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

Α. Διαβάστε προσεκτικά όσα αναφέρονται στην Εισαγωγή του βιβλίου αυτού για τα όργανα μέτρησης του μήκους, της μάζας, του χρόνου και της δύναμης.
Β. Διαβάστε επίσης, όσα αναφέρονται στην Εισαγωγή για τα σφάλματα μέτρησης.

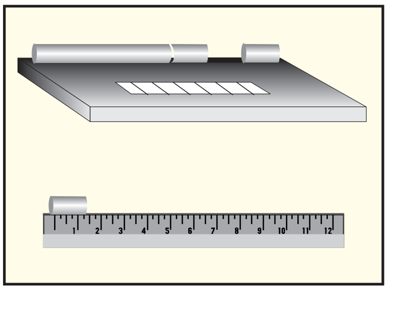
ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

- 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).
- Σφιγκτήρας.
- Ζυγός ημιαναλυτικός (φαρμακευτικός) και σταθμά.
- Ζυγός με βερνιέρο.
- 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.

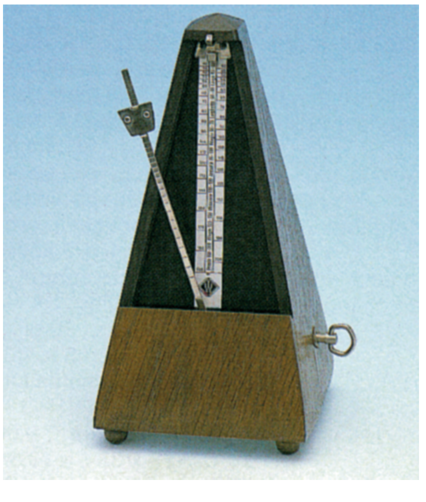
Επαναλάβετε τις μετρήσεις της διαδικασίας 1 για τον κύλινδρο από χαλκό, χρησιμοποιώντας όμως αντί για υποδεκάμετρο ένα διαστημόμετρο. Συμπληρώστε τον ΠΙΝΑΚΑ 2.

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 στέλεχος 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”).

<u>**Πείραμα 3ο**</u>**:** 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.

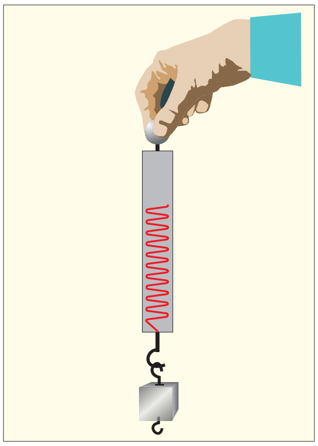
Ζυγίστε το σιδερένιο κύβο με το ζυγό με βερνιέρο. Ζυγίστε επίσης ένα κέρμα, λ.χ. των 20 δραχμών.

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;

<u>**Πείραμα 4ο**</u>**:** 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 υ και της απόστασης x συναρτήσει του χρόνου για την επαλήθευση των νόμων της ευθύγραμμης ομαλά επιταχυνόμενης 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. 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 α δίνεται από το ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας:

$$\alpha = \frac{\Delta \upsilon}{\Delta t}$$

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

$$\vec{\alpha} = \text{σταθερό.}$$

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

$$\upsilon = \alpha t \quad \text{και} \quad x = \frac{1}{2}\alpha t^2$$

<u>Σημείωση:</u>

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.

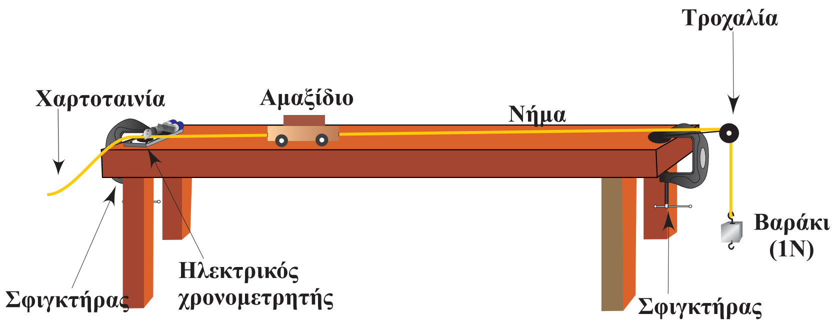
ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

- 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.

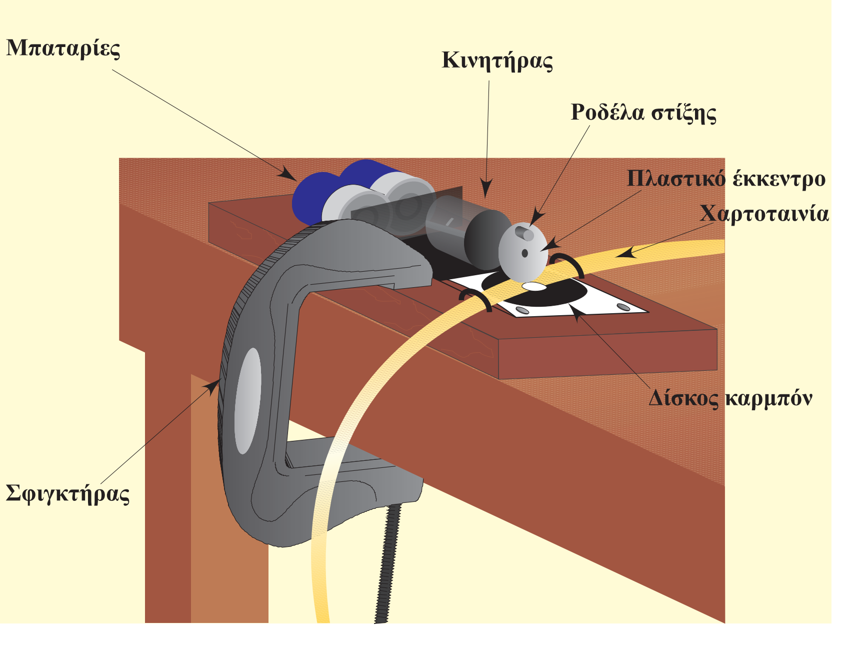


Εικόνα 2α.1

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. Δέσετε 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

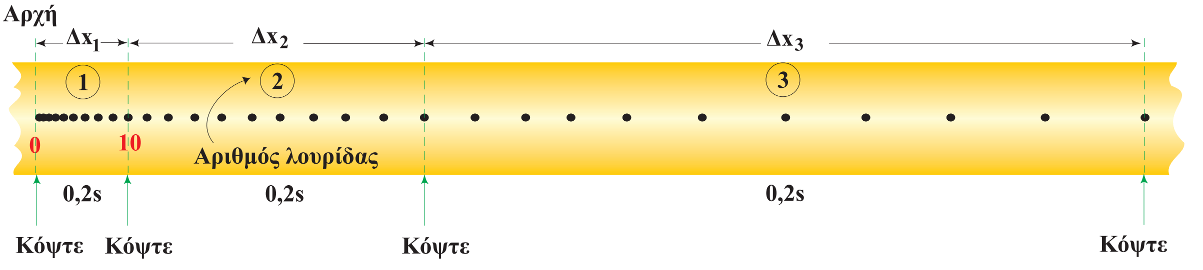
3. Κόψτε ένα μέτρο περίπου χαρτοταινίας και περάστε την μέσα από τους δύο οδηγούς κατά μήκος του ελάσματος και κάτω από την μελανωμένη όψη του δίσκου καρμπόν. Κολλήστε με σελοτέηπ τη μία άκρη της χαρτοταινίας στην κάτω άκρη του αμαξιδίου (Εικ. 2α.2).

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.

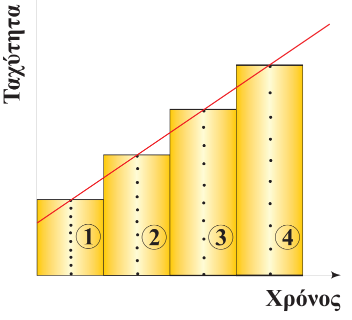
6. Παρατηρήστε μία χαρτοταινία και συγκρίνετε τις στιγμοαποστάσεις, δηλαδή τις αποστάσεις μεταξύ δύο γειτονικών κουκίδων. Γνωρίζοντας, ότι το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο γειτονικών κουκίδων είναι το ίδιο (ίσο με 0,02s), τι συμπεραίνετε για το είδος της κίνησης του αμαξιδίου;

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

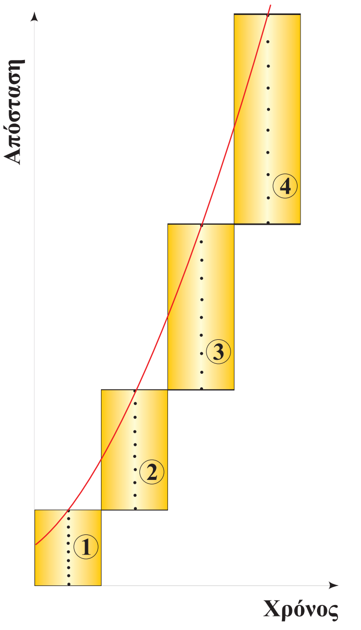
Κατασκευή διαγραμμάτων λουρίδων.



