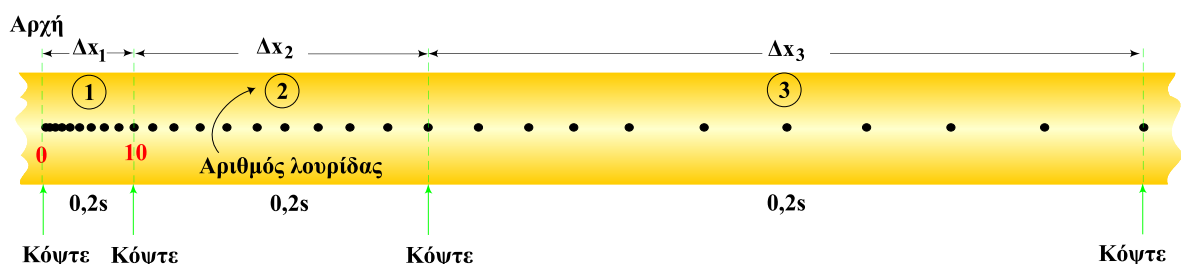
3. Κόψτε ένα μέτρο περίπου χαρτοταινίας και περάστε την μέσα από τους δύο οδηγούς κατά μήκος του ελάσματος και κάτω από την μελανωμένη όψη του δίσκου καρμπόν. Κολλήστε με σελοτέηπ τη μία άκρη της χαρτοταινίας στην κάτω άκρη του αμαξιδίου (Εικ. 2α.2).

4. Κρατώντας το αμαξάκι, κρεμάστε από τη θηλειά του νήματος το βαράκι (1N). Στρέψτε το διακόπτη του χρονομετρητή ώστε να τεθεί σε λειτουργία. Συγχρόνως αφήστε το αμαξάκι να κινηθεί. Σταματήστε το αμαξίδιο με το χέρι, μόλις το βαράκι ακουμπήσει στο δάπεδο. Διακόψτε τη λειτουργία του χρονομετρητή. Αφαιρέστε την ταινία.

5. Επαναλάβετε τις διαδικασίες 3 και 4 για να καταγράψετε παρόμοια κίνηση του αμαξιδίου σε μια δεύτερη χαρτοταινία.

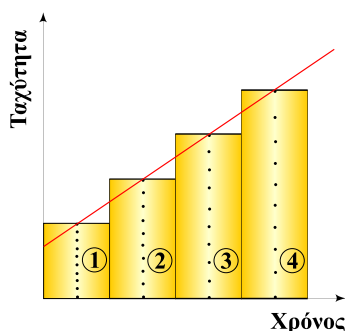
6. Παρατηρήστε μία χαρτοταινία και συγκρίνετε τις στιγμοαποστάσεις, δηλαδή τις αποστάσεις μεταξύ δύο γειτονικών κουκίδων. Γνωρίζοντας, ότι το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο γειτονικών κουκίδων είναι το ίδιο (ίσο με 0,02s), τι συμπεραίνετε για το είδος της κίνησης του αμαξιδίου;

7. Σημειώστε την πρώτη ευδιάκριτη κουκίδα και ονομάστε την κουκίδα μηδέν. Απαριθμήστε έπειτα τις επόμενες δέκα κουκίδες κατά μήκος της ταινίας και σημειώστε την δέκατη κουκίδα. Συνεχίστε, ώστε να χωρίσετε όλες τις κουκίδες σε ομάδες με δέκα στιγμοαποστάσεις. (Εικ. 2α.3).



Εικόνα 2α.3

Κατασκευή διαγραμμάτων λουρίδων.



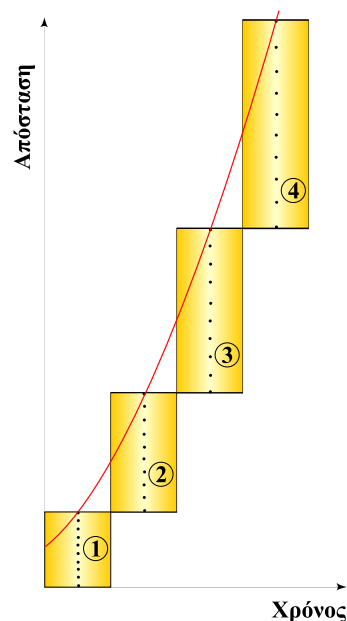
Εικόνα 2α.4

8. Κόψτε προσεκτικά με το ψαλλίδι την χαρτοταινία, ακριδώς επάνω στις σημειωμένες κουκίδες. Χωρίστε έτσι την χαρτοταινία σε λουρίδες με δέκα στιγμοδιαστήματα η καθεμιά. Επικολλήστε τις λουρίδες τη μία δίπλα στην άλλη, επάνω στον άξονα των χρόνων, όπως φαίνεται στην εικόνα 2α.4, για να κατασκευάσετε ένα διάγραμμα λουρίδων. Συνδέστε έπειτα με μία γραμμή τις κουκίδες που είναι στις επάνω πλευρές των λουρίδων. Εφ' όσον το μήκος της κάθε λουρίδας αντιπροσωπεύει τη μετατόπιση Δx του αμαξιού στο ίδιο χρονικό διάστημα (δέκα “τις” ή $\Delta t = 0,2s$) και

επειδή η μετατόπιση Δx είναι ανάλογη με την ταχύτητα v , το διάγραμμα που κατασκευάσατε είναι το διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου.

9. Από το διάγραμμα που κατασκευάσατε, τι συμπεραίνετε για τη σχέση ταχύτητας και χρόνου; Την τιμή τίνος μεγέθους δίνει η κλίση της γραμμής στο διάγραμμα αυτό; Με την τιμή τίνος μεγέθους είναι ίσο αριθμητικά το εμβαδόν της επιφάνειας που καταλαμβάνουν οι λουρίδες;

10. Κόψτε τη δεύτερη χαρτοταινία σε λουρίδες των δέκα στιγμοδιαστημάτων. Επικολλήστε έπειτα τις λουρίδες τη μία μετά την άλλη και διαγωνίως, όπως φαίνεται στην εικόνα 2α.5. Συνδέστε έπειτα τις κουκίδες που βρίσκονται στις επάνω πλευρές των λουρίδων. Εφόσον το μήκος κάθε λουρίδας αντιπροσωπεύει τη μετατόπιση Δx του αμαξιού σε χρόνο δέκα “τικ” ή 0,2 s, το διάγραμμα που κατασκευάσατε είναι το διάγραμμα της απόστασης σε συνάρτηση με το χρόνο.



Εικόνα 2α.5

11. Από το διάγραμμα που κατασκευάσατε, τι συμπεραίνετε για τη σχέση απόστασης και χρόνου; Είναι πρωτοβάθμια ή δευτεροβάθμια συνάρτηση; Την αριθμητική τιμή τίνος μεγέθους δίνει η κλίση της γραμμής σε ένα τμήμα της; Την αριθμητική τιμή τίνος μεγέθους δίνει η κλίση της γραμμής σε ένα σημείο της;

Σημείωση:

Αν ο χρόνος που διατίθεται για το εργαστήριο στο σχολείο είναι ανεπαρκής, να ολοκληρώσετε τις 12, 13 και 14 στο σπίτι.

Κατασκευή διαγραμμάτων από πίνακα τιμών.

12. Στον ΠΙΝΑΚΑ 1 η πρώτη στήλη περιέχει τον αύξοντα αριθμό κάθε λουρίδας και η δεύτερη το χρόνο μετατόπισης ίσο με 10 “τικ” ή $\Delta t = 0,02\text{s} \cdot 10 = 0,2\text{s}$.

α. Μετρήστε το μήκος κάθε λουρίδας, για να βρείτε την αντίστοιχη μετατόπιση Δx του αμαξιού σε χρόνο $\Delta t = 0,2\text{s}$. Συμπληρώστε έτσι την στήλη 3.

β. Εφαρμόζοντας τον τύπο της μέσης ταχύτητας $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, συμπληρώστε την στήλη 4.

γ. Υπολογίστε τις μεταβολές Δv , αφαιρώντας τη μέση ταχύτητα της λουρίδας 1 από τη μέση ταχύτητα της λουρίδας 2, τη μέση ταχύτητα της λουρίδας 2 από τη μέση ταχύτητα της λουρίδας 3 κ.ο.κ. Συμπληρώστε έτσι την στήλη 5.

δ. Εφαρμόζοντας τον τύπο $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, συμπληρώστε την στήλη 6.

ε. Συμπληρώστε την στήλη 7, στην οποία η πρώτη τιμή

είναι το μήκος της πρώτης λουρίδας, η δεύτερη τιμή το άθροισμα των μηκών της πρώτης και δεύτερης λουρίδας, η τρίτη τιμή το άθροισμα των μηκών της πρώτης, της δεύτερης και της τρίτης λουρίδας κ.ο.κ.

στ. Συμπληρώστε την στήλη 8 με τους αντίστοιχους χρόνους κατά τους οποίους διανύονται οι αποστάσεις της στήλης 7.

13. α. Από τις αντίστοιχες τιμές των στηλών 4 και 8 κατασκευάστε το διάγραμμα της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο.

β. Βρείτε από το διάγραμμα αυτό, την κλίση της γραμμής που παριστάνει τη συνάρτηση $v=f(t)$. Συγκρίνετε την τιμή της με την επιτάχυνση (ή με το μέσο όρο των επιταχύνσεων, αν υπάρχουν διαφορετικές τιμές) που είναι γραμμένη στη στήλη 6.

γ. Από το ίδιο διάγραμμα υπολογίστε το διάστημα που διέτρεξε το αμαξίδιο από τη χρονική στιγμή 0,4s έως τη χρονική στιγμή 0,8s.

14. α. Από τις αντίστοιχες τιμές των στηλών 7 και 8 κατασκευάστε το διάγραμμα της απόστασης σε συνάρτηση με το χρόνο.

β. Από το διάγραμμα αυτό, υπολογίστε τη μέση ταχύτητα του αμαξιού για το χρονικό διάστημα από 0,4s έως 0,8s.

15. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τη χαρτοταινία με άλλο τρόπο, ώστε να βρείτε την επιτάχυνση χωρίς να υπολογίσετε προηγουμένως ταχύτητες;

26. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗΣ ΟΜΑΛΑ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΟΜΕΝΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

ΣΤΟΧΟΙ

Στόχοι αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι:

- Να πραγματοποιήσετε ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση και να συμπληρώσετε πίνακα μετρήσεων.
- Να κατασκευάσετε τις γραφικές παραστάσεις της ταχύτητας και της απόστασης συναρτήσει του χρόνου για την επαλήθευση των νόμων της ευθύγραμμης ομαλά επιβραδυνόμενης κίνησης.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

Α. Διαβάστε προσεκτικά όσα αναφέρονται στην Εισαγωγή αυτού του βιβλίου για τον ηλεκτρικό χρονομετρητή.

Β. Διαβάστε προσεκτικά όσα αναφέρονται στην Εισαγωγή αυτού του βιβλίου για τις γραφικές παραστάσεις συναρτήσεων.

Γ. Στην ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση, ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας είναι σταθερός και δίνεται από τη σχέση

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}.$$

Το Δt είναι πάντοτε θετικό. Επειδή η ταχύτητα διαρκώς ελαττώνεται, το Δv παίρνει αρνητικές τιμές. Ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας παίρνει λοιπόν αρνητικές τιμές. Όστε στην ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση, το κινητό έχει αρνητική επιτάχυνση την οποία ονομάζουμε επιβράδυνση.

Όταν το κινητό έχει αρχική ταχύτητα v_0 , τότε για την ταχύτητα του v και η απόσταση x που διανύει σε χρόνο t , ισχύουν οι σχέσεις:

$$v = v_0 - at \quad \text{και} \quad x = v_0 t - \frac{1}{2}at^2.$$

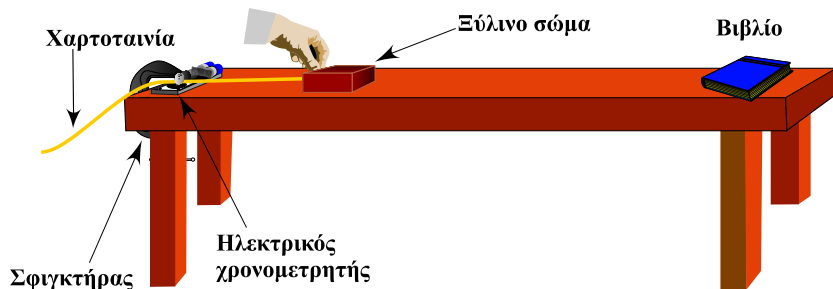
ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

- Ηλεκτρικός χρονομετρητής.
- Δίσκος καρμπόν (διαμέτρου 5cm.).
- Δύο μπαταρίες των 1,5V (αλκαλικές μεγέθους D).
- Χαρτοταινία (πλάτους 13mm.).
- Μικρό ξύλινο παραλληλεπίπεδο (λόγου χάρι από το τριβόμετρο).
- Σφιγκτήρα (τύπου G).

- Κολλητική ταινία (σελοτέηπ).
- Ψαλίδι.
- Κόλλα.
- Βαθμολογημένος κανόνας.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

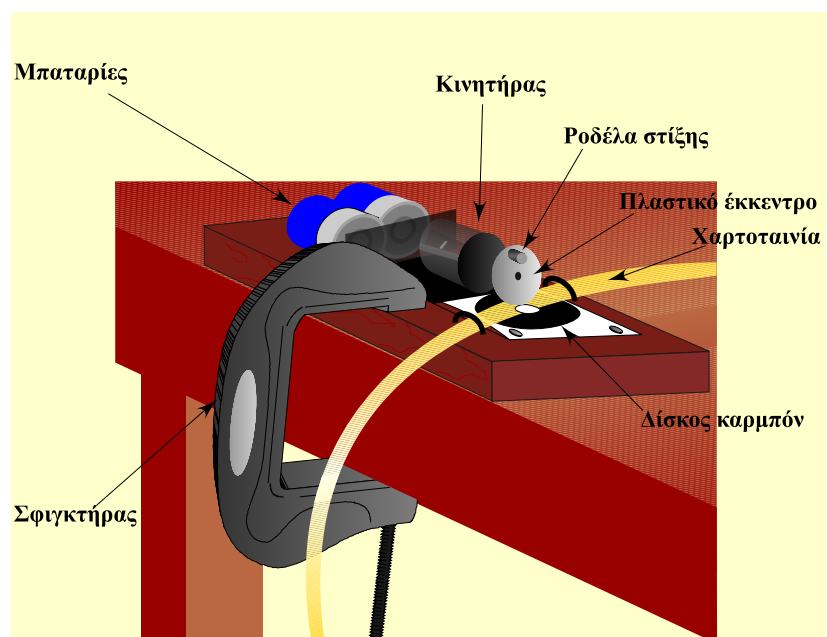
1. Πραγματοποιήστε την πειραματική διάταξη της εικόνας 2β.1.



Εικόνα 2β.1

α. Στερεώστε στη μία άκρη του τραπεζιού πειραμάτων τον ηλεκτρικό χρονομετρητή με τη βοήθεια του σφιγκτήρα.

β. Κόψτε ένα μέτρο περίπου χαρτοταινίας και περάστε την μέσα από τους δύο οδηγούς κατά μήκος του ελάσματος και κάτω από τη μελανωμένη όψη του δίσκου καρμπόν (Εικ. 2β.2).



Εικόνα 2β.2

γ. Κολλήστε με σελοτέηπ τη μία άκρη της χαρτοταινίας στην άκρη του ξύλινου παραλληλεπίπεδου.

2. Στρέψτε το διακόπτη του χρονομετρητή ώστε να τεθεί σε λειτουργία. Συγχρόνως, δώστε μία στιγμιαία ώθηση στο ξύλινο παραλληλεπίπεδο, για να κινηθεί προς την άλλη άκρη του τραπέζιου και να πλησιάσει το βιβλίο.

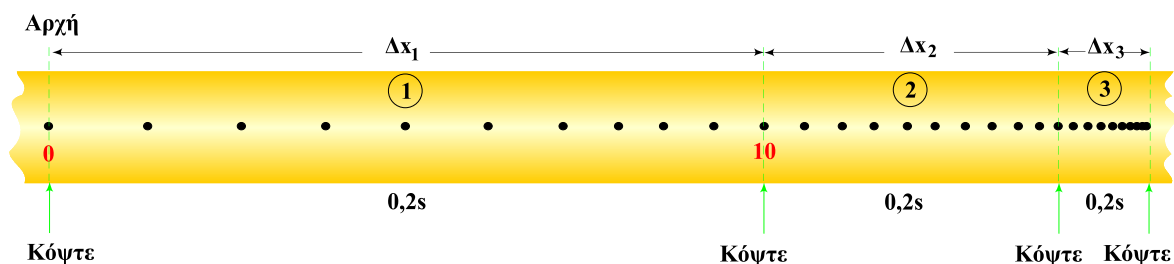
3. Μόλις σταματήσει να κινείται το ξύλινο παραλληλεπίπεδο, διακόψτε τη λειτουργία του χρονομετρητή και αφαιρέστε την χαρτοταινία.

4. Επαναλάβετε τις διαδικασίες 1β και 1γ, για να καταγράψετε παρόμοια κίνηση του ξύλινου παραλληλεπίπεδου σε μια δεύτερη χαρτοταινία.

