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 ακολουθολυν 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.

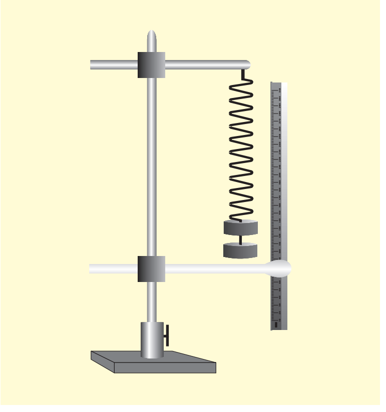
3. Σχεδιασμός έρευνας

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.

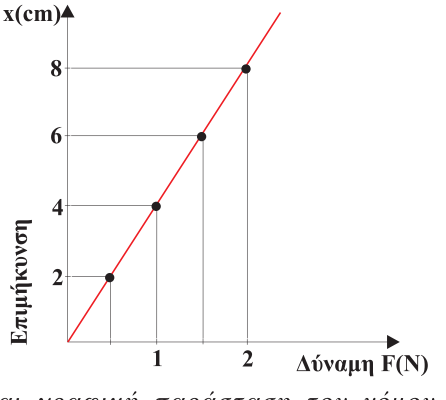
Καταγράφουμε τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων και των μετρήσεών μας σε πίνακα. Συνηθίζεται σε ένα πίνακα αντίστοιχων τιμών δύο φυσικών μεγεθών, οι τιμές της ανεξάρτητης μεταβλητής να καταχωρούνται στην πρώτη στήλη και οι τιμές της εξαρτημένης στη δεύτερη.

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 περισσοτέρων 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=k x, 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=k x, 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 ασφάλειας 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.

Α. Να έρχεστε στο εργαστήριο προετοιμασμένοι για την εργαστηριακή άσκηση. Να μελετάτε προσεκτικά κάθε πείραμα. Έτσι, εξοικονομείτε χρόνο και αποφεύγετε ανεπιθύμητα λάθη και ατυχήματα. (Ιδιαίτερη προσοχή να δίνετε στις επισημάνσεις κινδύνων που συνοδεύουν ορισμένα πειράματα).

Β. 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 (γκαζάκι) πάντοτε κατά τον ίδιο τρόπο, ακολουθώντας τα τέσσερα βήματα που φαίνονται στην εικόνα 2.2.

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

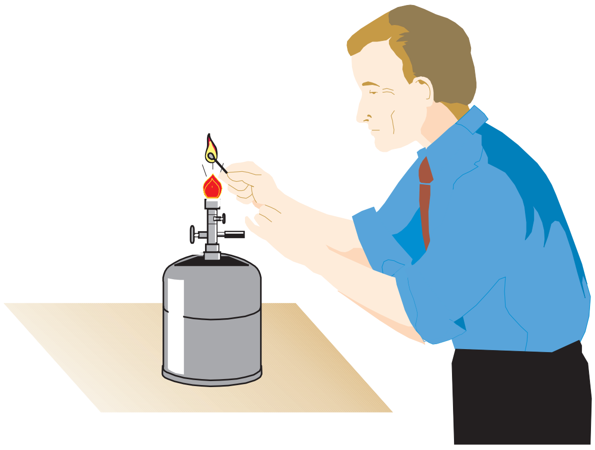
Εικόνα 2.1

Εικόνα α

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

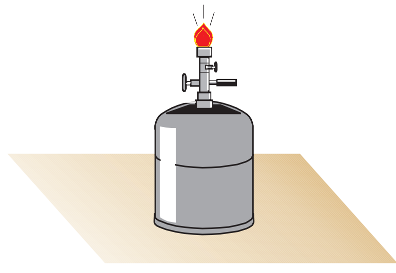
Εικόνα β

2. Ανάβουμε 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, βενζίνη κ.α.) κοντά στη φλόγα.

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

7. Να μην αφήνετε αναμμένο τον λύχνο υγραερίου ή οινοπνεύματος, 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 λόγου 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.

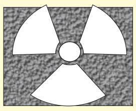
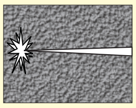
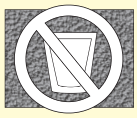
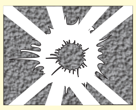
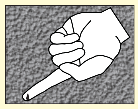
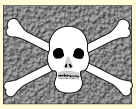
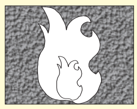
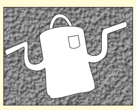
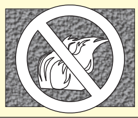
11. Μην αφήνετε ψηλές συσκευές και όργανα στην άκρη του εργαστηριακού πάγκου. Είναι πιθανόν να ανατραπούν και να πέσουν. Το νερό που θα χυθεί, αν είναι καυτό, μπορεί να προκαλέσει εγκαύματα στο δέρμα. Το νερό που θα πέσει κάτω θα κάνει ολισθηρό το δάπεδο και είναι πιθανόν να γλιστρήσει κάποιος και να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

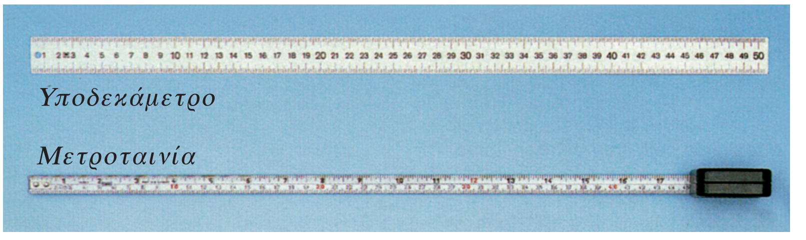
Εικόνα 2.3

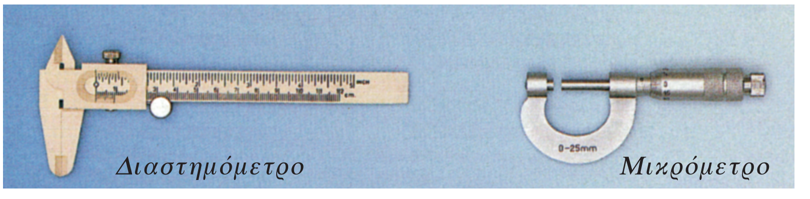
3. ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΗΚΟΥΣ

3.1 Όργανα μέτρησης μήκους

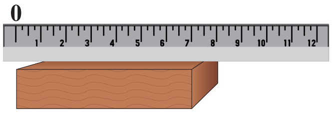
Όταν πρόκειται να μετρήσουμε ένα μήκος, πρέπει να επιλέξουμε εκείνο το όργανο μέτρησης το οποίο είναι κατάλληλο για να μετρήσει το μήκος αυτό και να δώσει την απαιτούμενη ακρίβεια.

