

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΕΡΡΩΝ



ΤΟΠΙΚΟΣ ΜΑΘΗΤΙΚΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ  
ΦΥΣΙΚΗΣ



ΟΜΑΔΑ ΜΑΘΗΤΩΝ: .....

Μαθητές/τριες που συμμετέχουν:

(1).....

(2).....

(3).....

Σέρρες 16/12/2023

Σύνολο μορίων:.....

## ΕΛΑΤΗΡΙΟ

### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

#### Εισαγωγή

##### Ελατήριο

Ελατήριο ονομάζεται ένα μηχανικό εξάρτημα, το οποίο έχει την ικανότητα να αποθηκεύει μηχανική ενέργεια όταν παραμορφώνεται προσωρινά. Συνήθως το σχήμα είναι ελικοειδές, αλλά υπάρχουν και ελατήρια σε σχήμα ράβδου, οι σούστες. Τα ελατήρια συνήθως κατασκευάζονται από χάλυβα.



Εικόνα 1: Ελατήρια

##### Σπειροειδές ελατήριο

Αυτό το ελατήριο μπορεί να παραμορφωθεί ως προς μία διάστασή του υπό την επίδραση δύναμης. Όταν ασκείται δύναμη σε αυτήν τη διάσταση το ελατήριο παραμορφώνεται αποθηκεύοντας το έργο της δύναμης ως εσωτερική ενέργεια του υλικού του.

Ταυτόχρονα, το ελατήριο ασκεί και αυτό δικιά του δύναμη αντιστεκόμενο στην εξωτερική δύναμη. Η δύναμη του ελατηρίου είναι ανάλογη της γραμμικής του παραμόρφωσης και ισχύει ο νόμος του Hooke:  $F = K \cdot x$ , όπου  $F$  η δύναμη του ελατηρίου και  $x$  η γραμμική παραμόρφωση (η διαφορά μεταξύ αρχικής και τελικής θέσης), ενώ η σταθερά  $K$  είναι δείκτης της σκληρότητας του ελατηρίου.

Όταν μειωθεί ή εξαφανιστεί η εξωτερική δύναμη, τότε το ελατήριο επανέρχεται μερικώς ή ολικώς αντίστοιχα απελευθερώνοντας ένα μέρος της αποθηκευμένης ενέργειάς του ως έργο της δύναμης ελατηρίου.

Σε ιδανικά θεωρητικά ελατήρια ισχύει απόλυτα ο νόμος του Hooke, δε χάνεται ενέργεια στο περιβάλλον και τα ελατήρια μπορούν πάντα να επιστρέψουν στο αρχικό τους μήκος. Στην πραγματικότητα χάνεται μικρό ποσό ενέργειας στο περιβάλλον ως θερμική ενέργεια, ενώ η παραμόρφωση μπορεί να γίνει μόνιμη. Κάθε ελατήριο έχει κάποιο όριο αντοχής που αν ξεπεραστεί θα παραμορφωθεί ή θα σπάσει. Επιπλέον, με την επαναλαμβανόμενη χρήση το υλικό χάνει τις ιδιότητές του λόγω μηχανικής κόπωσης και αν δεν αντικατασταθεί θα σπάσει.

##### Ταλαντώσεις

Στη Φυσική με τον όρο ταλάντωση χαρακτηρίζεται οποιαδήποτε περιοδική κίνηση ενός σώματος η οποία γίνεται παλινδρομικά γύρω από μία θέση που ονομάζεται θέση ισορροπίας.

##### Πλάτος Ταλάντωσης

Θεωρώντας ως μηδέν το σημείο όπου μηδενίζεται η δύναμη που συντηρεί την ταλάντωση και λέγεται θέση ισορροπίας, μετράμε ως πλάτος την μέγιστη απομάκρυνση από αυτό το σημείο. Σε συμμετρικές ταλαντώσεις η μέγιστη θετική και η μέγιστη αρνητική απομάκρυνση είναι ίσες. Αυτή η απόλυτη τιμή της μέγιστης απομάκρυνσης ονομάζεται πλάτος της ταλάντωσης, συμβολίζεται με  $A$  και μετρείται σε μονάδες μήκους.

