

Εργαστηριακή άσκηση 1:
ΑΠΛΗ ΑΡΜΟΝΙΚΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ – ΜΕΛΕΤΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗΣ
ΕΛΑΤΗΡΙΟΥ
(Βαγγέλης Δημητριάδης, 4^ο ΓΕΛ Ζωγράφου)

ΣΤΟΧΟΙ

Με τη βοήθεια των γραφικών παραστάσεων μέσω του Συστήματος Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης (MBL) για φαινόμενα που εξελίσσονται πολύ γρήγορα, όπως οι ταλαντώσεις, ο μαθητής αποκτά δεξιότητες στο να επεξεργάζεται τα εργαστηριακά αποτελέσματα και να σχεδιάζει διαγράμματα. Ποιο συγκεκριμένα:

- 1) Να διαπιστώνει το αμείωτο του πλάτους για μικρά χρονικά διαστήματα.
- 2) Να υπολογίζει το πλάτος της ταλάντωσης.
- 3) Να μετράει τη περίοδο και να επιβεβαιώνει ότι αυτή εξαρτάται από τη μάζα του σώματος.
- 4) Να επιβεβαιώνει ότι η ασκούμενη δύναμη από το ελατήριο στο σώμα είναι ανάλογη της απομάκρυνσης του σώματος από τη θέση ισορροπίας του.
- 5) Να υπολογίζει την σταθερά του ελατηρίου.
- 6) Να υπολογίζει την ενέργεια της ταλάντωσης.
- 7) Να αναζητά πιθανές αιτίες σφαλμάτων και μα προτείνει τρόπους για τον περιορισμό τους.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

Η απλή αρμονική ταλάντωση είναι μια ειδική περίπτωση γραμμικής ταλάντωσης στην οποία η απομάκρυνση x του σώματος από τη θέση ισορροπίας δίνεται από τη σχέση : $x = A \eta \mu \omega t$ όπου A το **πλάτος** της ταλάντωσης και ω η **γωνιακή συχνότητα**.

Για την παραγωγή της απλής αρμονικής ταλάντωσης πρέπει να ισχύει η σχέση $F = -D \cdot x$ όπου F η συνολική δύναμη που δέχεται το σώμα και είναι υπεύθυνη για την επιτάχυνση του και ονομάζεται **δύναμη επαναφοράς**. Η σταθερά αναλογίας D καλείται **σταθερά επαναφοράς**, εξαρτάται από τη μάζα του σώματος και δίνεται από τη σχέση $D = m \cdot \omega^2$. Ειδικά για την περίπτωση του συστήματος ελατήριο-μάζα η σταθερά D είναι ίση με τη σταθερά K του ελατηρίου.

Η περίοδος της ταλάντωσης ίση με $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$. Υψώνοντας τη σχέση αυτή στο τετράγωνο

προκύπτει: $T^2 = \frac{4\pi^2}{D} m$ και λύνοντας ως προς D έχουμε $D = \frac{4\pi^2}{T^2} m$ δηλαδή η σταθερά D ($D =$

k) μπορεί να υπολογισθεί μετρώντας την περίοδο της ταλάντωσης.

ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

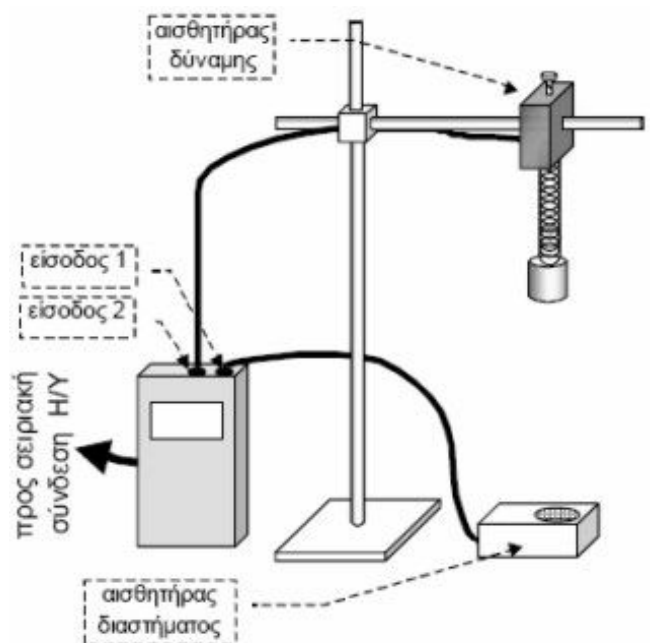
1. Σύστημα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης (MBL) αποτελούμενο από:
 - την κεντρική μονάδα (Multilog) ΛΑ.610.0
 - τον αισθητήρα απόστασης ΛΑ.625.0
 - τον αισθητήρα δύναμης $\pm 10N$ ΛΑ.620.0
2. Ηλεκτρονικός υπολογιστής με το λογισμικό Multilab ΛΑ 500.0
3. Εκτυπωτής ΛΑ 540.0