Εικόνα 2α.4

8. Κόψτε προσεκτικά με το ψαλλίδι την χαρτοταινία, ακριβώς 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 "τικ" ή Δt=0,2s) και επειδή η μετατόπιση Δx είναι ανάλογη με την ταχύτητα υ, 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;



Εικόνα 2α.5

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.

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 $\Delta t=0{,}02s\cdot 10=0{,}2s$.

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

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

γ. Υπολογίστε τις μεταβολές Δυ, 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 $\alpha = \dfrac{\Delta \upsilon}{\Delta t}$, 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.οκ.

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 υ=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

$$\alpha = \frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}.$$

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

Όταν το κινητό έχει αρχική ταχύτητα υ_0, τότε για την ταχύτητα του υ και η απόσταση x που διανύει σε χρόνο t, ισχύουν οι σχέσεις:

$$\upsilon = \upsilon_0 - \alpha t \quad \text{και} \quad x = \upsilon_0 t - \frac{1}{2}\alpha t^2 .$$

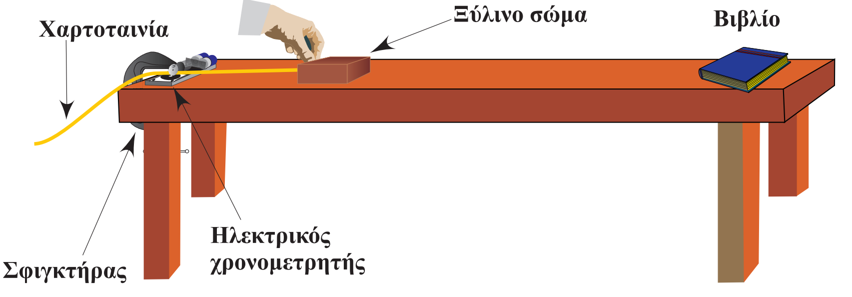
ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

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

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

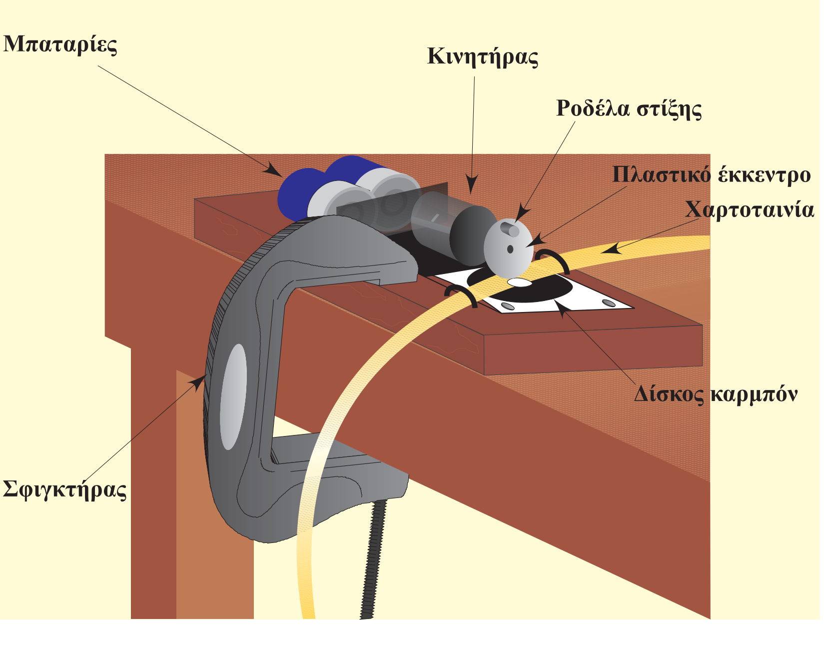
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

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 τραπεζιού και να πλησιάσει το βιβλίο.

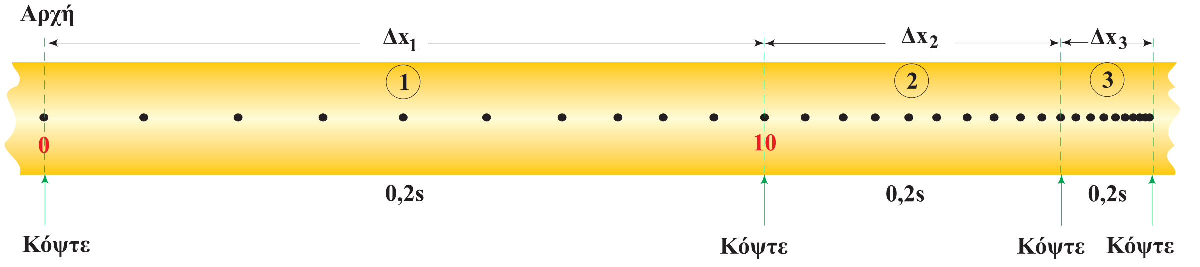
3. Μόλις σταματήσει να κινείται το ξύλινο παραλληλεπίπεδο, διακόψτε τη λειτουργία του χρονομετρητή και αφαιρέστε την χαρτοταινία.

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.

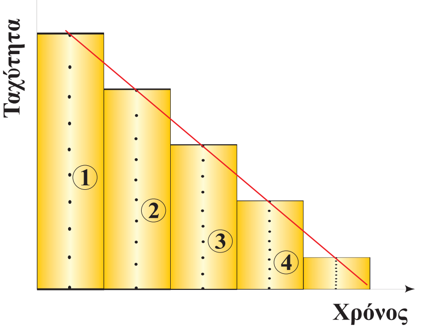
Απαριθμήστε έπειτα τις επόμενες δέκα κουκίδες κατά μήκος της ταινίας και σημειώστε τη δέκατη κουκίδα. Συνεχίστε, ώστε να χωρίσετε όλες τις κουκίδες σε ομάδες με δέκα στιγμοαποστάσεις (Εικ. 2β.3).



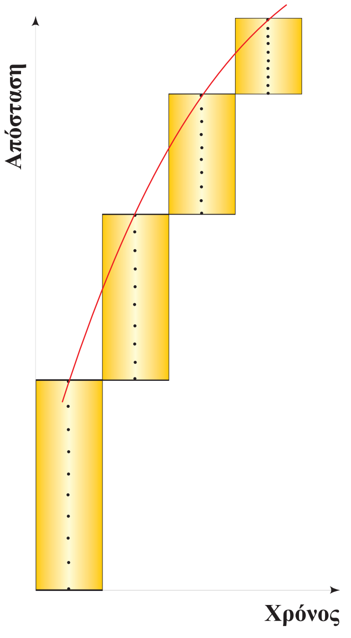
Εικόνα 2β.3

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 αμαξιού σε χρόνο δέκα "τικ" ή Δt = 0,2s, το διάγραμμα που κατασκευάσατε είναι το διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου.



Εικόνα 2β.4



Εικόνα 2β.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 2β.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 Δt = 0,2s. Συμπληρώστε έτσι την στήλη 3.

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

γ. Υπολογίστε τις μεταβολές Δυ, 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 $\alpha = \frac{\Delta \upsilon}{\Delta t}$, 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.

β. Βρείτε από το διάγραμμα αυτό, την κλίση της γραμμής που παριστάνει την συνάρτηση υ=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 λειτουργεία 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=m α

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.

$$F \propto \alpha \quad \text{ή} \quad F = m\alpha$$

και εκφράζει τη δυσκολία επιτάχυνσης του σώματος.

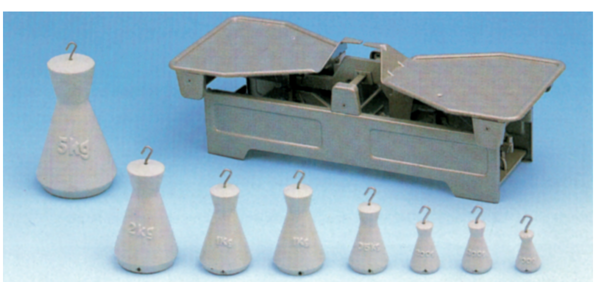
Η σταθερά αναλογίας m ονομάζεται **μάζα αδράνειας** του σώματος και εκφράζει τη δυσκολία επιτάχυνσης του σώματος. Η μάζα αδράνειας υπολογίζεται από το πηλίκο της δύναμης (θεωρούμενης σταθερής) προς την αντίστοιχη επιτάχυνση που έδωσε στο σώμα:

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

Για την ελεύθερη πτώση η σχέση αυτή γράφεται:

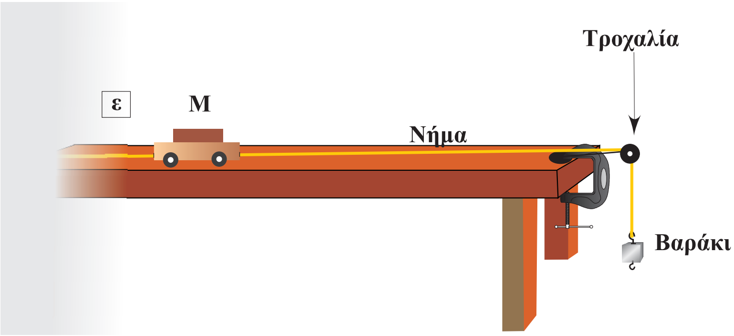
$$m = \frac{B}{g}$$

Κοντά στη στάθμη της θάλασσας είναι $g = 9{,}8\,{}^{m}\!/_{s^2} \cong 10\,{}^{m}\!/_{s^2}$.



