



ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΑ ΕΝΩΣΗ ΥΠΕΥΘΥΝΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
«ΠΑΝΕΚΦΕ»



16^η Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα επιστημών – EUSO 2018
ΕΚΦΕ Λευκάδας - Τοπικός Διαγωνισμός

Λευκάδα 09-12-2017

ΦΥΣΙΚΗ

ΣΧΟΛΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ:

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

1.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΑ
ΜΑΘΗΤΩΝ: 2.

3.

Φυσικό και μαθηματικό εκκρεμές – μέτρηση ροπής αδράνειας

Συνοπτική θεωρία

Φυσικό εκκρεμές

Φυσικό εκκρεμές ονομάζουμε ένα στερεό σώμα το οποίο μπορεί να περιστρέφεται γύρω από ένα σταθερό οριζόντιο άξονα, που δεν διέρχεται από το κέντρο μάζας του. Η θέση ισορροπίας του σώματος στο πεδίο βαρύτητας είναι η θέση στην οποία το κέντρο μάζας του σώματος βρίσκεται στην ίδια κατακόρυφο με το σημείο ανάρτησης. Αν εκτρέψουμε το σώμα από τη θέση ισορροπίας του και το αφήσουμε ελεύθερο, το εκκρεμές εκτελεί ταλάντωση γύρω από τη θέση ισορροπίας του.

Απλό ή μαθηματικό εκκρεμές

Το απλό ή μαθηματικό εκκρεμές αποτελεί μια εξιδανίκευση του εκκρεμούς. Είναι μια σημειακή μάζα δεμένη στο ένα άκρο νήματος μηδενικής μάζας το άλλο άκρο του οποίου είναι δεμένο σε ακλόνητο σημείο. Μπορούμε να προσεγγίσουμε το μαθηματικό εκκρεμές χρησιμοποιώντας ένα σώμα μικρών διαστάσεων και μεγάλης πυκνότητας (ώστε να έχει μεγάλη μάζα) και ένα αμελητέας μάζας, μη εκτατό νήμα. Αν εκτρέψουμε από τη θέση ισορροπίας του το απλό εκκρεμές κατά μικρή γωνία (≈ 5 μοίρες) και το αφήσουμε ελεύθερο, θεωρώντας αμελητέα την αντίσταση του αέρα, θα εκτελέσει απλή αρμονική ταλάντωση.

Ο Christiaan Huygens στο τέταρτο μέρος του βιβλίου του *Horologium Oscillatorium* που εκδόθηκε το 1673, μελετάει το πρόβλημα του προσδιορισμού του κέντρου ταλάντωσης, ένα πρόβλημα που είχε θέσει, περίπου 30 χρόνια νωρίτερα ο Γάλλος κληρικός Marin Mersenne, και διατυπώνεται ως εξής:

Δοθέντος ενός σύνθετου (ή φυσικού) εκκρεμούς που μπορεί να περιστρέφεται περί σταθερό άξονα, ποιο είναι το μήκος ενός ισόχρονου απλού εκκρεμούς;

Το τελικό συμπέρασμα στο οποίο με ενεργειακή μέθοδο καταλήγει ο Huygens, με σύγχρονη μαθηματική γραφή παίρνει τη μορφή:

$$L_0 = \frac{\sum_i m_i r_i^2}{m r_{cm}} \quad (1)$$

όπου:

- r_{cm} η απόσταση του κέντρου μάζας του στερεού από τον άξονα περιστροφής.
- m η μάζα του στερεού

Στην εξίσωση (1) - που η ορθότητά της επιβεβαιώθηκε λίγο αργότερα και με διαφορετική μέθοδο από τον James Bernoulli - αναγνωρίζεται η ποσότητα $I = \sum_i m_i r_i^2$

που ονομάζεται **ροπή αδράνειας του στερεού** ως προς τον συγκεκριμένο άξονα περιστροφής και αποτελεί θεμελιώδη ποσότητα για τη δυναμική του στερεού σώματος.

Με την αντικατάσταση $I = \sum_i m_i r_i^2$ η εξίσωση (1) μπορεί να πάρει τη μορφή:

$$I = mr_{cm}L_0 \quad (2)$$

Σκοπός της άσκησης είναι ο προσδιορισμός της ροπής αδράνειας λεπτής ομογενούς ράβδου ως προς άξονα κάθετο στη ράβδο που διέρχεται από το ένα άκρο της.