5. Παρατηρήστε μία χαρτοταινία και συγκρίνετε τα στιγμοδιαστήματα, δηλαδή τις αποστάσεις μεταξύ δύο γειτονικών κουκίδων. Γνωρίζοντας ότι, το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο γειτονικών κουκίδων είναι το ίδιο (ίσο με 0,02s) τι συμπεραίνετε για το είδος της κίνησης του ξύλινου σώματος;

6. Αρχίζοντας από την άκρη της χαρτοταινίας, στην οποία οι αποστάσεις των γειτονικών κουκίδων είναι μεγαλύτερες, σημειώστε την πρώτη κουκίδα και ονομάστε την κουκίδα μηδέν.

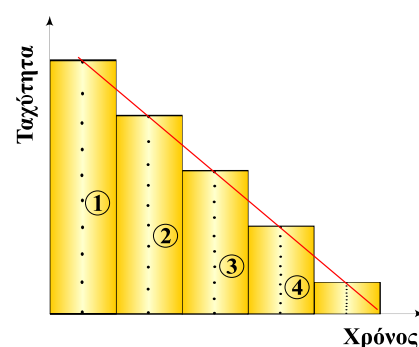
Απαριθμήστε έπειτα τις επόμενες δέκα κουκίδες κατά μήκος της ταινίας και σημειώστε τη δέκατη κουκίδα. Συνεχίστε, ώστε να χωρίσετε όλες τις κουκίδες σε ομάδες με δέκα στιγμοαποστάσεις (Εικ. 2β.3).



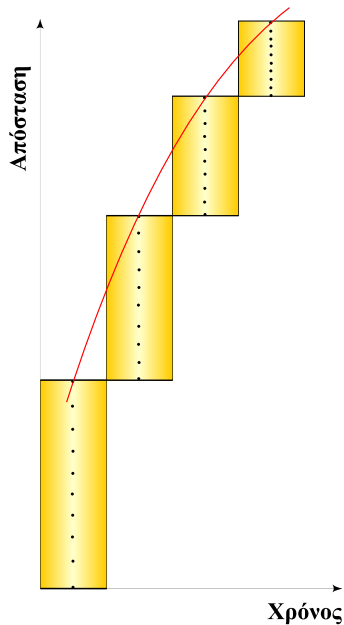
Εικόνα 2β.3

Κατασκευή διαγραμμάτων λουρίδων.

7. Κόψτε προσεκτικά με το ψαλίδι την χαρτοταινία ακριβώς επάνω στις σημειωμένες κουκίδες. Χωρίστε έτσι την χαρτοταινία σε λουρίδες με δέκα στιγμοδιαστήματα η καθεμία. Επικολλήστε τις λουρίδες τη μία δίπλα στην άλλη επάνω στον άξονα των χρόνων, όπως φαίνεται στην εικόνα 2β.4 για να κατασκευάσετε ένα διάγραμμα λουρίδων. Συνδέστε έπειτα με μία γραμμή τις κουκίδες που είναι στις επάνω πλευρές των λουρίδων. Εφόσον το μήκος της κάθε λουρίδας αντιπροσωπεύει τη μετατόπιση Δx του αμαξίου σε χρόνο δέκα “τικ” ή $\Delta t = 0,2s$, το διάγραμμα που κατασκευάσατε είναι το διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου.



Εικόνα 2β.4



Εικόνα 26.5

8. Από το διάγραμμα που κατασκευάσατε, τι συμπεραίνετε για τη σχέση ταχύτητας και χρόνου; Τίνος μεγέθους την τιμή δίνει η κλίση της γραμμής στο διάγραμμα αυτό; Με την τιμή τίνος μεγέθους είναι ίσο αριθμητικά το εμβαδόν της επιφάνειας που καταλαμβάνουν οι λουρίδες;

9. Κόψτε τη δεύτερη χαρτοταινία σε λουρίδες των δέκα στιγμοδιαστημάτων. Επικολλήστε έπειτα τις λουρίδες τη μία μετά την άλλη και διαγωνίως, όπως φαίνεται στην εικόνα 26.5. Συνδέστε έπειτα τις κουκίδες που βρίσκονται στις επάνω πλευρές των λουρίδων. Το μήκος κάθε λουρίδας αντιπροσωπεύει τη μετατόπιση Δx του ξύλινου σώματος σε χρόνο 0,2s. Το διάγραμμα λοιπόν που κατασκευάσατε, είναι το διάγραμμα του διαστήματος σε συνάρτηση με τον χρόνο.

10. Στο διάγραμμα αυτό, τίνος μεγέθους την αριθμητική τιμή δίνει η κλίση της γραμμής σε ένα τμήμα της; Τίνος μεγέθους την αριθμητική τιμή δίνει η κλίση της γραμμής σε ένα σημείο της;

Σημείωση:

Αν ο χρόνος για την ολοκλήρωση της άσκησης είναι ανεπαρκής, οι διαδικασίες 11, 12 και 13 να γίνουν στο σπίτι.

Κατασκευή διαγραμμάτων από πίνακα τιμών.

11. Συμπληρώστε τις στήλες του ΠΙΝΑΚΑ 1.

α. Μετρήστε το μήκος κάθε λουρίδας για να βρείτε την αντίστοιχη μετατόπιση Δx του ξύλινου παραλληλεπίπεδου σε χρόνο $\Delta t = 0,2s$. Συμπληρώστε έτσι την στήλη 3.

β. Εφαρμόζοντας τον τύπο της μέσης ταχύτητας $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, συμπληρώστε την στήλη 4.

γ. Υπολογίστε τις μεταβολές Δv , αφαιρώντας τη μέση ταχύτητα της λουρίδας 2 από τη μέση ταχύτητα της λουρίδας 1, τη μέση ταχύτητα της λουρίδας 3 από τη μέση ταχύτητα της λουρίδας 2 κ.ο.κ. Συμπληρώστε έτσι την στήλη 5.

δ. Εφαρμόζοντας τον τύπο $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, συμπληρώστε την στήλη 6.

ε. Συμπληρώστε την στήλη 7, στην οποία η πρώτη τιμή είναι το μήκος της πρώτης λουρίδας, η δεύτερη τιμή είναι το άθροισμα των μηκών της πρώτης και δεύτερης λουρίδας, η τρίτη τιμή είναι το άθροισμα των μηκών της πρώτης, της δεύτερης και της τρίτης λουρίδας κ.ο.κ.

στ. Συμπληρώστε την στήλη 8 με τους αντίστοιχους χρόνους κατά τους οποίους διανύονται τα διαστήματα της στήλης 7.

12. α. Από τις αντίστοιχες τιμές των στηλών 4 και 8, κατασκευάστε το διάγραμμα της ταχύτητας σε συνάρτηση με τον χρόνο.

6. Βρείτε από το διάγραμμα αυτό, την κλίση της γραμμής που παριστάνει την συνάρτηση $v=f(t)$. Συγκρίνετε την τιμή της με την επιτάχυνση (ή με το μέσο όρο των επιταχύνσεων, αν υπάρχουν διαφορετικές τιμές) που είναι γραμμένη στη στήλη 6.

γ. Από το ίδιο διάγραμμα, υπολογίστε τη μετατόπιση που διέτρεξε το ξύλινο σώμα από τη χρονική στιγμή 0,2s έως τη χρονική στιγμή 0,6s.

13. Από τις αντίστοιχες τιμές των στηλών 7 και 8, κατασκευάστε το διάγραμμα της απόστασης σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Παρατήρηση:

Την ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση μπορούμε να την μελετήσουμε και με τη βοήθεια κεκλιμένου επιπέδου (σανίδας που σχηματίζει γωνία με το οριζόντιο επίπεδο). Θέτουμε σε λειτουργία το χρονομετρητή και δίνουμε μια ώθηση στο αμαξάκι από το κάτω μέρος του κεκλιμένου επιπέδου προς τα επάνω. Καθώς το αμαξάκι ανέρχεται στο κεκλιμένο επίπεδο και σύρει τη χαρτοταινία, εκτελεί ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση.

3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΚΗΣ ΜΑΖΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΝΟΜΟ $F=ma$

ΣΤΟΧΟΙ

Στόχοι αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι:

- Να κατασκευάσετε το διάγραμμα της επιτάχυνσης σώματος σε συνάρτηση με τη δύναμη που την προκαλεί.
- Να υπολογίσετε την αδρανειακή μάζα του σώματος.
- Να μετρήσετε τη βαρυτική μάζα του σώματος.
- Να συγκρίνετε την αδρανειακή με τη βαρυτική μάζα του σώματος.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

Α. Διαβάστε προσεκτικά όσα αναφέρονται στην Εισαγωγή αυτού του βιβλίου για τη μέτρηση της μάζας σώματος.

Β. Διαβάστε προσεκτικά όσα αναφέρονται στην Εισαγωγή αυτού του βιβλίου για τον ηλεκτρικό χρονομετρητή.

Γ. Διαβάστε προσεκτικά όσα αναφέρονται στην Εισαγωγή αυτού του βιβλίου για τις γραφικές παραστάσεις συναρτήσεων.

Δ. Σύμφωνα με το νόμο της κίνησης του Νεύτωνα, η επιτάχυνση που αποκτά ένα αντικείμενο από την επίδραση μιας δύναμης είναι ανάλογη με τη δύναμη αυτή.

$$F \propto a \quad \text{ή} \quad F = ma$$

και εκφράζει τη δυσκολία επιτάχυνσης του σώματος.

Η σταθερά αναλογίας m ονομάζεται **μάζα αδράνειας** του σώματος και εκφράζει τη δυσκολία επιτάχυνσης του σώματος. Η μάζα αδράνειας υπολογίζεται από το πηλίκο της δύναμης (θεωρούμενης σταθερής) προς την αντίστοιχη επιτάχυνση που έδωσε στο σώμα:

$$m = \frac{F}{a}$$

Για την ελεύθερη πτώση η σχέση αυτή γράφεται:

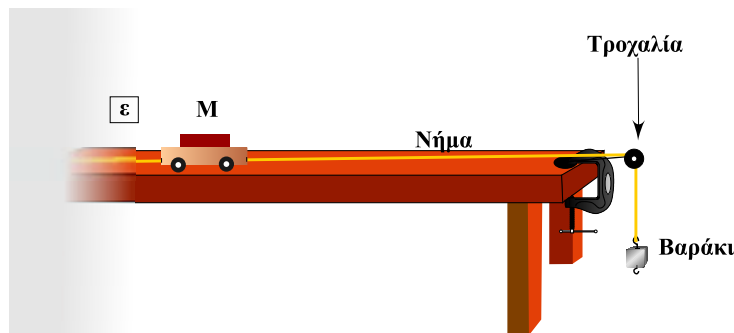
$$m = \frac{B}{g}$$

Κοντά στη στάθμη της θάλασσας είναι $g = 9,8 \frac{m}{s^2} \approx 10 \frac{m}{s^2}$.



Τη μάζα σώματος μπορούμε να την μετρήσουμε και με ισοσκελή ζυγό. Η μάζα προκύπτει από τις συγκρίσεις δύο έλξεων βαρύτητας: του αντικειμένου που έχει ορισμένη μάζα και ενός συνόλου από πρότυπες μάζες. Για το λόγο αυτό, η μάζα που μετράται με τον τρόπο αυτό λέγεται **μάζα βαρύτητας** ή **βαρυτική μάζα**.

Στη διάταξη της εικόνας, το αμαξάκι και το βαράκι αποτελούν ένα σύστημα σωμάτων. Επειδή το νήμα, καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησης παραμένει τεντωμένο, τα δύο σώματα αποκτούν την ίδια επιτάχυνση. Η μάζα που επιταχύνεται από τη δύναμη (βάρος) του βαριδιού είναι ίση με το άθροισμα των μαζών του αμαξιού και του βαριδιού. (Η μάζα του νήματος θεωρείται αμελητέα).



Εικόνα 3.1

ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

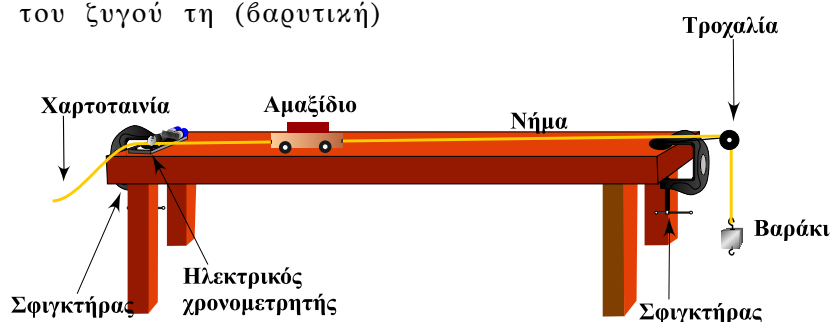
- Ηλεκτρικός χρονομετρητής.
- Δίσκος καρμπόν (διαμέτρου 5cm.).
- Δύο μπαταρίες των 1,5V (αλκαλικές μεγέθους D).
- Χαρτοταινία (πλάτους 13mm.).
- Εργαστηριακό αμαξίδιο.
- Τροχαλία σε πλαίσιο (λόγου χάρη από το τριδόμετρο).
- Δύο σφιγκτήρες (τύπου G).
- Βαράκια 0,5N, 1N και 1,5N (με μάζες αντιστοίχως 50g, 100g, 150g).
- Νήμα (μήκους 1m. έως 1,2m.).
- Κολλητική ταινία (σελοτέηπ).
- Βαθμολογημένος κανόνας (χάρακας).
- Ζυγός ισοσκελής με σταθμά (ή άλλου τύπου ζυγός).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Μετρήστε με τη βοήθεια του ζυγού τη (βαρυτική) μάζα του αμαξιδίου.

2. Πραγματοποιήστε την πειραματική διάταξη της εικόνας 3.2α

α. Στερεώστε στη μία άκρη του τραπέζιου πειραμάτων, με τη βοήθεια σφιγκτήρα, τον ηλεκτρικό χρονομετρητή. Στην

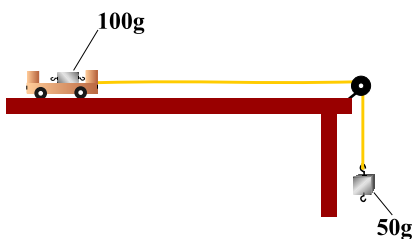


Εικόνα 3.2.α

άλλη άκρη του τραπεζιού, στερεώστε με το δεύτερο σφιγκτήρα την τροχαλία με το πλαίσιο.

6. Δέστετε τη μία άκρη του νήματος στο αμαξίδιο. Περάστε το νήμα μέσα από την τροχαλία. Στην άλλη άκρη κάνετε μία θηλειά για να κρεμάσετε ένα βαράκι.

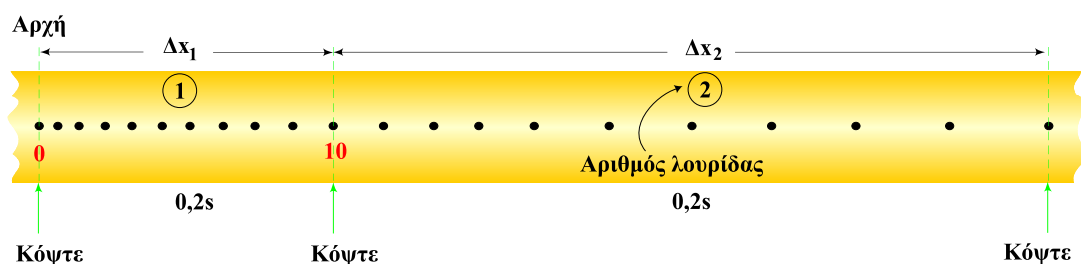
3. Κόψτε ένα μέτρο περίπου χαρτοταινίας και περάστε την μέσα από τους δύο οδηγούς κατά μήκος του ελάσματος. Φροντίστε ώστε η χαρτοταινία να περάσει κάτω από τη μελανωμένη όψη του δίσκου καρμπόν. Κολλήστε με σελοτέηπ τη μία άκρη της χαρτοταινίας στην κάτω άκρη του μικρού αμαξιού.



4. Στερεώστε επάνω στο αμαξάκι με σελοτέηπ το βαράκι του 1N (το οποίο έχει μάζα 100g). Κρατώντας το αμαξίδιο, κρεμάστε από τη θηλειά στην άκρη του νήματος το βαράκι των 0,5N (μάζας 50g). Στρέψτε τον διακόπτη του χρονομετρητή ώστε να τεθεί σε λειτουργία. Συγχρόνως, αφήστε το αμαξάκι να κινηθεί. Σταματήστε το αμαξίδιο με το χέρι, μόλις το βαράκι ακουμπήσει στο δάπεδο και διακόψτε τη λειτουργία του χρονομετρητή. Αφαιρέστε την ταινία.

Πόση είναι η συνολική μάζα (η μάζα του συστήματος) που επιταχύνεται;

5. Επιλέξτε μία περιοχή της χαρτοταινίας στην οποία οι κουκίδες είναι πολύ αραιές. Σημειώστε μία κουκίδα και ονομάστε την κουκίδα μηδέν. Απαριθμήστε έπειτα τις επόμενες δέκα κουκίδες κατά μήκος της ταινίας και σημειώστε τη δέκατη κουκίδα. Απαριθμήστε τις επόμενες δέκα κουκίδες και σημειώστε την εικοστή κουκίδα.



Εικόνα 3.3

6. α. Μετρήστε το μήκος καθενός από τα δύο τμήματα της χαρτοταινίας που σημειώσατε. Κάθε τμήμα αντιστοιχεί σε μετατόπιση του αμαξιού σε χρόνο 0,2s (δέκα “τικ”). Συμπληρώστε έτσι τη στήλη 3 του ΠΙΝΑΚΑ 1.

6. Υπολογίστε από την εξίσωση $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ τις μέσες ταχύτητες και συμπληρώστε την στήλη 4.