4. Βιντεοπροβολέας	ΛΑ 40X.0
5. Βάση στήριξης	ΓΕ 010.0
6. Ράβδος μεταλλική 0,80m	ΓΕ 030.3
7. Ράβδος μεταλλική 0,30m	ΓΕ 030.1
8. Σύνδεσμος απλός	ΓΕ 020.0
9. Ελατήριο σταθεράς της τάξης των 7-11 N/m	ΜΣ 020.0
10. Κυλινδρικές μάζες 50, 100, 150, 200 g	ΓΕ 100.3

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Πραγματοποίηση της πειραματικής διάταξης- Συνδέσεις

1. Πραγματοποιούμε τη διάταξη της εικόνας. Επιλέγουμε κυλινδρική μάζα 50 g. Τοποθετούμε τη μάζα σε ύψος 60 cm περίπου επάνω από τον αισθητήρα της απόστασης.





2. Συνδέουμε το MultiLog στον H/Y με το σειριακό καλώδιο σε σειριακή θύρα (ή μέσω USB-to-Serial converter σε θύρα USB).
3. Συνδέουμε τον αισθητήρα απόστασης στην είσοδο 1 (I/O-1) και τον αισθητήρα δύναμης στην είσοδο 2 (I/O-2) του Multilog. Ο διακόπτης του αισθητήρα να είναι γυρισμένος στο ± 10 N. Συνδέουμε την παροχή ρεύματος στο Multilog, δεδομένου ότι ο αισθητήρας απόστασης απαιτεί ρεύμα 100 mA, το οποίο δεν μπορεί να δώσει η μπαταρία.
4. Ανοίγουμε το Multilog πιέζοντας το On και στη συνέχεια το πρόγραμμα Multilab του H/Y. Ο υπολογιστής θα αναγνωρίσει τη σύνδεση αυτόματα. Αν δεν αναγνωριστεί η σύνδεση του



Multilog, από το μενού «Καταγραφέας» → «Ρυθμίσεις επικοινωνίας» πιέζουμε το κουμπί «Προσπάθεια σύνδεσης».

Ρυθμίσεις του λογισμικού


5. Αν επιθυμούμε να παρακολουθούμε την κίνηση από την κάμερα του Η/Υ από το μενού «Βίντεο» επιλέγουμε τη συσκευή βίντεο που θα χρησιμοποιήσουμε και στη συνέχεια, από το ίδιο μενού επιλέγουμε «Ενεργοποίηση βίντεο».

