

# Άσκηση 1

## Μέτρηση της επιτάχυνσης της βαρύτητας με τη μέθοδο της πτώσης σωμάτων.

### 1.1. Σκοπός

Στο πείραμα αυτό θα προσδιορίσετε την επιτάχυνση της βαρύτητας με τη μέθοδο της ελεύθερης πτώσης των σωμάτων.

### 1.2. Εισαγωγή

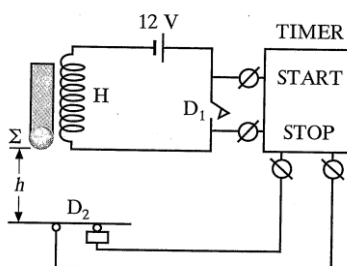
Όταν ένα σώμα αφεθεί ελεύθερο να πέσει από κάποιο ύψος  $h$  για χρόνο  $t$ , στο κενό, πέφτει με σταθερή επιτάχυνση  $g$ , και ισχύει η σχέση

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

Από τη μέτρηση του  $h$ , του  $t$  και την Εξ. (1.1), είναι δυνατός ο υπολογισμός του  $g$ .

### 1.3. Μέθοδος

Μια απλή πειραματική διάταξη για τον προσδιορισμό του  $g$  με τη μέθοδο της πτώσης των σωμάτων φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.1

Η σφαίρα,  $\Sigma$ , συγκρατείται από τον ηλεκτρομαγνήτη,  $H$ . Όταν ελευθερωθεί, πέφτει και διανύει ύψος  $h$ . Ο χρόνος πτώσης μετρείται με το ηλεκτρονικό χρονόμετρο, το οποίο ενεργοποιείται όταν διακόπτεται η τροφοδοσία του ηλεκτρομαγνήτη (ηλεκτρονική εντολή Start) και απενεργοποιείται όταν η σφαίρα συγκρούεται με την πλακέτα του διακόπτη  $D_2$  (ηλεκτρονική εντολή Stop).

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 κανένας, εφαρμόζοντας την Εξ. (1.1), να βρει το  $g$  με την αντίστοιχη ακρίβεια.

Υπάρχουν όμως στοιχεία που πρέπει να μας κάνουν προσεκτικούς και αυτά είναι:

- 1) Το πείραμα δεν γίνεται στο κενό και πιθανόν η αντίσταση του αέρα να μην είναι αμελητέα.
- 2) Με τον διακόπτη  $D_1$  διακόπτουμε το ρεύμα από τον ηλεκτρομαγνήτη, ο οποίος εξαιτίας του πυρήνα από σίδηρο, παρουσιάζει μεγάλη αυτεπαγωγή. Ενώ στο χρονόμετρο η εντολή Start εφαρμόζεται ακαριαία, το ρεύμα στον ηλεκτρομαγνήτη δεν μηδενίζεται επίσης ακαριαία, με αποτέλεσμα να συγκροτείται η σφαίρα για κάποιο χρονικό διάστημα που δεν είναι γνωστό.

3) Δεν γνωρίζουμε τι ακριβώς γίνεται στον διακόπτη  $D_2$ , που ανοίγει με την πρόσκρουση της σφαίρας όταν πέφτει από διαφορετικά ύψη.

Για να ξεπεραστούν τα προβλήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω, ακολουθείται η εξής διαδικασία:

α) Παίρνονται αρκετά ζεύγη τιμών  $h$  και  $t$ .

β) Χρησιμοποιείται, αντί της Εξ. (1.1), η ισοδύναμη

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

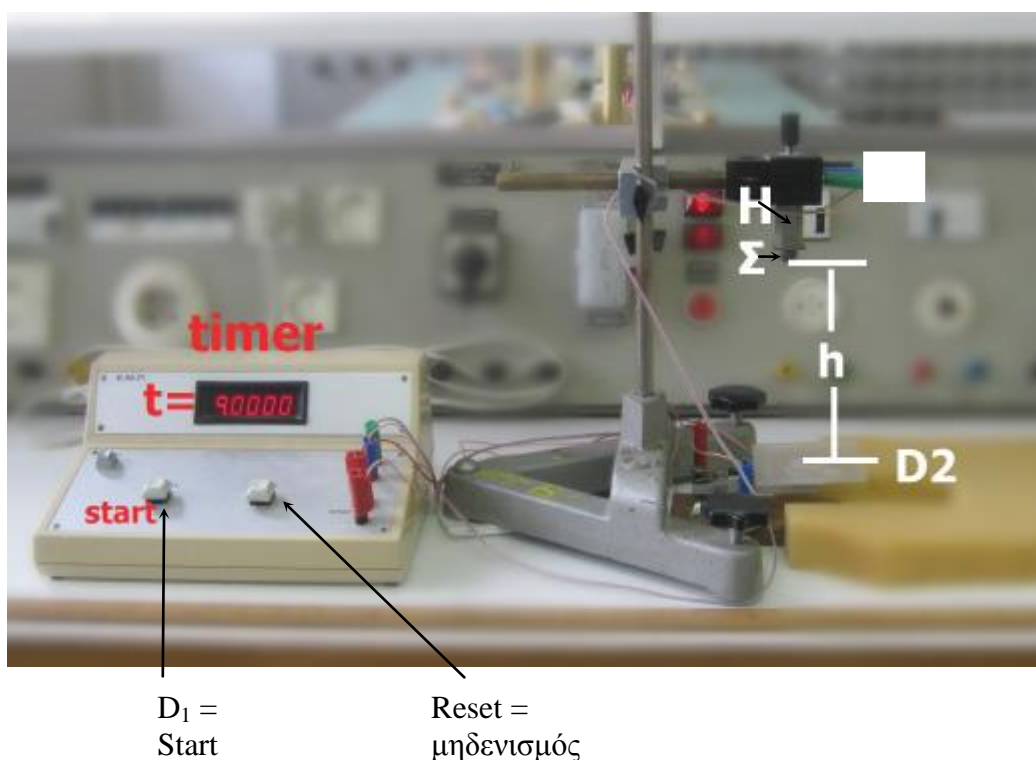
γ) Με τη βοήθεια των μετρήσεων ( $\sqrt{h}$ ,  $t$ ) χαράσσεται η γραφική παράσταση του  $t$  ως συνάρτηση της  $\sqrt{h}$ .