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

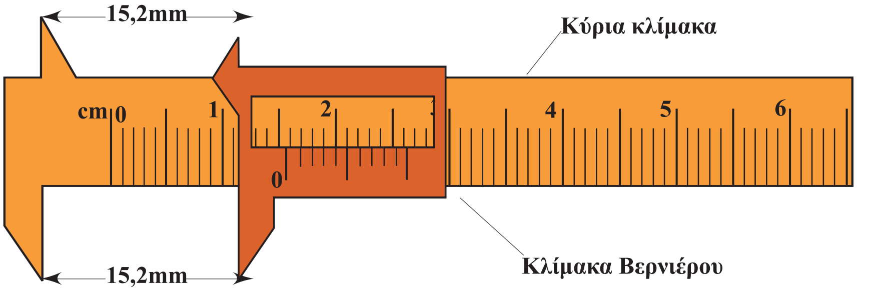


Εικόνα 3.1

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-

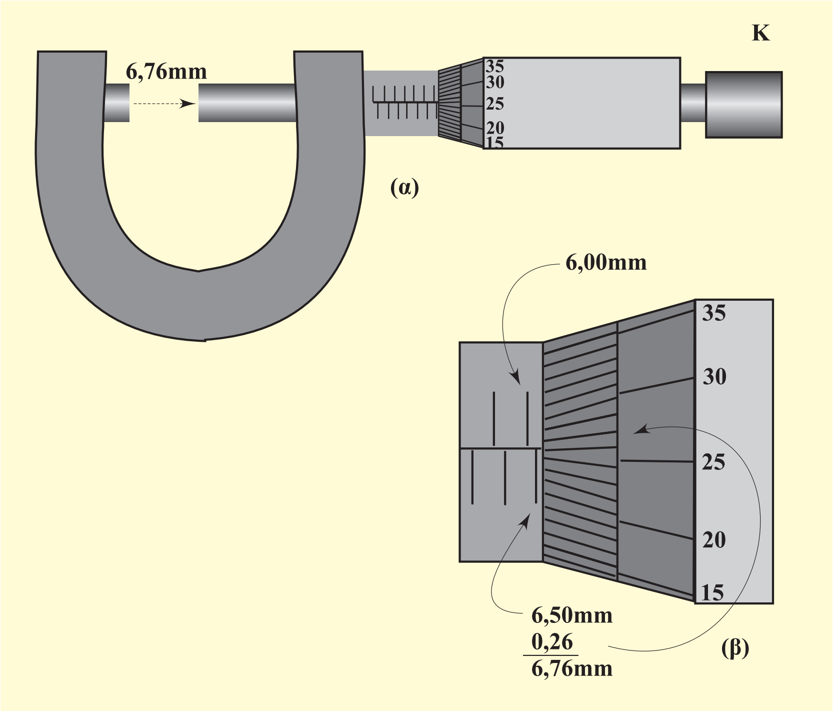


Εικόνα 3.2

ρου. Ο βερνιέρος είναι υποκλίμακα της κύριας κλίμακας του διαστημομέτρου. Οι γραμμές του βερνιέρου έχουν μεταξύ τους απόσταση ίση με 0,9mm. 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)mm = 15,2mm ή 1,52cm

3.4 Χρήση του μικρομέτρου

Για μετρήσεις μικρών μηκών, μέχρι 2,5cm, στις οποίες απαιτείται ακρίβεια περίπου 0,01mm, 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 0,5mm. Επομένως στροφή του τυμπάνου κατά μία γραμμή της υποδιαίρεσής του προκαλεί μετατόπιση του κοχλία κατά 0,01mm. Στην εικόνα 3.3 β το τύμπανο αποκοχλιώθηκε κατά 676 στροφές, δηλαδή ο κοχλίας έχει μετακινηθεί προς τα δεξιά κατά 6,76mm.

<u>Σημείωση:</u>
Επειδή το αποτέλεσμα της μέτρησης με το μικρόμετρο

εξαρτάται πολύ από το σφίξιμο του κοχλία, προβλέπεται μια κινητή κεφαλή Κ, η οποία με ελατήριο πιέζεται επάνω στο άκρο του κοχλία 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 κοχλία.

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.

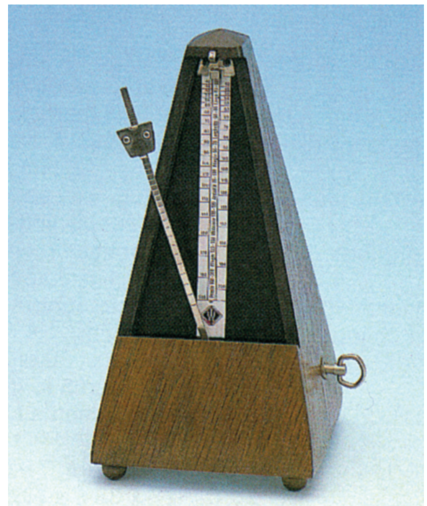
4.2 Χρήση των χρονομέτρων

Ο **μετρονόμος** δίνει ίσες χρονικές μονάδες η διάρκεια των οποίων ρυθμίζεται με μετάθεση του δρομέα κατά μήκος 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 βρίσκεται στη μία πλευρά του.

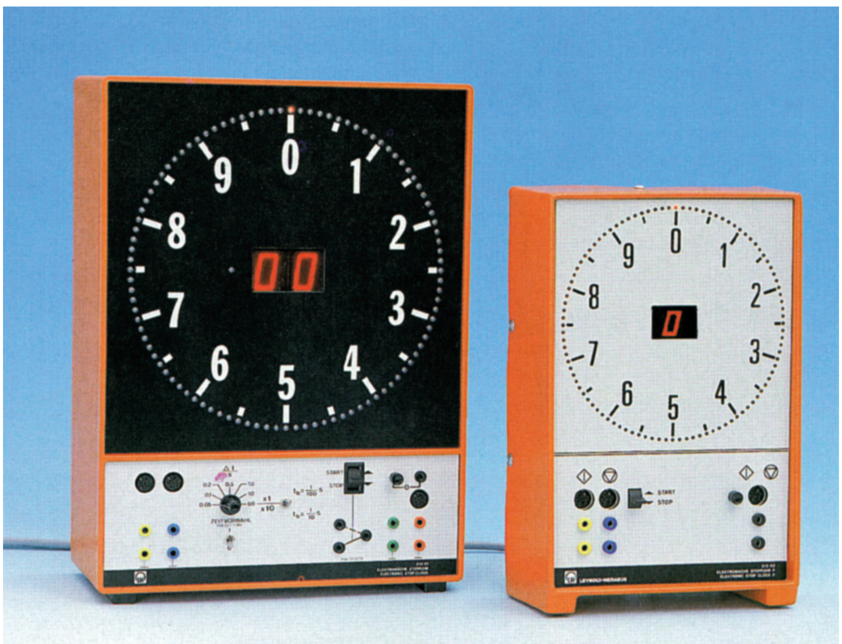
Τα **μηχανικά** και τα **απλά ηλεκτρικά χρονόμετρα** (Εικ. 4.2.2), έχουν συνήθως τρία πλήκτρα διαφορετικού χρώματος. Το πράσινο πλήκτρο είναι το πλήκτρο έναρξης και το κόκκινο το πλήκτρο λήξης. Το τρίτο πλήκτρο είναι το πλήκτρο επαναφοράς του δείκτη στη θέση 0 (πλήκτρο μηδενισμού). Τα πλήκτρα έναρξης 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**