6. Πιέζουμε το κουμπί  (Οδηγός ρυθμίσεων) της πάνω γραμμής εργαλείων και ακολουθούμε τις οδηγίες. Επιλέγουμε στην είσοδο 1 «Διάστημα», (αν δεν είναι ήδη επιλεγμένο) και στην είσοδο 2 «Δύναμη±10». Πιέζουμε το κουμπί  (Ιδιότητες αισθητήρα) δίπλα στην είσοδο 2 και στο παράθυρο που ανοίγει ενεργοποιούμε την επιλογή «Ελξη – θετική». Αν η επιλογή αυτή δεν υπάρχει (αυτό συμβαίνει όταν ο αισθητήρας είναι άλλου κατασκευαστή), από την καρτέλα «Βαθμονόμηση» αλλάζουμε τα πρόσημα των τιμών στην τελευταία στήλη (μετρηθείσα τιμή). Άρα, όταν το ελατήριο εξασκεί στον αισθητήρα δύναμη προς τα κάτω, τότε εξασκεί και στη μάζα δύναμη προς τα πάνω, θα είναι θετική. Στην καρτέλα «Display property» επιλέγουμε μια παχύτερη γραμμή, ώστε η γραφική παράσταση της δύναμης να ξεχωρίζει αν γίνει ασπρόμαυρη εκτύπωση. Οι άλλες εισοδοί παραμένουν «κενές». Μετά πιέζουμε «Επόμενο». Στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε ρυθμό δειγματοληψίας 50 μετρήσεις ανά δευτερόλεπτο. Πιέζουμε πάλι «Επόμενο». Στο παράθυρο αυτό επιλέγουμε χρόνο 20 s και μετά πατάμε «Τέλος». Άρα θα ληφθούν $50 \times 20 = 1000$ μετρήσεις.

Λήψη μετρήσεων

7. Με το ταλαντευόμενο σύστημα στη θέση ισορροπίας πιέζουμε το κουμπί  (Λήψη δεδομένων) και καταγράφουμε την ακριβή απόσταση y_0 του αισθητήρα απόσταση από την επιφάνεια του ταλαντωτή καθώς και την τιμή F_0 της δύναμης. Αν ο αισθητήρας δεν δίνει αξιόπιστη τιμή, τον μετακινούμε λίγο ώστε να στοχεύει καλύτερα την μάζα, ώστε να επιβεβαιώσουμε τη σωστή τοποθέτησή του. (Οι τιμές y_0 και F_0 θα χρησιμοποιηθούν για την αναγωγή στο μηδέν της γραφικής παράστασης). Στη συνέχεια θέτουμε το σύστημα σε κατακόρυφη ταλάντωση πλάτους περίπου 5-10 cm. Στην οθόνη εμφανίζονται οι γραφικές παραστάσεις της απόστασης και της δύναμης με το χρόνο. Αν δεν μας ικανοποιούν τα αποτελέσματα πατάμε  (Διακοπή) και επαναλαμβάνουμε από την αρχή. *Σημείωση: Μπορούμε να ξαναρχίσουμε την καταγραφή των μετρήσεων, χωρίς πρώτα να έχουμε ακινητοποιήσει το ταλαντούμενο σύστημα, αλλά τότε θα διαφοροποιηθεί η επεξεργασία των μετρήσεων).*


Αναγωγή στην αρχή των αξόνων


8. Μετά την ολοκλήρωση της καταγραφής πιέζουμε το κουμπί  (Οδηγός ανάλυσης). Η συνέχεια εξαρτάται από το αν υπάρχουν καταγεγραμμένες οι τιμές του y_0 και του F_0 στον πίνακα μετρήσεων.

1) Αν υπάρχουν οι τιμές αυτές τότε στην καρτέλα «Προσαρμογή καμπύλης» επιλέγουμε την ομάδα δεδομένων του διαστήματος και στην καρτέλα «Συναρτήσεις»


επιλέγουμε «Δέλτα Y», ελέγχουμε το πεδίο G1 να έχει την επιλογή «Exp1: Διάστημα (outgoing) I/O-1», επιλέγουμε άνοιγμα σε νέο παράθυρο και πατάμε OK. Επαναλαμβάνουμε την ίδια ακριβώς διαδικασία για την ομάδα δεδομένων της δύναμης, όπου όμως στο πεδίο G1 να υπάρχει η επιλογή «Δύναμη ±10 I/O-2». *Παρατήρηση: επειδή το Exp1 σημαίνει πρώτο πείραμα, αν έχουν καταγραφεί και άλλα προηγούμενως, μπορεί αντί γι αυτό να εμφανίζεται Exp2, Exp3 κλπ.*