### Ενέργεια ταλάντωσης

Η ενέργεια της ταλάντωσης είναι ανάλογη του τετραγώνου του πλάτους, δηλαδή συνήθως ισχύει  $E = \frac{1}{2}DA^2$ , όπου  $D$  η ονομαζόμενη σταθερά ταλάντωσης. Όταν ο ταλαντωτής αποτελείται από ένα ελατήριο που στο ένα άκρο του έχει προσαρτημένο ένα σώμα, η σταθερά ταλάντωσης ταυτίζεται με τη σταθερά  $K$  του ελατηρίου.

### Φθίνουσες ταλαντώσεις

Φθίνουσα είναι η ταλάντωση που κάνει ένα σώμα όταν είναι κρεμασμένο από ελατήριο και κινείται μέσα στον αέρα, όπως και η ταλάντωση του εκκρεμούς. Όλες οι ταλαντώσεις στο μακρόκοσμο είναι φθίνουσες γιατί καμιά κίνηση δεν είναι απαλλαγμένη από τριβές και αντιστάσεις.

Η απόσβεση (ελάττωση του πλάτους) οφείλεται σε δυνάμεις που αντιτίθενται στην κίνηση. Οι δυνάμεις αυτές μεταφέρουν ενέργεια από το ταλαντούμενο σύστημα στο περιβάλλον. Έτσι, η μηχανική ενέργεια του συστήματος με την πάροδο του χρόνου ελαττώνεται και το πλάτος της ταλάντωσης μειώνεται.

Πηγές : [wikipedia](https://en.wikipedia.org) , Φυσική Γ' Λυκείου (Ιωάννου, Ντάνος κ.α.)

## Σκοπός της άσκησης

Σκοπός της άσκησης αυτής είναι:

- Να μελετήσετε τη συμπεριφορά ενός ελατηρίου συμπίεσης και να υπολογίσετε τη σταθερά του  $K$ .
- Να «ζυγίσετε» με αυτή τη διάταξη ένα σώμα.
- Να βρείτε τις ενεργειακές μετατροπές που συμβαίνουν σε αυτό το σύστημα, όταν συμπιεστεί και αφεθεί ελεύθερο ένα βαρίδιο που φέρει πάνω του.

## Μέρος 1<sup>ο</sup> – Υπολογισμός σταθεράς ελατηρίου και μέτρηση μιας άγνωστης μάζας

Αν το ελατήριο συμπίεσης σταθεράς  $K$  δεχθεί μία δύναμη  $F$  που το συμπιέζει, θα παραμορφωθεί κατά  $\Delta L$  και θα ισχύει ο νόμος του Hooke για το μέτρο αυτής της δύναμης

$$F = K \cdot \Delta L \quad (1)$$

Ασκώντας όλο μεγαλύτερες δυνάμεις στο ελατήριο η παραμόρφωσή του επίσης αυξάνεται.

Το μέγεθος  $K$  είναι σταθερό μέγεθος και χαρακτηρίζει το ελατήριο.

Όταν στο άκρο ενός κατακόρυφου ελατηρίου τοποθετηθεί ένα βάρος  $w$ , τότε ασκείται στο άκρο του ελατηρίου μία δύναμη  $F$ . Αυτή η δύναμη είναι ίση με το βάρος  $w$  και έχει την κατεύθυνση του βάρους και σημείο εφαρμογής το άκρο του ελατηρίου.