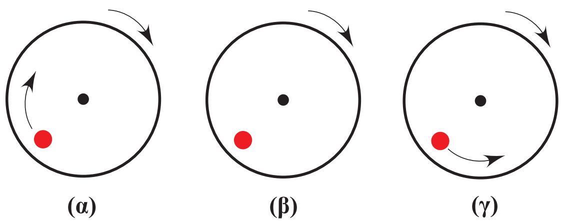
μέτρησης. Μπορεί να λειτουργήσει ως χρονόμετρο με ακρίβεια χιλιοστού του δευτερόλεπτου (0,001s), ως συχνόμετρο και ως ρυθμόμετρο.

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, γίνει διπλάσια, τριπλάσια κτλ. της συχνότητας περιστροφής του δίσκου, τότε η κηλίδα και στις περιπτώσεις αυτές θα φαίνεται ακίνητη.



Εικόνα 4.3

5. ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΑΖΑΣ

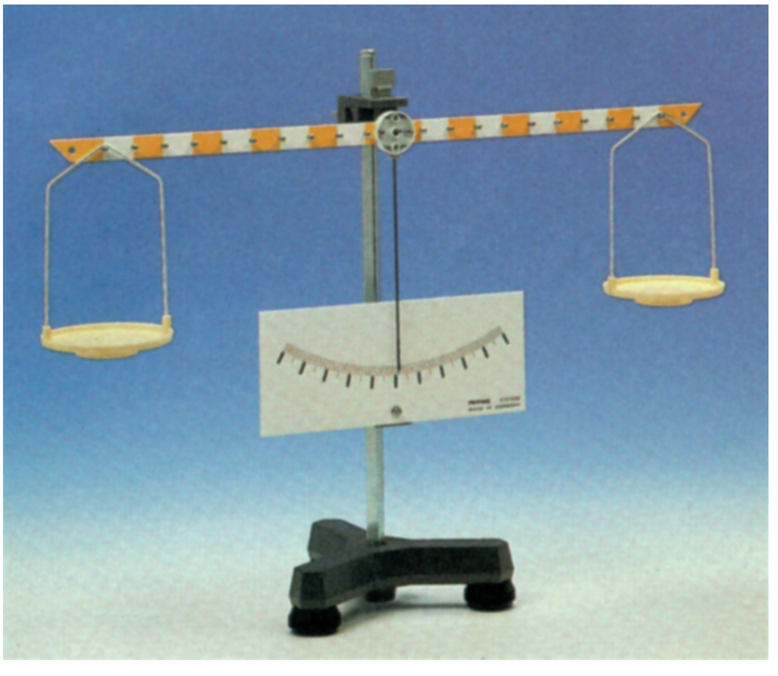
5.1 Γενικά

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)

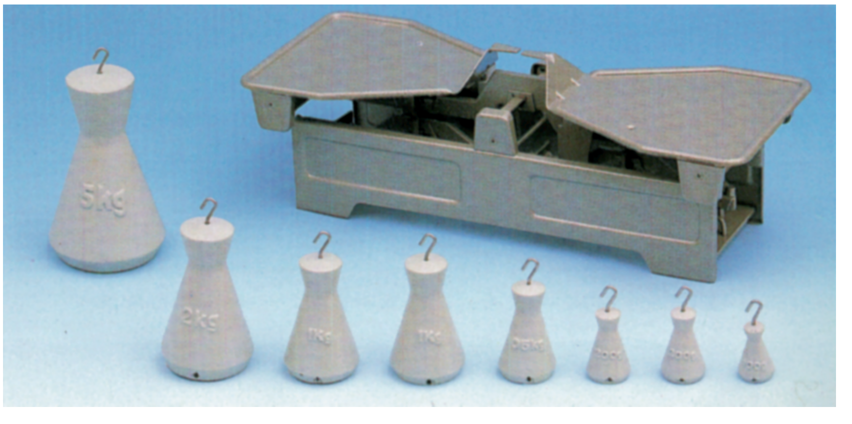
Ο **συναρμολογούμενος ζυγός** με μοχλό αλουμινίου (Εικ. 5.2.1) έχει ευαισθησία 1g περίπου, δηλαδή ο ζυγός δεν αποκλίνει από τη θέση ισορροπίας του, όταν στο ένα δίσκο του τοποθετηθεί μάζα μικρότερη από 1g.


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).

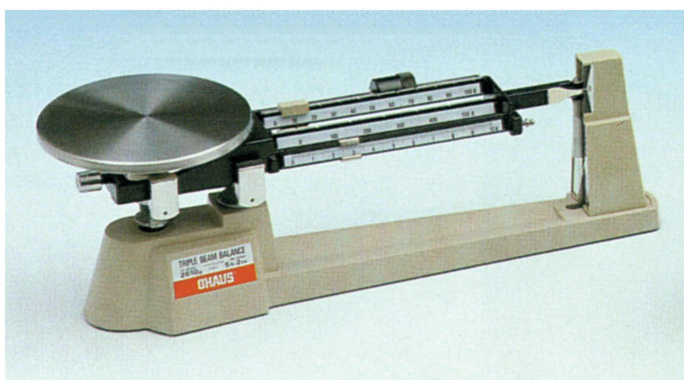
Οι ζυγοί του τύπου αυτού αποτελούνται από φάλαγγα με άνισους βραχίονες. Ο μικρός βραχίονας φέρει ένα δίσκο, στον οποίο τοποθετείται το αντικείμενο που θα ζυγιστεί. Ο μεγάλος βραχίονας αποτελείται από δύο ή τρία παράλληλα στελέχη (σκέλη). Άλλοι από τους ζυγούς της κατηγορίας αυτής έχουν βερνιέρο, ενώ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

