

Ευρωπαϊκός Μαθητικός Διαγωνισμός Πειραμάτων – Ε.Ο.Ε.Σ. 2023
Τοπικός διαγωνισμός στη Φυσική

Ημερομηνία 10/12/2022

Ομάδα:

ΣΧΟΛΕΙΟ:

Μαθητές: α).....

β).....

γ).....

Επιστημονική επιτροπή: Θεοδώρα Μέξα, Ιωάννα Ντζιου, Σεραφείμ Τσούκος

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΜΕ ΕΛΑΤΗΡΙΟ

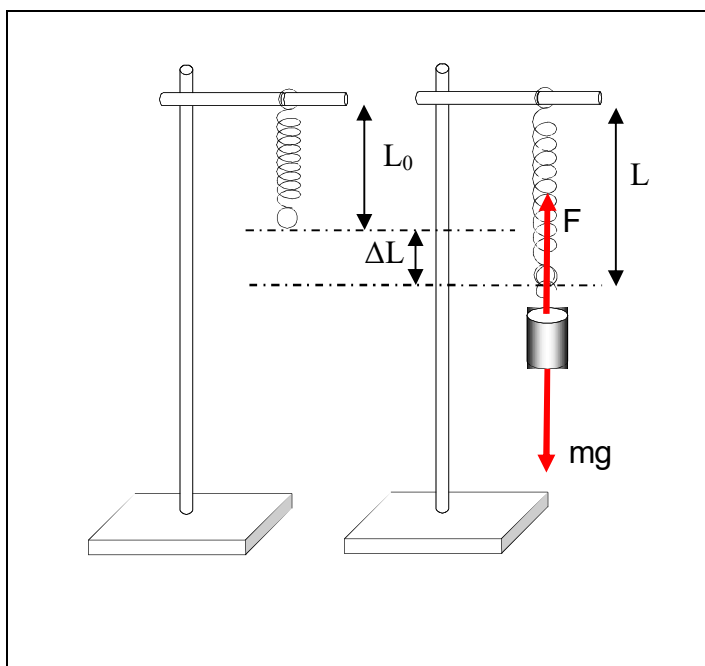
ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της άσκησης είναι να μετρήσετε το χρόνο ταλάντωσης ενός σώματος δεμένου στην άκρη κατακόρυφου ελατηρίου και να υπολογίσετε την πειραματική τιμή του g .

Θεωρητικό Υπόβαθρο

Στην άκρη ενός ακλόνητα στερεωμένου ελατηρίου κρεμάμε ένα βαρίδι, οπότε το ελατήριο επιμηκύνεται. Όταν αφαιρέσουμε το βαρίδι, το ελατήριο αποκτά το αρχικό του μήκος και σχήμα: Η παραμόρφωση του ελατηρίου είναι ελαστική.

Όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που επιμηκύνει το ελατήριο, τόσο μεγαλύτερη είναι η επιμήκυνσή του. Στις ελαστικές παραμορφώσεις η δύναμη είναι ανάλογη με την επιμήκυνση που προκαλεί. Η σχέση αυτή είναι γνωστή ως **νόμος του Hooke**. Στη γλώσσα των μαθηματικών ο νόμος του Hooke εκφράζεται από τη σχέση



$$F = k\Delta L \quad (1)$$

όπου: F η δύναμη που επιμηκύνει το ελατήριο, ΔL η επιμήκυνση του ελατηρίου από το αρχικό του μήκος (δηλαδή το μήκος πριν ασκηθεί η δύναμη F) και k μια σταθερά που εξαρτάται από τη σκληρότητα του ελατηρίου.

Έστω ένα κατακόρυφο ελατήριο που αρχικά ισορροπεί και το μήκος του είναι L_0 . Αν κρεμάσουμε στο ελεύθερο άκρο του ελατηρίου ένα σώμα μάζας m , το ελατήριο επιμηκύνεται από το βάρος ενός σώματος. Έστω L το νέο μήκος του ελατηρίου (όταν βρίσκεται ξανά σε ισορροπία). Η προηγούμενη σχέση γίνεται τότε:

$$mg = k\Delta L \quad (2)$$

όπου g η επιτάχυνση της βαρύτητας και $\Delta L = L - L_0$

Αν απομακρύνουμε κατακόρυφα το σύστημα από τη θέση στην οποία έχει ισορροπήσει και το αφήσουμε ελεύθερο, αποδεικνύεται ότι θα εκτελέσει **απλή αρμονική ταλάντωση** (μια περιοδική κίνηση γύρω από τη θέση ισορροπίας του).