### Διαθέσιμα όργανα

- Σύστημα στήριξης ράβδου – ελατηρίου που στο πάνω μέρος του έχει έναν δείκτη.
- 5 ίδια βαρίδια με οπή
- Ηλεκτρονικό διαστημόμετρο.
  - Αριθμομηχανή.
  - Ηλεκτρονική ζυγαριά

### Πειραματικό μέρος

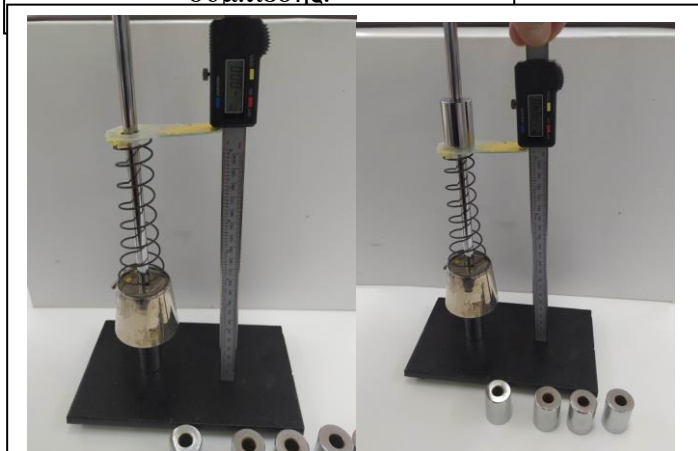
1. Ζυγίστε μία μάζα με οπή

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

2. Τοποθετήστε προσεκτικά το **ψηφιακό διαστημόμετρο** στη διάταξη όταν δεν υπάρχει κάποιο βαρίδιο πάνω στο ελατήριο. Η αρχή του να ακουμπάει στη βάση στήριξης και το κάτω άκρο του μετρητή να ακουμπάει «ελαφρώς» στον δείκτη του ελατηρίου (εικόνα 3(α)). Τότε βάλτε την ένδειξη “mm” και **μηδενίστε** το διαστημόμετρο.



Εικόνα 2: Διάταξη για την εύρεση της σταθεράς του ελατηρίου συμπίεσης.



(α) (β)  
Εικόνα 3: Μέτρηση της συσπείρωσης του ελατηρίου με το ηλεκτρονικό διαστημόμετρο.

3. Τοποθετήστε το 1<sup>ο</sup> βαρίδιο με οπή και μετρήστε με το ψηφιακό διαστημόμετρο την συμπίεση που προκαλεί στο ελατήριο (εικόνα 3(β)).

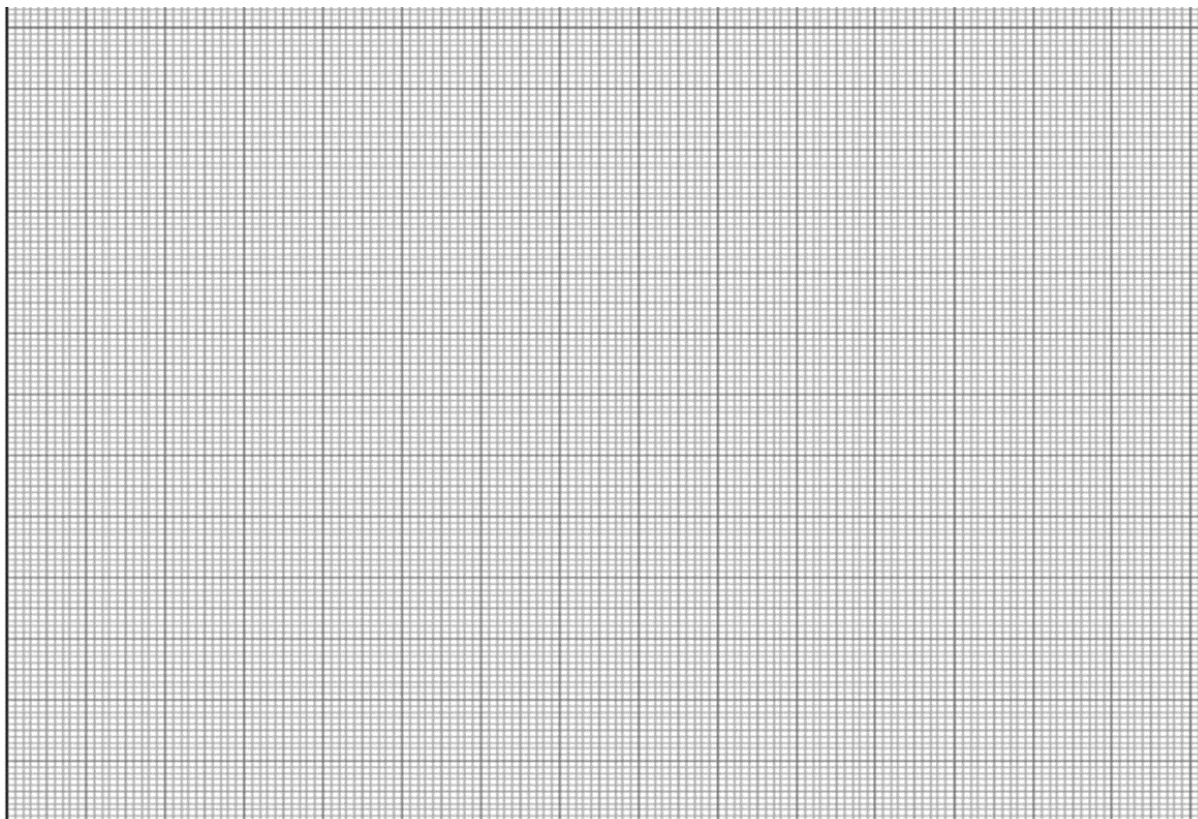
**Καλέστε τον υπεύθυνο καθηγητή για να του δείξετε τη διαδικασία μέτρησης.**