Αν η γραφική παράσταση είναι ευθεία και περνάει από το σημείο  $(0,0)$  δεν υπάρχει κανένα από τα προηγούμενα προβλήματα (1, 2, 3).

Εκτός από τη γραφική μέθοδο, που είναι πολύ εποπτική, μπορεί κανείς να βρει και λογιστικά, με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων, την ευθεία  $y = a + bx$  που συνδέει τις μεταβλητές  $x = \sqrt{h}$  και  $y = t$

#### 1.4. Πειραματική Διάταξη

Η πειραματική διάταξη περιλαμβάνει ηλεκτρομαγνήτη,  $H$ , μια σιδερένια σφαίρα,  $\Sigma$ , διακόπτες,  $D_1$  (start),  $D_2$  (stop) και Reset, και το ηλεκτρικό χρονόμετρο (timer), όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



## Βιβλιογραφία

1. *Μαθήματα Φυσικής Berkeley*. Τόμος I: Μηχανική. (Αθήνα, 1978). Κεφ. 5.
2. *Εργαστηριακές Ασκήσεις Φυσικής*, Τόμος I, ΕΜΠ, Τομέας Φυσικής, ΣΕΜΦΕ, Εκδόσεις Συμμετρία (Αθήνα, 2010).

### 1.5. Εκτέλεση

1. Θέσατε σε λειτουργία το χρονόμετρο με τον διακόπτη ON-OFF. Αυτομάτως θα ενεργοποιηθεί ο ηλεκτρομαγνήτης.
2. Τοποθετήστε την σιδερένια σφαίρα κάτω από τον ηλεκτρομαγνήτη.
3. Μετρήστε το ύψος,  $h$ , στο οποίο βρίσκεται η σφαίρα από την επιφάνεια της πλακέτας του διακόπτη  $D_2$ . Σημειώστε και το σφάλμα στη μέτρηση του ύψους.
4. Πιέστε τον διακόπτη start, οπότε ανοίγει το κύκλωμα του ηλεκτρομαγνήτη, με αποτέλεσμα η σφαίρα να παύει να συγκρατείται και να πέφτει. Ταυτόχρονα τίθεται σε λειτουργία το χρονόμετρο και αρχίζει η χρονομέτρηση. Μόλις συγκρουστεί η σφαίρα με την πλακέτα του διακόπτη  $D_2$ , ανοίγει το κύκλωμα που απενεργοποιεί τη λειτουργία του χρονομέτρου. Η ένδειξη του χρονομέτρου μας δίνει τον χρόνο,  $t$ , σε δευτερόλεπτα, που διήρκεσε η πτώση της σφαίρας.
5. Καταχωρήστε το αποτέλεσμα στον Πίνακα. Συμπληρώστε τον Πίνακα με πέντε μετρήσεις χρόνου για οκτώ διαφορετικά ύψη μεταξύ 10 και 100 cm.

$h$ (cm)	$t$ (s)	$\sqrt{h}$ (cm <sup>1/2</sup> )	$\bar{t}$ (s)
$h_1 =$	$t_{1,1} =$ $t_{1,2}$ $t_{1,3}$ $t_{1,4}$ $t_{1,5}$		$\bar{t}_1$
$h_2 =$	$t_{2,1} =$ .... $t_{2,5}$		$\bar{t}_2$
...	...	...	...
$h_8 =$	$t_{8,1} =$ .... $t_{8,5} =$		$\bar{t}_8$

### 1.6. Επεξεργασία των μετρήσεων

1. Χρησιμοποιήστε το μεγαλύτερο ύψος και εφαρμόστε την Εξ. (1.1) για να υπολογίσετε την επιτάχυνση βαρύτητας  $g$ , όπως και το σφάλμα  $\delta g$ .
2. Χαράξτε τη γραφική παράσταση του  $t$  ως συνάρτηση της  $\sqrt{h}$ .
3. Υπολογίστε την κλίση της ευθείας και από αυτή την τιμή του  $g$ .
4. Υπολογίστε, με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, την ευθεία  $y = a + bx$ , που περιγράφει τη σχέση μεταξύ  $x = \sqrt{h}$  και  $y = t$ . Από την τιμή της κλίσης  $b \pm \delta b$ , να βρεθεί το  $g \pm \delta g$ . Παρατηρήστε ότι από την Εξ. (1.1) ισχύει

$$t = \sqrt{\frac{2}{g}} \cdot \sqrt{h}$$

Άρα η κλίση,  $b$ , δίνεται από τον τύπο

$$b = \sqrt{\frac{2}{g}}$$

5. Ποιο συστηματικό σφάλμα υπεισέρχεται στις μετρήσεις σας; Πώς προκύπτει από την ευθεία που σχεδιάστηκε; Πώς εξουδετερώθηκε;
6. Συγκρίνετε τις τιμές που βρήκατε με τις τρεις μεθόδους.