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

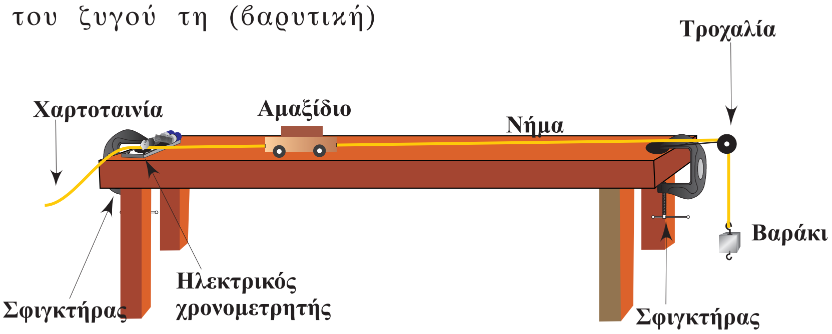
- Ηλεκτρικός χρονομετρητής.
- Δίσκος καρμπόν (διαμέτρου 5cm.).
- Δύο μπαταρίες των 1,5V (αλκαλικές μεγέθους D).
- Χαρτοταινία (πλάτους 13mm.).
- Εργαστηριακό αμαξίδιο.
- Τροχαλία σε πλαίσιο (λόγου χάρη από το τριβόμετρο).
- Δύο σφιγκτήρες (τύπου G).
- Βαράκια 0,5N, 1N και 1,5N (με μάζες αντιστοίχως 50g, 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 τραπεζιού πειραμάτων, με τη βοήθεια σφιγκτήρα, τον ηλεκτρικό χρονομετρητή. Στην

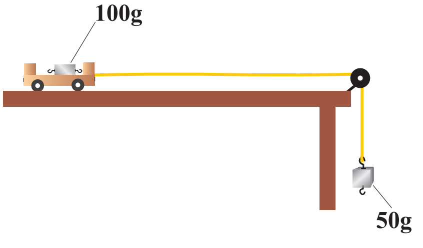


Εικόνα 3.2.α

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

β. Δέσετε 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.

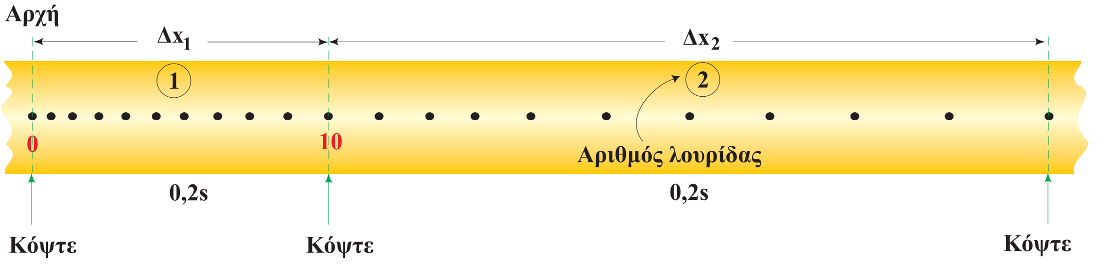
3. Κόψτε ένα μέτρο περίπου χαρτοταινίας και περάστε την μέσα από τους δύο οδηγούς κατά μήκος του ελάσματος. Φροντίστε ώστε η χαρτοταινία να περάσει κάτω από τη μελανωμένη όψη του δίσκου καρμπόν. Κολλήστε με σελοτέηπ τη μία άκρη της χαρτοταινίας στην κάτω άκρη του μικρού αμαξιού.



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.

β. Υπολογίστε από την εξίσωση $\upsilon = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$ τις μέσες ταχύτητες και συμπληρώστε την στήλη 4.

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

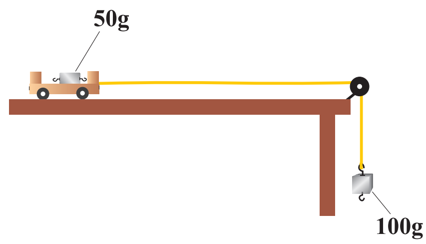
δ. Υπολογίστε από την εξίσωση $\alpha = \dfrac{\Delta\upsilon}{\Delta t}$ την επιτάχυνση και συμπληρώστε την στήλη 6.

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. 3.2β).

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.

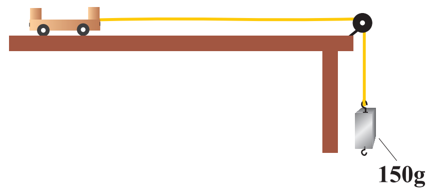


Εικόνα 3.2β

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.



Εικόνα 3.2γ

9. Συμπληρώστε τον ΠΙΝΑΚΑ 4.

10. Με βάση τις τιμές του ΠΙΝΑΚΑ 4, κατασκευάστε το διάγραμμα της συνάρτησης α=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;

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.

$$F \propto \alpha \quad \text{ή} \quad F = m\alpha$$

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:

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

Για την ελεύθερη πτώση η σχέση αυτή γράφεται:

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

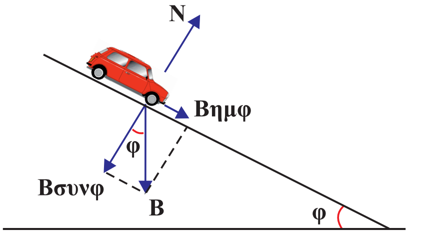
Κοντά στη στάθμη της θάλασσας είναι $g = 9{,}8\, m/s^2 \cong 10\, m/s^2$

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.**

Ε. Στο αμαξάκι που βρίσκεται επάνω στο κεκλιμένο επίπεδο, ασκούνται δύο δυνάμεις: το βάρος του Β και η αντίδραση Ν 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 Β·συνφ, έχουν συνισταμένη μηδέν. Η δύναμη λοιπόν που επιταχύνει το αμαξάκι κατά μήκος του κεκλιμένου επιπέδου και το αναγκάζει να κατέρχεται, είναι η συνιστώσα Β·ημφ 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

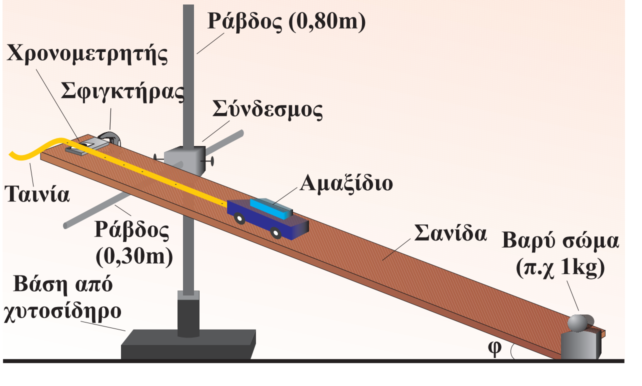
- Σανίδα λεία (μήκους 80cm και πλάτους 10cm περίπου) ή τριβόμετρο.
- Αμαξάκι (λ.χ. παιδικό αυτοκινητάκι).
- Βάση από χυτοσίδηρο (παραλληλόγραμμη).
- Ράβδος μεταλλική (0,80m).
- Ράβδος μεταλλική (0,30m).
- Απλός σύνδεσμος (σταυρός).
- Βαρύ σώμα (λ.χ. βάση από χυτοσίδηρο, βαρύ βιβλίο, βαρίδι του 1kg από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



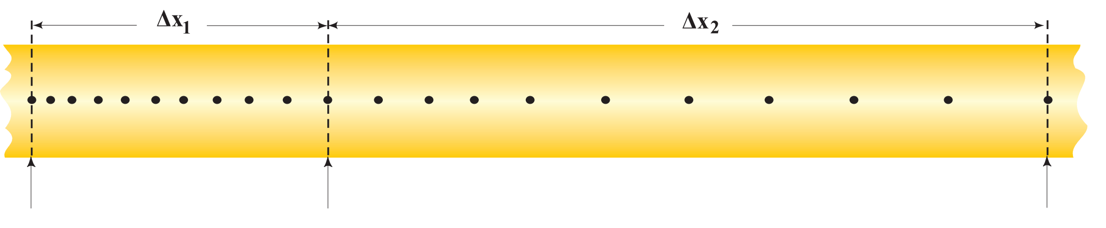
Εικόνα 3α.2

με το μοιρογνωμόνιο 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·ημφ. 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. Επιλέξετε 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 $\upsilon = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$ 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 $\alpha = \dfrac{\Delta \upsilon}{\Delta t}$ την επιτάχυνση και γράψτε την τιμή της στην στήλη 9. Εκφράστε την τιμή της επιτάχυνσης σε $\dfrac{m}{s}$ 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 βήματα 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).

