

Άσκηση 1

Μέτρηση της επιτάχυνσης της βαρύτητας με τη μέθοδο της πτώσης σωμάτων

1.1. Σκοπός

Στην άσκηση αυτή θα προσδιοριστεί η επιτάχυνση της βαρύτητας με τη μέθοδο της πτώσης σωμάτων.

1.2. Θεωρία

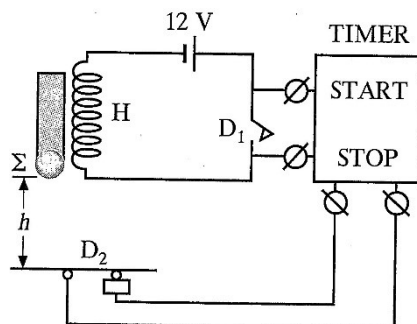
Όταν ένα σώμα αφηθεί ελεύθερο να πέσει στο κενό από κάποιο ύψος h για χρόνο t , είναι γνωστό ότι πέφτει με σταθερή επιτάχυνση g και ισχύει η σχέση:

$$h = \frac{1}{2} g t^2 \quad (1.1)$$

Από τη σχέση αυτή είναι δυνατός ο υπολογισμός της επιτάχυνσης της βαρύτητας, όταν μετρηθούν τα h και t .

1.3. Μέθοδος

Στο Σχ. 1.1 φαίνεται μια απλή πειραματική διάταξη για τον προσδιορισμό της επιτάχυνσης της βαρύτητας με τη μέθοδο της πτώσης σωμάτων.



Σχήμα 1.1. Σχηματική παράσταση της πειραματικής διάταξης της άσκησης.

Μία σφαίρα (Σ) συγκρατείται από έναν ηλεκτρομαγνήτη (H). Όταν ελευθερωθεί, πέφτει και διανύει ύψος h . Ο χρόνος πτώσης, t , μετριέται με το ηλεκτρονικό χρονόμετρο (TIMER), το οποίο ενεργοποιείται αυτόματα με το πάτημα του κουμπιού START, οπότε ανοίγει ο διακόπτης D_1 , διακόπτεται η τροφοδοσία του ηλεκτρομαγνήτη και η σφαίρα ελευθερώνεται. Η χρονομέτρηση σταματά όταν η σφαίρα προσκρούσει στην πλακέτα του διακόπτη D_2 , οπότε ανοίγει το κύκλωμα STOP του χρονομέτρου.

Με τη βοήθεια μιας τέτοιας διάταξης, αν το ύψος h και ο χρόνος t μετρηθούν με ένα σχετικό σφάλμα που δεν ξεπερνά το 0,1 %, θα περίμενε κάποιος, εφαρμόζοντας την Εξ. (1.1), να βρει την g με την αντίστοιχη ακρίβεια.

Όμως, τα ακόλουθα στοιχεία θα πρέπει να μας κάνουν προσεκτικούς:

1) Το πείραμα δεν γίνεται στο κενό, επομένως ενδέχεται η αντίσταση του αέρα να μην είναι αμελητέα.

2) Ο διακόπτης D₂, ο οποίος σταματά τη χρονομέτρηση, ανοίγει με την πρόσκρουση της σφαίρας που πέφτει από διαφορετικά ύψη, ωστόσο δεν γνωρίζουμε τι ακριβώς γίνεται εκείνη τη στιγμή.

3) Ακόμα σημαντικότερο είναι το γεγονός ότι ο ηλεκτρομαγνήτης, εξαιτίας του πυρήνα του, παρουσιάζει μεγάλη αυτεπαγωγή. Έτσι, όταν ανοίγουμε τον διακόπτη D₁ και ξεκινά ακαριαία η χρονομέτρηση, το ρεύμα στον ηλεκτρομαγνήτη δεν μηδενίζεται εξίσου ακαριαία, με αποτέλεσμα να συγκρατείται η σφαίρα για κάποιο χρονικό διάστημα, που δεν είναι γνωστό και περιλαμβάνεται στον μετρούμενο χρόνο t .

Για να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα, ακολουθείται η εξής διαδικασία:

- α) Λαμβάνονται αρκετά ζεύγη τιμών h και t .
- β) Αντί της Εξ. (1.1), χρησιμοποιείται η ισοδύναμη

$$t = \sqrt{\frac{2}{g}} \cdot \sqrt{h} \quad (1.2)$$

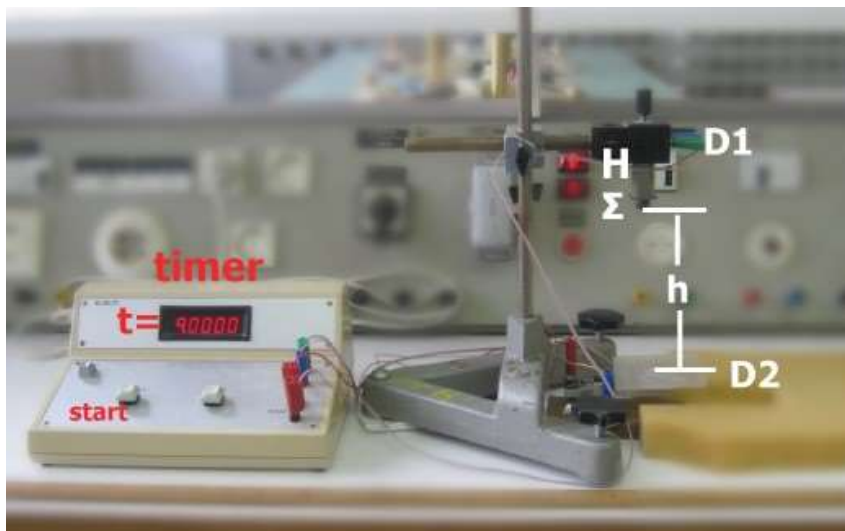
που συνδέει γραμμικά τα μεγέθη t και \sqrt{h} .