Όργανα και υλικά που θα χρησιμοποιήσετε:

- Ορθοστάτη
- Μεταλλική ράβδο 30cm
- Μεταλλικό δακτύλιο με γάντζο
- Μεταλλικό σύνδεσμο
- Μικρό μολύβδινο σφαιρίδιο
- Λεπτό νήμα
- Μετροταινία
- Χρονόμετρο
- Ξύλινη λεπτή ράβδο

Δραστηριότητα 1

Στερεώστε τον ορθοστάτη στη μια από τις δύο μικρότερες πλευρές του πάγκου εργασίας. Στο πάνω μέρος του ορθοστάτη προσαρμόστε τη μεταλλική ράβδο με τη βοήθεια του μεταλλικού συνδέσμου, ώστε το άκρο της να προεξέχει από το τραπέζι. Δέστε το σφαιρίδιο στο ένα άκρο του νήματος και το άλλο άκρο στη λαβίδα κατασκευάζοντας έτσι ένα απλό εκκρεμές. Το μήκος του εκκρεμούς είναι η απόσταση του σημείου που προσδένεται το νήμα από το κέντρο του σφαιριδίου.

Για τις τιμές του μήκους του απλού εκκρεμούς που αναγράφονται στην δεύτερη στήλη του πίνακα 1, μετρήστε το χρόνο 10 αιωρήσεων και καταχωρίστε τις μετρήσεις στην αντίστοιχη στήλη του πίνακα.

Πίνακας 1

	Μήκος εκκρεμούς ℓ (mm)	Χρόνος 10 αιωρήσεων (s)	Περίοδος T_0 (s)	T_0^2 (s ²)
1	300			
2	450			
3	600			
4	750			
5	900			

Υπολογίστε την περίοδο της ταλάντωσης του απλού εκκρεμούς, και συμπληρώστε τις υπόλοιπες δύο στήλες του πίνακα (1). Στην τελευταία στήλη στρογγυλοποιήστε το αποτέλεσμα στο πρώτο δεκαδικό ψηφίο.

Στο μιλιμετρέ χαρτί κατασκευάστε τη γραφική παράσταση $T_0^2 - \ell$.

Δραστηριότητα 2.

Μετρήστε το μήκος της ξύλινης ράβδου με ακρίβεια χιλιοστού του μέτρου.

$$L = \dots\dots\dots mm$$

Ζυγίστε την ράβδο και καταγράψτε τη μάζα της.

$$m = \dots\dots\dots g$$

Μέσω της κατάλληλης υποδοχής στο ένα άκρο της ράβδου αναρτήστε την στον ορθοστάτη. Εκτρέψτε τη ράβδο από τη θέση ισορροπίας της κατά μικρή γωνία και αφήστε την να εκτελέσει ταλάντωση. Μετρήστε το χρόνο 20 αιωρήσεων και συμπληρώστε τον πίνακα 2 στρογγυλοποιώντας το αποτέλεσμα της τελευταίας στήλης στο πρώτο δεκαδικό ψηφίο.

Πίνακας 2

Χρόνος 20 αιωρήσεων (s)	Περίοδος T (s)	T ²

Χρησιμοποιώντας τη γραφική παράσταση που κατασκευάσατε στην δραστηριότητα 1 υπολογίστε το μήκος του ισόχρονου απλού εκκρεμούς.

$$L_0 = \dots\dots\dots mm$$

Με βάση την εξίσωση (2) υπολογίστε την ροπή αδράνειας της ράβδου **στο S.I.** ως προς τον άξονα που είναι κάθετος σ' αυτήν και διέρχεται από το ένα άκρο της. **Δίνεται ότι το κέντρο μάζας ομογενούς ράβδου βρίσκεται στο μέσον της ράβδου.**

.....

$$I = \dots\dots\dots Kg \cdot m^2$$

Η ροπή αδράνειας της ράβδου υπολογίζεται θεωρητικά και δίνεται από τη σχέση,

$$I_{\ominus} = \frac{1}{3} mL^2$$

Υπολογίστε την ροπή αδράνειας της ράβδου όπως προκύπτει θεωρητικά.

$$I_{\ominus} = \dots\dots\dots Kg \cdot m^2$$

Υπολογίστε το % σφάλμα του πειραματικού προσδιορισμού της ροπής αδράνειας.

.....

Καλή επιτυχία.

Φύλλο βαθμολογίας – ΦΥΣΙΚΗ

Σχολική μονάδα

Δραστηριότητες – υπολογισμοί- απαντήσεις	Σύνολο μονάδων	Βαθμολογία
<i>Δραστηριότητα 1</i>		
Σωστή συμπλήρωση του πίνακα 1	10	
Βέλτιστη βαθμονόμηση αξόνων	15	
Ορθή αποτύπωση των σημείων	15	
Σχεδιασμός της ευθείας. (γίνεται σύγκριση της εξίσωσης της σχεδιαζόμενης ευθείας με την ευθεία ελαχίστων τετραγώνων)	20	
<i>Δραστηριότητα 2</i>		
Σωστή συμπλήρωση του πίνακα 2	5	
Σωστή εύρεση του μήκους από το διάγραμμα	15	
Υπολογισμός ροπής αδράνειας	5	
Υπολογισμός θεωρητικής τιμής	5	
Υπολογισμός σφάλματος	10	
Σύνολο	100	