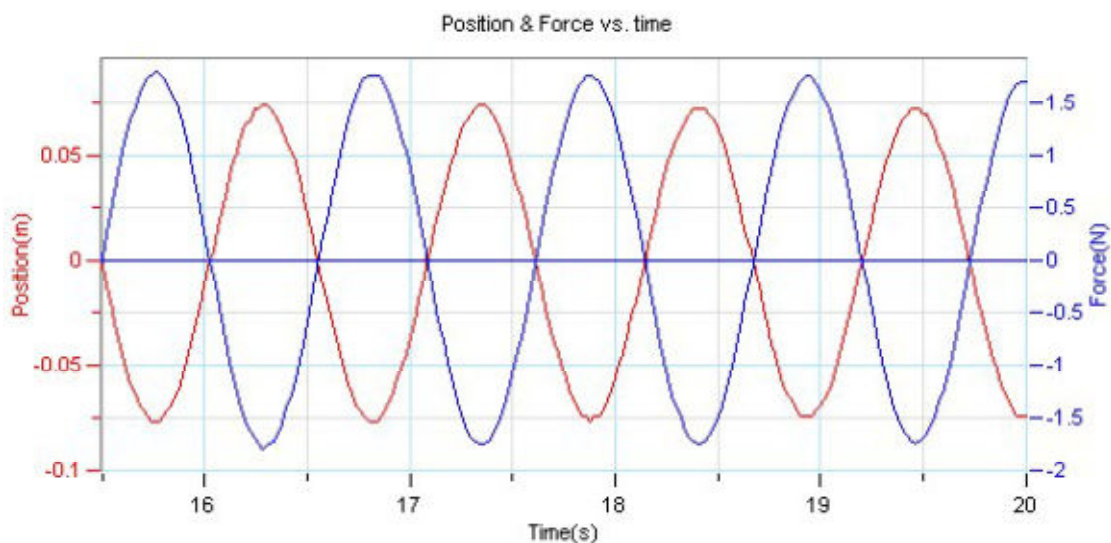
- 2) Αν δεν υπάρχουν καταγεγραμμένες οι τιμές του y_0 και του F_0 στον πίνακα μετρήσεων, στην καρτέλα «Προσαρμογή καμπύλης» επιλέγουμε την ομάδα δεδομένων του διαστήματος και στην καρτέλα «Συναρτήσεις» επιλέγουμε από τη λίστα «Γραμμική» και στο πεδίο C1 βάζουμε την τιμή $-y_0$, όπου y_0 η τιμή της απόστασης που προέκυψε στο βήμα (7), ελέγχουμε το πεδίο G1 να έχει την επιλογή «Exp1: Διάστημα (outgoing) I/O-1», επιλέγουμε να ανοίξει σε νέο παράθυρο και μετά «OK». Ένα νέο παράθυρο ανοίγει τώρα, όπου η τιμή της απόστασης y είναι κεντραρισμένη. Επαναλαμβάνουμε την ίδια ακριβώς διαδικασία για τα δεδομένα του αισθητήρα δύναμης, όπου όμως στο πεδίο G1 να υπάρχει η επιλογή «Δύναμη ±10 I/O-2» και στο πεδίο C1 βάζουμε την τιμή $-F_0$, όπου F_0 η τιμή της δύναμης που προέκυψε στο βήμα (7).

9. Πιέζουμε το κουμπί  (Διαχωρισμός γραφικής παράστασης) και μεταφέρουμε τις αρχικές γραφικές παραστάσεις στο 1^ο παράθυρο και τις τροποποιημένες στο 2^ο: Από το «χάρτη δεδομένων» της αριστερής στήλης, με δεξιά κλικ στις επικεφαλίδες «Exp1: Διάστημα (outgoing) I/O-1» και «Δύναμη ±10 I/O-2» επιλέγουμε «εμφάνιση στη γρ. παράσταση 1», οπότε θα εμφανίζεται ο αριθμός «1» δίπλα στο όνομά τους. Το ίδιο κάνουμε και με τις «DeltaY (Exp1: Διάστημα (outgoing) I/O-1)» και «DeltaY (Δύναμη ±10 I/O-2)» της ομάδας των συναρτήσεων, όπου επιλέγουμε «εμφάνιση στη γρ. παράσταση 2» και εμφανίζεται ο αριθμός «2» δίπλα στο όνομά τους.