Στην διπλανή εικόνα τραβάμε το σώμα στη θέση A (λίγο πιο κάτω από τη θέση που έχει ισορροπήσει) και το αφήνουμε ελεύθερο. Το σώμα από τη θέση A φθάνει στη θέση O (θέση που αρχικά ισορροπούσε), στη συνέχεια ανεβαίνει στη θέση B, μετά επιστρέφει στην O και ακολούθως ξανά στην A. Ο χρόνος που χρειάζεται για να κινηθεί το σώμα από το A στο O, μετά στο B, στη συνέχεια στο O και τέλος να επιστρέψει στο A, δηλαδή ο χρόνος μιας πλήρους ταλάντωσης, ονομάζεται **περίοδος της ταλάντωσης** (T). Η κίνηση αυτή επαναλαμβάνεται και η περίοδος της ταλάντωσης παραμένει σταθερή.



Αποδεικνύεται ότι η περίοδος T της ταλάντωσης του σώματος δίνεται από τη σχέση

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad \text{ή} \quad T^2 = 4\pi^2 \frac{m}{k} \quad (3)$$

όπου m μάζα του σώματος και k η σταθερά του ελατηρίου.

Χρησιμοποιώντας την (2), η παραπάνω σχέση γίνεται:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} \Delta L \quad (4)$$

Σύμφωνα με την εξίσωση (4) το τετράγωνο της περιόδου της ταλάντωσης (T^2) είναι μια γραμμική συνάρτηση της επιμήκυνσης ΔL του ελατηρίου.

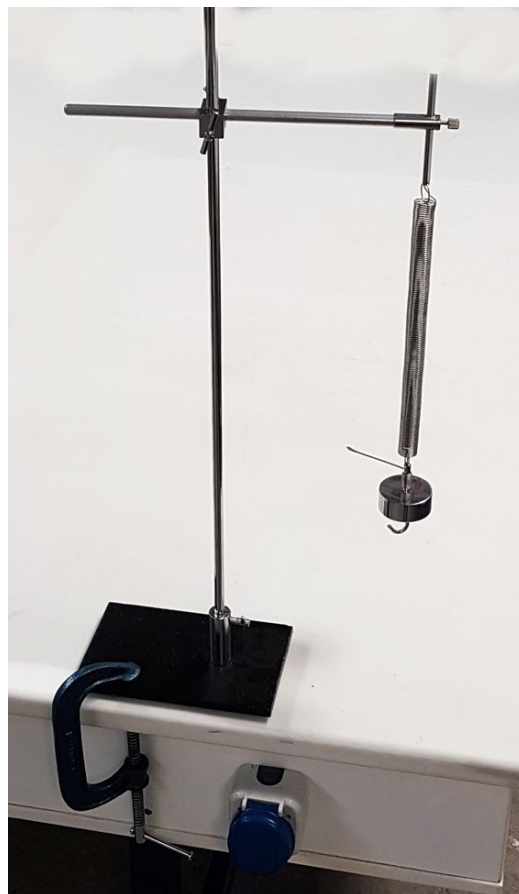
Αν κατασκευάσουμε πειραματικά τη γραφική παράσταση $T^2 = f(\Delta L)$ που αντιστοιχεί στην εξίσωση (4), τότε από την κλίση της μπορούμε να υπολογίσουμε την επιτάχυνση της βαρύτητας g .

Μέρος 1^ο: Μετρήσεις και καταγραφή

πειραματικών δεδομένων

Απαραίτητα όργανα και υλικά.