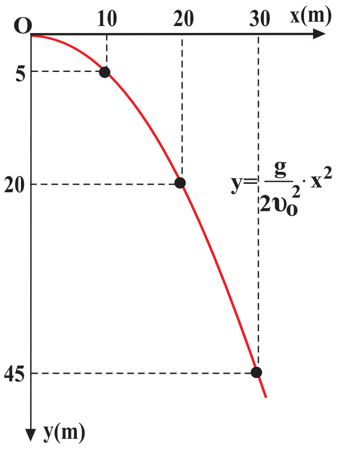
4. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΒΟΛΗΣ

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

Α. 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 υ_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:

$$x = \upsilon_0\, t \quad \text{και} \quad y = \frac{1}{2} g\, t^2$$

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

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

$$y = \frac{g}{2\,\upsilon_0^2}\, x^2$$

Η εξίσωση αυτή γράφεται και ως εξής:

$$\frac{y}{x} = \frac{g}{2\,\upsilon_0^2}\, x$$

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

Β. Μία μέθοδος για τη μελέτη των κινήσεων είναι η πολλαπλή φωτογράφηση 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.

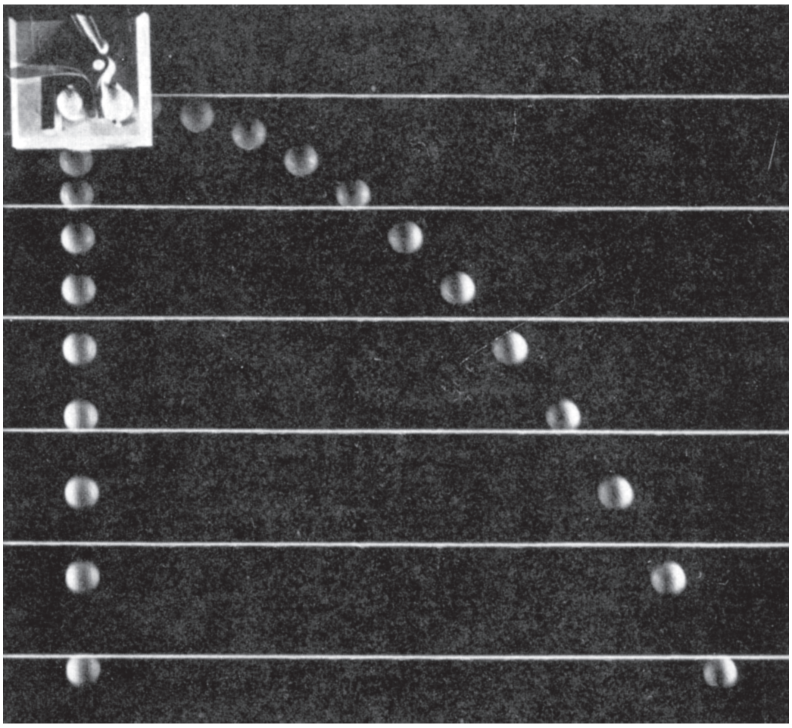
ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

- 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 (σελοτέηπ).

Σημείωση:
Στην άσκηση αυτή, δεν θα πραγματοποιήσετε πολλαπλή φωτογράφηση 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 φωτογράφησης δύο όμοιων σφαιρών.
Η μία σφαίρα εκτινάσσεται σε οριζόντια κατεύθυνση με



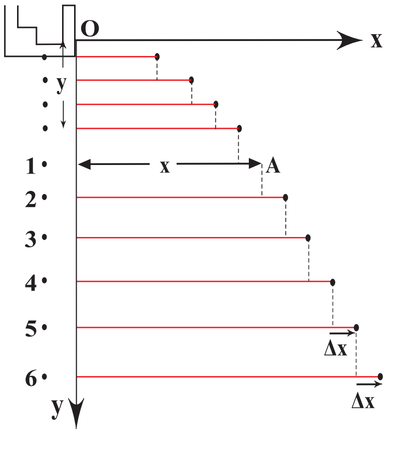
Εικόνα 4.2

ταχύτητα $2\frac{m}{s}$ 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 φωτογράφησης, 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 σελοτέηπ επάνω στη φωτογραφία ένα ημιδιαφανές χαρτί. Σημειώστε επάνω στο ημιδιαφανές χαρτί με τελείες (κουκίδες) τα κέντρα των διαδοχικών εικόνων (ειδώλων) των δύο σφαιρών. Οι διαδοχικές θέσεις (κουκίδες) της σφαίρας που αφέθηκε ελεύθερη καθορίζουν την κατεύθυνση της κατακόρυφης. Φέρετε από το σημείο εκτίναξης Ο 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 κουκίδα 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 διαδοχικών θέσεων - φωτογραφήσεων της σφαίρας $\left(\frac{1}{30}\,s\right)$.

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 φωτογράφησης. Συμπληρώστε έτσι τις στήλες γ και δ του ΠΙΝΑΚΑ 1. Υπολογίστε κατόπιν το πηλίκον $\frac{y}{x}$ για κάθε θέση - φωτογράφηση 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 $\frac{g}{2\,\upsilon_0^2}$.

Γνωρίζοντας την τιμή της ταχύτητας $\upsilon_0 = 2\,\frac{m}{s}$ υπολογίστε την επιτάχυνση g της βαρύτητας.

5. ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΠΤΩΣΗΣ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

ΣΤΟΧΟΙ

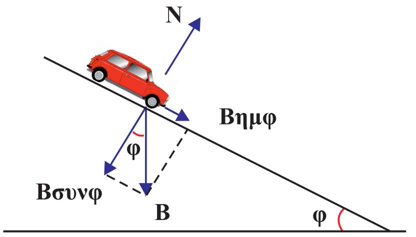
Στόχοι αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι:

- Να επαληθεύσετε, ότι για την "ελεύθερη πτώση" αντικειμένου σε κεκλιμένο επίπεδο, η απόσταση που διανύει το αντικείμενο είναι ανάλογη του τετραγώνου του χρόνου (δηλαδή ισχύει: $s=kt^2$, όπου s η απόσταση, t ο χρόνος και k μία σταθερά).

- Να προσδιορίσετε γραφικά τη σταθερά k για διαφορετικές γωνίες του κεκλιμένου επιπέδου.

- Να προσεγγίσετε γραφικά την τιμή g της επιτάχυνσης της βαρύτητας.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ



Εικόνα 5.1

Α. Διαβάστε όσα αναφέρονται στην Εισαγωγή του Εργαστηριακού Οδηγού για τη μελέτη των κινήσεων με τον ηλεκτρικό χρονομετρητή.

Β. Διαβάστε όσα αναφέρονται στην Εισαγωγή του Εργαστηριακού Οδηγού για τη γραφική παράσταση συναρτήσεων.

Γ. Στο αμαξίδιο που βρίσκεται επάνω στο κεκλιμένο επίπεδο, ασκούνται δύο δυνάμεις: το βάρος του Β και η αντίδραση Ν από το κεκλιμένο επίπεδο. Αν θεωρήσουμε την τριβή αμελητέα, η αντίδραση από το κεκλιμένο επίπεδο είναι κάθετη στην επιφάνειά του (Εικ. 5.1).

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 Βσυνφ, έχουν συνισταμένη μηδέν. Η δύναμη λοιπόν που επιταχύνει το αμαξάκι κατά μήκος του κεκλιμένου επιπέδου και το αναγκάζει να κατέρχεται, είναι η συνιστώσα Βημφ του βάρους.

Με την επίδραση της δύναμης Βημφ το αμαξίδιο αποκτά επιτάχυνση $\alpha = \dfrac{\text{B ημφ}}{\text{m}} = \dfrac{\text{m g ημφ}}{\text{m}} = \text{g ημφ} = \text{σταθερά}$.

Το αμαξίδιο λοιπόν εκτελεί κίνηση ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη και η απόσταση που διανύει σε χρόνο t είναι

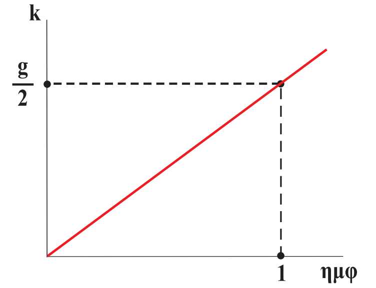
$$s = \frac{1}{2}\alpha t^2 = \frac{1}{2}\text{g ημφ}\, t^2.$$

Αν θέσουμε $\dfrac{1}{2}\text{g ημφ} = \text{k} = \text{σταθερά}$ η προηγούμενη εξίσωση γράφεται $s=kt^2$.