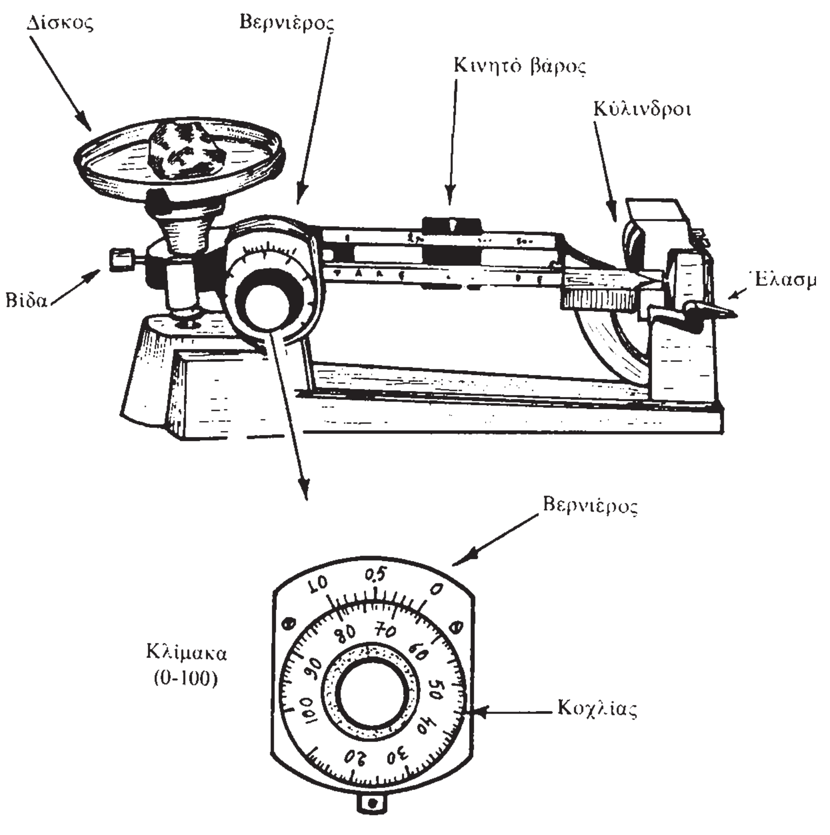
Για να μετρήσουμε τη μάζα αντικειμένου κάνουμε προηγουμένως ρύθμιση μηδενός. Για το σκοπό αυτό φέρνουμε



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 συμπέσει με το μηδέν του βερνιέρου. 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 βερνιέρου. 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 βερνιέρου που συμπίπτει με κάποια χαραγή της κλίμακας του κοχλία. Η χαραγή αυτή του βερνιέρου 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 = 267,4g).

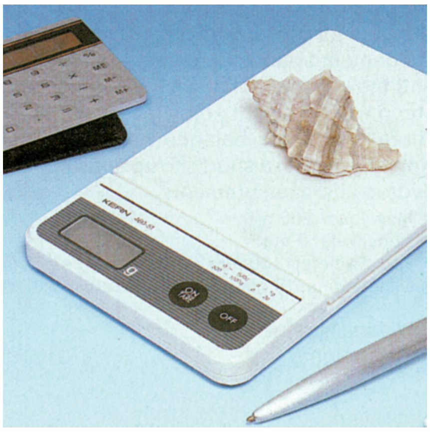
Για μάζες από 600 έως 1.100 g πιέζουμε το ένα έλασμα, ώστε να πέσει στην υποδοχή ένας μαύρος κύλινδρος, ο οποίος έχει μάζα 500g, ή τον κρεμάμε σε κατάλληλη υποδοχή. Η εύρεση της μάζας του σώματος γίνεται με την προηγούμενη διαδικασία αφού προσθέσουμε το 500.

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

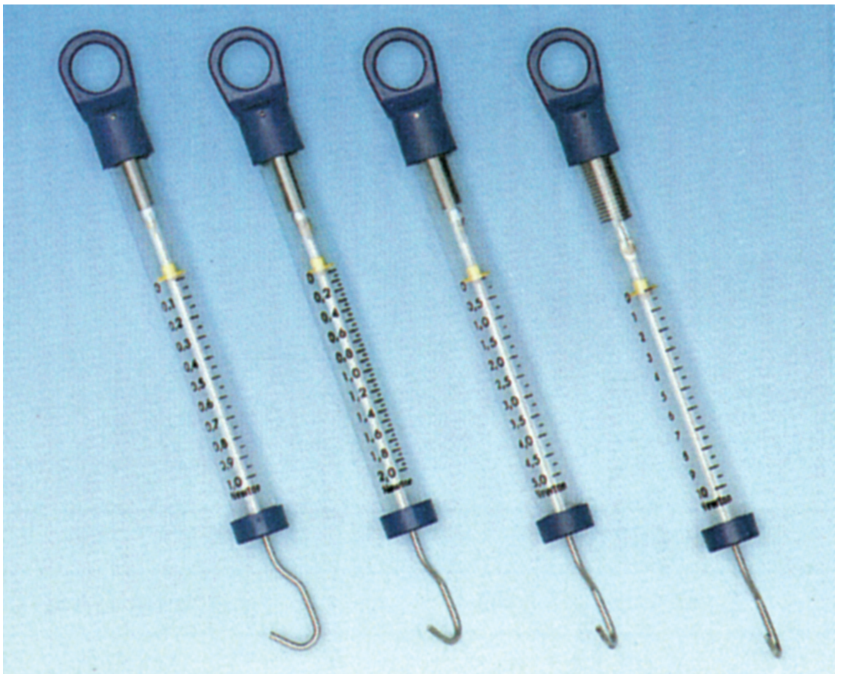
Τις δυνάμεις μετρούμε με τα δυναμόμετρα. Τα δυναμόμετρα είναι βαθμολογημένα σε νιούτον (N). Η λειτουργία τους βασίζεται στην ελαστική παραμόρφωση των σωμάτων.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι δυναμομέτρων με ποικίλες κλίμακες μέτρησης ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο προορίζονται. Τα συνηθισμένα δυναμόμετρα με σπειροειδές ελατήριο (κανταράκι) χρησιμεύουν 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 1Ν, 2Ν, 5Ν και 10Ν.



Εικόνα 6.2

Στην εικόνα 6.3 φαίνεται μία άλλη σειρά δυναμομέτρων με κλίμακες από 0 έως 0,1Ν, 1Ν, 2,5Ν, 5Ν, 10Ν, 20Ν και 100Ν. 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=m α). Η μέτρηση της επιτάχυνσης ανάγεται στη μέτρηση απόστασης και χρόνου.

7. ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ

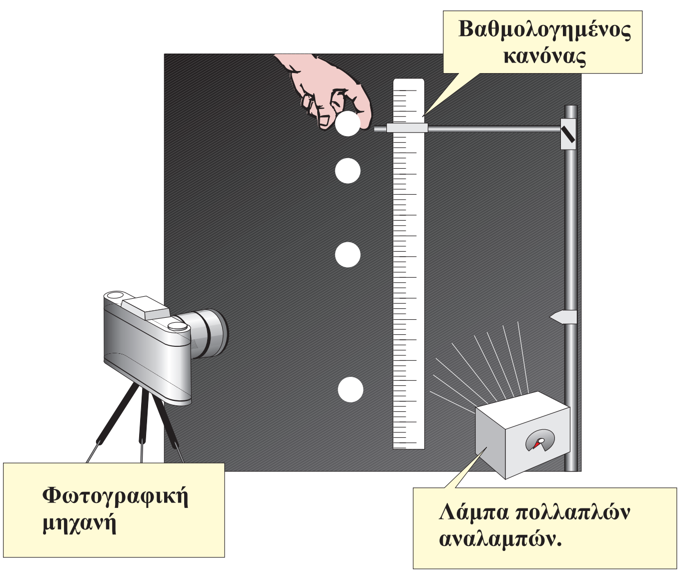
7.1 Γενικά.