4. Καταγράψτε τις τιμές στον Πίνακα 1 (θεωρήστε ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι  $g=9,81\text{m/s}^2$ ).
5. Επαναλάβετε τη διαδικασία αφού προσθέσετε ακόμη ένα βαρίδιο πάνω από το ελατήριο συμπίεσης.

6. Κάνετε το ίδιο έως ότου πάνω στο ελατήριο να έχετε τοποθετήσει συνολικά 5 βαρίδια.

Πίνακας 1			
$\Delta L(\text{mm})$ (3 σημαντικά)	$m(\text{kg})$ (3 σημαντικά)	$w(\text{N})$ (3 σημαντικά)	$F(\text{N})$ (3 σημαντικά)

7. Κατασκευάστε στο millimetre χαρτί το διάγραμμα της δύναμης που ασκείται στο ελατήριο( $F$ ) (κατακόρυφος άξονας), σε συνάρτηση με τη παραμόρφωση του ελατηρίου( $\Delta L$ ) (οριζόντιος άξονας).



8. Υπολογίστε την κλίση της γραφικής παράστασης και έπειτα την σταθερά του ελατηρίου  $K$  σε μονάδες στο S.I.

.....

.....

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

9. Ζητήστε από τον επιβλέποντα καθηγητή να σας δώσει ένα σώμα άγνωστης μάζας. Χρησιμοποιώντας τη προηγούμενη διάταξη υπολογίστε τη μάζα του. Περιγράψτε σύντομα τη διαδικασία που κάνατε για αυτό τον υπολογισμό.

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

## Μέρος 2<sup>ο</sup> – Υπολογισμός των ενεργειακών μετατροπών στο σύστημα ελατήριο – βαρίδιο.

Θα χρησιμοποιήσετε το σύστημα ελατηρίου συμπίεσης με ράβδο και ένα βαρίδιο με οπή. Όταν το βαρίδιο είναι ακίνητο πάνω στο ελατήριο, ισορροπεί.