γ. Βρείτε τη διαφορά των μέσων ταχυτήτων και συμπληρώστε την στήλη 5.

δ. Υπολογίστε από την εξίσωση $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ την επιτάχυνση και συμπληρώστε την στήλη 6.

ε. Συμπληρώστε και την στήλη 7.

7. Βγάλτε από το αμαξάκι το βαράκι του 1N. Κολλήστε στη θέση του το βαράκι του 0,5N (το οποίο έχει μάζα 50g). Κρεμάστε στη θηλειά του νήματος το βαράκι του 1N (το οποίο έχει μάζα 100g) (Εικ. 3.26).

Με την αντικατάσταση αυτή, αλλάζει η μάζα του συστήματος;

Επαναλάβετε τις διαδικασίες 3, 4 και 5 με τα νέα δεδομένα. Συμπληρώστε έτσι τις στήλες του ΠΙΝΑΚΑ 2.

8. Βγάλτε από το αμαξίδιο το βαράκι του 0,5N. Κρεμάστε στη θηλειά του νήματος το βαράκι των 1,5N (το οποίο έχει μάζα 150g), (Εικ. 3.2γ).

Με την αντικατάσταση αυτή, αλλάζει η μάζα του συστήματος;

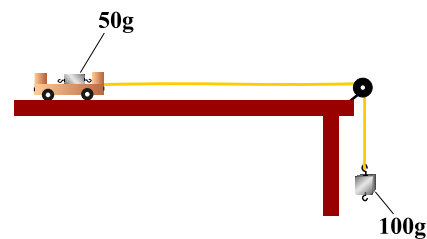
Επαναλάβετε τις διαδικασίες 3, 4 και 5 με τα νέα δεδομένα. Συμπληρώστε έτσι τις στήλες του ΠΙΝΑΚΑ 3.

9. Συμπληρώστε τον ΠΙΝΑΚΑ 4.

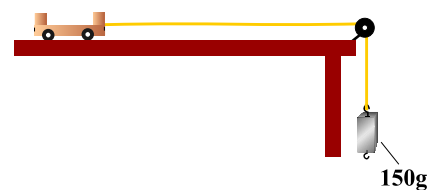
10. Με βάση τις τιμές του ΠΙΝΑΚΑ 4, κατασκευάστε το διάγραμμα της συνάρτησης $a=f(F)$. Φροντίστε, ώστε η ευθεία που θα φέρετε από την αρχή των αξόνων να περνά ανάμεσα από τα τρία σημεία και να τα προσεγγίζει όσο το δυνατόν καλύτερα.

11. Υπολογίστε την κλίση της ευθείας και από αυτήν τη μάζα του συστήματος. Υπολογίστε έπειτα την αδρανειακή μάζα του αμαξιδίου.

12. Συγκρίνετε τη μάζα αδράνειας με τη μάζα βαρύτητας του αμαξιού. Τι διαπιστώνετε;



Εικόνα 3.2β



Εικόνα 3.2γ

3α. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΚΗΣ ΜΑΖΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

ΣΤΟΧΟΙ

Στόχοι αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι:

- Να κατασκευάσετε το διάγραμμα της επιτάχυνσης σώματος σε συνάρτηση με τη δύναμη που την προκαλεί.
- Να υπολογίσετε την αδρανειακή μάζα του σώματος.
- Να μετρήσετε τη βαρυτική μάζα του σώματος.
- Να συγκρίνετε την αδρανειακή με τη βαρυτική μάζα του σώματος.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

Α. Διαβάστε προσεκτικά όσα αναφέρονται στην Εισαγωγή αυτού του βιβλίου για τη μέτρηση της μάζας σώματος.

Β. Διαβάστε προσεκτικά όσα αναφέρονται στην Εισαγωγή αυτού του βιβλίου για τον ηλεκτρικό χρονομετρητή.

Γ. Διαβάστε προσεκτικά όσα αναφέρονται στην Εισαγωγή αυτού του βιβλίου για τις γραφικές παραστάσεις συναρτήσεων.

Δ. Σύμφωνα με το νόμο της κίνησης του Νεύτωνα, η επιτάχυνση που αποκτά ένα αντικείμενο από την επίδραση μιας δύναμης είναι ανάλογη με τη δύναμη αυτή.

$$F \propto a \quad \text{ή} \quad F = ma$$

Η σταθερά αναλογίας m εξαρτάται από το αντικείμενο.

Είναι σταθερή για ορισμένο σώμα και εκφράζει τη δυσκολία επιτάχυνσης του σώματος.

Η σταθερά αναλογίας m ονομάζεται **μάζα αδράνειας** του σώματος. Η μάζα αδράνειας υπολογίζεται από το πηλίκον της δύναμης (θεωρούμενης σταθερής) προς την αντίστοιχη επιτάχυνση που έδωσε στο σώμα:

$$m = \frac{F}{a}$$

Για την ελεύθερη πτώση η σχέση αυτή γράφεται:

$$m = \frac{B}{g}$$

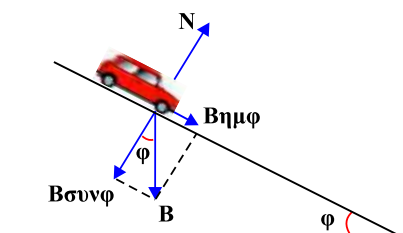
Κοντά στη στάθμη της θάλασσας είναι $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cong 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Τη μάζα σώματος μπορούμε να την μετρήσουμε και με ισοσκελή ζυγό. Η μάζα προκύπτει από τις συγκρίσεις δύο έλξεων βαρύτητας: του αντικειμένου που έχει ορισμένη μάζα και ενός συνόλου από πρότυπες μάζες. Για το λόγο αυτό, η μάζα που μετράται με τον τρόπο αυτό λέγεται **μάζα βαρύτητας** ή **βαρυτική μάζα**.

Ε. Στο αμαξάκι που βρίσκεται επάνω στο κεκλιμένο επίπεδο, ασκούνται δύο δυνάμεις: το βάρος του B και η αντίδραση N από το κεκλιμένο επίπεδο. Αν θεωρήσουμε την τριβή αμελητέα, η αντίδραση από το κεκλιμένο επίπεδο είναι κάθετη στην επιφάνειά του.

Αναλύουμε το βάρος του σώματος σε δύο συνιστώσες, μία κατά τη διεύθυνση του κεκλιμένου επιπέδου και μία κατά την κάθετη προς αυτό. Η αντίδραση του κεκλιμένου επιπέδου και η συνιστώσα $B \cdot \sin \varphi$, έχουν συνισταμένη μηδέν. Η δύναμη λοιπόν που επιταχύνει το αμαξάκι κατά μήκος του κεκλιμένου επιπέδου και το αναγκάζει να κατέρχεται, είναι η συνιστώσα $B \cdot \eta \mu \varphi$ του βάρους.

Μεταβάλλοντας τη γωνία φ , μεταβάλλουμε την τιμή της δύναμης. Η μάζα του αμαξιδίου κατά τη μεταβολή αυτή, παραμένει προφανώς αμετάβλητη.



Εικόνα 3α.1

ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

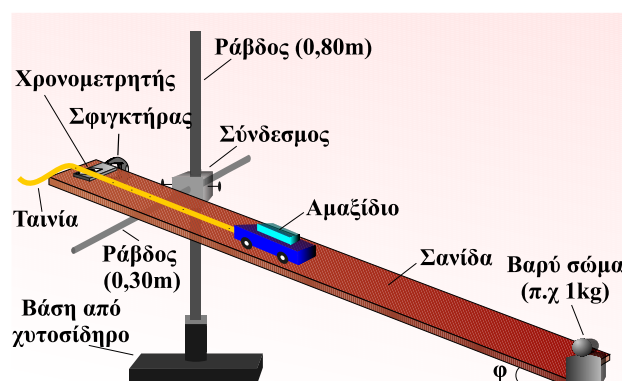
- Σανίδα λεία (μήκους 80cm και πλάτους 10cm περίπου) ή τριδόμετρο.
- Αμαξάκι (λ.χ. παιδικό αυτοκινητάκι).
- Βάση από χυτοσίδηρο (παράλληλόγραμμη).
- Ράβδος μεταλλική (0,80m).
- Ράβδος μεταλλική (0,30m).
- Απλός σύνδεσμος (σταυρός).
- Βαρύ σώμα (λ.χ. δάση από χυτοσίδηρο, βαρύ διδύο, βαρίδι του 1kg από σταθμά).
- Ηλεκτρικός χρονομετρητής.
- Δίσκος καρμπόν (διαμέτρου 5cm.).
- Δύο μπαταρίες των 1,5V (αλκαλικές μεγέθους D).
- Χαρτοταινία (πλάτους 13mm.).
- Σφικκτήρας τύπου G.
- Κολλητική ταινία (σελοτέηπ).
- Κανόνας (χάρακας) θαθμονομημένος.
- Μοιρογνωμόνιο.
- Δυναμόμετρο.
- Ζυγός.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Πραγματοποιήστε τη διάταξη της εικόνας 3α.2.

2. Μετρήστε με το δυναμόμετρο το βάρος του αμαξιδίου και σημειώστε την τιμή του.

3. Στερεώστε το σύνδεσμο αρκετά χαμηλά στη ράβδο, ώστε το κεκλιμένο επίπεδο να σχηματίζει με το οριζόντιο επίπεδο μικρή γωνία φ (από 15° έως 20°). Μετρήστε



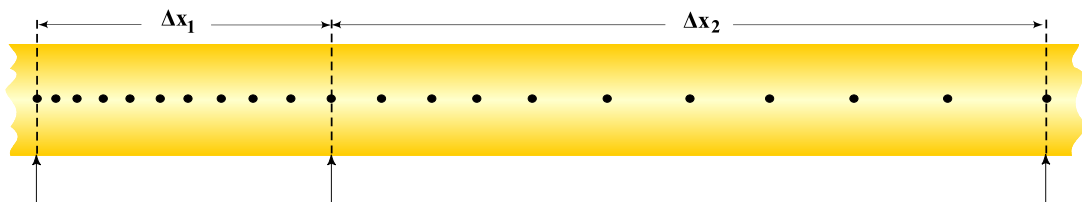
Εικόνα 3α.2

με το μοιρογνώνιο τη γωνία φ και γράψτε την τιμή της στην στήλη 1 του ΠΙΝΑΚΑ 1. Βρείτε το ημίτονο της γωνίας αυτής από τους πίνακες τριγωνομετρικών αριθμών και γράψτε την τιμή του στην στήλη 2 του ίδιου ΠΙΝΑΚΑ. Υπολογίστε έπειτα την τιμή της δύναμης από την εξίσωση $F=B \cdot \eta \mu \varphi$. Καταχωρήστε την τιμή της στην στήλη 3.

4. Περάστε μία χαρτοταινία μήκους 1m μέσα από τους δύο οδηγούς του χρονομετρητή. Φροντίστε, ώστε η χαρτοταινία να περάσει κάτω από τη μελανωμένη όψη του δίσκου καρμπόν. Κολλήστε με σελοτέηπ τη μία άκρη της χαρτοταινίας στην πίσω άκρη του αμαξιδίου.

5. Στρέψτε τον διακόπτη του χρονομετρητή, ώστε να τεθεί σε λειτουργία. Συγχρόνως, αφήστε το αμαξίδιο να κινηθεί. Μόλις το αμαξίδιο φτάσει στο εμπόδιο, στην κάτω άκρη του κεκλιμένου επιπέδου, διακόψτε τη λειτουργία του χρονομετρητή. Αφαιρέστε έπειτα την ταινία.

6. Επιλέξτε μία περιοχή της χαρτοταινίας στην οποία οι κουκίδες είναι αρκετά αραιές. Σημειώστε μία κουκίδα και ονομάστε την κουκίδα μηδέν. Απαριθμήστε έπειτα τις επόμενες δέκα κουκίδες και σημειώστε τη δέκατη κουκίδα. Απαριθμήστε τις επόμενες δέκα κουκίδες και σημειώστε την εικοστή κουκίδα (Εικ. 3α.3).



Εικόνα 3α.3

Μετρήστε το μήκος καθενός από τα δύο τμήματα της χαρτοταινίας που σημειώσατε. Κάθε τμήμα αντιστοιχεί σε μετατόπιση του αμαξιδίου σε χρόνο 0,2s (δέκα “τικ”). Συμπληρώστε έτσι τη στήλη 6 του ΠΙΝΑΚΑ 1.

Υπολογίστε από την εξίσωση $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ τη μέση ταχύτητα και συμπληρώστε τη στήλη 7 του ίδιου ΠΙΝΑΚΑ. Βρείτε τη διαφορά των μέσων ταχυτήτων και γράψτε την τιμή της στην στήλη 8.

Υπολογίστε από την εξίσωση $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ την επιτάχυνση και γράψτε την τιμή της στην στήλη 9. Εκφράστε την τιμή της επιτάχυνσης σε $\frac{m}{s}$ και γράψτε την στην στήλη 10.

Προτείνετε έναν άλλο τρόπο υπολογισμού της επιτάχυνσης του αμαξιδίου με χρησιμοποίηση της χαρτοταινίας χωρίς να υπολογίσετε ενδιάμεσα τις ταχύτητες.

7. Επαναλάβετε τα δήματα 3, 4, 5 και 6 για γωνία περίπου 30° και για γωνία περίπου 40° . Συμπληρώστε έτσι τον ΠΙΝΑΚΑ 2 και τον ΠΙΝΑΚΑ 3.

8. Καταχωρίστε στον ΠΙΝΑΚΑ 4 τα ζεύγη τιμών της δύναμης και της επιτάχυνσης (που βρίσκονται στους ΠΙΝΑΚΕΣ 1, 2 και 3).

9. Με βάση τις τιμές του ΠΙΝΑΚΑ 4, κατασκευάστε το διάγραμμα της σχέσης μεταξύ δύναμης και επιτάχυνσης. Φροντίστε, ώστε η ευθεία που θα φέρετε από την αρχή των αξόνων να περνά ανάμεσα από τα σημεία και να τα προσεγγίζει όσο το δυνατόν καλύτερα.

10. Υπολογίστε την κλίση της ευθείας και από αυτήν τη μάζα του αμαξιδίου (μάζα αδράνειας).

11. Βρείτε με τη βοήθεια του ζυγού τη μάζα του αμαξιδίου (μάζα βαρύτητας).

12. Συγκρίνετε τη μάζα αδράνειας με τη μάζα βαρύτητας. Τι διαπιστώνετε; (μέσα στα όρια των πειραματικών σφαλμάτων).

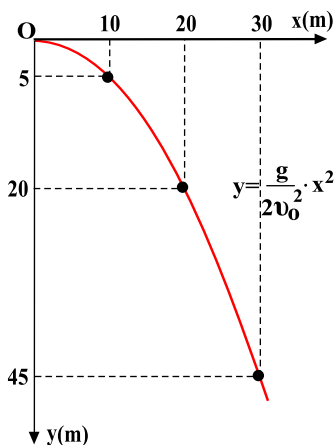
4. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΒΟΛΗΣ

ΣΤΟΧΟΙ

Στόχοι αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι:

- Να μελετήσετε την οριζόντια βολή αντικειμένου ως σύνθετη κίνηση, η οποία προκύπτει από τη σύνθεση δύο απλών κινήσεων, μιας οριζόντιας και μιας κατακόρυφης.
- Να διαπιστώσετε ότι οι απλές κινήσεις που συνιστούν μία σύνθετη κίνηση, γίνονται ταυτόχρονα και είναι ανεξάρτητες η μία από την άλλη (δηλαδή δεν επηρεάζεται η μία από την άλλη).
- Να προσδιορίσετε την επιτάχυνση g της βαρύτητας.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ



Εικόνα 4.1

A. Όταν ένα αντικείμενο εκτοξεύεται από κάποιο ύψος οριζόντια, κάνει σύνθετη κίνηση. Επειδή κατά την οριζόντια διεύθυνση δεν ασκείται καμία δύναμη, το αντικείμενο κινείται ευθύγραμμα και ομαλά με ταχύτητα v_0 , δηλαδή με την αρχική ταχύτητα εκτόξευσης. Συγχρόνως, το αντικείμενο πέφτει ελεύθερα κατά την κατακόρυφη διεύθυνση υπό την επίδραση του βάρους του.

Αν επιλέξουμε το κατάλληλο σύστημα συντεταγμένων, οι εξισώσεις που μας δίνουν τη θέση του αντικειμένου σε κάθε χρονική στιγμή, είναι:

$$x = v_0 t \quad \text{και} \quad y = \frac{1}{2} g t^2$$

όπου g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας (Εικ. 4.1).

Με απαλοιφή του χρόνου t από τις εξισώσεις αυτές προκύπτει η εξίσωση της τροχιάς

$$y = \frac{g}{2 v_0^2} x^2$$

Η εξίσωση αυτή γράφεται και ως εξής:

$$\frac{y}{x} = \frac{g}{2 v_0^2} x$$

Αν το $\frac{y}{x}$ θεωρηθεί ως η εξαρτημένη μεταβλητή, τότε η γραφική παράσταση της τελευταίας σχέσης είναι ευθεία γραμμή.

B. Μία μέθοδος για τη μελέτη των κινήσεων είναι η πολλαπλή φωτογράφιση με αναλαμπές (φλας). Σε κάθε αναλαμπή, καταγράφεται επάνω στο φωτογραφικό φιλμ, σε διαφορετικές θέσεις η εικόνα του αντικειμένου. Για περισσότερες λεπτομέρειες, διαβάστε από την εισαγωγή του Εργαστηριακού Οδηγού την παράγραφο 7.2.

ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

- Στροβοσκόπιο.
- Φωτογραφική μηχανή σε τρίποδο.
- Δύο λευκές σφαίρες (λ.χ. μπάλες του γκολφ).
- Μηχανισμός εκτίναξης της σφαίρας.
- Δύο ορθοστάτες.
- Νήμα της στάθμης.
- Λαβίδα.
- Κανόνας βαθμολογημένος, μήκους 1m.
- Ορειχάλκινοι δακτύλιοι με άγκιστρο.
- Νήμα (σπάγγος) λευκό.
- Γνώμονας (τρίγωνο) διαφανής.
- Ημιδιαφανές χαρτί σχεδίασης (λ.χ. ριζόχαρτο).
- Χιλιοστομετρικό χαρτί (μιλιμετρέ).
- Κολλητική ταινία (σελοτέπ).

Σημείωση:

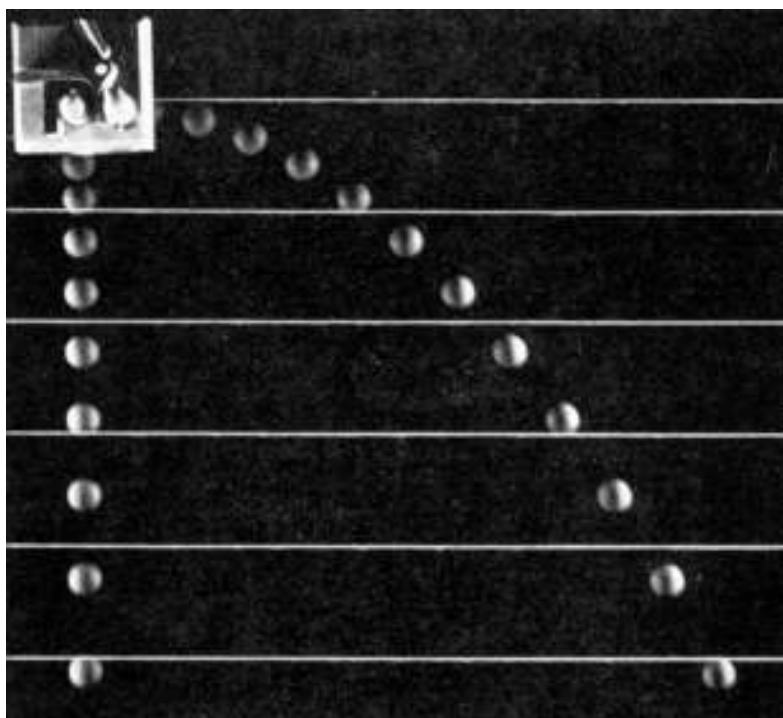
Στην άσκηση αυτή, δεν θα πραγματοποιήσετε πολλαπλή φωτογράφιση κινούμενου αντικειμένου. Θα μελετήσετε την οριζόντια βολή από έτοιμη φωτογραφία πολλαπλής λήψης.

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

(ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ).

1. Παρατηρήστε τη φωτογραφία (Εικ. 4.2) της πολλαπλής φωτογράφισης δύο όμοιων σφαιρών.

Η μία σφαίρα εκτινάσσεται σε οριζόντια κατεύθυνση με



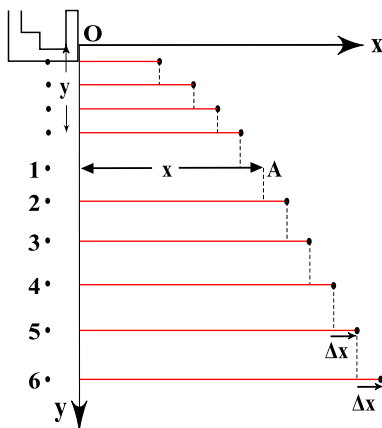
Εικόνα 4.2

ταχύτητα $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ κατά την ίδια στιγμή που η άλλη αφήνεται να πέσει. Το διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών αναλαμπών (φωτογραφήσεων) είναι $\frac{1}{30}$ του δευτερολέπτου. Οι λευκές γραμμές είναι μία σειρά παράλληλων (οριζόντιων) νημάτων. Το κάθε νήμα απέχει από το γειτονικό του απόσταση 15cm.

Μετρήστε στη φωτογραφία την απόσταση δύο διαδοχικών νημάτων σε mm. Ποια είναι η κλίμακα της φωτογράφισης, δηλαδή πόση πραγματική απόσταση αντιστοιχεί σε απόσταση 1mm επάνω στη φωτογραφία;

2. Τι είδους κίνηση κάνει η σφαίρα που αφήνεται ελεύθερη, αν θεωρήσουμε την αντίσταση του αέρα αμελητέα; Ποια είναι η αιτία της κίνησής της;

Η σφαίρα που εκτοξεύεται, εκτός από την οριζόντια κίνηση κάνει και κατακόρυφη κίνηση προς τα κάτω με την επίδραση του βάρους της. Παρατηρώντας τη φωτογραφία, τι διαπιστώνετε; Οι κατακόρυφες κινήσεις των δύο σφαιρών είναι εντελώς όμοιες ή όχι; Η πτώση της σφαίρας που εκτοξεύτηκε οριζόντια, γίνεται όπως η πτώση της σφαίρας που αφέθηκε ελεύθερη; Δηλαδή η πτώση της επηρεάζεται ή όχι από την οριζόντια κίνησή της;



Εικόνα 4.3

3. Στερεώστε με σελοτέπ επάνω στη φωτογραφία ένα ημιδιαφανές χαρτί. Σημειώστε επάνω στο ημιδιαφανές χαρτί με τελείες (κονκίδες) τα κέντρα των διαδοχικών εικόνων (ειδώλων) των δύο σφαιρών. Οι διαδοχικές θέσεις (κονκίδες) της σφαίρας που αφέθηκε ελεύθερη καθορίζουν την κατεύθυνση της κατακόρυφης. Φέρετε από το σημείο εκτίναξης O της άλλης σφαίρας τον κατακόρυφο άξονα Oy (δηλαδή τον παράλληλο προς την τροχιά της σφαίρας που αφέθηκε ελεύθερη). Φέρετε επίσης, τον οριζόντιο άξονα Ox (Εικ. 4.3).

Από κάθε θέση της σφαίρας που εκτοξεύτηκε φέρετε οριζόντια ευθεία μέχρι τον άξονα Oy. Αγνοήστε τις τρεις πρώτες θέσεις. (Η κάθε οριζόντια ευθεία προσδιορίζεται από τις αντίστοιχες θέσεις των δύο σφαιρών). Συγκρίνετε έπειτα τις οριζόντιες μετατοπίσεις Δx της σφαίρας από κάθε θέση στην αμέσως επόμενη (δηλαδή από κάθε κονκίδα στην αμέσως επόμενη). Τι διαπιστώνετε; Τι είδους κίνηση κάνει κατά την οριζόντια κατεύθυνση η σφαίρα αυτή; Δικαιολογήστε, γιατί κάνει αυτού του είδους την κίνηση. Επηρεάζει την οριζόντια κίνηση της σφαίρας η ύπαρξη της κατακόρυφης δύναμης;

4. Υπολογίστε την ταχύτητα κατά την οριζόντια κατεύθυνση της σφαίρας που εκτοξεύτηκε, αφού προηγουμένως μετρήσετε με το χάρακα (ή το τρίγωνο) την οριζόντια μετατόπιση Δx . Είναι γνωστό, πόση πραγματική απόσταση αντιστοιχεί σε

απόσταση 1mm επάνω στη φωτογραφία (διαδικασία 1). Επίσης, είναι γνωστός και ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχι-

κών θέσεων - φωτογραφήσεων της σφαίρας $\left(\frac{1}{30}\text{ s}\right)$.

Πώς εξηγείται η (πιθανή) διαφορά μεταξύ της τιμής που βρήκατε και της τιμής που έχει δοθεί στη διαδικασία 1; Πώς θα μπορούσατε να περιορίσετε το σφάλμα;

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ

5. Για κάθε μία από τις έξι τελευταίες θέσεις - φωτογραφήσεις της σφαίρας που εκτοξεύτηκε, μετρήστε με το χάρακα (ή το τρίγωνο) τις συντεταγμένες x και y . Συμπληρώστε έτσι τις στήλες α και β του ΠΙΝΑΚΑ 1. Μετατρέψτε έπειτα τις τιμές των συντεταγμένων σε πραγματικές τιμές, με βάση την κλίμακα φωτογράφισης. Συμπληρώστε έτσι τις στήλες γ και δ του ΠΙΝΑΚΑ 1. Υπολογίστε κατόπιν το πηλίκον $\frac{y}{x}$ για κάθε θέση - φωτογράφιση της σφαίρας.

Συμπληρώστε έτσι την στήλη ϵ του ίδιου ΠΙΝΑΚΑ.

6. Με βάση τις τιμές των στηλών γ και ϵ , κατασκευάστε τη γραφική παράσταση της $\frac{y}{x} = f(x)$. Υπολογίστε την κλίση της γραμμής, η οποία είναι ευθεία. Η κλίση της ευθείας αυτής σας δίνει την τιμή του $\frac{g}{2v_0^2}$.

Γνωρίζοντας την τιμή της ταχύτητας $v_0 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ υπολογίστε την επιτάχυνση g της βαρύτητας.

5. ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΥ ΔΥΝΑΜΗΣ

ΣΤΟΧΟΙ

Οι στόχοι αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι:

- Να επαληθεύσετε το νόμο της κεντρομόλου δύναμης

$$F = m \frac{v^2}{R}.$$

- Να εξοικειωθείτε με τη μέθοδο μελέτης φαινομένων με πολλές μεταβλητές.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

A. Ένα κινητό που κάνει κυκλική ομαλή κίνηση έχει γραμμική ταχύτητα v με σταθερό μέτρο

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

όπου R η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς και T η περίοδος.

Περίοδος ονομάζεται ο χρόνος που απαιτείται για να διαγράψει το κινητό ένα κύκλο. Η κυκλική κίνηση σώματος με γραμμική ταχύτητα σταθερού μέτρου είναι επιταχυνόμενη κίνηση με επιτάχυνση

$$a = \frac{v^2}{R}.$$

Σύμφωνα με το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, το μέτρο της δύναμης, που απαιτείται για να διατηρηθεί αυτή η κυκλική κίνηση, είναι

$$F = m \frac{v^2}{R}$$

$$\text{ή } F = m \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

Η δύναμη αυτή κατευθύνεται διαρκώς προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς και ονομάζεται **κεντρομόλος δύναμη**.

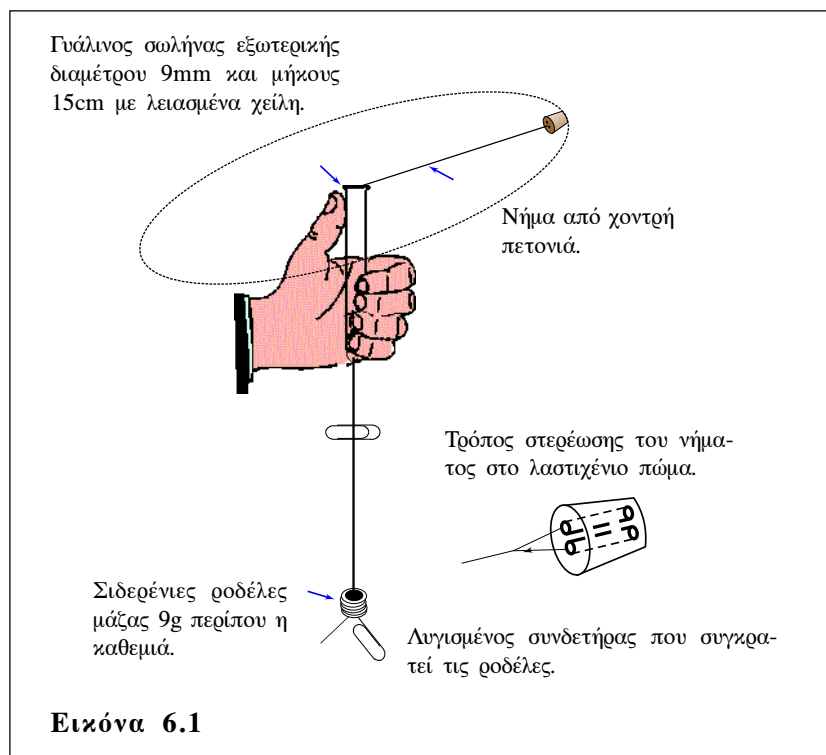
B. Από την τελευταία σχέση (νόμος της κεντρομόλου δύναμης) φαίνεται ότι το μέτρο της κεντρομόλου δύναμης εξαρτάται από τρεις παράγοντες (μεταβλητές): τη μάζα, την περίοδο και την ακτίνα της τροχιάς. Για να μελετήσουμε πειραματικά το νόμο, συσχετίζουμε δύο παράγοντες, διατηρώντας τους άλλους δύο σταθερούς.

Για να βρούμε τη σχέση μεταξύ των R και T διατηρούμε τα m και F σταθερά.

Για να βρούμε τη σχέση μεταξύ των F και T διατηρούμε τα m και R σταθερά.

Για να βρούμε τη σχέση μεταξύ των m και T διατηρούμε τα F και R σταθερά.

Γ. Η πειραματική διάταξη που θα χρησιμοποιήσετε φαίνεται στην εικόνα 6.1.



Ο σωλήνας κινείται διατηρώντας κατακόρυφη κατεύθυνση και διαγράφοντας πολύ μικρό κύκλο. Το ελαστικό πώμα που είναι δεμένο στην άκρη του νήματος περιφέρεται σε οριζόντια κυκλική τροχιά. Το νήμα περνά μέσα από το σωλήνα και συγκρατείται με μερικές σιδερένιες ροδέλες που είναι τοποθετημένες στην κάτω άκρη του. Το βάρος των ροδελών που ασκείται μέσω του νήματος στο πώμα παίζει το ρόλο της κεντρομόλου δύναμης.

ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

- Σωλήνας γυάλινος (εξωτερικής διαμέτρου 9mm και μήκους 15cm) με προσεκτικά λειασμένα χείλη σε φλόγα (ή και μεταλλικός).
- Νήμα νάυλον ψαρέματος (από χοντρή πετονιά) μήκους 120cm περίπου.
- Δύο όμοια λαστιχένια πώματα με δύο τρύπες.
- 24 ροδέλες σιδερένιες, μάζας 9 έως 10g περίπου η καθεμιά.
- Συνδετήρες.
- Κανόνας δαθμολογημένος (μήκους 1m) ή πτυσσόμενο μέτρο.

ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

- Οι δυνάμεις είναι τέτοιες, ώστε ο γυάλινος σωλήνας δεν θα σπάσει, εκτός αν υπάρχουν ελαττώματα στο γυαλί.

Για να εξαλείψετε τους κινδύνους τραυματισμού σε μια τέτοια περίπτωση, τυλίξτε το σωλήνα με ταινία (σελοτέηπ).

- Κατά την εκτέλεση του πειράματος, φροντίστε ώστε το περιφερόμενο πώμα της ομάδας σας να βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη των 2m από το περιφερόμενο πώμα άλλης ομάδας. Αν το εργαστήριο είναι πολύ μικρό, το πείραμα θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί στο γυμναστήριο ή στο ύπαιθρο.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Πραγματοποιήστε τη διάταξη της εικόνας 6.1.

Φροντίστε, ώστε να υπάρχει αρκετό νήμα από το επάνω μέρος του σωλήνα για ακτίνα κυκλικής τροχιάς έως 1m περίπου. Πάρτε την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς ίση με 80cm μετρώντας από το κέντρο του πώματος μέχρι το επάνω χείλος του σωλήνα (κέντρο της κυκλικής τροχιάς). Για να κρατήσετε την ακτίνα αυτή σταθερή, χρησιμοποιήστε έναν συνδετήρα ως δείκτη, περνώντας τον στο νήμα και πολύ κοντά στο άκρο του σωλήνα. Συγκρατήστε, με τη βοήθεια συνδετήρα, έξι (ή περισσότερες) ροδέλες στην άκρη του νήματος, για να δημιουργήσετε την απαραίτητη κεντρομόλο δύναμη.

Πριν αρχίσετε τις μετρήσεις, εξασκηθείτε θέτοντας το πώμα σε ομαλή κυκλική κίνηση σε οριζόντιο επίπεδο. Σταθήτε σε μια ελεύθερη περιοχή. Κρατήστε το σωλήνα με το ένα χέρι. Θέστε σε κυκλική οριζόντια κίνηση επάνω από το κεφάλι σας το πώμα. Για το σκοπό αυτό κινήστε το σωλήνα, διατηρώντας τον κατακόρυφο, έτσι ώστε το επάνω χείλος του να διαγράφει περιφέρεια κύκλου πολύ μικρής ακτίνας (λ.χ. 2cm). Φροντίστε, ώστε ο δείκτης - συνδετήρας να είναι πολύ κοντά στο κάτω άκρο του σωλήνα, αλλά να μην ακουμπά επάνω του.

2. Τοποθετήστε τον δείκτη - συνδετήρα πολύ κοντά στο κάτω άκρο του σωλήνα, ώστε η ακτίνα της τροχιάς να είναι 80cm. Έχοντας 6 ροδέλες κρεμασμένες στο νήμα, θέστε το πώμα σε κυκλική κίνηση. Μετρήστε το χρόνο 20 περιφορών και υπολογίστε την περίοδο.