10. Πιέζουμε το κουμπί  (Επεξεργασία γρ. παράστασης) της κάτω γραμμής εργαλείων και βάζουμε τίτλο στις γραφ. παραστάσεις 1 και 2 (π.χ. «Θέση και δύναμη σε συνάρτηση με το χρόνο» και «Απομάκρυνση και συνισταμένη δύναμη») αντίστοιχα.

Μέτρηση περιόδου



11. Χρησιμοποιούμε το κουμπί  (Μεγέθυνση επιλογής) και επιλέγουμε με το ποντίκι μια

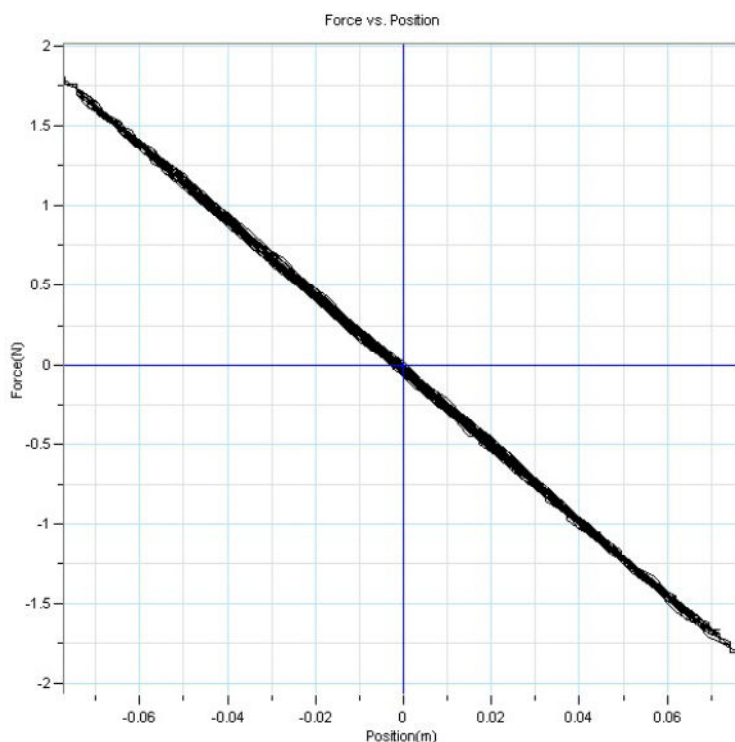


περιοχή για να εμφανιστούν 5-6 περίοδοι της ταλάντωσης. Η εικόνα θα είναι παρόμοια με την παραπάνω.

- Υπολογίζουμε τη περίοδο T της ταλάντωσης, επιλέγοντας είτε την γραφική παράσταση της δύναμης είτε της απόστασης. Για μεγαλύτερη ακρίβεια στον υπολογισμό μετράμε το χρόνο 5 διαδοχικών μέγιστων. Πιέζουμε το κουμπί  (Εμφάνιση δείκτη) οπότε εμφανίζεται ένα βέλος στη γραφική παράσταση και μεταφέρουμε με το ποντίκι (πατώντας συνεχώς επάνω του με αριστερό κλικ) τον κέρσορα σε μια κορυφή της. Πιέζουμε το κουμπί  (2^{ος} Δείκτης) οπότε εμφανίζεται δεύτερο βέλος και το μεταφέρουμε όπως πριν στην πέμπτη διαδοχική περίοδο. Ο χρόνος Δt που εμφανίζεται στο κάτω μέρος της οθόνης μετρά το χρόνο 5 περιόδων. Η τιμή ΔY που εμφανίζεται ίση με μηδέν επιβεβαιώνει το αμείωτο της ταλάντωσης. (Με την ίδια τεχνική μπορούμε να υπολογίσουμε το πλάτος της ταλάντωσης τοποθετώντας τα βελάκια σε διαδοχικά μέγιστο και ελάχιστο της γραφικής παράστασης της απομάκρυνσης.)
- Εκτυπώνουμε τη γραφική παράσταση που βλέπουμε στην οθόνη επιλέγοντας από το μενού «Αρχείο» και μετά «Εκτύπωση» (Φροντίζουμε να είναι ρυθμισμένος ο εκτυπωτής σε οριζόντια εκτύπωση)