- Όταν στο βαρίδιο ασκηθεί μία δύναμη ώστε να κατέβει πιο κάτω από τη θέση ισορροπίας του, κατά Α, τότε το σύστημα βαρίδιο – ελατήριο, αποκτάει ενέργεια η οποία ονομάζεται **δυναμική ενέργεια ταλάντωσης** που δίνεται από τη σχέση:

$$U_{\tau\alpha\lambda} = \frac{1}{2} K \cdot A^2 \quad (2)$$

Αν από αυτή τη θέση το βαρίδιο **αφεθεί ελεύθερο**, τότε συμπεριφέρεται ως εξής:

- Συμμετέχει σε μία ταλάντωση από την ακραία θέση Α έως ότου το ελατήριο αποκτήσει το φυσικό του μήκος.
- Το βαρίδιο θα φύγει προς τα πάνω όταν το ελατήριο αποκτήσει το φυσικό του μήκος.
- Όταν το σώμα περνάει από τη θέση ισορροπίας το σύστημα δεν έχει δυναμική ενέργεια ταλάντωσης ενώ έχει **κινητική ενέργεια ταλάντωσης** ίση με:

$$K_{\tau\alpha\lambda} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad (3)$$

- Ας μελετήσουμε το βαρίδιο από τη θέση ισορροπίας και μετά:

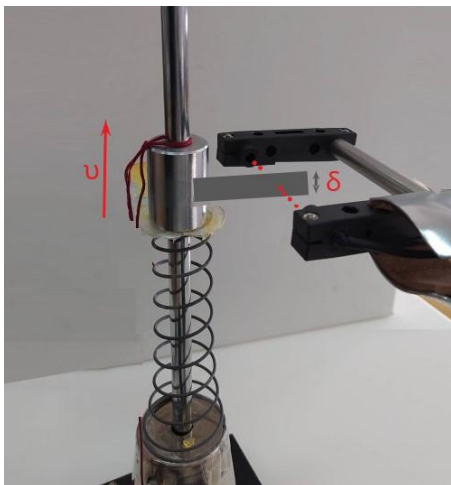
- Στη θέση ισορροπίας θα έχει κινητική ενέργεια ίση με την κινητική ενέργεια ταλάντωσης:

$$K = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad (4)$$

- Το ελατήριο μέχρι να αποκτήσει το φυσικό του μήκος θα δώσει ένα ποσό ενέργειας στο βαρίδιο μέσω του έργου:  $W_{F_{\epsilon\lambda}} = \frac{1}{2} K \cdot \Delta L_0^2$  (όπου  $\Delta L_0$ : η παραμόρφωση του ελατηρίου εξαιτίας του βαριδίου), το οποίο για τις συνθήκες των ασκήσεων που ακολουθούν είναι **αμελητέο και δεν το λαμβάνουμε υπόψη μας**.
- Έπειτα θα κινηθεί κατακόρυφα έως ένα ύψος h από τη θέση ισορροπίας. Στη θέση που θα φθάσει θα έχει αποκτήσει **βαρυτική δυναμική ενέργεια** ίση με:

$$U_{\beta\alpha\rho} = m \cdot g \cdot h \quad (5)$$

Θεωρήθηκε ότι το επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας είναι εκεί που είναι η θέση ισορροπίας του βαριδίου.



Εικόνα 4: Μέτρηση στιγμιαίας ταχύτητας με τη φωτοπύλη.

### Υπολογισμός στιγμιαίας ταχύτητας με τη φωτοπύλη

Η φωτοπύλη μπορεί να μετρήσει τη στιγμιαία ταχύτητα ενός σώματος. Όταν αυτό έχει μεγάλες διαστάσεις, τοποθετείται πάνω στο σώμα, ένα μη διαφανές πλαίσιο πλάτους  $\delta$ . Το πλαίσιο εκτελεί την ίδια κίνηση με το σώμα. Όταν αυτό περάσει διαμέσου της φωτοπύλης, τότε τη σκιάζει και σε λειτουργία F1 μπορεί να μετρήσει το χρόνο διέλευσής του. Η ταχύτητα του πλαισίου και άρα του σώματος, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$v = \frac{\delta}{dt} \quad (5)$$



Όπου  $\delta$ : το πλάτος του πλαισίου που τοποθετήθηκε πάνω στο σώμα και  
 $dt$ : ο χρόνος διέλευσης του.