Η τιμή της σταθεράς k εξαρτάται από τη γωνία φ. Αν λοιπόν δώσουμε διάφορες τιμές στη γωνία φ, με μεταβολή της κλίσης του κεκλιμένου επιπέδου, θα πάρουμε αντίστοιχες τιμές για τη σταθερά k. Η γραφική παράσταση της σχέσης μεταξύ ημφ και k είναι ευθεία.

$$\text{Αν } \varphi = \frac{\pi}{2}, \text{ τότε } \eta\mu\varphi = 1 \text{ και } k = \frac{g}{2}.$$

Από τη γραφική παράσταση της συνάρτησης k=f(ημφ) μπορούμε εύκολα να βρούμε την τιμή $\frac{g}{2}$ και από αυτήν την τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας g (Εικ. 5.2).



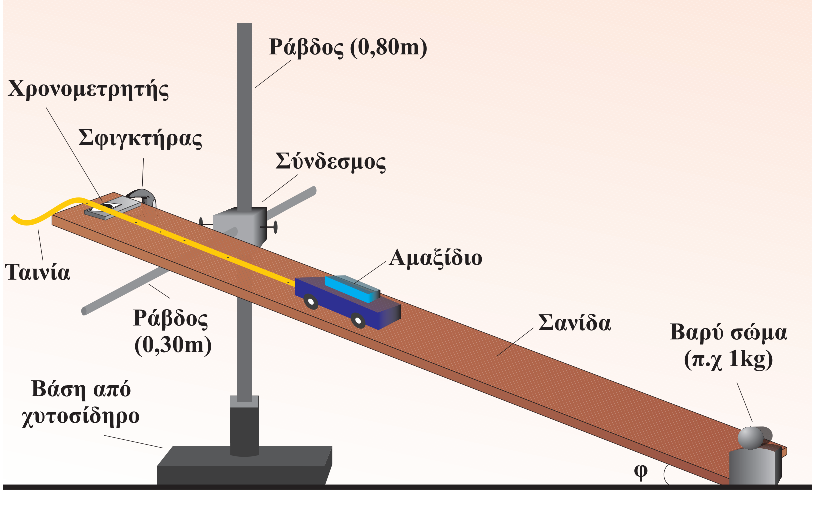
Εικόνα 5.2

ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

- Σανίδα λεία μήκους 80cm και πλάτους 10cm περίπου.
- Κανόνας (χάρακας) βαθμολογημένος ή μετροταινία.
- Αμαξίδιο (λ.χ. παιδικό αυτοκινητάκι).
- Ηλεκτρικός χρονομετρητής.
- Δίσκος καρμπόν (διαμέτρου 5cm.).
- Δύο μπαταρίες των 1,5V (αλκαλικές μεγέθους D).
- Χαρτοταινία (πλάτους 13mm.).
- Ένας σφιγκτήρας τύπου G.
- Κολλητική ταινία (σελοτέηπ).
- Βάση από χυτοσίδηρο (παραλληλόγραμμη).
- Ράβδος μεταλλική 0,80m.
- Ράβδος μεταλλική 0,30m.
- Σύνδεσμος απλός (σταυρός).
- Βαρύ σώμα (λ.χ. βάση από χυτοσίδηρο, βαρύ βιβλίο ή βαρίδι του 1kg από σταθμά).
- Μοιρογνωμόνιο.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Συναρμολογήστε την πειραματική διάταξη της εικόνας 5.3.

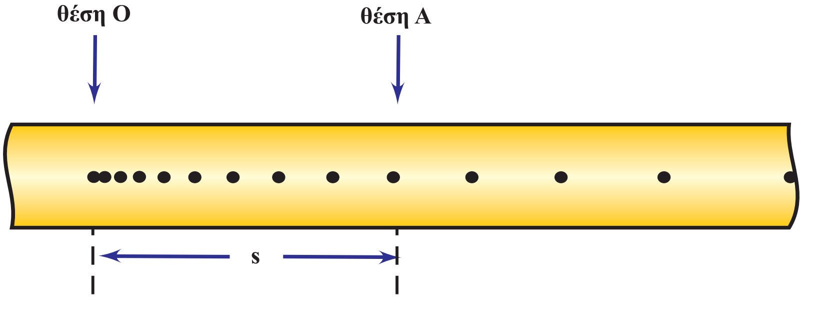


Εικόνα 5.3

2. Δώστε στο κεκλιμένο επίπεδο μια ορισμένη κλίση (λόγου χάρη 20°) με τη βοήθεια του μοιρογνωμόνιου. Στερεώστε το κεκλιμένο επίπεδο στη θέση αυτή με το βαρύ σώμα στο κάτω μέρος του.

Κόψτε ένα μέτρο περίπου χαρτοταινίας και τοποθετήστε την στον χρονομετρητή. Κολλήστε με σελοτέηπ τη μία άκρη της χαρτοταινίας στην πίσω άκρη του αμαξιού.

3. Θέσετε σε λειτουργία τον χρονομετρητή και συγχρόνως αφήστε το αμαξάκι νε κινηθεί από το επάνω μέρος του κεκλιμένου επιπέδου. Όταν το αμαξάκι φτάσει στο εμπόδιο, διακόψτε τη λειτουργία του χρονομετρητή και αφαιρέστε την ταινία (Εικ. 5.4).



Εικόνα 5.4

4. Μετρήστε από την πρώτη κουκίδα (θέση εκκίνησης ή θέση 0) μία απόσταση s=20cm και σημειώστε με το μολύβι σας την αντίστοιχη θέση με Α (θέση Α). Μετρήστε τον αριθμό των κουκίδων μεταξύ της θέσης Ο και της θέσης Α. Υπολογίστε το χρόνο της κίνησης του μικρού αμαξιού από τη θέση Ο στη θέση Α, γνωρίζοντας ότι το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο κουκίδων είναι 0,02s. Συμπληρώστε τη δεύτερη γραμμή του ΠΙΝΑΚΑ 1.

5. Επαναλάβετε το βήμα 4 για τρεις ακόμη αποστάσεις από τη θέση Ο: 30cm, 40cm και 50cm. Συμπληρώστε τις υπόλοιπες γραμμές του ΠΙΝΑΚΑ 1.

6. Κατασκευάστε τη γραφική παράσταση της σχέσης μεταξύ της απόστασης s που διανύει το αμαξάκι και του τετραγώνου t^2 του χρόνου.

Μήπως η ομαλή γραμμή που προσεγγίζει καλύτερα τα πειραματική σημεία στο επίπεδο των αξόνων είναι ευθεία, η οποία περνά από την αρχή των αξόνων;

Επαληθεύεται η εξίσωση $s=kt^2$, δηλαδή η κίνηση είναι ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη;

Υπολογίστε τη σταθερά k από την κλίση της ευθείας που απεικονίζει τη συνάρτηση $s=f(t^2)$.

7. Επαναλάβετε τα βήματα 2, 3, 4, 5 και 6 για άλλες τρεις, διαφορετικές κλίσεις του κεκλιμένου επιπέδου (30°, 45°, 60°). Σημειώστε την κάθε χαρτοταινία με την αντίστοιχη γωνία, για να μπορείτε να τη διακρίνετε. Συμπληρώστε τους ΠΙΝΑΚΕΣ 2, 3 και 4. Κατασκευάστε τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις της συνάρτησης $s=f(t^2)$. Υπολογίστε τις αντίστοιχες τιμές της σταθεράς k.

8. Συμπληρώστε τον ΠΙΝΑΚΑ 5. Κατασκευάστε τη γραφική παράσταση της σχέσης μεταξύ της k και του ημφ. Η καλύτερη, ομαλή γραμμή που προσεγγίζει καλύτερα τα πειραματικά σημεία στο επίπεδο των αξόνων είναι ευθεία, η οποία περνά από την αρχή των αξόνων.

9. Βρείτε επάνω στον άξονα της μεταβλητής k την τιμή που αντιστοιχεί στην τιμή 1 του άξονα της μεταβλητής ημφ. Η τιμή αυτή είναι ίση με $\frac{g}{2}$. Υπολογίστε έπειτα την τιμη g της επιτάχυνσης της βαρύτητας.

6. ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΥ ΔΥΝΑΜΗΣ

ΣΤΟΧΟΙ

Οι στόχοι αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι:

- Να επαληθεύσετε το νόμο της κεντρομόλου δύναμης

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

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

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

Α. Ένα κινητό που κάνει κυκλική ομαλή κίνηση έχει γραμμική ταχύτητα υ με σταθερό μέτρο

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

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

$$\alpha = \frac{\upsilon^2}{R}.$$

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

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

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

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

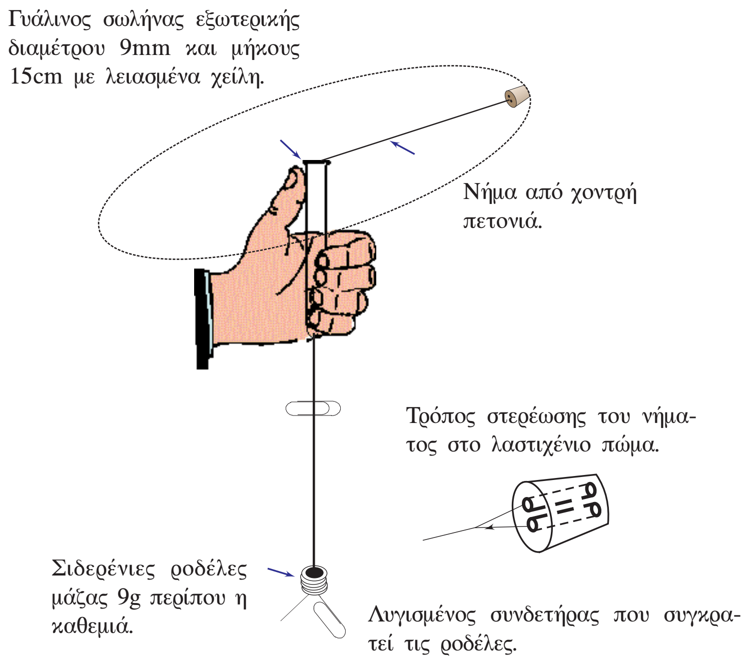
Β. Από την τελευταία σχέση (νόμος της κεντρομόλου δύναμης) φαίνεται ότι το μέτρο της κεντρομόλου δύναμης εξαρτάται από τρεις παράγοντες (μεταβλητές): τη μάζα, την περίοδο και την ακτίνα της τροχιάς. Για να μελετήσουμε πειραματικά το νόμο, συσχετίζουμε δύο παράγοντες, διατηρώντας τους άλλους δύο σταθερούς.

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.



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 νάϋλον 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 βαθμολογημένος (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, εξασκηθήτε 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 υπολογίστε 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;

7. ΤΡΙΒΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

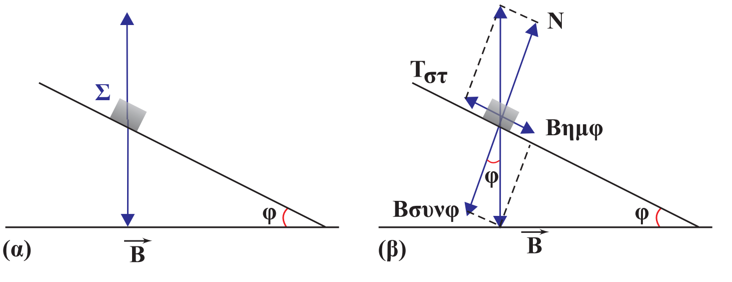
ΣΤΟΧΟΙ

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=Βσυνφ

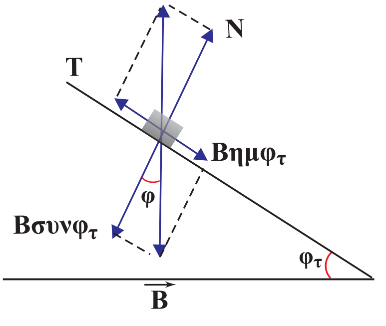
και $T_{στ}$=Βημφ.

Η συνιστώσα $T_{στ}$ της δύναμης του κεκλιμένου επιπέδου ονομάζεται **στατική τριβή.** Η στατική τριβή εξουδετερώνει τη συνιστώσα Β·ημφ 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:

$$T = Bημφ_τ.$$



Εικόνα 7.2

Αλλά T=μN, όπου μ είναι ο συντελεστής τριβής ολίσθησης.

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

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

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

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

Η τριβή ολίσθησης βρίσκεται από την εξίσωση

$$T=B\eta\mu\varphi_\tau = mg\eta\mu\varphi_\tau.$$

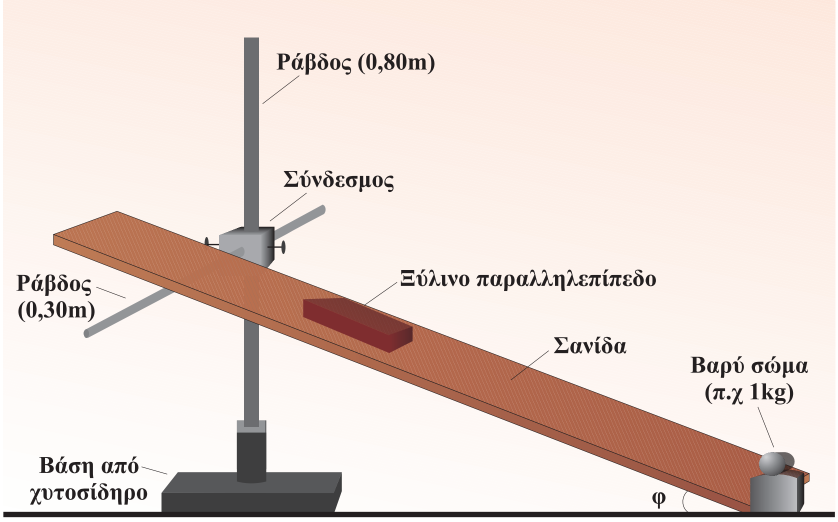
Το έργο της τριβής είναι W=Ts.

ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

- Σανίδα (μήκους 80cm και πλάτους 10cm περίπου) ή τριβόμετρο.
- 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. βάση από χυτοσίδηρο, βαρύ βιβλίο, βαρίδι 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 βάση, 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.

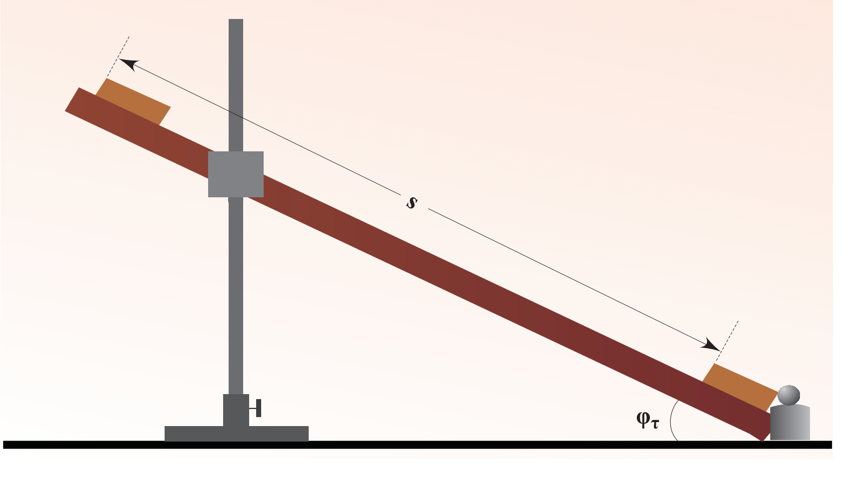
Με την ανύψωση του συνδέσμου, η γωνία του κεκλιμένου επιπέδου με το οριζόντιο επίπεδο αυξάνεται. Για κάποια γωνία φ_τ, το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ξεκινά με δυσκολία και αρχίζει να ολισθαίνει προς τα κάτω με (περίπου) σταθερή ταχύτητα. Στερεώστε στη θέση αυτή το σύνδεσμο.

Μετρήστε τη γωνία φ_τ 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 $g = 10\,\frac{m}{s^2}$, 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.

8. ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΟΡΜΗΣ ΣΕ ΜΙΑ ΕΚΡΗΞΗ

ΣΤΟΧΟΙ

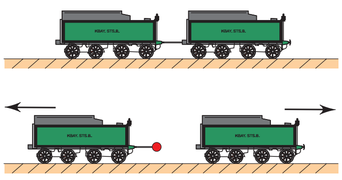
Οι στόχοι αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι:

- Να επαληθεύσετε, ότι δύο αρχικώς ακίνητα και σε επαφή σώματα, μετά από μία ξαφνική αμοιβαία ώθηση - μία “έκρηξη”- απομακρύνονται με αντίθετες ορμές.

- Να διαπιστώσετε ότι η ορμή ενός μονωμένου συστήματος σωμάτων, διατηρείται σταθερή.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

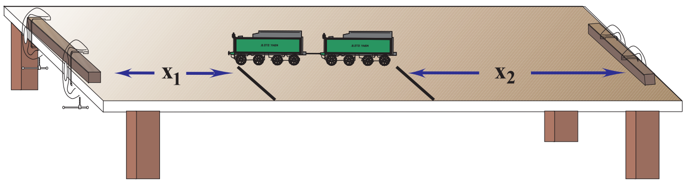
Α. Τα δύο αμαξίδια της εικόνας 8.1 είναι αρχικώς ακίνητα και βρίσκονται σε επαφή. Το ένα από αυτά φέρει έμβολο που συνδέεται με ένα συμπιεσμένο ελατήριο.



Εικόνα 8.1

Αν το συμπιεσμένο ελατήριο αφεθεί απότομα ελεύθερο, το έμβολο θα εκτιναχθεί προς τα έξω και θα προκαλέσει ξαφνική αμοιβαία ώθηση - μία “έκρηξη”. Με την αμοιβαία αυτή ώθηση, τα δύο αμαξίδια θα αποχωριστούν και θα κινηθούν προς αντίθετες κατευθύνσεις.