- Βάση στήριξης
- Ράβδος μήκους 80 *cm*
- Απλός σύνδεσμος (σταυρός)
- Ράβδος μήκους 30 *cm*
- Ελατήριο με προσαρμοσμένο βαρίδι μάζας m_0 στο ένα άκρο του
- Χρονόμετρο (μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το χρονόμετρο του κινητού σας)
- Μετροταινία
- Βαρίδια των 100 gr
- Υπολογιστής τσέπης



1. Συναρμολογήστε την πειραματική διάταξη της διπλανής εικόνας. Στη βάση στήριξης που είναι ήδη στερεωμένη στην άκρη του εργαστηριακού πάγκου τοποθετήστε τη μεγάλη ράβδο. Στη συνέχεια προσαρμόστε το σταυρό, τη μικρή ράβδο και τέλος το ελατήριο έτσι ώστε να κρέμεται κατακόρυφο εκτός της επιφάνειας του τραπεζιού. Στο ελατήριο υπάρχει ήδη προσαρμοσμένο βαρίδι (μάζας m_0) ώστε να ανοίξουν οι σπείρες του και να μην έρχονται σε επαφή μεταξύ τους.

Προσοχή: το αρχικό βαρίδι αυτό θα πρέπει να παραμείνει προσαρμοσμένο στο ελατήριο καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.

Μετρήστε και σημειώστε το μήκος του ελατηρίου με το αρχικό βαρίδι. Αυτό θα θεωρείται ως αρχικό μήκος (L_0) του ελατηρίου.

$$L_0 = \text{_____ } m$$

Προσθέστε, ένα βαρίδι μάζας 100 gr στο ελατήριο (κρεμάστε το κάτω από το προηγούμενο βαρίδι) και αφού το ελατήριο ισορροπήσει, μετρήστε το νέο μήκος (L) του ελατηρίου και σημειώστε τη μέτρησή σας στη στήλη A του πίνακα. Κατόπιν υπολογίστε την επιμήκυνση του

ελατηρίου από το αρχικό του μήκος $\Delta L = L - L_0$ και καταγράψτε το αποτέλεσμα στην στήλη Β του πίνακα.

2. Στη συνέχεια επιμηκύνετε λίγο το ελατήριο (3-4 cm είναι αρκετά) και κατόπιν αφήστε το ελεύθερο προσεκτικά έτσι ώστε να εκτελέσει κατακόρυφη ταλάντωση. Μετρήστε με το χρονόμετρο το χρόνο t που απαιτείται για να συμπληρωθούν 20 πλήρεις ταλαντώσεις και καταγράψτε τη μέτρησή σας στη στήλη Γ του πίνακα μετρήσεων. Να είστε ιδιαίτερα προσεκτικοί ώστε η ταλάντωση να εκτελείται όσο πιο κοντά γίνεται στον κατακόρυφο άξονα.

3. Επαναλάβετε τα βήματα 2 και 3, άλλες τρεις φορές προσθέτοντας κάθε φορά ένα βαρίδι των 100 gr στα προηγούμενα.

4. Υπολογίστε την περίοδο T της κάθε ταλάντωσης και γράψτε τις τιμές αυτές στη στήλη Δ του ίδιου Πίνακα. Κρατήστε τον ίδιο αριθμό δεκαδικών ψηφίων όπως στις τιμές της στήλης Γ.

5. Υπολογίστε το τετράγωνο της περιόδου για κάθε τιμή της στήλης Δ και σημειώστε το αποτέλεσμα στη στήλη Ε του Πίνακα, κρατώντας ίδιο αριθμό δεκαδικών ψηφίων όπως στο βήμα 4.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

	A	B	Γ	Δ	Ε
Μέτρηση	Μήκος ελατηρίου L (m)	Επιμήκυνση ελατηρίου ΔL (m)	Χρόνος 20 ταλαντώσεων t (s)	Περίοδος ταλάντωσης T (s)	Τετράγωνο περιόδου T^2 (s²)
1					
2					
3					
4					

Μέρος 2^ο. Πειραματικός προσδιορισμός του g

Η σχέση (3) μπορεί να προσαρμοσθεί στον τρόπο που πραγματοποιήσατε το πείραμα ως εξής:

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{m+m_0}{k} \quad \text{ή} \quad T^2 = 4\pi^2 \frac{m}{k} + 4\pi^2 \frac{m_0}{k} \quad (4)$$

όπου m_0 η μάζα του αρχικού βαριδιού (που ήταν από την αρχή προσαρμοσμένο στο ελατήριο) και m η μάζα των υπολοίπων βαριδιών που είναι κάθε φορά προσαρμοσμένα στο ελατήριο. Επειδή σύμφωνα με την (2) είναι $\frac{m}{k} = \frac{\Delta L}{g}$, η παραπάνω σχέση γίνεται:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} \Delta L + \frac{4\pi^2 m_0}{k} \quad (5)$$

όπου οι όροι $\frac{4\pi^2}{g}$ και $\frac{4\pi^2 m_0}{k}$ είναι σταθεροί.