γ) Με την βοήθεια των μετρήσεων (\sqrt{h} , t) σχεδιάζεται η γραφική παράσταση του t ως συνάρτηση του \sqrt{h} .

Αν η γραφική παράσταση είναι ευθεία και περνάει από την αρχή των αξόνων, τότε δεν υπάρχει κανένα από τα παραπάνω προβλήματα (1, 2, 3).

1.4. Πειραματική Διάταξη

Η πειραματική διάταξη της άσκησης φαίνεται στο Σχ. 1.2. Περιλαμβάνει μία σιδερένια σφαίρα (Σ), έναν ηλεκτρομαγνήτη (H) και ένα ηλεκτρονικό χρονόμετρο (timer), και λειτουργεί όπως περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα.



Σχήμα 1.2. Φωτογραφία της πειραματικής διάταξης της άσκησης.

Ο χρόνος t που φαίνεται στην οθόνη του χρονομέτρου προφανώς είναι ο χρόνος που χρειάστηκε η σφαίρα για να καλύψει την απόσταση h . Το χρονόμετρο διαθέτει επίσης ένα κουμπί Reset για τον μηδενισμό του.

Βιβλιογραφία

1. H. D. Young, R. A. Freedman, *Πανεπιστημιακή Φυσική με Σύγχρονη Φυσική*, Τόμος Α: *Μηχανική – Κύματα – Θερμοδυναμική* (Αθήνα ⁴2022), 2.4, 2.5.
2. ΕΜΠ, Τομέας Φυσικής, ΣΕΜΦΕ, *Εργαστηριακές Ασκήσεις Φυσικής*, Τόμος Ι (Αθήνα, ²2010), σ. 51-56.

1.5. Εκτέλεση

1. Αναγνωρίστε τις διάφορες συσκευές της άσκησης.
2. Θέστε σε λειτουργία το χρονόμετρο με τον διακόπτη ON/OFF. Αυτομάτως θα ενεργοποιηθεί ο ηλεκτρομαγνήτης.
3. Τοποθετήστε τη σιδερένια σφαίρα κάτω από τον ηλεκτρομαγνήτη.
4. Μετρήστε το ύψος, h , στο οποίο βρίσκεται η σφαίρα από την επιφάνεια της πλακέτας του διακόπτη D₂. Σημειώστε και το σφάλμα στη μέτρηση του ύψους.
5. Πιέστε τον διακόπτη Start, οπότε η σφαίρα πέφτει και αρχίζει η χρονομέτρηση.
6. Σημειώστε τον χρόνο, t , που διήρκησε η πτώση της σφαίρας.
7. Επαναλάβετε τα βήματα 5 και 6 άλλες τέσσερις φορές για το ίδιο ύψος h , και καταχωρήστε τα αποτελέσματα στον Πίνακα.
8. Επαναλάβετε τα βήματα 3, 4, 5, 6 και 7 για άλλα επτά διαφορετικά ύψη μεταξύ 10-100 cm και καταχωρήστε τα αποτελέσματα στον Πίνακα.

h (m)	t (s)	\sqrt{h} (m ^{1/2})	\bar{t} (s)
h_1	t_{11} t_{12} t_{13} t_{14} t_{15}		\bar{t}_1
h_2	t_{21} t_{22} ... t_{25}		\bar{t}_2
.....			
h_8	t_{81} t_{82} ... t_{85}		\bar{t}_8

1.6. Επεξεργασία των μετρήσεων

1. Συμπληρώστε τις δύο τελευταίες στήλες του Πίνακα.
2. Χρησιμοποιώντας τις τιμές που μετρήσατε για το μεγαλύτερο ύψος, εφαρμόστε την Εξ. (1.1) και υπολογίστε την επιτάχυνση της βαρύτητας, $g \pm \delta g$.
3. Σχεδιάστε τη γραφική παράσταση του \bar{t} ως συνάρτηση του \sqrt{h} .
4. Υπολογίστε, με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων, την ευθεία $y = a + bx$ που περιγράφει τη σχέση μεταξύ $x = \sqrt{h}$ και $y = \bar{t}$. Από την τιμή της κλίσης, $b \pm \delta b$, υπολογίστε την επιτάχυνση της βαρύτητας, $g \pm \delta g$.

Παρατηρήστε ότι, από την Εξ. (1.2), η κλίση, b , δίνεται από τη σχέση

$$b = \sqrt{\frac{2}{g}} \quad (1.3)$$

5. Υπεισέρχεται κάποιο συστηματικό σφάλμα στις μετρήσεις σας; Πώς προκύπτει από την ευθεία που σχεδιάστηκε; Πώς εξουδετερώθηκε; Πώς μπορεί να διορθωθεί η τιμή $g \pm \delta g$ που υπολογίστηκε στο βήμα 2, λαμβάνοντας υπόψη το συστηματικό σφάλμα σε αυτή τη μέτρηση;
6. Σχολιάστε την επιτυχία του πειράματος.