Οι ορμές των αμαξιδίων μετά την έκρηξη έχουν αντίθετες κατευθύνσεις και τα μέτρα τους είναι $m_1 \upsilon_1$ και $m_2 \upsilon_2$.



Εικόνα 8.2

Για μία κατάλληλη θέση εκκίνησης, τα αμαξίδια φθάνουν ταυτόχρονα στα ξύλινα εμπόδια (οπότε από τις συγκρούσεις τους με αυτά ακούγεται μόνο ένας ήχος και όχι δύο ξεχωριστοί ήχοι). Στην περίπτωση αυτή, οι αποστάσεις x_1 και x_2 διανύονται από τα δύο αμαξίδια στο ίδιο χρονικό διάστημα t (Εικ. 8.2). Οι ταχύτητες των αμαξιδίων θα είναι τότε

$$\upsilon_1 = \frac{x_1}{t} \quad \text{και} \quad \upsilon_2 = \frac{x_2}{t}$$

και οι ορμές τους

$$m_1 \frac{x_1}{t} \quad \text{και} \quad m_2 \frac{x_2}{t}$$

Για να δείξουμε λοιπόν ότι $m_1 \cdot \upsilon_1 = m_2 \cdot \upsilon_2$ αρκεί να δείξουμε ότι $m_1 x_1 = m_2 x_2$.

Β. Τα δύο αμαξίδια, τα οποία αλληλεπιδρούν και εξετάζονται ως ενιαίο σύνολο σωμάτων, αποτελούν ένα **σύστημα σωμάτων.** Οι δυνάμεις που ασκεί το κάθε αμαξίδιο στο άλλο, επειδή είναι δυνάμεις που ασκούνται από ένα σώμα σε άλλο σώμα του συστήματος, ονομάζονται **εσωτερικές δυνάμεις.**

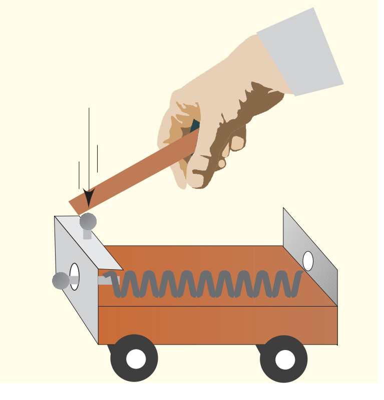
Επάνω σε κάθε αμαξίδιο ασκούνται και δυνάμεις από σώματα που δεν ανήκουν στο σύστημα. Έτσι σε κάθε αμαξίδιο εξασκείται το βάρος του που προέρχεται από τη Γη και η κατακόρυφη αντίδραση προς τα επάνω από το τραπέζι. Οι δυνάμεις αυτές ονομάζονται **εξωτερικές.** Επειδή είναι αντίθετες, αλληλοεξουδετερώνονται. Στο σύστημα λοιπόν των δύο αμαξιδίων, η συνισταμένη των εξωτερικών δυνάμεων είναι μηδέν. Ένα τέτοιο σύστημα ονομάζεται **μονωμένο.**

Η ολική ορμή ενός συστήματος είναι ίση με το διανυσματικό άθροισμα των ορμών των σωμάτων που το αποτελούν.

ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

- Ζεύγος εργαστηριακών αμαξιδίων (το ένα από τα οποία φέρει έμβολο).
- Τέσσερις σφιγκτήρες (τύπου G).
- Δύο ξύλινα εμπόδια (πήχεις αρκετού πάχους, μισού περίπου μέτρου το καθένα).
- Κανόνας 1m ή πτυσσόμενο μέτρο.
- Ζυγός.
- Ένα ή δύο τούβλα.
- Αεροστάθμη.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ



Εικόνα 8.3

1. Δοκιμάστε το μηχανισμό εκτίναξης του εμβόλου του αμαξιδίου (Εικ. 8.3).

Κρατήστε σταθερά με το ένα χέρι το αμαξίδιο επάνω στο τραπέζι και πιέστε το έμβολο προς τα μέσα μέχρις ότου σφηνωθεί (συγκρατηθεί στην πρώτη ή στη δεύτερη εγκοπή) πίσω από το μεταλλικό κάλυμμα. Μετά τον οπλισμό του μηχανισμού εκτίναξης, αφήστε το αμαξάκι. Χτυπήστε κατόπιν ελαφρά και απότομα τον πίρο κατά την κατακόρυφη διεύθυνση (με στερεό αντικείμενο, λ.χ. χάρακα, σφυρί) για να ελευθερώσετε το έμβολο. (Προσέξτε, ώστε τα δάκτυλά σας να είναι μακριά από το έμβολο). Τι παρατηρείτε; Το αμαξίδιο εξακολουθεί να παραμένει ακίνητο ή όχι; Μεταβλήθηκε η ορμή του αμαξιδίου;

2. Προετοιμάστε το τραπέζι πειραμάτων.

α. Στερεώστε με σφιγκτήρες τα ξύλινα εμπόδια των αμαξιδίων στις άκρες του τραπεζιού, ώστε να είναι παράλληλα.

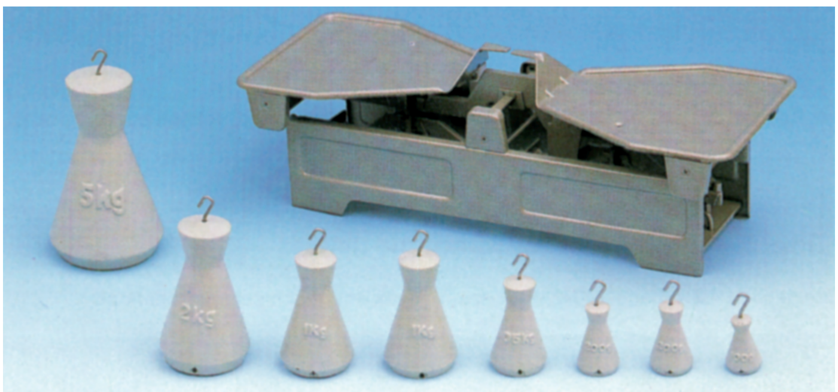
β. Ελέγξετε με την αεροστάθμη, αν το τραπέζι είναι οριζόντιο. (Αν όχι, φροντίστε να το οριζοντιώσετε, βάζοντας κάτω από κάποια πόδια του διπλωμένα κομμάτια χαρτιού). Ο όρος αυτός είναι ουσιώδης για την επιτυχία του πειράματος.

3. Πιέστε το έμβολο προς τα μέσα για να οπλίσετε το μηχανισμό εκτίναξης. Τοποθετήστε στη μέση του τραπεζιού τα δύο αμαξίδια αντιμέτωπα και σε επαφή μεταξύ τους. Φροντίστε να είναι ευθυγραμμισμένα και κάθετα στα δύο παράλληλα εμπόδια.

Χτυπήστε τώρα τον πίρο εκτίναξης του εμβόλου. Τι συμβαίνει; Ακούτε έναν ή δύο χτύπους κατά την πρόσκρουσή τους στα ξύλινα εμπόδια; Με άλλα λόγια, τα αμαξίδια φθάνουν ταυτόχρονα στα ξύλινα εμπόδια ή όχι; Αν όχι, μετακινήστε κατάλληλα το σημείο εκκίνησης και επαναλάβετε. Έπειτα από μερικές δοκιμές, προσδιορίστε τη θέση εκκίνησης (σημειώστε την με το μολύβι σας) από την οποία τα δύο αμαξίδια θα χρειαστούν τον ίδιο χρόνο για να φθάσουν στα εμπόδια.

Μετρήστε τις αποστάσεις x_1 και x_2 για τις οποίες εκπληρώνεται ο όρος αυτός.

4. Ζυγίστε τα δύο αμαξίδια και σημειώστε τις μάζες τους m_1 και m_2.



Εικόνα 8.4
Ζυγός "εξέδρας" (Roberval).

5. Υπολογίστε τα γινόμενα m_1x_1 και m_2x_2 και συγκρίνετέ τα. Τι διαπιστώνετε; Τι συμπεραίνετε για τις ορμές των αμαξιδίων;

6. Ζυγίστε ένα τούβλο. Φορτώστε στο ένα αμαξάκι το τούβλο. Επαναλάβετε τις διαδικασίες 3 και 5, αφού λάβετε υπόψη σας ότι η μάζα του ενός αμαξιδίου έχει αυξηθεί κατά ποσότητα ίση με τη μάζα του τούβλου.

7. Αν τοποθετούσατε και δεύτερο τούβλο στο ίδιο αμαξίδιο και επαναλαμβάνατε το πείραμα, τι νομίζετε; Θα ίσχυε το ίδιο συμπέρασμα για τις ορμές των αμαξιδίων μετά την «έκρηξη»; Πραγματοποιήστε το πείραμα για να επαληθεύσετε την πρόβλεψή σας.