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 φωτογράφηση)

Το πείραμα πραγματοποιείται σε σκοτεινή αίθουσα.

Το διάφραγμα μιας φωτογραφικής μηχανής διατηρείται ανοικτό (θέση Β). 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

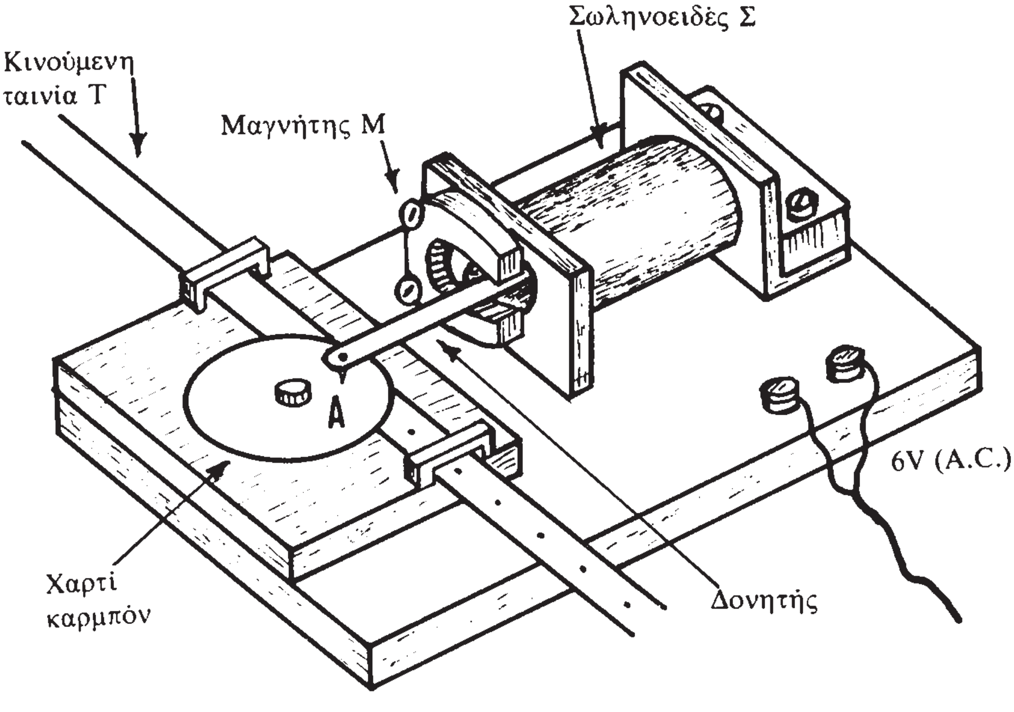


είναι ίσο με 0,02s. Επάνω λοιπόν στη φωτογραφία που θα πάρουμε μπορούμε να προσδιορίσουμε θέσεις και χρονικές στιγμές.

7.3 Ηλεκτρικός χρονομετρητής.

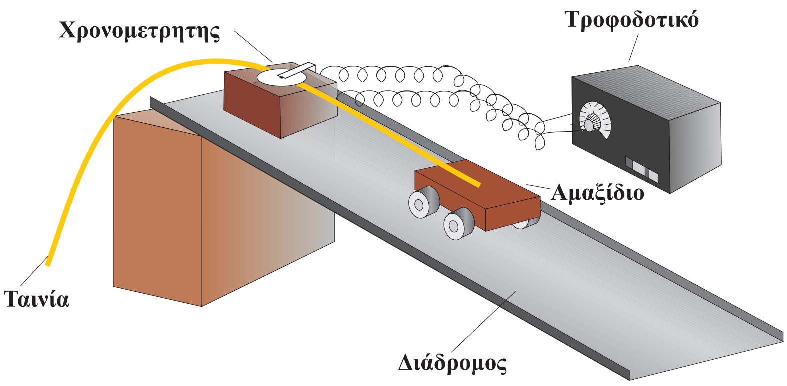
Ο ηλεκτρικός χρονομετρητής με χαρτοταινία (ticker-timer) ή τηλεγραφικός χρονομετρητής είναι μία αξιοσημείωτη συσκευή, χρήσιμη για σειρά πειραμάτων Κινητικής και Δυναμικής.

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



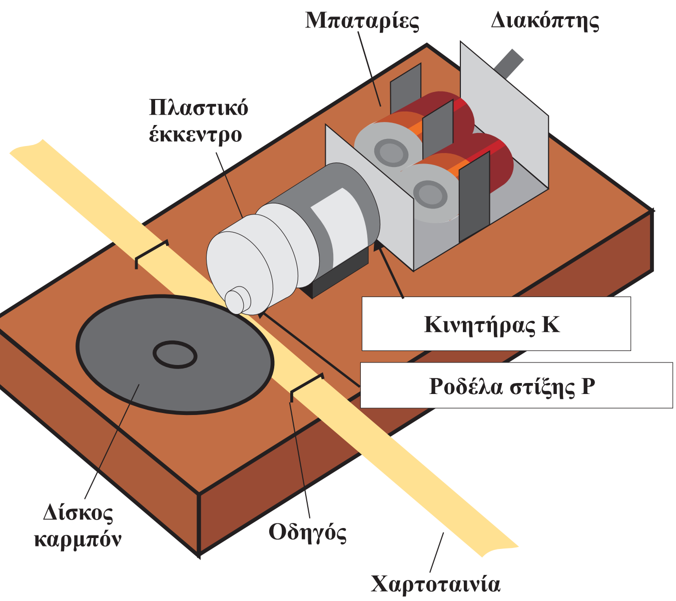
Εικόνα 7.3.1

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 Κ, ο οποίος στο άκρο του άξονά του έχει στερεωμένο ένα πλαστικό δίσκο (έκκεντρο). Στη βάση του εκκέντρου κοντά στην περιφέρειά του είναι βιδωμένη χαλαρά μία μεταλλική ροδέλα Ρ (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)

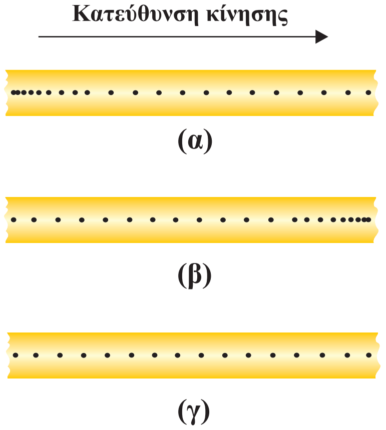
• Καρφιτσώνουμε στο δίσκο από φελλό ένα δίσκο “καρμπόν” (διαμέτρου 5cm) έτσι, ώστε να μπορεί να περιστρέφεται ελεύθερα. Φροντίζουμε, ώστε η μελανωμένη όψη του καρμπόν να είναι προς τα κάτω και να καλύπτει την περιοχή του ελάσματος που βρίσκεται κάτω από το πλαστικό έκκεντρο.