Παρατηρούμε ότι η εξίσωση (5) είναι της μορφής $y = ax + \beta$.

1^ο Βήμα. Κατασκευή γραφικής παράστασης

Στο χαρτί millimetre, σχεδιάστε σύστημα ορθογωνίων αξόνων: **Τετράγωνο Περιόδου T^2** (κατακόρυφος άξονας) – **Επιμήκυνση ελατηρίου ΔL** (οριζόντιος άξονας). Βαθμονομήστε τους άξονες, επιλέγοντας κατάλληλη κλίμακα και θέτοντας το σημείο τομής των αξόνων να είναι το (0,0). Τοποθετήστε στο σύστημα αξόνων τα πειραματικά σημεία σύμφωνα με τα δεδομένα του Πίνακα μετρήσεων. Στη συνέχεια σχεδιάστε την κατάλληλη γραφική παράσταση που ικανοποιεί τη σχέση (5).

2^ο Βήμα. Υπολογισμοί-Ερωτήσεις

Σημείωση: Για όλους τους υπολογισμούς δίνεται $\pi=3,14$.

1. Υπολογίστε, την κλίση (α) της γραφικής παράστασης:

$\alpha =$

2. Με τη βοήθεια της εξίσωσης (5) και από την κλίση που βρήκατε υπολογίστε την επιτάχυνση της βαρύτητας, με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων:

$g =$

3. Υπολογίστε το % σχετικό σφάλμα της τιμής του g που βρήκατε, με τη βοήθεια της σχέσης

$$\sigma = \frac{|g_{\text{πειρ}} - g_{\text{θεωρ}}|}{g_{\text{θεωρ}}} 100, \text{ και με το δεδομένο ότι η ακριβής τιμή του για την Ελλάδα είναι}$$

$$g_{\text{θεωρ}} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

.....
.....

4. **α)** Προεκτείνετε την γραφική παράσταση προς τους άξονες. Διέρχεται αυτή από την αρχή των αξόνων; (ΝΑΙ ή ΟΧΙ)

Πιστεύετε ότι έπρεπε να διέρχεται και γιατί;

.....

β) Ποιο φυσικό μέγεθος του ταλαντούμενου συστήματος θα μπορούσατε να υπολογίσετε με τη βοήθεια του σημείου τομής με τους άξονες;

.....
.....

γ) Προτείνετε έναν τρόπο επεξεργασίας των δεδομένων ώστε να μπορεί υπολογιστεί η μάζα m_0 του αρχικού βαριδιού.

.....
.....
.....

5. Γιατί το σφάλμα στον υπολογισμό της περιόδου T είναι μικρότερο όταν μετράμε το χρόνο 20 ταλαντώσεων αντί για το χρόνο μιάς μόνο ταλάντωσης;

.....

6. Ποιες άλλες πηγές σφαλμάτων διαπιστώνετε στη διαδικασία που ακολουθήσατε για τον υπολογισμό του g ;

.....

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	ΜΟΝΑΔΕΣ
Συναρμολόγηση διάταξης	5
Εκτέλεση πειράματος (μέτρηση μήκους, μέτρηση χρόνου, συνέπεια μετρήσεων)	20
Συμπλήρωση πίνακα μετρήσεων (σημαντικά ψηφία, πράξεις)	15
Χάραξη ευθείας (βαθμονόμηση, σημεία, χάραξη ευθείας)	15
1. Κλίση	10
2. Υπολογισμός g	5
3. Σφάλμα %	
4. α) Προέκταση γραφ. παράστασης	5
β) σημείο τομής με άξονα y	5
γ) υπολ. μάζας αρχικού βαριδίου	5
5. Γιατί 20 ταλαντώσεις	5
6. Άλλες πηγές σφαλμάτων	5
Συνεργασία ομάδας	5
ΣΥΝΟΛΟ	100