### Διαθέσιμα όργανα για τη 1<sup>η</sup> διαδικασία



Εικόνα 5: Βασικά υλικά 2<sup>ου</sup> πειράματος.

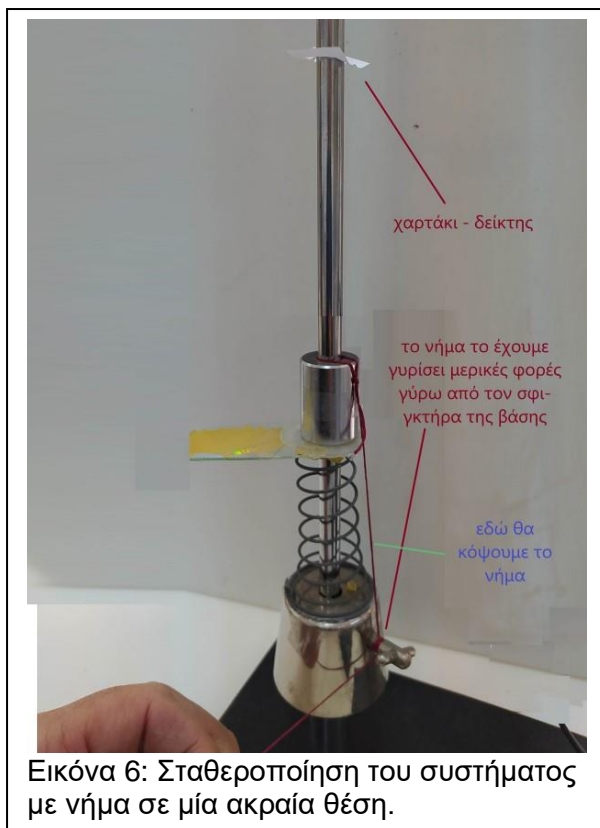
- Σύστημα στήριξης ράβδου – ελατηρίου που στο πάνω μέρος του φέρει δείκτη.
- Ηλεκτρονικό διαστημόμετρο.
- 1 βαρίδιο με σπή.
- Μερικά νήματα με θηλιά στο ένα άκρο τους.
- Χαρτάκια-δείκτες που στερεώνονται ελαφρώς στη ράβδο.
- Ψαλίδι και μέτρο

### 1<sup>η</sup> Διαδικασία

- Τοποθετήστε το βαρίδιο πάνω στο ελατήριο. Το σύστημα ισορροπεί.
- Τοποθετήστε κατάλληλα το ψηφιακό διαστημόμετρο και **μηδενίστε**

το στην ένδειξη mm.

- Έπειτα στο διαστημόμετρο βρείτε την ένδειξη 40mm και σφίξτε τη βίδα για να μην μετακινηθεί.



Εικόνα 6: Σταθεροποίηση του συστήματος με νήμα σε μία ακραία θέση.

- Περάστε τη θηλιά ενός νήματος στη ράβδο ώστε να είναι πάνω από το βαρίδιο και έπειτα περάστε το χαρτάκι-δείκτη.
- Πατήστε με το χέρι σας το βαρίδιο και με τη βοήθεια του νήματος κρατήστε συμπιεσμένο το ελατήριο κατά **40mm** από τη θέση ισορροπίας του βαριδίου (η μέτρηση να γίνει με το ψηφιακό διαστημόμετρο).
- Κόψτε το νήμα με ψαλίδι.
- Το βαρίδιο θα εκτοξευτεί πάνω από το ελατήριο και θα παρασύρει μαζί του και το χαρτάκι - δείκτη.
- Μετρήστε με το μέτρο την απόσταση  $h$  που ανέβηκε το χαρτάκι-δείκτης από τη θέση ισορροπίας του βαριδίου και δείχνει τη θέση στην οποία έφθασε το βαρίδιο.