• 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 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 βίδας 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 χρονικό 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.



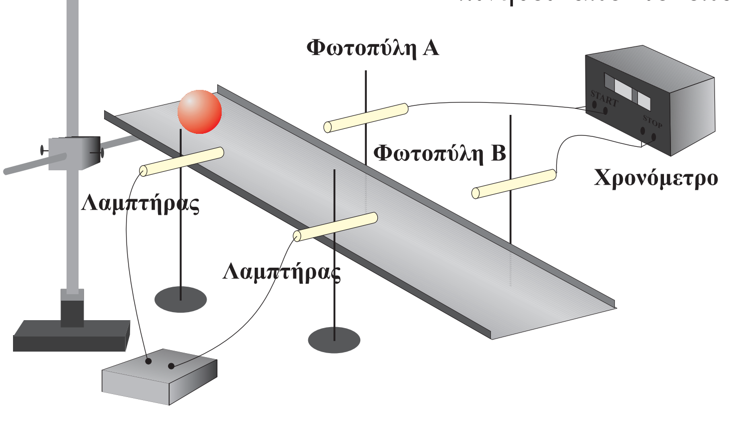
Εικόνα 7.3.4

Καταγραφή σε χαρτοταινία: α) επιταχυνόμενης κίνησης, β) επιβραδυνόμενης κίνησης, γ) ομαλής κίνησης.

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.

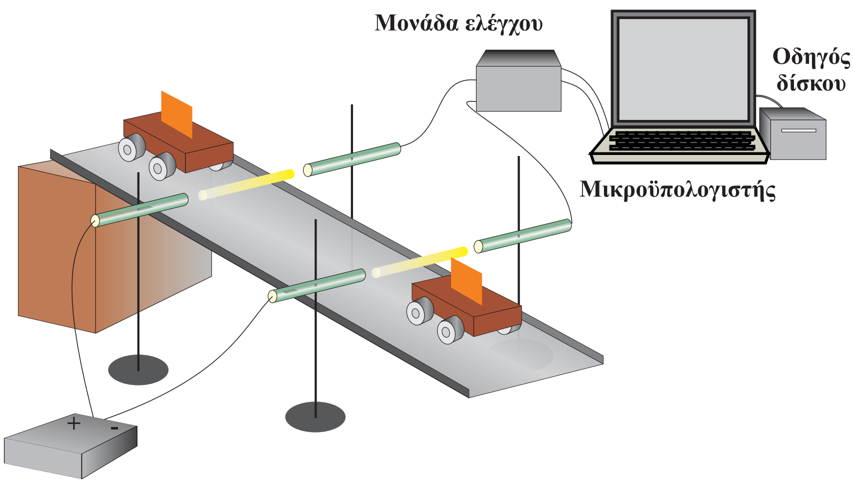
Η σφαίρα τη στιγμή που περνά εμπρός από το φωτοπύλη Α θέτει σε λειτουργία το ηλεκτρονικό χρονόμετρο. Στη συνέχεια, τη στιγμή που περνά εμπρός από τη φωτοπύλη Β σταματά τη λειτουργία του χρονομέτρου. Το χρονόμετρο λοιπόν δείχνει (μετρά) το χρόνο κίνησης από τη θέση Α στη θέση Β. Η απόσταση ΑΒ μπορεί να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



Εικόνα 7.4.1

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.

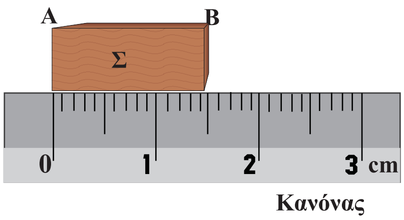


Εικόνα 7.5.1

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 βρούμε το μήκος (Εικ. 8.1).



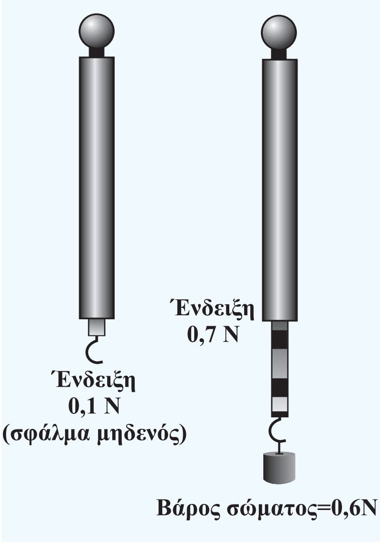
Εικόνα 8.1

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 υποδιαιρεμένης 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 βρεθεί 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 ± 0,5)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.

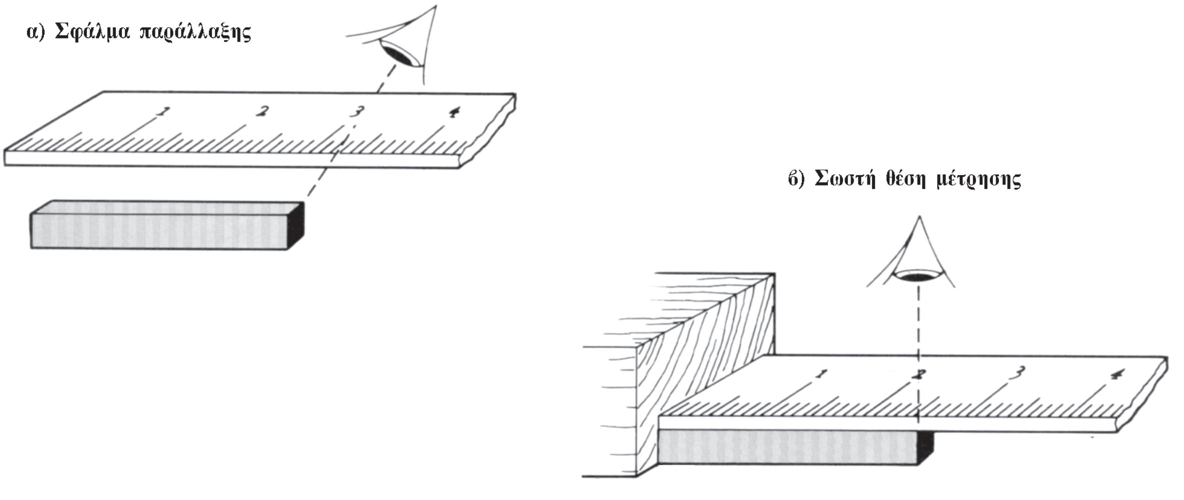


Εικόνα 8.2

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, ανακριβή 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 κλίμακάς 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 8.3

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

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

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

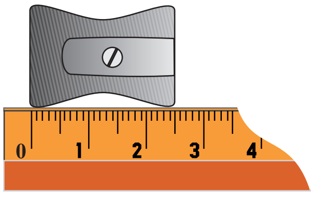
Η μέση τιμή που υπολογίζουμε με τον τρόπο αυτό δεν είναι η πραγματική (η ακριβής) τιμή του μετρούμενου μεγέθους. Είναι όμως μία πολύ καλή προσέγγισή της. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των μετρήσεων τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να βρίσκεται η μέση τιμή πλησιέστερα στην πραγματική τιμή.