Για το σκοπό αυτό, ένα μέλος της ομάδας σας προκαλεί την κυκλική κίνηση του πώματος επάνω από το κεφάλι του. Ένα δεύτερο μέλος της ομάδας χρησιμοποιεί το χρονόμετρο μηδενίζοντας το χρόνο, όταν ένα τρίτο που μετρά τον αριθμό περιφορών απαγγέλει το “μηδέν”. Από την περίοδο υπο-

λογίστε το αντίστροφο του τετραγώνου της περιόδου $\left(\frac{1}{T^2}\right)$.

Συμπληρώστε έτσι την πρώτη γραμμή του ΠΙΝΑΚΑ 1.

Επαναλάβετε το πείραμα για την ίδια μάζα και την ίδια ακτίνα τροχιάς αλλά με διπλάσιο αριθμό ροδελών

(12). Συμπληρώστε τη δεύτερη γραμμή του ίδιου ΠΙΝΑΚΑ.

Συγκρίνετε τις αντίστοιχες τιμές δύναμης και αντιστρόφου τετραγώνου της περιόδου. Τι διαπιστώνετε;

3. Επαναλάβετε το πείραμα για την ίδια μάζα (μάζα πώματος) και για την ίδια δύναμη (βάρος 12 ροδελών) με ακτίνα τροχιάς 40cm. Υπολογίστε το τετράγωνο της περιόδου. Συμπληρώστε την πρώτη γραμμή του ΠΙΝΑΚΑ 2.

Συμπληρώστε τη δεύτερη γραμμή του ΠΙΝΑΚΑ 2 από τις μετρήσεις σας του ερωτήματος 2, για διπλάσια ακτίνα τροχιάς (80cm) και ίδια μάζα. Συγκρίνετε τις αντίστοιχες τιμές ακτίνας τροχιάς και τετραγώνου της περιόδου. Τι διαπιστώνετε;

4. Συμπληρώστε την πρώτη γραμμή του ΠΙΝΑΚΑ 3 από τις μετρήσεις που πραγματοποιήσατε στο ερώτημα 2, για την ίδια μάζα (12 ροδέλες) και ακτίνα 80cm.

Δέσετε το δεύτερο πώμα στο πρώτο, ώστε να αποτελούν ένα σώμα με διπλάσια μάζα αλλά με την ίδια κεντρομόλο δύναμη (βάρος 12 ροδελών) και για την ίδια ακτίνα τροχιάς (80cm). Συμπληρώστε τη δεύτερη γραμμή του ΠΙΝΑΚΑ 3. Συγκρίνετε τις αντίστοιχες τιμές μάζας και τετραγώνου της περιόδου. Τι διαπιστώνετε;

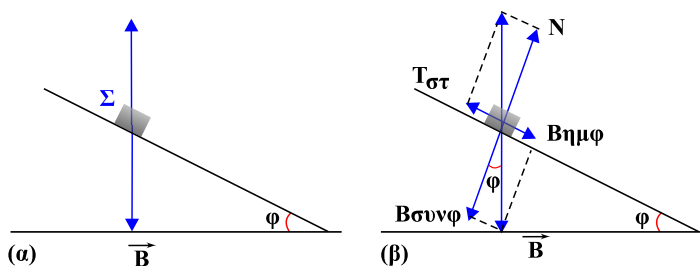
6. ΤΡΙΒΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

ΣΤΟΧΟΙ

- Οι στόχοι αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι:
- Να υπολογίσετε το συντελεστή τριβής ολίσθησης κατά την ολίσθηση σώματος σε κεκλιμένο επίπεδο.
 - Να υπολογίσετε τη δύναμη τριβής ολίσθησης.
 - Να υπολογίσετε το έργο της τριβής ολίσθησης.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

Α. Ένα σώμα Σ βρίσκεται πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο, εικόνα 7.1α. Εφ' όσον η γωνία φ είναι αρκετά μικρή, το σώμα ηρεμεί (ισορροπεί). Επάνω στο σώμα Σ ασκούνται δύο δυνάμεις: το βάρος του και η δύναμη από το κεκλιμένο επίπεδο.



Εικόνα 7.1

Αναλύουμε τις δυνάμεις αυτές σε συνιστώσες κατά τη διεύθυνση του κεκλιμένου επιπέδου και κατά την κάθετη προς αυτό (Εικ. 7.1.β).

Θα έχουμε τότε:

$$N = B \cos \varphi$$

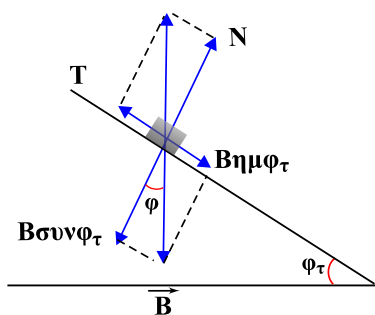
$$\text{και } T_{\text{στ}} = B \sin \varphi.$$

Η συνιστώσα $T_{\text{στ}}$ της δύναμης του κεκλιμένου επιπέδου ονομάζεται **στατική τριβή**. Η στατική τριβή εξουδετερώνει τη συνιστώσα $B \sin \varphi$ του βάρους και δεν επιτρέπει στο σώμα να ολισθήσει προς τα κάτω.

Β. Αν αρχίσουμε να αυξάνουμε προοδευτικά τη γωνία φ του κεκλιμένου επιπέδου, τότε για κάποια τιμή της φ_{τ} το σώμα μόλις αρχίζει να ολισθαίνει και κινείται με περίπου **σταθερή ταχύτητα**. Η γωνία αυτή ονομάζεται **γωνία τριβής**. Η δύναμη της τριβής στην περίπτωση αυτή ονομάζεται **τριβή ολίσθησης** (Εικ. 7.2).

Όταν λοιπόν η γωνία του κεκλιμένου επιπέδου είναι ίση με τη γωνία τριβής, τότε θα ισχύει:

$$T = B \sin \varphi_{\tau}.$$



Εικόνα 7.2

Αλλά $T = \mu N$, όπου μ είναι ο συντελεστής τριβής ολίσθησης.

Άρα, $\mu N = B \eta \mu \varphi_\tau$ ή

$\mu B \sigma \nu \varphi_\tau = B \eta \mu \varphi_\tau$ ή

$\mu \sigma \nu \varphi_\tau = \eta \mu \varphi_\tau$

και τελικά $\mu = \epsilon \varphi \varphi_\tau$ όπου φ_τ η γωνία τριβής.

Η τριβή ολίσθησης βρίσκεται από την εξίσωση

$$T = B \eta \mu \varphi_\tau = m g \eta \mu \varphi_\tau.$$

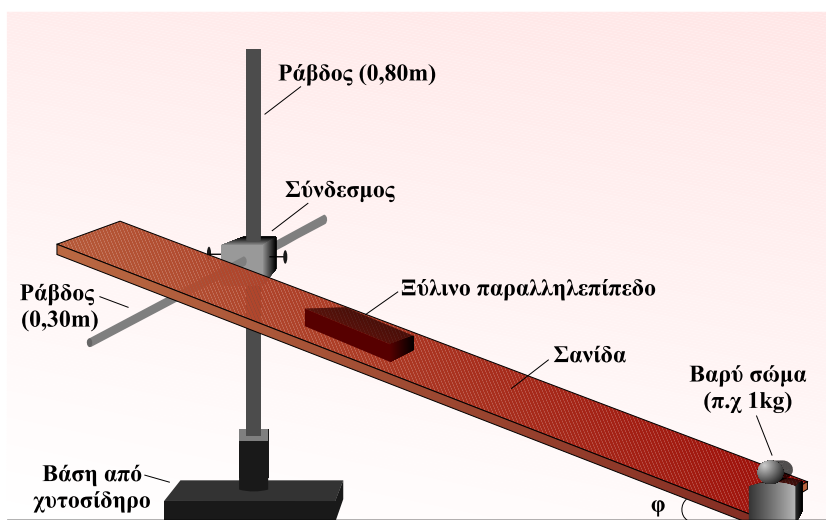
Το έργο της τριβής είναι $W = Ts$.

ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

- Σανίδα (μήκους 80cm και πλάτους 10cm περίπου) ή τριδόμετρο.
- Ξύλινο παραλληλεπίπεδο (διαστάσεων περίπου 7cm x 5cm x 1cm).
- Βάση από χυτοσίδηρο (παραλληλόγραμμη).
- Ράβδος μεταλλική (0,80m).
- Ράβδος μεταλλική (0,30m).
- Απλός σύνδεσμος (σταυρός).
- Μέτρο πτυσσόμενο.
- Μοιρογνωμόνιο.
- Ζυγός.
- Βαρύ σώμα (λ.χ. δάση από χυτοσίδηρο, βαρύ διδύο, δαρίδι του 1kg από σταθμά).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Πραγματοποιήστε τη διάταξη της εικόνας 7.3.



Εικόνα 7.3

2. Στερεώστε το σύνδεσμο αρκετά χαμηλά στη ράβδο, κοντά στη χυτοσιδερένια δάση, ώστε το κεκλιμένο επίπεδο που σχηματίζει η σανίδα να έχει πολύ μικρή κλίση.

Τοποθετήστε έπειτα το ξύλινο παραλληλεπίπεδο επάνω στο κεκλιμένο επίπεδο. Παρατηρείτε, τότε, ότι το ξύλινο σώμα ισορροπεί. Ποια είναι στην περίπτωση αυτή η σχέση μεταξύ της γωνίας του κεκλιμένου επιπέδου και της θεωρητικής τιμής για τη γωνία τριβής;

3. Χαλαρώστε τον σύνδεσμο και κρατώντας τον, αρχίστε να τον ανυψώνετε σιγά σιγά. Κατά τη διαδικασία αυτή, η άκρη της σανίδας που ακουμπά στο τραπέζι, μένει στην ίδια θέση χάρη στο βαρύ σώμα.

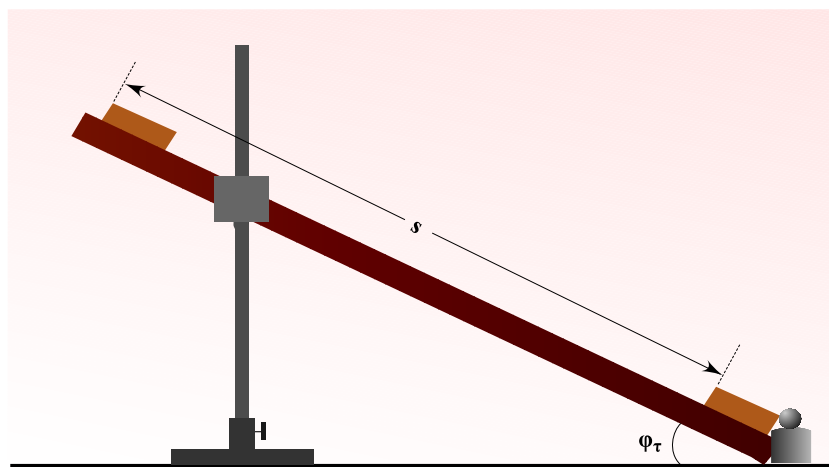
Με την ανύψωση του συνδέσμου, η γωνία του κεκλιμένου επιπέδου με το οριζόντιο επίπεδο αυξάνεται. Για κάποια γωνία φ_r , το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ξεκινά με δυσκολία και αρχίζει να ολισθαίνει προς τα κάτω με (περίπου) σταθερή ταχύτητα. Στερεώστε στη θέση αυτή το σύνδεσμο.

Μετρήστε τη γωνία φ_r του κεκλιμένου επιπέδου, η οποία είναι η γωνία τριβής.

Από πίνακες τριγωνομετρικών αριθμών βρείτε την εφαπτομένη της γωνίας τριβής, δηλαδή τον συντελεστή τριβής ολίσθησης.

4. Ζυγίστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο και βρείτε τη μάζα του. Αν $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, υπολογίστε τη δύναμη της τριβής ολίσθησης.

5. Χωρίς να αλλάξετε την κλίση του κεκλιμένου επιπέδου, κρατήστε στο επάνω μέρος του το ξύλινο παραλληλεπίπεδο. Σημειώστε τη θέση εκκίνησης. Αφήστε έπειτα το ξύλινο σώμα να ολισθήσει επάνω στο κεκλιμένο επίπεδο. Σημειώστε και τη θέση στην οποία φθάνει. Μετρήστε τη μεταξύ τους απόσταση s (Εικ. 7.4).



Εικόνα 7.4

Από την εξίσωση ορισμού του έργου και από τη γνωστή ήδη τριβή ολίσθησης, υπολογίστε το έργο της τριβής.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΡΙΘΜΩΝ

Γωνία		ημ	συν	εφ	Γωνία		ημ	συν	εφ
Μοίρες	Ακτίνα				Μοίρες	Ακτίνα			
0	0,000	0,000	1,000	0,000					
1	0,017	0,018	1,000	0,018	46	0,803	0,719	0,695	1,036
2	0,035	0,035	0,999	0,036	47	0,820	0,731	0,682	1,072
3	0,052	0,052	0,999	0,052	48	0,838	0,743	0,669	1,111
4	0,070	0,070	0,998	0,070	49	0,855	0,755	0,656	1,150
5	0,087	0,087	0,996	0,088	50	0,873	0,766	0,643	1,192
6	0,105	0,105	0,995	0,105	51	0,890	0,777	0,629	1,235
7	0,122	0,122	0,993	0,123	52	0,908	0,788	0,616	1,280
8	0,140	0,139	0,990	0,141	53	0,925	0,799	0,602	1,327
9	0,157	0,156	0,988	0,158	54	0,942	0,809	0,588	1,376
10	0,175	0,174	0,985	0,176	55	0,960	0,819	0,574	1,428
11	0,192	0,191	0,982	0,194	56	0,977	0,829	0,559	1,483
12	0,209	0,208	0,978	0,213	57	0,995	0,839	0,545	1,540
13	0,227	0,225	0,974	0,231	58	1,012	0,848	0,530	1,600
14	0,244	0,242	0,970	0,249	59	1,030	0,857	0,515	1,664
15	0,262	0,259	0,966	0,268	60	1,047	0,866	0,500	1,732
16	0,279	0,276	0,961	0,287	61	1,065	0,875	0,485	1,804
17	0,297	0,292	0,956	0,306	62	1,082	0,883	0,470	1,881
18	0,314	0,309	0,951	0,325	63	1,100	0,891	0,454	1,963
19	0,332	0,326	0,946	0,344	64	1,117	0,899	0,438	2,050
20	0,349	0,342	0,940	0,364	65	1,134	0,906	0,423	2,145
21	0,367	0,358	0,934	0,384	66	1,152	0,914	0,407	2,246
22	0,384	0,375	0,927	0,404	67	1,169	0,921	0,391	2,356
23	0,401	0,391	0,921	0,425	68	1,187	0,927	0,375	2,475
24	0,419	0,407	0,914	0,445	69	1,204	0,934	0,358	2,605
25	0,436	0,423	0,906	0,466	70	1,222	0,940	0,342	2,747
26	0,454	0,438	0,899	0,488	71	1,239	0,946	0,326	2,904
27	0,471	0,454	0,891	0,510	72	1,257	0,951	0,309	3,078
28	0,489	0,470	0,883	0,532	73	1,274	0,956	0,292	3,271
29	0,506	0,485	0,875	0,554	74	1,292	0,961	0,276	3,487
30	0,524	0,500	0,866	0,577	75	1,309	0,966	0,259	3,732
31	0,541	0,515	0,857	0,601	76	1,326	0,970	0,242	4,011
32	0,559	0,530	0,848	0,625	77	1,344	0,974	0,225	4,331
33	0,576	0,545	0,839	0,649	78	1,361	0,978	0,208	4,705
34	0,593	0,559	0,829	0,675	79	1,319	0,982	0,191	5,145
35	0,611	0,574	0,819	0,700	80	1,396	0,985	0,174	5,671
36	0,628	0,588	0,809	0,727	81	1,414	0,988	0,156	6,314
37	0,646	0,602	0,799	0,754	82	1,431	0,990	0,139	7,115
38	0,663	0,616	0,788	0,781	83	1,449	0,993	0,122	8,144
39	0,681	0,629	0,777	0,810	84	1,466	0,995	0,105	9,514
40	0,698	0,643	0,766	0,839	85	1,484	0,996	0,087	11,43
41	0,716	0,658	0,755	0,869	86	1,501	0,998	0,070	14,30
42	0,733	0,669	0,743	0,900	87	1,518	0,999	0,052	19,08
43	0,751	0,682	0,731	0,933	88	1,536	0,999	0,035	28,64
44	0,768	0,695	0,719	0,966	89	1,553	1,000	0,018	57,29
45	0,785	0,707	0,707	1,000	90	1,571	1,000	0,000	∞

7. ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΠΤΩΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ

ΣΤΟΧΟΙ

Οι στόχοι αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι:

- Να μελετήσετε τις μεταβολές της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας σώματος κατά την ελεύθερη πτώση του, με βάση χρονοφωτογραφία (πολλαπλή φωτογράφιση).
- Να ελέγξετε αν η μηχανική ενέργεια (δηλαδή το άθροισμα της δυναμικής και της κινητικής ενέργειας) του σώματος διατηρείται σταθερή κατά την ελεύθερη πτώση του.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

A. Για να μελετήσουμε την ελεύθερη πτώση αντικειμένου, πραγματοποιούμε πολλαπλή φωτογράφησή του με αναλαμπές (φλας). Σε κάθε αναλαμπή, καταγράφεται επάνω σε φωτογραφικό φιλμ, σε διαφορετικές θέσεις η εικόνα του αντικειμένου. Για περισσότερες λεπτομέρειες, διαβάστε από την εισαγωγή του εργαστηριακού οδηγού την 7.2 για την εργαστηριακή μελέτη των κινήσεων.