**Κάντε το πείραμα 2-3 φορές και έπειτα καλέστε τον υπεύθυνο καθηγητή για να του δείξετε τη διαδικασία εκτέλεσής του.**

- Υπολογίστε τη δυναμική ενέργεια ταλάντωσης που έχει το σύστημα ελατήριο -

βαρίδιο όταν συσπειρωθεί κατά 40mm.



- Υπολογίστε την βαρυτική δυναμική ενέργεια που έχει το βαρίδιο όταν βρεθεί σε ύψος  $h$  πάνω από τη θέση ισορροπίας του (στο ελατήριο).
- Γράψτε τους υπολογισμούς σας παρακάτω και συμπληρώστε τις τιμές στον Πίνακα 2.
- Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία για συσπίρωση ελατηρίου κατά **50mm**, γράψτε τους υπολογισμούς σας και συμπληρώστε ξανά τις τιμές στον Πίνακα 2.

### Συσπίρωση 40mm

$U_{\text{ταλ}1}$ : .....  
(3 σημαντικά)

$U_{\text{βαρ}1}$ : .....  
(3 σημαντικά)

### Συσπίρωση 50mm

$U_{\text{ταλ}2}$ : .....  
(3 σημαντικά)

$U_{\text{βαρ}2}$ : .....  
(3 σημαντικά)

Πίνακας 2			
A(m) (3 σημαντικά)	$U_{\text{ταλ}}$ (J) (3 σημαντικά)	h(m) (3 σημαντικά)	$U_{\text{βαρ}}$ (J) (3 σημαντικά)

### Διαθέσιμα όργανα για τη 2<sup>η</sup> διαδικασία

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν στη 1<sup>η</sup> διαδικασία και επιπλέον:

- Ένα βαρίδιο με οπή που έχει κολλημένο πάνω του ένα χάρτινο πλαίσιο
- Ένα σύστημα φωτοπύλης με βάση.
- Διαστημόμετρο.

### 2<sup>η</sup> διαδικασία

- Μετρήστε το πλάτος  $\delta$  του χάρτινου πλαισίου που είναι κολλημένο πάνω στο βαρίδιο.
- Τοποθετήστε στη διάταξη αυτό το βαρίδιο.
- Τοποθετήστε τη φωτοπύλη με τη βάση (που βρίσκεται στον πάγκο εργασίας) κατάλληλα ώστε να βλέπει **το μέσο του χάρτινου πλαισίου** όταν το βαρίδιο βρίσκεται στη θέση

ισορροπίας του.

Με αυτό τον τρόπο θα βρείτε την ταχύτητα του βαριδίου όταν εκτοξεύεται και περνάει από τη θέση ισορροπίας του.

Ζητείται τώρα για τη συμπίεση των **45mm** να βρείτε:

- Την δυναμική ενέργεια ταλάντωσης του συστήματος ελατηρίου - βαριδίου.
- Την ταχύτητα του βαριδίου  $u$  όταν περνά από τη θέση ισορροπίας.
- Την κινητική ενέργεια ταλάντωσης που είναι ίση με την κινητική ενέργεια του βαριδίου όταν περνάει από τη θέση ισορροπίας.
- Τη βαρυτική δυναμική ενέργεια που έχει το βαρίδιο όταν φθάσει σε ύψος  $h$  από τη θέση ισορροπίας του, θεωρώντας ως επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας τη θέση ισορροπίας του βαριδίου.

**Όταν είστε έτοιμοι για την εκτέλεση του πειράματος, καλέστε τον υπεύθυνο καθηγητή για τον έλεγχο της διάταξης.**

### Συσπείρωση 45mm

$U_{ταλ3}$ :.....

Ταχύτητα βαριδίου όταν περνάει από τη θέση ισορροπίας του  $u$ :

$\delta =$  ..... και  $dt =$  .....

$u =$  .....

$K_{ταλ3} = K =$  .....