Εύρεση σταθεράς ελατηρίου

- Για τη γραφική παράσταση δύναμης – απομάκρυνσης, πιέζουμε  (Επεξεργασία γρ. παράστασης) επιλέγουμε «DeltaY (Exp1: Διάστημα (outgoing) I/O-1)» στον άξονα X και «DeltaY (Δύναμη ± 10 I/O-2)» στον άξονα Y και μετά OK. Πιέζουμε το κουμπί 



(Γραμμική) της κύριας γραμμής εργαλείων . Εμφανίζεται η γραφική παράσταση ενώ εμφανίζεται και η εξίσωση ευθείας που η κλίση της μας δίνει τη σταθερά $D=K$ του ελατηρίου (χωρίς το -) στη γραμμή πληροφοριών, κάτω από τη γραφική παράσταση, την οποία και καταγράφουμε. Εννοείται ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι αρχικές, αντί των τροποποιημένων σειρές δεδομένων «Διάστημα (outgoing) I/O-1» και «Δύναμη ± 10 I/O-2».

15. Διαπιστώνουμε τη σχέση μεταξύ της κλίσης της γραφικής παράστασης και της σταθεράς, όπως προκύπτει από τη σχέση $F = -D \cdot x$.

Επανάληψη με τις άλλες μάζες

16. Για μεγαλύτερη ακρίβεια επαναλαμβάνουμε την πειραματική διαδικασία επιλέγοντας διαδοχικά τις μάζες 100, 150 και 200 g, και υπολογίζουμε την κλίση της συνάρτησης

$T^2=f(m)$ και στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τη σχέση $\frac{T^2}{m} = \frac{4\pi^2}{D}$ τη σταθερά D . Σε κάθε

περίπτωση φροντίζουμε, κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης, η απόσταση μάζας – αισθητήρα απόστασης να βρίσκεται μέσα στα όρια του αισθητήρα, τα οποία αναγράφονται στην ετικέτα του. Όταν χρειαστεί λοιπόν απομακρύνουμε τον αισθητήρα, π.χ. τοποθετώντας τον στο πάτωμα, κάτω από την αιωρούμενη μάζα.