B. Η βαρυτική δυναμική ενέργεια U αντικειμένου σε έναν τόπο με επιτάχυνση βαρύτητας g υπολογίζεται από την εξίσωση

$$U = mgh$$

όπου m η μάζα του αντικειμένου και h το ύψος του από κάποιο οριζόντιο επίπεδο, του οποίου τη δυναμική ενέργεια θεωρούμε ίση με μηδέν. Μπορούμε να πάρουμε ως οριζόντιο επίπεδο αναφοράς (επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας) την επιφάνεια ενός τραπεζιού, μία εξέδρα ή -συνηθέστερα- το έδαφος.

Η κινητική ενέργεια K αντικειμένου υπολογίζεται από την εξίσωση

$$K = \frac{1}{2} m v^2$$

όπου m είναι η μάζα του αντικειμένου και v η ταχύτητά του.

ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

- Στροβοσκόπιο.
- Φωτογραφική μηχανή σε τρίποδο.
- Φωτογραφικό φιλμ.
- Λευκή σφαίρα (λ.χ. μπίλια του μπιλιάρδου).
- Ορθοστάτης με λαβίδα.
- Κανόνας βαθμολογημένος (μήκους 1m).

- Υποδεκάμετρο διαφανές (βαθμολογημένος χάρακας) ή γνώμονας (τρίγωνο).
- Ζυγός.

Σημείωση:

Στην άσκηση αυτή, δεν θα πραγματοποιήσετε πολλαπλή φωτογράφιση. Θα μελετήσετε την ελεύθερη πτώση σφαίρας από έτοιμη φωτογραφία πολλαπλής λήψης.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

1. Παρατηρήστε τη φωτογραφία της πολλαπλής φωτογράφισης της σφαίρας κατά την ελεύθερη πτώση της (Εικ. 9.1).

Το κέντρο της σφαίρας στην αρχική της θέση συμπίπτει με τη χαραγή μηδέν του (κατακόρυφου) κανόνα. Στην εικόνα διακρίνονται δεκαπέντε θέσεις - φωτογραφήσεις της σφαίρας. Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών αναλαμπών (φωτογραφήσεων) είναι $\frac{1}{50}$ του δευτερολέπτου (0,02s).

2. Θεωρήστε ως επίπεδο αναφοράς (επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας) το οριζόντιο επίπεδο που περνά από τη χαραγή 45 του βαθμολογημένου κανόνα. Αν η σφαίρα που πέφτει (μπίλια μπιλιάρδου) έχει μάζα 173g, υπολογίστε τη δυναμική και την κινητική της ενέργεια στη θέση 1 (αρχική θέση ή θέση εκκίνησης).

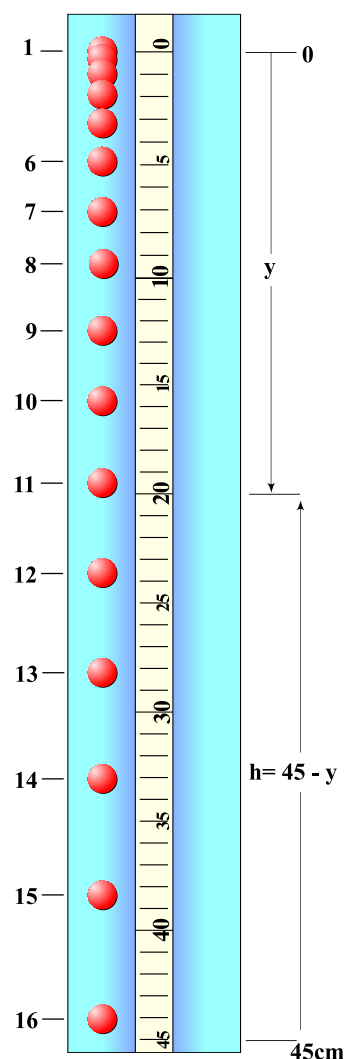
3. Με τη βοήθεια του διαφανούς χάρακα, προσδιορίστε τη χαραγή με την οποία συμπίπτει (αντιστοιχεί) το κέντρο της 10ης θέσης της σφαίρας. Προσέξτε, ώστε ο διαφανής χάρακας να είναι κάθετος στο βαθμολογημένο κανόνα της φωτογραφίας. Την τιμή της απόστασης που βρήκατε σε cm μετατρέψτε την σε m και γράψτε την στην στήλη 2 του ΠΙΝΑΚΑ 1.

Επαναλάβετε την ίδια εργασία και με τις υπόλοιπες θέσεις της σφαίρας (θέσεις 11, 12, 13, 14 και 15). Συμπληρώστε έτσι την στήλη 2 του ΠΙΝΑΚΑ 1.

4. Υπολογίστε τη μετατόπιση της σφαίρας από τη θέση 10 στη θέση 11, αφαιρώντας τις αντίστοιχες αποστάσεις από τη θέση εκκίνησης. Ομοίως, υπολογίστε τις υπόλοιπες μετατοπίσεις (από τη θέση 11 στη θέση 12, από τη θέση 12 στη θέση 13 κ.ο.κ.). Συμπληρώστε την στήλη 3 του ΠΙΝΑΚΑ 1.

5. Υπολογίστε τη (μέση) ταχύτητα της σφαίρας για κάθε μία από τις μετατοπίσεις, σύμφωνα με την εξίσωση $v = \frac{\Delta y}{\Delta t}$. Συμπληρώστε την στήλη 5 του ΠΙΝΑΚΑ 1.

6. Υπολογίστε τα τετράγωνα των ταχυτήτων. Συμπληρώστε την στήλη 6.



Εικόνα 9.1

7. Υπολογίστε την κινητική ενέργεια της σφαίρας, σύμφωνα με την εξίσωση $K = \frac{1}{2} m v^2$. Έχετε ως δεδομένο, ότι η μάζα της σφαίρας (μπιλιάρδου) είναι $m=0,173\text{kg}$. Συμπληρώστε την στήλη 7 του ΠΙΝΑΚΑ 1.

8. Υπολογίστε το αντίστοιχο ύψος h της σφαίρας από το επίπεδο αναφοράς (χαραγή 45) του βαθμολογημένου κανόνα για τις θέσεις 11, 12, 13, 14 και 15. Μετατρέψτε τις τιμές από cm σε m. Συμπληρώστε την στήλη 8.

9. Υπολογίστε τη βαρυτική δυναμική ενέργεια της σφαίρας για τις θέσεις 11, 12, 13, 14 και 15 και για το ίδιο επίπεδο αναφοράς (χαραγή 45) από την εξίσωση $U=mgh$.

Δίνονται οι τιμές $m=0,173\text{kg}$ και $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Συμπληρώστε την στήλη 9 του ΠΙΝΑΚΑ 1.

10. Υπολογίστε τις τιμές της μηχανικής ενέργειας της σφαίρας προσθέτοντας τις αντίστοιχες τιμές της κινητικής (στήλη 7) και της δυναμικής (στήλη 9) ενέργειάς της.

Τι παρατηρείτε; Πού οφείλονται οι πάρα πολύ μικρές διαφορές (περίπου 2%) μεταξύ των τιμών της στήλης 10 του ΠΙΝΑΚΑ 1;

Μπορείτε να ισχυριστείτε, ότι (μέσα στα όρια των σφαλμάτων των πειραματικών μετρήσεων) η μηχανική ενέργεια της σφαίρας παραμένει σταθερή κατά την πτώση της;

11. Πώς από τις τιμές της στήλης 10 του ΠΙΝΑΚΑ 1 μπορείτε να προσεγγίσετε την πραγματική τιμή της μηχανικής ενέργειας της σφαίρας; Προσδιορίστε την προσεγγιστική αυτή τιμή της μηχανικής ενέργειας.

8. ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΣΕ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

ΣΤΟΧΟΙ

Οι στόχοι αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι:

- Να διαπιστώσετε πειραματικά τη μετατροπή μηχανικής ενέργειας σε θερμότητα μέσω έργου τριβής.
- Να διαπιστώσετε ότι η ποσότητα θερμότητας (σε cal) που παράγεται κατά την τριβή είναι ανάλογη με το έργο τριβής (σε Joule).
- Να βρείτε τη σχέση μεταξύ Joule και cal (μηχανικό ισοδύναμο της θερμίδας).

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

A. Το έργο W της τριβής F για μετατόπιση s (κατά τη διεύθυνση της τριβής) υπολογίζεται από την εξίσωση

$$W = Fs.$$

Μονάδα έργου είναι το 1J (Joule)=1Nm. Δηλαδή είναι το έργο που πραγματοποιεί δύναμη 1N (Newton) για μετατόπιση κατά τη διεύθυνσή της ίση με 1m.

B. Η θερμότητα Q που απορροφά ένα σώμα είναι ανάλογη με τη μάζα του m , ανάλογη με τη μεταβολή της θερμοκρασίας $\Delta\theta$ και εξαρτάται από το υλικό του σώματος.

Ισχύει δηλαδή η εξίσωση

$$Q = cm\Delta\theta$$

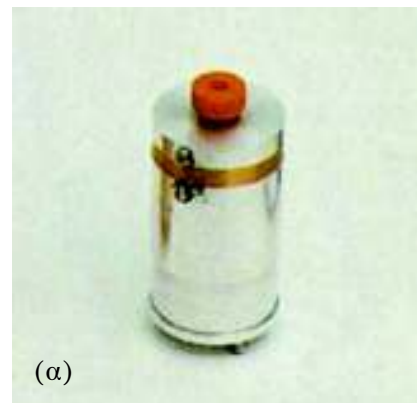
όπου ο συντελεστής c έχει ορισμένη τιμή για κάθε υλικό και ονομάζεται ειδική θερμότητα του υλικού.

Μονάδα θερμότητας είναι το 1J (Joule).

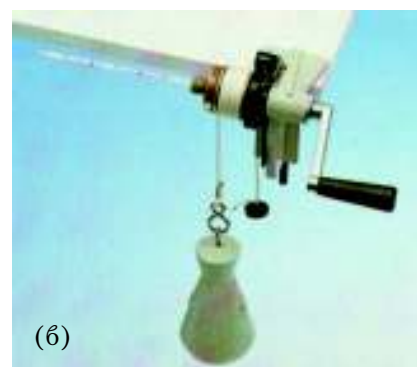
Συχνά χρησιμοποιείται ως μονάδα θερμότητας η θερμίδα (1cal). Μία θερμίδα είναι η ποσότητα θερμότητας που χρειάζεται 1g νερού για να αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά 1°C.

Γ. Η πειραματική διάταξη για τη μετατροπή μηχανικού έργου σε θερμότητα (και για την εύρεση της σχέσης μεταξύ Joule και θερμίδας) φαίνεται στην εικόνα 10.1.

Αποτελείται από ένα χάλκινο τύμπανο, εικόνα 10.1α, το οποίο παίζει το ρόλο θερμοδομέτρου. Το τύμπανο περιέχει ορισμένη ποσότητα νερού και είναι πωματισμένο με ελαστικό πώμα το οποίο φέρει ένα ευαίσθητο θερμόμετρο. Το τύμπανο μπορεί να περιστρέφεται με τη βοήθεια στροφάλλου, εικόνα 10.1β. Το χάλκινο συρματόσχοινο (ταινία) που περιτυλίσσει το τύμπανο, αρκετές φορές συνδέεται από τη μία άκρη του με σπειροειδές ελατήριο. Από την άλλη άκρη του συνδέεται με ένα βαρίδι μάζας 5kg (βάρους 49,05N). Αν περιστρέφεται το τύμπανο με τέτοια ταχύτητα, ώστε το ελατήριο να είναι ελάχιστα τεντωμένο (να έχει σχεδόν το φυσικό του μήκος), τότε όλο το βάρος του κρεμασμένου



(α)



(β)

Εικόνα 10.1

σώματος (49,05N) θα ασκείται στο τύμπανο κατά τη διεύθυνση της εφαπτομένης του. Επίσης, στην περίπτωση αυτή μπορούμε να πούμε, ότι το κρεμασμένο σώμα συγκρατείται από την τριβή που αναπτύσσεται μεταξύ της κυλινδρικής επιφάνειας και του χάλκινου συρματόσχοινου. Δηλαδή η δύναμη της τριβής αντισταθμίζει διαρκώς το βάρος του κρεμασμένου σώματος. Η κυρτή επιφάνεια του κυλίνδρου κινείται λοιπόν σε σχέση με το ακίνητο συρματόσχοινο με τέτοιο τρόπο ώστε να αναπτύσσεται δύναμη τριβής σταθερή σε κάθε περιστροφή και ίση με 49,05N.

Αν n είναι ο συνολικός αριθμός στροφών, s το μήκος της περιφέρειας του κυλίνδρου και F η δύναμη της τριβής, τότε το έργο της τριβής θα είναι

$$W = nsF \quad \text{ή} \quad W = n\pi dF$$

όπου d η διάμετρος του κυλίνδρου (τυμπάνου).

Η τριβή μετατρέπει όλο το έργο σε θερμότητα.

Η θερμότητα που προκύπτει από τη μεταβολή αυτή υπολογίζεται από το θεμελιώδη νόμο της θερμομετρίας

$$Q = (c_1 m_1 + c_2 m_2) \Delta \theta$$

όπου c_1 είναι η ειδική θερμότητα του νερού, m_1 η μάζα του νερού, c_2 η ειδική θερμότητα του χαλκού και m_2 η μάζα του χάλκινου τυμπάνου.

ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Τυποποιημένη συσκευή μετατροπής μηχανικού έργου σε θερμότητα η οποία αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Θερμιδόμετρο (χάλκινο τύμπανο με οπή και ορειχάλκινο διδωτό σωλήνα) μάζας 100g περίπου.
- Άξονας περιστροφής στον οποίο προσαρμόζεται το χάλκινο τύμπανο.
- Στρόφαλος (μανιβέλλα) που συνδέεται με τον άξονα περιστροφής και θέτει αυτόν και το τύμπανο σε περιστροφή.
- Βάση επάνω στην οποία είναι στερεωμένος ο άξονας περιστροφής.
- Δύο σφιγκτήρες τύπου C για τη στερέωση της βάσης επάνω στο τραπέζι.
- Σπειροειδές ελατήριο στερεωμένο στο ένα άκρο του σε στέλεχος της βάσης.
- Πώμα με οπή για την τοποθέτηση θερμομέτρου.
- Θερμόμετρο ευαίσθητο (με υποδιαιρέσεις $\frac{1}{5}$ ή $\frac{1}{10}$ του βαθμού) από -10° έως $+40^\circ\text{C}$.
- Καθρέφτης στερεωμένος στη βάση της συσκευής κάτω από το θερμομέτρο.
- Χάλκινο συρματόσχοινο (ταινία).
- Βαρίδι με άγκιστρο μάζας 5kg.
- Ζυγός.
- Διαστημόμετρο (ή διαφανές υποδεκάμετρο).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Αποσυναρμολογήστε το θερμιδόμετρο (χάλκινο τύμπανο) και μετρήστε τη διάμετρό του.

2. Μετρήστε τη μάζα του χάλκινου τυμπάνου. Γεμίστε το χάλκινο τύμπανο με νερό κατά τα $\frac{3}{4}$ περίπου του όγκου του. Μετρήστε τη μάζα του τυμπάνου με το περιεχόμενό του. Υπολογίστε τη μάζα του νερού.

3. Περάστε το θερμόμετρο στην οπή του πώματος και πωματίστε το τύμπανο. Συναρμολογήστε τη διάταξη της εικόνας 10.1.

4. Σημειώστε τη θερμοκρασία του νερού στην στήλη 1 του ΠΙΝΑΚΑ 1 (πριν αρχίσετε να περιστρέφετε το τύμπανο). Πραγματοποιήστε έπειτα 50 περιστροφές με τέτοια ταχύτητα, ώστε το ελατήριο μόλις να είναι τεντωμένο (σχεδόν να έχει το φυσικό του μήκος). Σημειώστε τη θερμοκρασία στην στήλη 2 του ΠΙΝΑΚΑ 1. Εξακολουθήστε με όμοιο τρόπο την περιστροφή του τυμπάνου και σημειώστε τις αντίστοιχες θερμοκρασίες για 100, 150 και 200 στροφές του τυμπάνου. Συμπληρώστε έτσι τις στήλες του ΠΙΝΑΚΑ 1.

5. Από τις τιμές του ΠΙΝΑΚΑ 1 κατασκευάστε τη γραφική παράσταση της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με τον αριθμό περιστροφών. Τι διαπιστώνετε; Ποια σχέση υπάρχει μεταξύ θερμοκρασίας και αριθμού περιστροφών;

Έχετε ως δεδομένο: α) ότι η ανύψωση της θερμοκρασίας είναι ανάλογη με το παραγόμενο ποσό θερμότητας και β) ότι το έργο τριβής είναι ανάλογο του αριθμού περιστροφών. Τι συμπεραίνετε για τη σχέση μεταξύ παραγόμενης ποσότητας θερμότητας κατά την τριβή και του έργου τριβής.

6. Από την εξίσωση $W=n\pi dF$ υπολογίστε το έργο της τριβής για $n=100$.

7. Από την εξίσωση $Q=(c_1m_1 + c_2m_2) \Delta\theta$ υπολογίστε το ποσό θερμότητας που προήλθε από την τριβή με 100 περιστροφές.

$$\text{Δίνονται } c_1 = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}, c_2 = 0,092 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

Η $\Delta\theta$ προκύπτει από τη διαφορά των τιμών της στήλης 3 και της στήλης 1 του ΠΙΝΑΚΑ 1.