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 υποδιαιρέσεις 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 ακριβώς 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 ακριβής 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.

<u>Σημείωση:</u>

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 (μιλιμετρέ) 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.

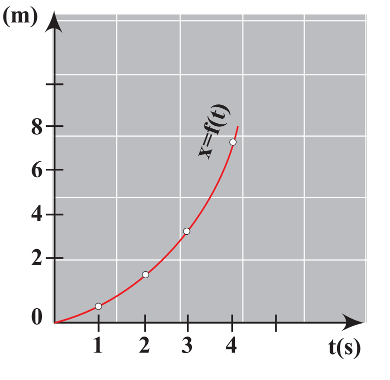
Βαθμονομούμε κατόπιν τους δύο άξονες. Θεωρούμε ως σημείο μηδέν για τον κάθε άξονα το σημείο τομής τους (αρχή των συντεταγμένων). Χωρίζουμε τον οριζόντιο άξονα σε ίσα διαστήματα έτσι, ώστε το καθένα να αντιπροσωπεύει τη μονάδα ή ίσο αριθμό μονάδων της ανεξάρτητης μεταβλητής. Σε κάθε υποδιαίρεση του άξονα 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



<u>Σημείωση 1η</u>:

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

<u>Σημείωση 2η</u>:

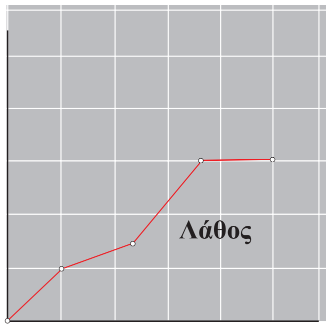
Η εκλογή των κλιμάκων για τους δύο άξονες πρέπει να είναι τέτοια, ώστε τα πειραματικά σημεία να καλύπτουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος από το χαρτί σχεδίασης.

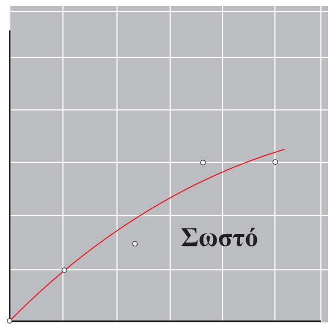
<u>Σημείωση 3η</u>:

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 ενδιάμεσες από αυτές που έχουν σημειωθεί.

Σημείωση 4η:
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 ισόρροπα από τη μια και την άλλη πλευρά.





10.2 Γραφικές παραστάσεις μερικών απλών συναρτήσεων

Γραφική παράσταση ευθέως αναλόγων ποσοτήτων

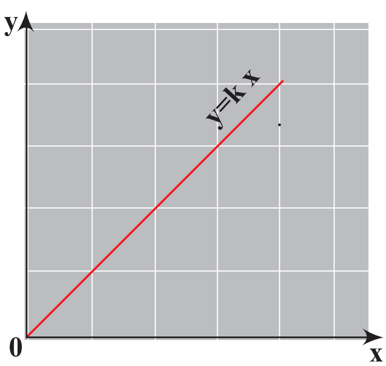
Στον ΠΙΝΑΚΑ φαίνεται ότι, όταν η μεταβλητή x (ανεξάρτητη μεταβλητή) διπλασιάζεται, τότε και η μεταβλητή y (εξαρτημένη μεταβλητή) διπλασιάζεται, όταν η x τριπλασιάζεται, τότε και η y τριπλασιάζεται κ.ο.κ. Λέμε ότι η y είναι ευθέως ανάλογη της x ή συμβολικά $y \propto x$.

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

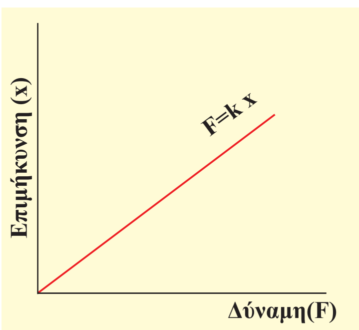
Για μία εξίσωση, όπως η y=kx, η γραφική παράσταση είναι ευθεία η οποία διέρχεται από την αρχή των αξόνων.

ΠΙΝΑΚΑΣ

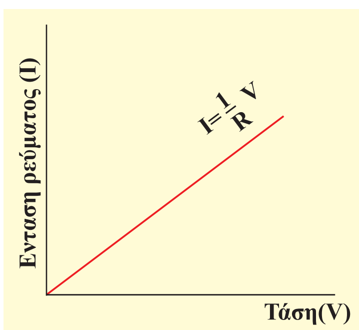
x	y
1	3
2	6
3	8
4	10



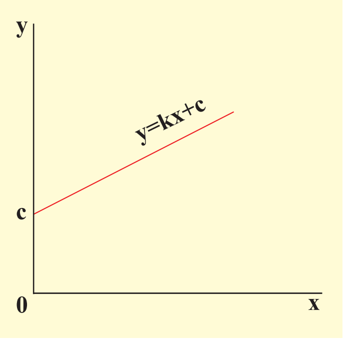
Παραδείγματα



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).



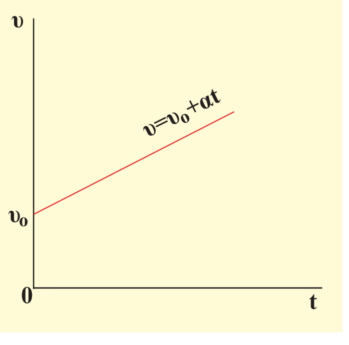
Γραφική παράσταση ποσοτήτων που μεταβάλλονται γραμμικά αλλά όχι ευθέως ανάλογα

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 $υ_0$ ισχύει η εξίσωση

$$υ = υ_0 + αt$$

όπου υ η ταχύτητα του κινητού κατά τη χρονική στιγμή t, $υ_0$ η αρχική του ταχύτητα και α η επιτάχυνσή του.

Η γραφική παράστασή της είναι ευθεία.

Η αρχή της ευθείας είναι το σημείο (0, $υ_0$).