8. Είναι το σύστημα των δύο αμαξιδίων μονωμένο; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

Έχοντας ως δεδομένο, ότι η ορμή είναι διανυσματικό μέγεθος, μπορείτε να βγάλετε κάποιο συμπέρασμα για την ολική ορμή του συστήματος πριν και μετά την "έκρηξη";

9. 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 φωτογράφηση).
- 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

Α. 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.

Β. 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 Κ αντικειμένου υπολογίζεται από την εξίσωση

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

όπου m είναι η μάζα του αντικειμένου και υ 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 φωτογράφηση. Θα μελετήσετε την ελεύθερη πτώση σφαίρας από έτοιμη φωτογραφία πολλαπλής λήψης.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

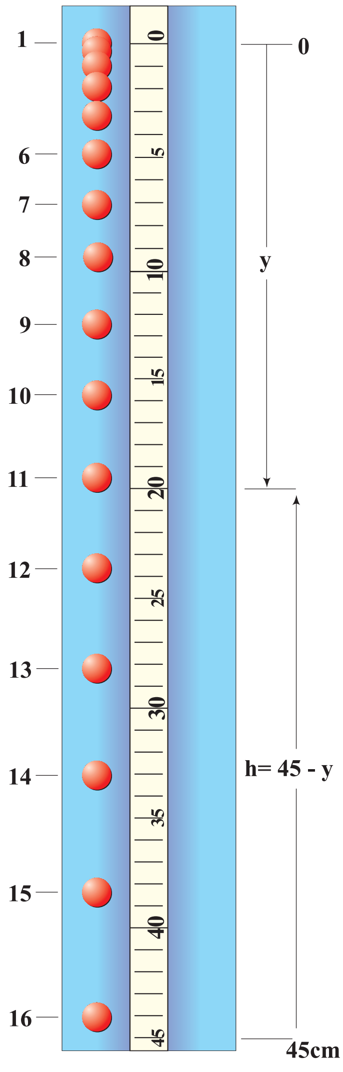
1. Παρατηρήστε τη φωτογραφία της πολλαπλής φωτογράφησης της σφαίρας κατά την ελεύθερη πτώση της (Εικ. 9.1).

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.



Εικόνα 9.1

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 $\upsilon = \frac{\Delta y}{\Delta t}$. Συμπληρώστε την στήλη 5 του ΠΙΝΑΚΑ 1.

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

7. Υπολογίστε την κινητική ενέργεια της σφαίρας, σύμφωνα με την εξίσωση $K = \frac{1}{2} m \upsilon^2$. Έχετε ως δεδομένο, ότι η μάζα της σφαίρας (μπιλιάρδου) είναι m=0,173kg. 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=0,173kg και $g = 9{,}81 \frac{m}{s^2}$.

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.

10. 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

Α. 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.

Β. Η θερμότητα Q που απορροφά ένα σώμα είναι ανάλογη με τη μάζα του m, ανάλογη με τη μεταβολή της θερμοκρασίας Δθ και εξαρτάται από το υλικό του σώματος.

Ισχύει δηλαδή η εξίσωση

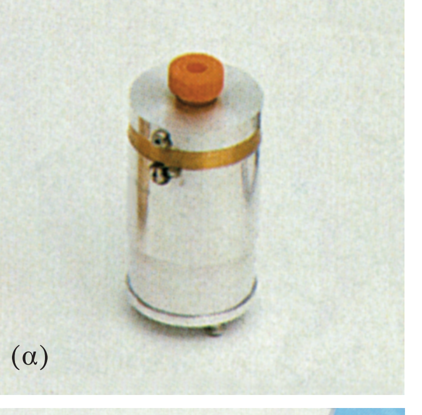
$$Q = cm\Delta\theta$$

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

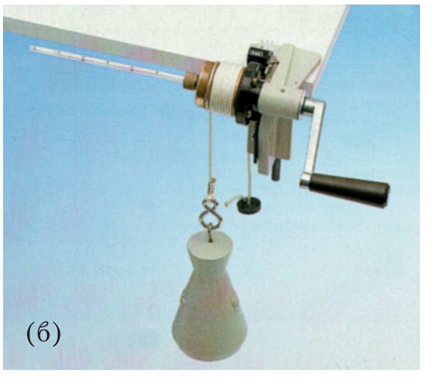
Μονάδα θερμότητας είναι το 1J (Joule).

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.



(α)



(β)

Εικόνα 10.1

Αποτελείται από ένα χάλκινο τύμπανο, εικόνα 10.1α, το οποίο παίζει το ρόλο θερμιδομέτρου. 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 στροφάλου, 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 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

$$W = nsF \quad ή \quad W = n\pi dF$$

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 θερμιδομετρίας

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

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 βιδωτό 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°C.
- Καθρέφτης στερεωμένος στη βάση της συσκευής κάτω από το θερμόμετρο.
- 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.

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

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;

11. 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

Α. 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.**

Β. Για να μετρήσουμε ποσά θερμότητας που ανταλλάσσονται μεταξύ των διαφόρων σωμάτων, βασιζόμαστε 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 Δθ 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

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

ΟΡΓΑΝΑ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

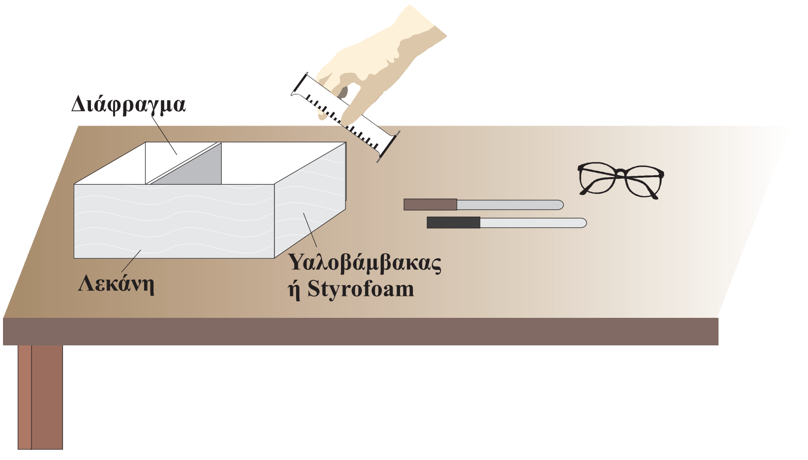
- Λεκάνη γυάλινη ή πλαστική διαστάσεων περίπου 15cm x 8cm x 8cm χωρισμένη υδατοστεγώς σε δύο άνισους θαλάμους με έλασμα χαλκού ή αλουμινίου. Η σχέση των όγκων των δύο θαλάμων είναι 2:1. Εξωτερικά τα πλευρικά τοιχώματα και ο πυθμένας της λεκάνης καλύπτονται από υαλοβάμβακα για να επιτυγχάνεται θερμική 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 οινοπνεύματος
- Τρίποδας
- Αντιθερμικό πλέγμα
- Σπίρτα
- Χατρομάντηλα ή θερμομονωτικό γάντι
- Χρονόμετρο ή ρολόι χεριού

ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

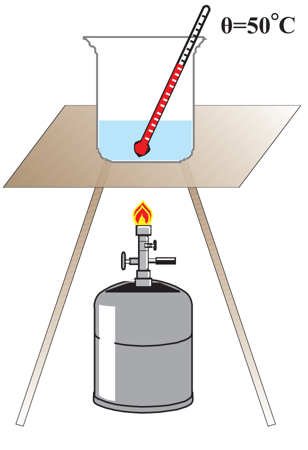
- Μη πιάνετε με γυμνό χέρι γυάλινο ποτήρι ή φιάλη, που περιέχει καυτό νερό. Να φοράτε θερμομονωτικό γάντι. Επίσης προσέξτε να μη χυθεί καυτό νερό στο δέρμα σας. Υπάρχει κίνδυνος εγκαύματος.
- Να χρησιμοποιείτε με προσοχή τα θερμόμετρα, γιατί υπάρχει ενδεχόμενο να σπάσουν. Στην περίπτωση που ένα οποιοδήποτε 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).



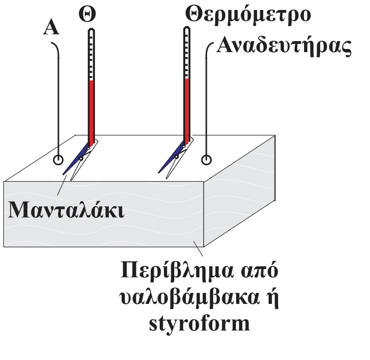
Εικόνα 1.1.1



Εικόνα 11.2

2. Με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου ρίξτε στο ποτήρι ζέσης 200mL νερού της βρύσης, 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 θερμόμετρο και αναδευτήρα. Για να κρατήσετε το κάθε θερμόμετρο σε ορισμένο βάθος 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 βυθισμένο 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°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;

ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΡΙΘΜΩΝ

Γωνία		ημ	συν	εφ	Γωνία		ημ	συν	εφ
Μοίρες	Ακτίνια				Μοίρες	Ακτίνια			
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	∞