8. Εξισώστε το έργο της τριβής (υπολογισμένο σε J) με το ισοδύναμο ποσό θερμότητας (υπολογισμένο σε cal).

Ποια είναι η σχέση μεταξύ Joule και θερμίδας;

9. ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΣΤΟΧΟΙ

Οι στόχοι αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι:

- Να παρατηρήσετε και να καταγράψετε την εξέλιξη των θερμοκρασιών δύο υγρών σε θερμική αλληλεπίδραση μέχρι την επίτευξη θερμικής ισορροπίας.
- Να κατασκευάσετε τις γραφικές παραστάσεις των θερμοκρασιών των δύο υγρών σε συνάρτηση με το χρόνο.
- Να επαληθεύσετε, ότι, όταν αποκατασταθεί θερμική ισορροπία, η ποσότητα θερμότητας που έδωσε το ένα από τα δύο υγρά είναι ίση με την ποσότητα θερμότητας που απορρόφησε το άλλο.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

A. Όταν δύο σώματα διαφορετικών αρχικών θερμοκρασιών έρθουν σε επαφή τέτοια ώστε να μπορούν να ανταλλάξουν θερμότητα μεταξύ τους, τότε θερμότητα θα μεταφέρεται από το σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας προς το σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας. Αποτέλεσμα αυτής της θερμικής αλληλεπίδρασης είναι η θερμοκρασία του θερμότερου σώματος να κατέρχεται και η θερμοκρασία του ψυχρότερου να ανέρχεται. Όταν τα δύο σώματα αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία, τότε παύει η μεταφορά θερμότητας. Αυτό ονομάζεται κατάσταση **θερμικής ισορροπίας**.

B. Για να μετρήσουμε ποσά θερμότητας που ανταλλάσσονται μεταξύ των διαφόρων σωμάτων, δασιζόμαστε στην παραδοχή, ότι σε ένα θερμικά μονωμένο σύστημα το ποσό θερμότητας που απορροφά το ψυχρότερο σώμα είναι κατά απόλυτη τιμή ίσο με το ποσό θερμότητας που απορροφά το ψυχρότερο σώμα είναι κατά απόλυτη τιμή ίσο με το ποσό θερμότητας που προσφέρεται από το θερμότερο. Για το σκοπό αυτό χρειαζόμαστε μία διάταξη που να προσεγγίζει κατά το δυνατόν συνθήκες θερμικά μονωμένου συστήματος, δηλαδή τέτοιου που να μην ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον του. Διάταξη με πολύ καλή θερμική μόνωση που προσεγγίζει ικανοποιητικά τον όρο αυτό είναι το θερμιδόμετρο. Επίσης το “θερμός”, στο οποίο διατηρείται ζεστός ο καφές ή κρύο ένα αναψυκτικό.

Ένα κλειστό δοχείο μπορεί να προσεγγίσει τις συνθήκες του θερμικά μονωμένου συστήματος, αν περιβληθούν τα τοιχώματά του με πολύ καλό θερμομονωτικό υλικό, π.χ. υαλοβάμβακα.

Γ. Η θερμότητα Q που απορροφά (ή αποβάλλει) ένα

σώμα είναι ανάλογη με τη μάζα του m , ανάλογη με τη μεταβολή της θερμοκρασίας $\Delta\theta$ και εξαρτάται από το υλικό του σώματος. Ισχύει δηλαδή η εξίσωση (νόμος της θερμιδομετρίας)

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

όπου ο συντελεστής c έχει ορισμένη τιμή για κάθε υλικό και ονομάζεται ειδική θερμότητα του υλικού. Η ειδική θερμότητα του νερού είναι κατά προσέγγιση

$$4.190 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \quad \text{ή} \quad 1\text{cal/g}^\circ\text{C}.$$

ΟΡΓΑΝΑ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

- Λεκάνη γυάλινη ή πλαστική διαστάσεων περίπου 15cm x 8cm x 8cm χωρισμένη υδατοστεγώς σε δύο άνισους θαλάμους με έλασμα χαλκού ή αλουμινίου. Η σχέση των όγκων των δύο θαλάμων είναι 2:1. Εξωτερικά τα πλευρικά τοιχώματα και ο πυθμένας της λεκάνης καλύπτονται από υαλοβάμβακα για να επιτυγχάνεται θερμική μόνωση.
- Δύο πλάκες από φελλό ή σκληρό πλαστικό με δύο τρύπες το καθένα που χρησιμεύουν ως σκεπάσματα (καπάκια) των δύο θαλάμων.
- Δύο θερμόμετρα
- Δύο αναδευτήρες
- Δύο μανταλάκια
- Ποτήρι ζέσης 400mL
- Ογκομετρικός κύλινδρος 250mL
- Λύχνος υγραερίου (γκαζάκι) ή οينوπνεύματος
- Τρίποδας
- Αντιθερμικό πλέγμα
- Σπίρτα
- Χατρομάντηλα ή θερμομονωτικό γάντι
- Χρονόμετρο ή ρολόι χειριού

ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

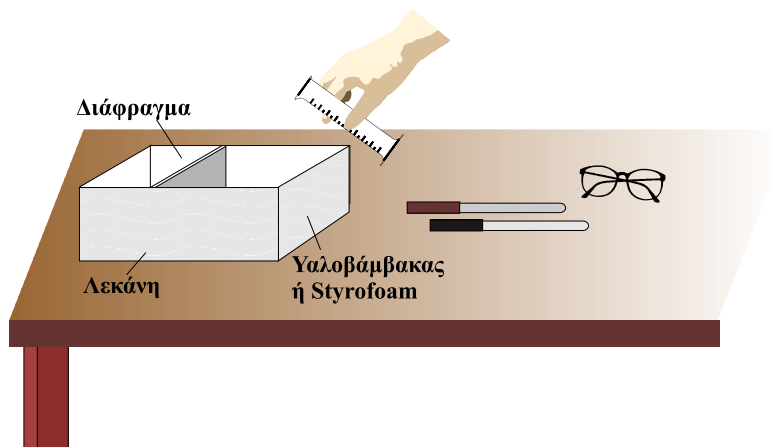
- Μη πιάνετε με γυμνό χέρι γυάλινο ποτήρι ή φιάλη, που περιέχει καυτό νερό. Να φοράτε θερμομονωτικό γάντι. Επίσης προσέξτε να μη χυθεί καυτό νερό στο δέρμα σας. Υπάρχει κίνδυνος εγκαύματος.

- Να χρησιμοποιείτε με προσοχή τα θερμόμετρα, γιατί υπάρχει ενδεχόμενο να σπάσουν. Στην περίπτωση που ένα οποιοδήποτε γυάλινο όργανο σπάσει, προσέξτε να μη τραυματιστείτε από τις κοφτερές άκρες των γυαλιών.

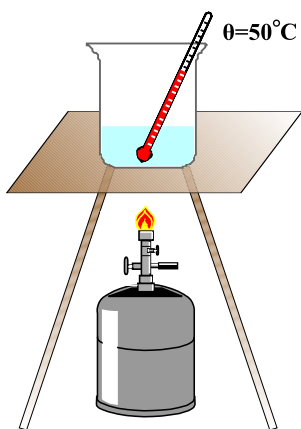
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου ρίξτε

μέσα στο μεγάλο θάλαμο της λεκάνης 400mL κρύου νερού, δηλαδή 400g κρύου νερού (Εικ. 11.1).



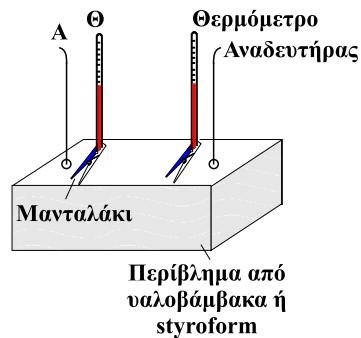
Εικόνα 1.1.1



Εικόνα 11.2

2. Με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου ρίξτε στο ποτήρι ζέσης 200mL νερού της δρύσης, δηλαδή 200g. Θερμάνετε το νερό του ποτηριού στους 50°C περίπου. Ρίξτε το νερό του ποτηριού στο μικρό θάλαμο της λεκάνης. (Εικ. 11.2)

3. Περάστε στις τρύπες κάθε σκεπάσματος ένα θερμομέτρο και αναδευτήρα. Για να κρατήσετε το κάθε θερμομέτρο σε ορισμένο δάθος μέσα στο νερό χρησιμοποιήστε μανταλάκι (απλώματος ρούχων μπουγάδας). Σκεπάστε τους δύο θαλάμους με τα σκεπάσματα (καπάκια) τους, φροντίζοντας το δοχείο του κάθε θερμομέτρου να είναι δυθισμένο μέσα στο νερό (Εικ. 11.3).



Εικόνα 11.3

4. Αρχίστε να μετράτε το χρόνο με τη βοήθεια του χρονομέτρου ή του ρολογιού και συγχρόνως παρακολουθήστε τις ενδείξεις των θερμομέτρων. Σημειώνετε ανά 2min στις στήλες 2 και 3 του ΠΙΝΑΚΑ 1 τις αντίστοιχες θερμοκρασίες των

δύο ποσοτήτων νερού με προσέγγιση $0,5^{\circ}\text{C}$. Ανακατεύετε με τους αναδευτήρες τις δύο ποσότητες νερού πριν από κάθε μέτρηση θερμοκρασίας. Συνεχίστε μέχρις ότου οι θερμοκρασίες των δύο ποσοτήτων νερού γίνουν ίσες. Παρακολουθήστε για μερικά ακόμη λεπτά τις ενδείξεις των δύο θερμομέτρων.

Τι διαπιστώνετε;

Σημειώστε τη θερμοκρασία στην οποία έχει επιτευχθεί θερμική ισορροπία.

5. Κατασκευάστε τις γραφικές παραστάσεις των θερμοκρασιών των δύο ποσοτήτων νερού σε συνάρτηση με το χρόνο στο ίδιο ορθογώνιο σύστημα αξόνων. Χρησιμοποιήστε για τις δύο γραμμές μολύβια διαφορετικού χρώματος (π.χ. κόκκινο για το ζεστό και μπλε για το κρύο νερό).

6. Υπολογίστε το ρυθμό μεταβολής της θερμοκρασίας $\left(\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\right)$ του νερού του οποίου η θερμοκρασία αυξάνεται και του νερού του οποίου η θερμοκρασία ελαττώνεται από τις αντίστοιχες κλίσεις των γραμμών στα διαγράμματα. Συγκρίνετε αυτούς τους δύο ρυθμούς μεταβολής θερμοκρασίας (προσδιορίστε τη σχέση μεταξύ τους με το λόγο δύο μικρών ακέραιων αριθμών).

Ποια είναι η σχέση μεταξύ της μεταβολής $\Delta\theta_1$ της θερμοκρασίας του θερμού νερού και της μεταβολής $\Delta\theta_2$ της θερμοκρασίας του κρύου νερού στο ίδιο χρονικό διάστημα;

7. Γνωρίζετε ήδη τη σχέση μεταξύ των μεταβολών $\Delta\theta_1$ και $\Delta\theta_2$ των θερμοκρασιών του θερμού και του κρύου νερού (για το ίδιο χρονικό διάστημα) καθώς και τη σχέση των μαζών τους: $m_2 = 2m_1$. Εφαρμόστε το θεμελιώδη νόμο της θερμιδομετρίας για να συγκρίνετε τα ποσά θερμότητας που προσφέρει το θερμό και απορροφά το κρύο νερό (στο ίδιο χρονικό διάστημα).

8. Υπολογίστε με τη βοήθεια του νόμου της θερμιδομετρίας το ποσό θερμότητας που έδωσε το θερμό νερό και το ποσό θερμότητας που πήρε το κρύο, όταν το σύστημα θα έχει φτάσει στην κατάσταση θερμικής ισορροπίας. Τι διαπιστώνετε; Αν υπάρχει μία πολύ μικρή διαφορά (που θα μπορούσε να θεωρηθεί ασήμαντη) μεταξύ αυτών των δύο ποσοτήτων θερμότητας, ποια εξήγηση μπορείτε να δώσετε;

10

Ενεργειακή μελέτη των στοιχείων απλού ηλεκτρικού κυκλώματος με πηγή, ωμικό καταναλωτή, και κινητήρα

Στόχοι

1. Να πραγματοποιήσεις ένα κύκλωμα με ηλεκτρική πηγή, ωμικό καταναλωτή και μικρό κινητήρα σε σειρά.
2. Να ερευνήσεις πώς αποδίδεται η ηλεκτρική ισχύς της πηγής στα επιμέρους στοιχεία του κυκλώματος.

Εισαγωγικές γνώσεις

● Για την ηλεκτρική πηγή

Κάθε πηγή ηλεκτρικής τάσης παρουσιάζει στο εσωτερικό της μια αντίσταση στη διόδο του ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτή η αντίσταση, που παρουσιάζεται εφ' όσον η πηγή έχει αγωγίμη σύνδεση με το κύκλωμα οπότε διαρρέεται από ρεύμα, ονομάζεται εσωτερική αντίσταση της πηγής. Αποτέλεσμά της είναι, μέρος της ισχύος που παρέχει η πηγή ($P = EI$) να μετατρέπεται σε θερμότητα στο εσωτερικό της. ($P_r = I^2 r$)

Η τάση που παρέχει τότε η πηγή στο κύκλωμα ονομάζεται πολική τάση της πηγής..

Στην περίπτωση που η πηγή δεν διαρρέεται από ρεύμα τότε η μετρούμενη τάση στους πόλους της έχει τη μέγιστη τιμή, που είναι χαρακτηριστική για κάθε πηγή και ονομάζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη της πηγής (ΗΕΔ). Η εξίσωση που συνδέει τα παραπάνω μεγέθη είναι:

$$E = U_{\pi} + Ir$$

● Για τον ωμικό καταναλωτή (αντιστάτη)

Κάθε αντιστάτης παρουσιάζει αντίσταση στη διόδο του ρεύματος, με αποτέλεσμα να μετατρέπει την ηλεκτρική ισχύ που του παρέχεται από την πηγή, σε θερμότητα. ($P_R = I^2 R$) Ανάλογα του πώς είναι φτιαγμένος έχει μια αντίσταση (R) που τον χαρακτηρίζει. Το άλλο χαρακτηριστικό του μέγεθος είναι η μέγιστη ηλεκτρική ισχύς που μπορεί να αντέξει χωρίς να καταστραφεί.

● Για τον μικρό κινητήρα

Ο ηλεκτροκινητήρας μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική. Στο εσωτερικό του αναπτύσσεται θερμική ισχύς που οφείλεται στην εσωτερική του αντίσταση ($P_r = I^2 r$). Ενώ η ωφέλιμη μηχανική ισχύς υπολογίζεται από τη σχέση $P_{\text{μηχ}} = P - P_{\text{θερμική}}$

Αν εμποδιστεί η περιστροφή του κινητήρα τότε το ρεύμα που τον διαρρέει γίνεται μέγιστο και η ισχύς της πηγής μετατρέπεται εξ' ολοκλήρου σε θερμική ισχύ στις αντιστάσεις του κυκλώματος.

$$\text{Επομένως } E = I_{\text{max}} R_{\text{ολ}}.$$

Θυμίσου πως επειδή η σύνδεση των στοιχείων του κυκλώματος είναι σε σειρά η ολική αντίσταση προκύπτει από το άθροισμα των επι μέρους αντιστάσεων. Δηλαδή $R_{\text{ολ}} = r + R + r$

Τέλος ο συντελεστής απόδοσης του κινητήρα προκύπτει από το κλά-

$$\text{σμα } \eta = \frac{P_{\text{μηχ}}}{P}.$$

Στον πίνακα 2-1 αναγράφονται τα μεγέθη όλων των παραπάνω εξισώσεων με τα σύμβολα και τις μονάδες μέτρησής τους.

Πίνακας 2-1

Μέγεθος	Σύμβολο	Μονάδα μέτρησης
ΗΕΔ	E	V
Πολική τάση	U_{π}	V
Ένταση ρεύματος	I	A
Εσωτερική αντίσταση πηγής	r	Ω
Ισχύς πηγής	P	W
Αντίσταση καταναλωτή	R	Ω

Θερμική ισχύς στο εσωτερικό της πηγής	P_r	W
Θερμική ισχύς στον αντιστάτη	P_R	W
Εσωτερική αντίσταση κινητήρα	r'	Ω
Μέγιστο ρεύμα	$I_{\max}$	A
Συντελεστής απόδοσης κινητήρα	η	-

Όργανα μέτρησης

1. Αμπερόμετρο πολύ μικρής εσωτερικής αντίστασης.
2. Βολτόμετρο πολύ μεγάλης εσωτερικής αντίστασης.

Υλικά

1. Ηλεκτρική πηγή (μπαταρία) με διακόπτη.
2. Αγωγοί σύνδεσης αμελητέας αντίστασης.
3. Ωμικός καταναλωτής γνωστής αντίστασης.
4. Μικρός ηλεκτροκινητήρας συνεχούς ρεύματος.

Πειραματική διαδικασία

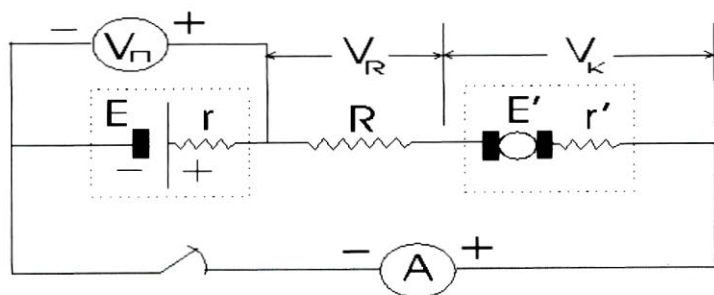
Πριν ξεκινήσεις τη σύνδεση του κυκλώματος (Εικόνα 2-1) θα μετρήσεις με το βολτόμετρο την τάση στα άκρα της πηγής. Αυτή είναι η ΗΕΔ της πηγής σου. Στη συνέχεια θα προχωρήσεις στη συνδεσμολογία του κυκλώματος.

