

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 12

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΕΚΚΡΕΜΟΥΣ

12.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Με τη παρούσα εργαστηριακή άσκηση θα δοθεί η ευκαιρία στο σπουδαστή να κατανοήσει τη χρήση των γραφικών παραστάσεων ως μεθοδολογία και τεχνική με τις οποίες είναι δυνατή η έμμεση μέτρηση της επιτάχυνσης της βαρύτητας χρησιμοποιώντας ένα πραγματικό εκκρεμές, δεδομένου ότι σε αυτό:

1. Το νήμα εξάρτησης του σώματος που ταλαντώνεται έχει μάζα.
2. Δεν είναι γνωστό το ακριβές μήκος του εκκρεμούς, δηλαδή η ακριβής απόσταση του κέντρου μάζας του σώματος που ταλαντώνεται από το σημείο εξάρτησης του νήματος του εκκρεμούς.

Επίσης, θα γίνει μια συστηματική μελέτη -ποιοτική και ποσοτική- των σφαλμάτων στις μετρήσεις των άμεσα μετρούμενων μεγεθών.

12.2 ΘΕΩΡΙΑ

12.2.1 Απαραίτητες Γνώσεις.

1. Η έννοια την Γραμμικής Αρμονικής Ταλάντωσης.
2. Ενέργεια Αρμονικού Ταλαντωτή.
3. Ταλάντωση με Απόσβεση.
4. Εξαναγκασμένη Ταλάντωση.
5. Το Απλό Μαθηματικό Εκκρεμές.
6. Γραφικές παραστάσεις.

12.2.2 Βιβλιογραφία.

1. Φυσική για Επιστήμονες και Μηχανικούς, R. Knight, Εκδόσεις ΙΩΝ, 2008
2. Φυσική, Μέρος 1^ο, Halliday - Resnick, Εκδόσεις Πνευματικός
3. Πανεπιστημιακή Φυσική, Τόμος Α', H. D. Young, Εκδόσεις Παπαζήση
4. Ασκήσεις Εργαστηρίου Φυσικής Ι, Εργαστήριο Φυσικής Τ.Ε.Ι. Πειραιά.

12.3 ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

Για την εκτέλεση της παρούσας εργαστηριακής άσκησης απαιτούνται τα παρακάτω εξαρτήματα και όργανα:

1. Ένα εκκρεμές με μικρή μεταλλική σφαίρα στην άκρη του νήματος. Σε απόσταση h από το κέντρο μάζας της μεταλλικής σφαίρας το νήμα φέρει μικρό κόμπο. Το εκκρεμές είναι

κρεμασμένο σε κατακόρυφη μεταλλική ράβδο έτσι ώστε το μήκος του να μπορεί να ρυθμίζεται.

2. Ένας βαθμολογημένος χάρακας μήκους μέχρι 1 m.
3. Ένα ψηφιακό ή αναλογικό χρονόμετρο.

12.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Στην ειδική περίπτωση που το εκκρεμές είναι απλό μαθηματικό, δηλαδή όταν η μάζα του σώματος που ταλαντώνεται είναι σημειακή και το νήμα είναι αβαρές, τότε η περίοδος T αυτού θα δίνεται από τη σχέση:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (12.1)$$

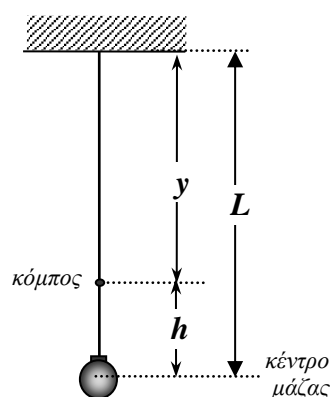
όπου L είναι το μήκος του εκκρεμούς και g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας. Στην περίπτωση αυτή, η επιτάχυνση της βαρύτητας θα μπορούσε να υπολογισθεί με τη σχέση:

$$g = 4\pi^2 \cdot \frac{L}{T^2} \quad (12.2)$$

αφού το μήκος L και η περίοδος T αυτού θα μπορούσαν να μετρηθούν με ένα βαθμολογημένο χάρακα και με ένα χρονόμετρο, αντίστοιχα.