$U_{βαρ3} =$  .....

### Ερωτήσεις

1. Είστε τεχνικοί μιας εταιρίας που κατασκευάζει ζυγαριές. Για να μετρήσετε μάζες χρησιμοποιείτε ελατήρια παρόμοια με αυτά του πειράματος, για τα οποία θέλετε να συσπειρώνονται έως 10cm. Αυτά τα ελατήρια τοποθετούνται το ένα δίπλα στο άλλο και από πάνω τους υπάρχει ένα επίπεδη τράπεζα αμελητέου βάρους που κάνει ισοκατανομή της δύναμης σε όλα τα ελατήρια. Τα αντικείμενα που θέλετε να ζυγίσετε τοποθετούνται πάνω στη τράπεζα και έχουν μέγιστη μάζα 120kg. Εκτιμήστε τον αριθμό των ελατηρίων που θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε για να μετράει μάζες έως 120kg (θεωρείστε ότι η τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας είναι ίση με  $g=9,81\text{m/s}^2$ ).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Στο 2<sup>ο</sup> μέρος στη 2<sup>η</sup> διαδικασία υπολογίσατε την δυναμική ενέργεια ταλάντωσης του συστήματος ελατήριο – βαρίδιο την κινητική ενέργεια ταλάντωσης και τέλος τη βαρυτική δυναμική ενέργεια που αποκτά το βαρίδιο όταν φθάνει στο ύψος  $h$ .
- Έχασε ή κέρδισε το σύστημα ενέργεια από την ακραία θέση έως ότου έρθει στη θέση ισορροπίας όπου το βαρίδιο κινείται με ταχύτητα  $u$ ; Πόση είναι αυτή η ενέργεια και που νομίζετε ότι οφείλεται;
  - Έχασε ή κέρδισε ενέργεια το βαρίδιο, καθώς κινείται από τη θέση ισορροπίας του με ταχύτητα  $u$  έως το ύψος  $h$  που φθάνει; Πόση είναι αυτή η ενέργεια και που νομίζετε ότι οφείλεται;

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Καλή επιτυχία!**

### Φύλλο αξιολόγησης

<b>Μέρος 1<sup>ο</sup></b>	<b>Σύνολο 45</b>
5 (έλεγχος μέτρησης με το διαστημόμετρο στη πειραματική διάταξη)	
10 (Πίνακας 1 που περιέχει 20 κελιά, κάθε κελί από 0,5)	
10 (για τα 5 σημεία της γραφικής)	
5 (για ευθεία)	
5 (για υπολογισμό κλίσης - Κ)	
10 (υπολογισμός άγνωστης μάζας)	
<b>Μέρος 2<sup>ο</sup></b>	<b>Σύνολο 18</b>
6 (έλεγχος πειραματικής διάταξης μέτρησης και εκτόξευσης σώματος)	
Ενέργειες $3 + 3 + 3 + 3 = 12$ ( $U_{\text{ταλ1}} - U_{\text{βαρ1}} - U_{\text{ταλ2}} - U_{\text{βαρ2}}$ )	
<b>Μέρος 3<sup>ο</sup></b>	<b>Σύνολο 17</b>
Διάταξη φωτοπύλης = 5	
Υπολογισμός ταχύτητας στη Θ.Ι. (τύπος) = 5	
Ενέργειες $2 + 2 + 1 + 2 = 7$ ( $U_{\text{ταλ3}} - K_{\text{ταλ3}}, K - U_{\text{βαρ3}}$ )	
<b>Ερωτήσεις</b>	<b>Σύνολο 20</b>
Ερώτηση 1	10
Ερώτηση 2	10

Συγγραφή: Ζαφειριάδης Φώτιος – Φυσικός

Ευχαριστίες: Στους συναδέλφους Μανδηλιώτη Σωτήριο και Θεοδωρίδη Κωνσταντίνο για τις εύστοχες διορθώσεις και παρατηρήσεις τους.