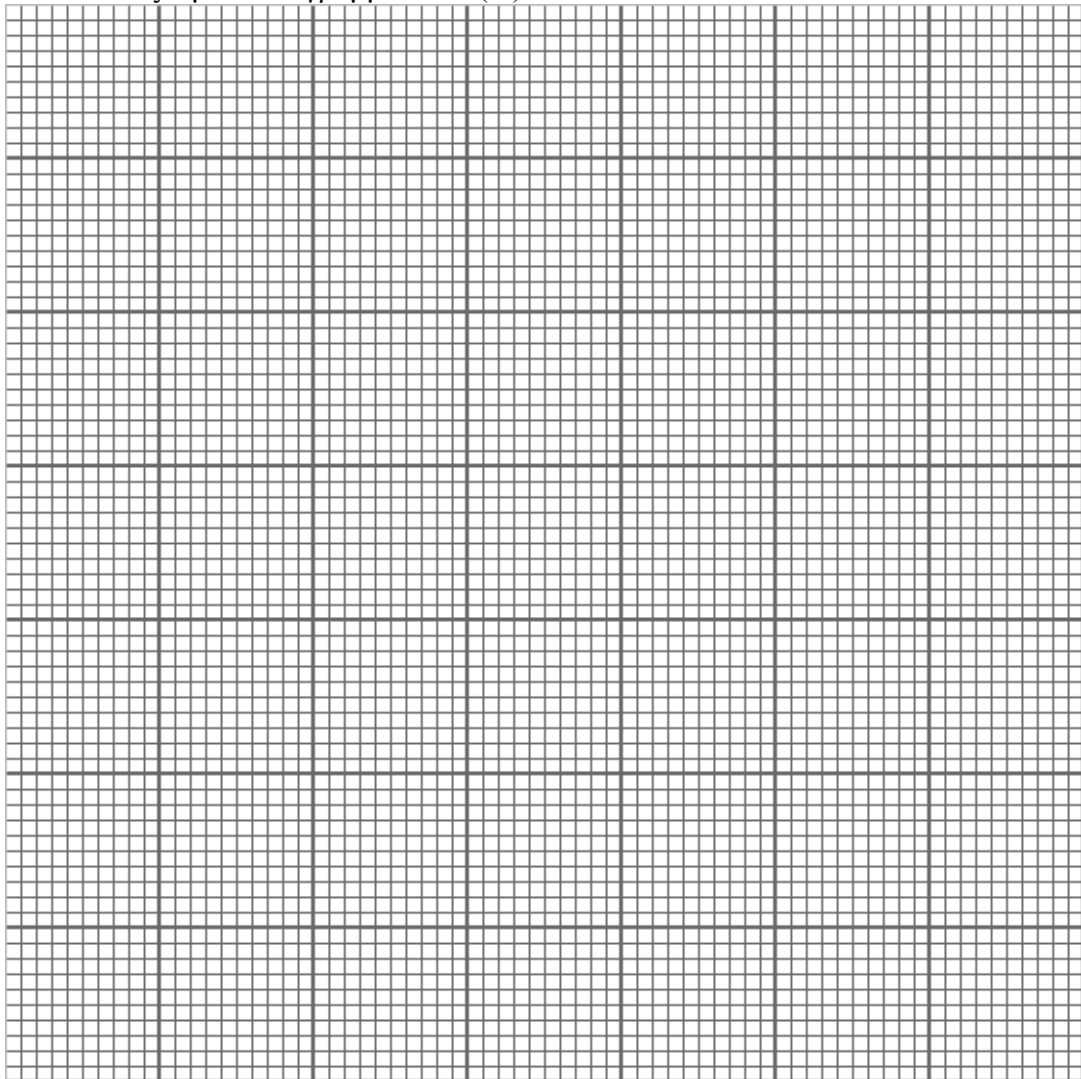
17. Υπολογίζουμε την περίοδο από τη σχέση $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$ και συγκρίνουμε με αυτή που υπολογίστηκε στο βήμα (11).

Από την τελευταία στήλη υπολογίστε τη μέση τιμή της σταθεράς K .

$K = \dots\dots\dots$

9. Κατασκευάζουμε το διάγραμμα $T^2 = f(m)$:

T^2
(s^2)



m (kg)

Η κλίση της γραφική παράστασης είναι $\lambda = \dots\dots\dots$

Από αυτήν υπολογίζεται η σταθερά του ελατηρίου (εξηγήστε τον τρόπο υπολογισμού):

.....

10. Συγκρίνετε τη τιμή της σταθεράς K που υπολογίσατε με τη τιμή που υπολογίστηκε με τη βοήθεια του συστήματος συγχρονικής λήψης και απεικόνισης. Υπάρχει απόκλιση στις τιμές; Αν ναι, που κατά τη γνώμη σας οφείλεται;

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

11. Υπολογίστε την περίοδο για τη μάζα των 50 g, χρησιμοποιώντας τις τιμή της σταθεράς K που υπολογίστηκε και συγκρίνετε με αυτή που προέκυψε από τη φωτοτυπία:

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

12. Υπολογίστε από τη φωτοτυπία που σας δόθηκε τη μέγιστη δύναμη που ασκείται στο ελατήριο, για τη μάζα των 50 g και εξηγήστε τον τρόπο υπολογισμού:

$F_{\max} = \dots\dots\dots$

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

13. Υπολογίστε τη μέγιστη ταχύτητα της ταλάντωσης

.....
.....

14. Υπολογίστε την ενέργεια της ταλάντωσης.

.....
.....

15. Ποιους παράγοντες, κατά τη γνώμη σας, δεν παίρνει υπόψη η μελέτη που έγινε; Μπορείτε να προτείνετε τρόπους για τη βελτίωση της πειραματικής διαδικασίας;

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