

ΑΠΛΗ ΑΡΜΟΝΙΚΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ - ΜΕΛΕΤΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗΣ ΕΛΑΤΗΡΙΟΥ

Για τον καθηγητή

Στόχοι:

Με τη βοήθεια των γραφικών παραστάσεων των ταλαντώσεων μέσω του ΣΣΛ-Α ο μαθητής αποκτά δεξιότητες στο:

- 1) Να επεξεργάζεται τα εργαστηριακά αποτελέσματα και να σχεδιάζει διαγράμματα.
- 2) Να μετράει τη περίοδο και να επιβεβαιώνει ότι αυτή δεν εξαρτάται από το πλάτος ταλάντωσης ενώ εξαρτάται από με την μάζα του σώματος.
- 3) Να επιβεβαιώνει ότι η ασκούμενη δύναμη από το ελατήριο στο σώμα είναι ανάλογη της απομάκρυνσης του σώματος από τη θέση ισορροπίας του.
- 4) Να υπολογίζει την σταθερά του ελατηρίου.

Εισαγωγικές γνώσεις:

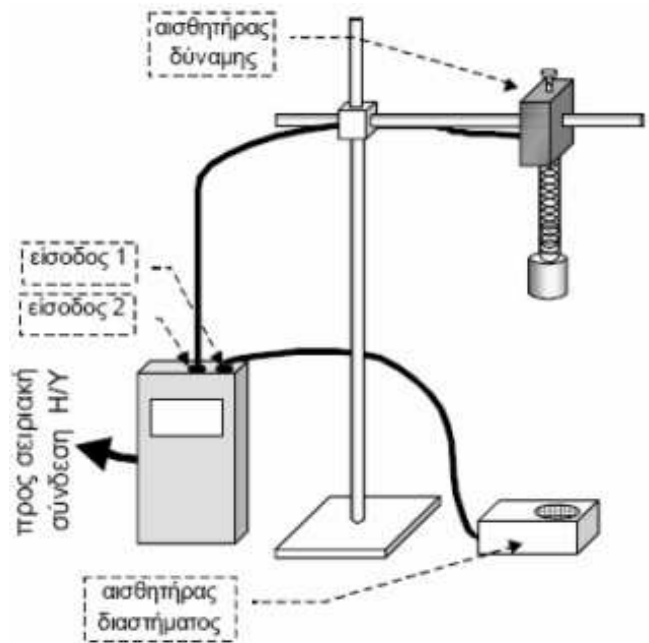
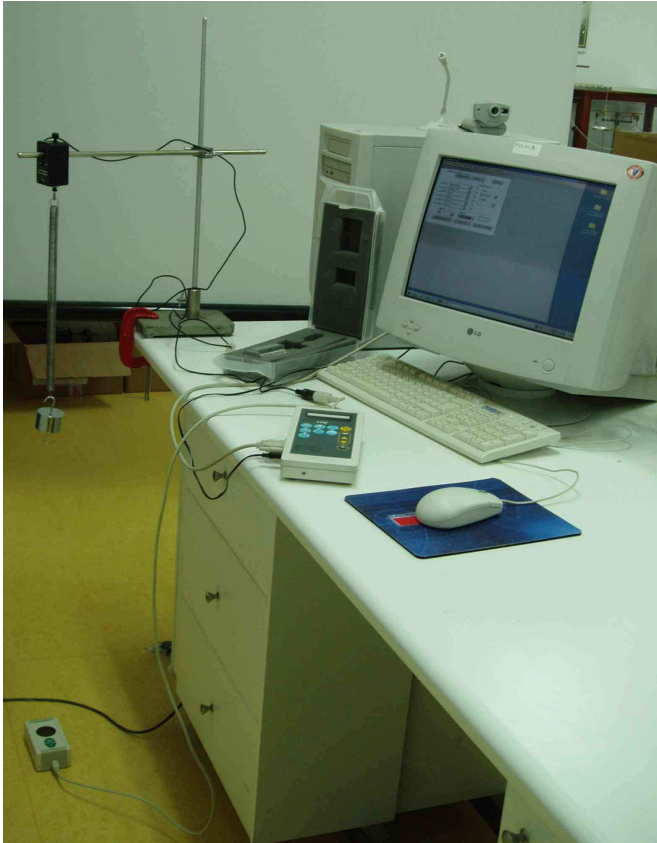
Η απλή αρμονική ταλάντωση είναι μια ειδική περίπτωση γραμμικής ταλάντωσης στην οποία η απομάκρυνση x του σώματος από τη θέση ισορροπίας δίνεται από τη σχέση : $x = A \cdot \eta\mu\omega t$ όπου A το **πλάτος** της ταλάντωσης και ω η **γωνιακή συχνότητα**. Για την παραγωγή της γ.α.τ. πρέπει να ισχύει η σχέση $F = -F_0 \cdot \eta\mu\omega t$ που F η συνολική δύναμη που δέχεται το σώμα και είναι υπεύθυνη για την επιτάχυνση του και ονομάζεται **δύναμη επαναφοράς**. Από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει ότι $F = -D \cdot x$. Η σταθερά αναλογίας D καλείται **σταθερά επαναφοράς**, εξαρτάται από τη μάζα του σώματος και δίνεται από τη σχέση $D = m \cdot \omega^2$. Από τη σχέση αυτή βρίσκεται 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 μπορεί να υπολογισθεί μετρώντας την περίοδο της ταλάντωσης.