Στη πραγματικότητα, σε κάθε εκκρεμές η μάζα του σώματος που ταλαντώνεται έχει διαστάσεις και το νήμα του έχει μάζα. Στη περίπτωση αυτή, είναι δύσκολος ο προσδιορισμός του κέντρου μάζας του εκκρεμούς και φυσικά θα είναι δύσκολος ο προσδιορισμός του μήκους του εκκρεμούς. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, η ΣΧΕΣΗ (12.2) δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της επιτάχυνσης βαρύτητας. Η αδυναμία αυτή αίρεται ακολουθώντας την παρακάτω διαδικασία:

1. Θεωρούμε ένα σημείο, π.χ. ένα κόμπος, πάνω στο νήμα το οποίο απέχει από το άγνωστο κέντρο μάζας του συστήματος απόσταση h (βλέπε ΣΧΗΜΑ 12.1)



ΣΧΗΜΑ 12.1

Οπότε, το πραγματικό μήκος του εκκρεμούς θα είναι ίσο με:

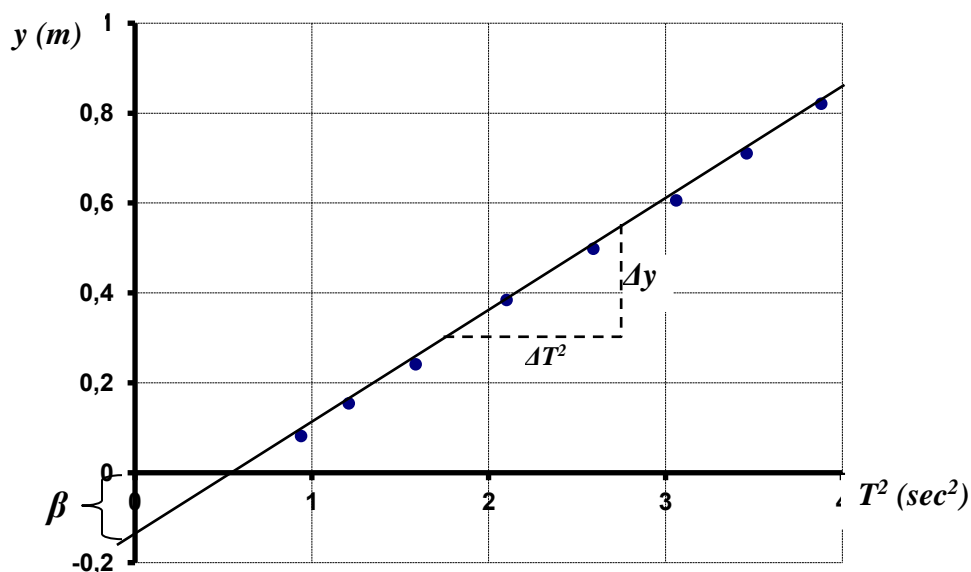
$$L = y + h \quad (12.3)$$

Όπου y είναι η απόσταση του θεωρούμενου σημείου από το σημείο εξάρτησης του εκκρεμούς. Την απόσταση αυτή ο παρατηρητής μπορεί να την μετρά δεδομένου ότι, τόσο το σημείο εξάρτησης όσο και ο θεωρούμενος κόμπος πάνω στο νήμα αποτελούν διακριτά σημεία άνω στο εκκρεμές.

2. Η σχέση (12.1) σε συνδυασμό με την (12.3) γίνεται:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow T^2 = 4\pi^2 \cdot \frac{y+h}{g} \Rightarrow \boxed{y = \frac{g}{4\pi^2} T^2 - h} \quad (12.4)$$

3. Από την σχέση (12.4) προκύπτει ότι η συνάρτηση $y=f(T^2)$ είναι γραμμική δηλαδή πρώτου βαθμού της μορφής δηλαδή $y = a \cdot x + \beta$. Σχεδιάζοντας τα πειραματικά δεδομένα (y, T^2) αναμένεται να επαληθευτεί η γραμμικότητα της σχέσης (12.4), όπως στο Σχήμα 12.2.



ΣΧΗΜΑ 12.2

4. Από τη γραφική παράσταση του Σχήματος 12.2 και από τη σχέση (12.4) προκύπτουν τα εξής:

- Η κλίση k της ευθείας $y=f(T^2)$ θα είναι ίση με:

$$a = \frac{\Delta y}{\Delta(T^2)} = \frac{g}{4\pi^2} \quad (12.5)$$

Η επιτάχυνση της βαρύτητας g υπολογίζεται πλέον από την σχέση (12.5).

- Η «άγνωστη» απόσταση h του κόμπος από το **κέντρο μάζας** του εκκρεμούς μπορεί πλέον να εκτιμηθεί γραφικά από την τεταγμένη επί την αρχή, δηλαδή από την τιμή $y(0)=\beta$. Τότε σύμφωνα με την εξίσωση (12.4) θα είναι, $h = -\beta$.

Υπόψιν, ότι για να εκτιμηθεί γραφικά το β θα πρέπει στη σχεδίαση της γραφικής παράστασης να επιλεγεί το μηδέν ως αρχή του άξονα T^2 . Αλλιώς, επιλέγουμε ένα οποιοδήποτε σημείο της χαραγμένης ευθείας το οποίο βέβαια επαληθεύει την εξίσωση (12.4) και επιλύουμε ως προς β .