Χρειάζεται προσοχή στον τρόπο σύνδεσης των οργάνων μέτρησης. Και τα δύο έχουν συγκεκριμένη πολικότητα, όπως φαίνεται στην εικόνα 2-1. Επίσης ενώ το αμπερόμετρο παρεμβάλλεται στο κύκλωμα (σύνδεση σε σειρά) το βολτόμετρο, που θα τοποθετήσεις τελευταίο, συνδέεται στα σημεία που θέλουμε να μετρηθεί η τάση (παράλληλη σύνδεση).

Τα πρώτα μεγέθη που θα μετρήσεις είναι η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα και η πολική τάση της πηγής. Θα μπορέσεις έτσι να υπολογίσεις την εσωτερική της αντίσταση.

Στο επόμενο βήμα πρέπει να είσαι πολύ προσεκτικός. Θα πρέπει να σταματήσεις με τα δάχτυλά σου και για πολύ λίγο χρόνο την περιστροφή του άξονα του κινητήρα (ίσα-ίσα για να δεις στο αμπερόμετρο την μέγιστη τιμή του ρεύματος). Από αυτή τη μέτρηση μπορείς να υπολογίσεις την εσωτερική αντίσταση του κινητήρα.

Τέλος θα υπολογίσεις τον συντελεστή απόδοσης του κινητήρα.



Εικόνα 2-1: Το σχέδιο του κυκλώματος όταν είναι κλειστό

11

Μελέτη χαρακτηριστικής καμπύλης ηλεκτρικής πηγής, ωμικού καταναλωτή και κρυσταλλο-διόδου

Στόχοι

1. Να πραγματοποιήσεις τα απαραίτητα κυκλώματα ώστε να μετρήσεις ζευγάρια τιμών τάσης – έντασης για να χαράξεις τις χαρακτηριστικές καμπύλες πηγής, αντιστάτη και διόδου.

Εισαγωγικές γνώσεις

- Για την ηλεκτρική πηγή

Από ένα κλειστό κύκλωμα με ηλεκτρική πηγή, διακόπτη, διάφορους αντιστάτες και όργανα μέτρησης (Αμπερόμετρο και βολτόμετρο) μπορούμε να πάρουμε τη χαρακτηριστική της καμπύλη.

Αυτή προκύπτει από την απεικόνιση σε καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων, ζευγών με τιμές πολικής τάσης – έντασης που μετρικούνται για τις διάφορες τιμές των αντιστάσεων.

Η καμπύλη αυτή θα πρέπει να επαληθεύει την εξίσωση

$$E = U_{\pi} + Ir$$

Ή αλλιώς $U_{\pi} = -Ir + E$ που είναι της μορφής $y = ax + \beta$ με $a = -r$ και $\beta = E$

- Για τον αντιστάτη

Λόγω της κατασκευής του παρουσιάζει μια συγκεκριμένη αντίσταση στη διέλευση του ρεύματος.

Και εδώ η χαρακτηριστική του καμπύλη θα προκύψει από ζεύγη τιμών

τάσης στα άκρα του και έντασης..

Η καμπύλη αυτή θα πρέπει να επαληθεύει την εξίσωση

$$V = IR$$

● Για την κρυσταλλο-δίοδο

Λόγω της κατασκευής της η δίοδος πρακτικά επιτρέπει τη διέλευση του ρεύματος μόνο προς μια κατεύθυνση. Επομένως χρειάζεται προσοχή στην πολικότητα κατά τη συνδεσμολογία.

Η χαρακτηριστική της προκύπτει όπως και στις προηγούμενες δύο περιπτώσεις από ζευγάρια τιμών τάσης στα άκρα της και έντασης..

Όργανα μέτρησης

1. Αμπερόμετρο πολύ μικρής εσωτερικής αντίστασης.
2. Βολτόμετρο πολύ μεγάλης εσωτερικής αντίστασης

Υλικά

1. Ηλεκτρική πηγή (μπαταρία) με διακόπτη.
2. Τροφοδοτικό μεταβαλλόμενης συνεχούς τάσης.
3. Ωμικός καταναλωτής αντίστασης 20Ω
4. Ωμικός καταναλωτής αντίστασης 30Ω
5. Ωμικός καταναλωτής αντίστασης 40Ω
6. Αγωγοί σύνδεσης με αμελητέα αντίσταση.
7. Μια κρυσταλλο-δίοδος

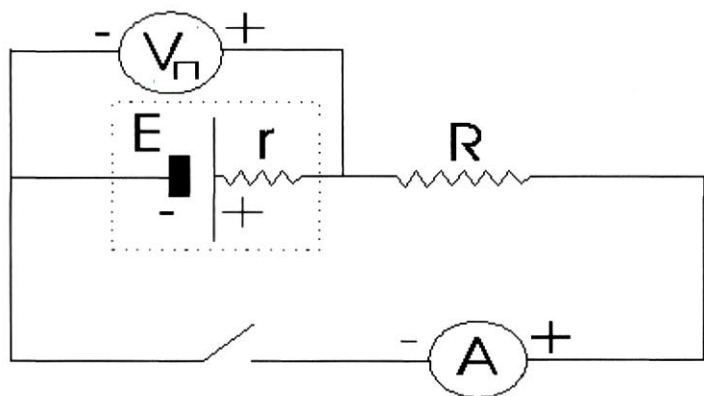
Πειραματική διαδικασία

● Για την χαρακτηριστική καμπύλη ηλεκτρικής πηγής

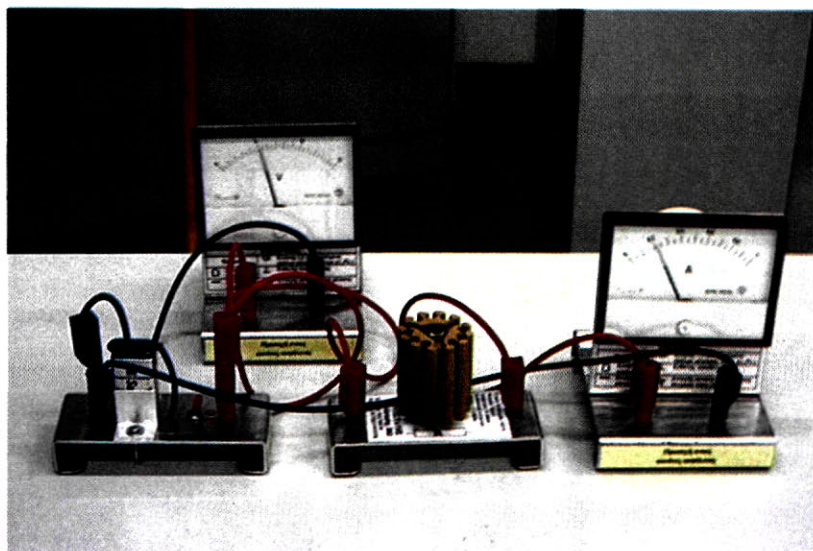
Θα πρέπει να πραγματοποιήσεις το κύκλωμα της εικόνας 3-1 έχοντας σαν πηγή σου την μπαταρία και αλλάζοντας σε κάθε μέτρηση (τάσης – έντασης) τους αντιστάτες να χαράξεις την καμπύλη $V=f(I)$.

Πρόσεχε πριν αλλάξεις αντιστάτη να διακόπτεις την τροφοδοσία του κυκλώματος.

Μετά θα πρέπει να βρεις, το τι παριστάνουν τα σημεία τομής του γραφήματος με τους άξονες.



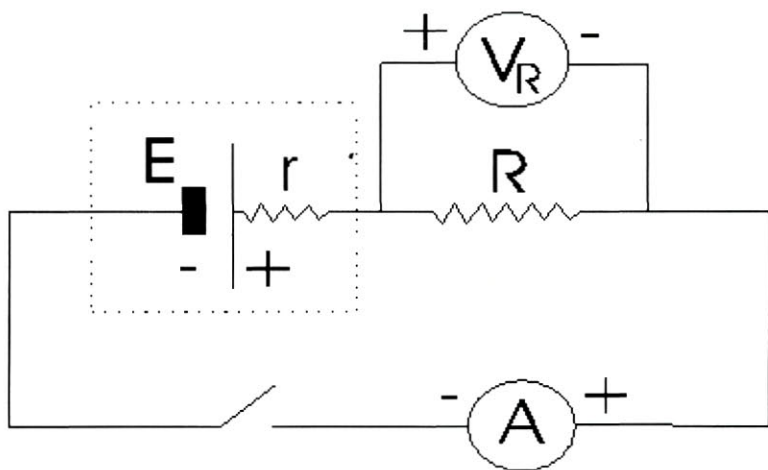
Εικόνα 3-1: Το κύκλωμα για την χάραξη της χαρακτηριστικής καμπύλης της πηγής



Εικόνα 3-2: Φωτογραφία της διάταξης

- **Για την χαρακτηριστική καμπύλη αντιστάτη**

Θα πρέπει να πραγματοποιήσεις το κύκλωμα της εικόνας 3-3 έχοντας σαν πηγή σου το τροφοδοτικό και αλλάζοντας σε κάθε μέτρηση την τάση να χαράξεις την καμπύλη $V=f(I)$.

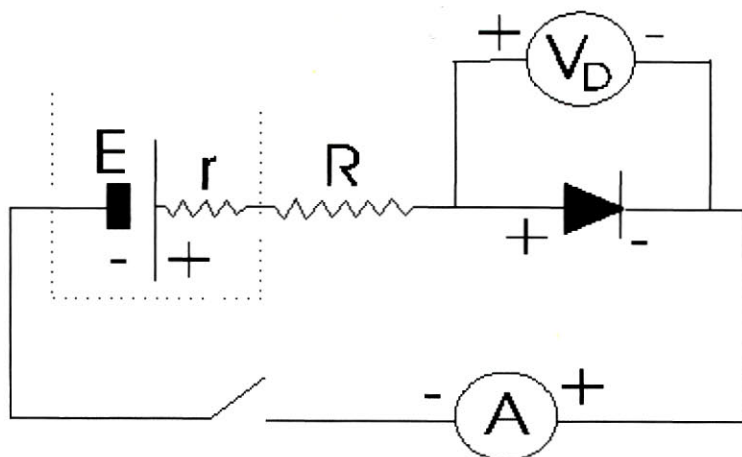


Εικόνα 3-3: Το κύκλωμα για την χάραξη της χαρακτηριστικής καμπύλης του αντιστάτη.

Μετά θα πρέπει να βρεις τι παριστάνει η κλίση του γραφήματος.

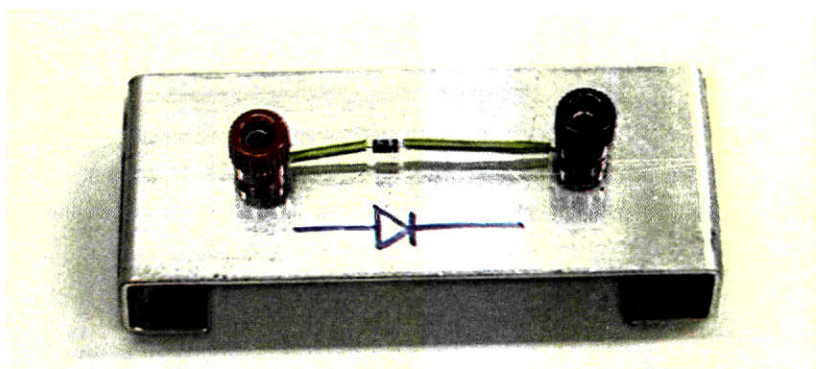
- **Για την χαρακτηριστική καμπύλη της κρυσταλλο-διόδου**

Θα πρέπει να πραγματοποιήσεις το κύκλωμα της εικόνας 3-4 επιλέγοντας τον αντιστάτη των 20Ω και αλλάζοντας σε κάθε μέτρηση την τάση από το τροφοδοτικό θα χαράξεις την καμπύλη $I=f(V)$.



Εικόνα 3-4: Το κύκλωμα για την χάραξη της χαρακτηριστικής καμπύλης της διόδου.

Στη συνέχεια θα αντιστρέψεις την πολικότητα της διόδου και θα πάρεις πάλι ζευγάρια τιμών τάσης – έντασης., ώστε να ερευνήσεις πως συμπεριφέρεται η διάδος σε ανάστροφη πολικότητα.



Εικόνα 3-5: Κρυσταλλο-διάδος σε βάση

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Καραπαναγιώτης Β., Παπασταματίου Ν., Φέρτης Α., Χαλέτσος Χ.:** *Εργαστηριακός Οδηγός Β΄ Γυμνασίου*, Ο.Ε.Δ.Β, Αθήνα.
- Κόκκοτας Π., Καραπαναγιώτης Β., Αρνασυντάκης Ι., Καρανίκας Ι., Κουρέλης Ι.:** *Πειράματα Φυσικής*, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Μπουρούτης Ι.:** *Πειράματα Φυσικής*, τόμοι Α-Β, Εκδόσεις Ο.Ε.Δ.Β, Αθήνα.
- Μπουρούτης Ι., Μητσιάδης Σ., Βρέτταρος Γ.:** *Ο Καθοδικός Παλμογράφος*, Εκδόσεις ΥΠΕΠΘ.
- Ορφανουδάκης Γ.:** *Εργαστηριακές Ασκήσεις Φυσικής*, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα.
- Παπασταματίου Ν.:** *Εργαστηριακές Ασκήσεις Β΄ και Γ΄ Γυμνασίου*, Αθήνα.
- Armitage E.:** *Practical Physics in SI*, J. Murray, Hong Kong.
- Avison J.:** *The World of Physics*, Nelson, Hong Kong.
- Freier G. - Anderson F.:** *A Demonstration Handbook for Physics*, American Association of Physics Teachers, N. York.
- Haber-Schaim U. et al.:** *Φυσική PSSC Εργαστηριακός Οδηγός (Μετάφραση Ν. Παπασταματίου)*, Ίδρυμα Ευγενίδου.
- Leybold - Heraus:** *Physics Catalogue of Experiments*, Köln, Germany.
- Moss G.:** *Ordinary Level Practical Physics*, Heinemann, London.
- Murphy J. - Doyle J.:** *Laboratory Physics*, C.E. Merrill, Columbus Ohio.
- Tillery Bill W.:** *Laboratory Manual in Conceptual Physics*, W.C. Brown Boston, Chicago, London.
- Tyler F.:** *A Laboratory Manual of Physics*, E. Arnold, London.
- Unesco:** *New Unesco Source Book for Science Teaching*, Unesco, Paris.
- Williams J. et. al.:** *Excercises and Experiments in Physics*, Holt Reinhart and Winston.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΙ ΟΡΓΑΝΩΝ

Μητσιάδης Σ.: *Εικονογραφημένος Κατάλογος Εποπτικών Μέσων Διδασκαλίας*, Εκδόσεις Ο.Ε.Δ.Β.

Colatex Didactic: *Physic Technik Hauptkatalog, Lehrmittelhaus*, Innsbruck.

Leybold - Heraus: *Physics Apparatus for Teaching Purposes*, Koln Germany “Επιστημονικά Όργανα”, Σολωμού 16, Αθήνα.

Philip Harris: *Physical Science, Life Science, Technologie*, Staffordshire England, “Νορμ Ηλεκτρονική ΕΠΕ”, Βουλής 18, Αθήνα.

PHYWE: *Physics - Main Catalogue*, Göttingen, Germany, ανρο α.ε., Λεωφ. Συγγρού 44, Αθήνα.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΟΡΩΝ

(Ξένες λέξεις που αρχίζουν από B, V ή W βρίσκονται στο τέλος του B, από C και Q στο K, από D στο Δ, από G ή Y στο Γ και από H στο X.)

B

Βολή οριζόντια, 62

Δ

Διαστημόμετρο, 16-42

Δυναμόμετρο, 25

E

Επιβράδυνση, 49

Επιτάχυνση(ς), 44

βαρύτητας, 62

Z

Ζυγός

συναρμολογούμενος, 21

ημιαναλυτικός ή φαρμακευτικός, 22-43

εξέδρας, 22

με άνισους βραχίονες, 23-43

ηλεκτρονικός, 25-43

H

Ηλεκτρικός χρονομετρητής, 28-42-44

K

Κεντρομόλος δύναμη, 70

Κίνηση επιβραδυνόμενη, 49

με σταθερή επιτάχυνση, 44

M

Μάζα(ς)

αδρανειακή, 54

βαρυντική, 54

Μετρονόμος, 18-16

Μετροταινία, 18

Μικρόμετρο, 16-42

N

Νεύτωνας

δεύτερος νόμος του, 54

Π

Παράσταση

γραφική, 10-35

κλίση, 39

εμβαδόν, 40

Περίοδος

κυκλικής κίνησης, 70

Σ

Στροβοσκόπion, 20

Στρογγυλοποίηση, 33

Σφάλμα

μέτρησης, 31

συστηματικό, τυχαίο, 32

παράλλαξης, 32

T

Ταχύτητα(ς)

μέση, 47

Υ

Υποδεκάμετρον, 16-41

Φ

Φωτοπύλη, 30

X

Χρονόμετρον, 19

Χρονοφωτογραφία, 26