Γραφική παράσταση αντιστρόφως αναλόγων ποσοτήτων

ΠΙΝΑΚΑΣ

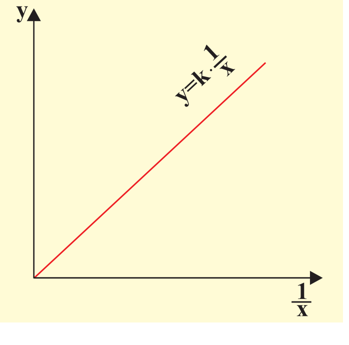
x	y
1	12
2	6
3	4
4	3

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.

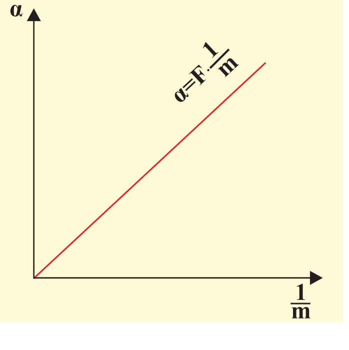
$$xy = k$$

όπου k είναι μία σταθερά

$$ή \ y = k\frac{1}{x}$$



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.

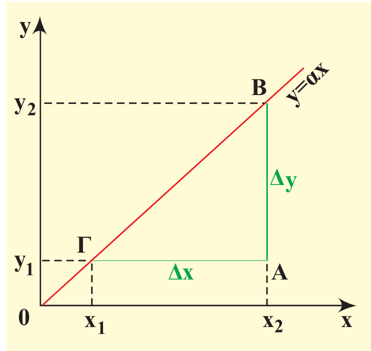


Παράδειγμα

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

$$α = F\frac{1}{m}$$

10.3 Η κλίση της γραμμής σε μία γραφική παράσταση



<u>Κλίση γραμμικής συνάρτησης</u>

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

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

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

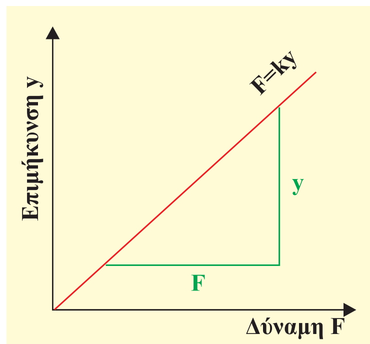
$$\text{και } \Gamma A = \Delta x = x_2 - x_1$$

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

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

<u>Φυσική σημασία της κλίσης σε γραφικές παραστάσεις</u>

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



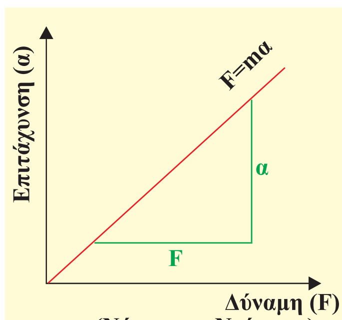
(Νόμος του Hooke)

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

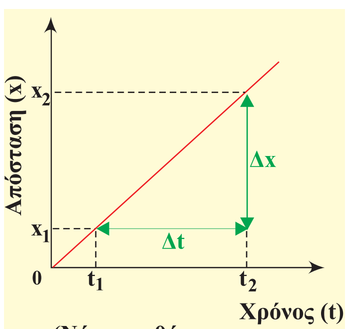
$$\frac{\alpha}{F} = \frac{1}{m}$$



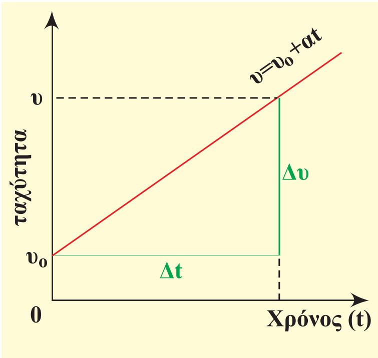
(Νόμος του Νεύτωνα)

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

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



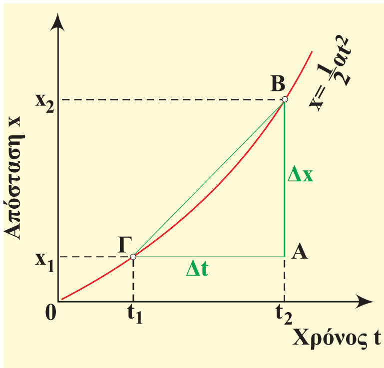
(Νόμος ευθύγραμμης ομαλής κίνησης)



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

$$\frac{\Delta υ}{\Delta t} = \frac{υ - υ_0}{t} = α$$

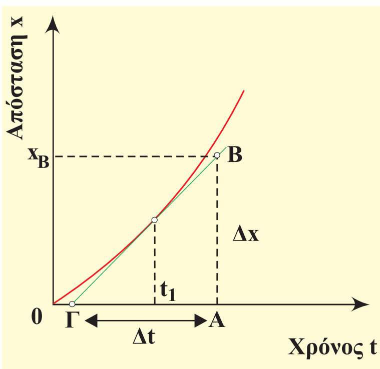
Κλίση σε μη γραμμική συνάρτηση



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 $υ_μ$ του κινητού.

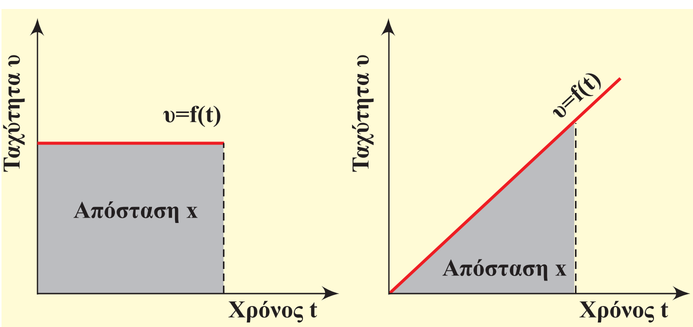
$$\frac{AB}{ΓA} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$



Η κλίση στη γραφική παράσταση της απόστασης συναρτήσει του χρόνου σε ένα σημείο (δηλαδή σε μια χρονική στιγμή t_1) βρίσκεται, 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.

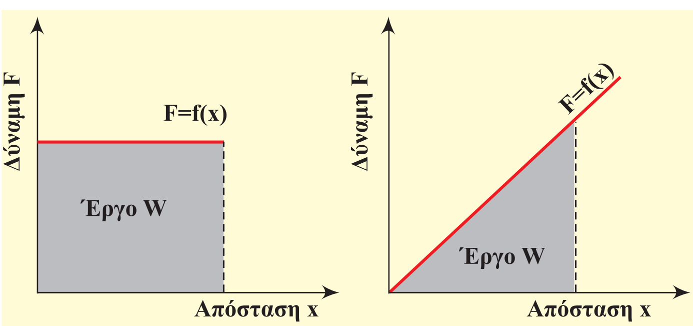
$$\frac{AB}{ΓA} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_B}{\Delta t} = υ$$

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.