Πειραματική διαδικασία:

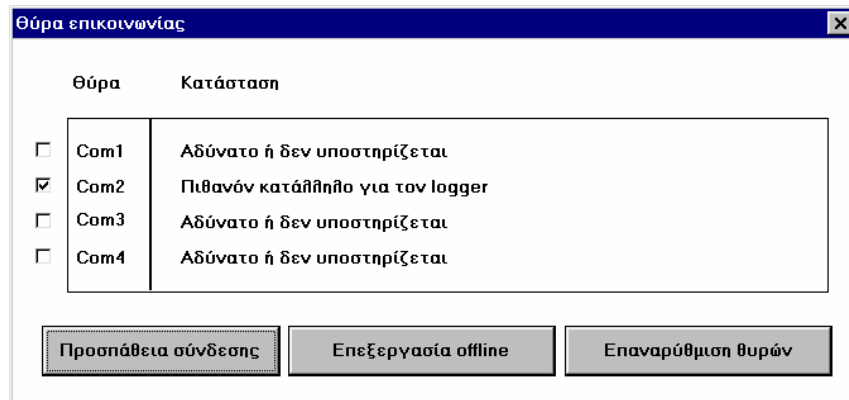
1. Πραγματοποιούμε τη διάταξη της εικόνας. Επιλέγουμε κυλινδρική μάζα 500 g και το ελατήριο από την συσκευή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας. Τοποθετούμε τη μάζα σε ύψος 60 cm περίπου επάνω από τον αισθητήρα της απόστασης.



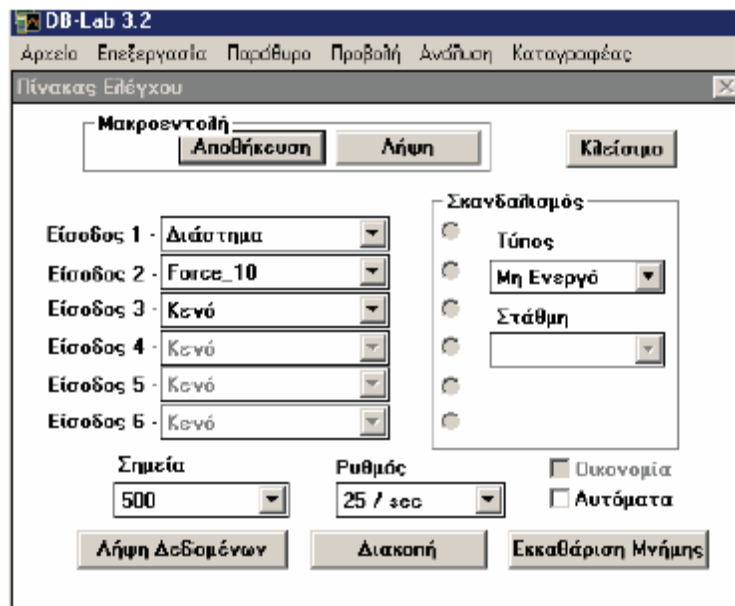
2. Συνδέουμε το MultiLog σε σειριακή θύρα του Η/Υ, στον οποίο έχουμε ήδη εγκαταστήσει το λογισμικό DB-Lab (ΠΡΟΣΟΧΗ : Χωρίς να συνδέσουμε τους αισθητήρες στο Multilog).

3. Ανοίγουμε τον Η/Υ και μετά (αφού ανοίξει ο Η/Υ) βάζουμε το MultiLog (θέση on).

A) Ανοίγουμε το λογισμικό DB-Lab. Στην οθόνη επιλέγουμε το μενού «Καταγραφείας» - «Ρυθμίσεις επικοινωνίας». Στο παράθυρο «Θύρες επικοινωνίας» μαρκάρουμε όλες com μας γράφει ότι «Πιθανόν κατάλληλο για τον logger». Αν μας δείξει ότι κάποια com είναι απασχολημένη, την μαρκάρουμε και αυτή και μετά πατάμε «προσπάθεια σύνδεσης». Αν τώρα ανοίξει το παράθυρο «Αποτυχία», πατάμε «OK», κλείνουμε το παράθυρο «Θύρα επικοινωνίας» και ξαναεπιλέγουμε «Καταγραφείας» - «Ρυθμίσεις επικοινωνίας» - «Προσπάθεια σύνδεσης» και αφού βγάλει το παράθυρο «Συνδέθηκε» πατάμε «OK».



Β) Ανοίγουμε το παράθυρο «Πίνακας Ελέγχου» και συνδέουμε τον αισθητήρα της απόστασης στη είσοδο 1 (I/O 1). Αν δεν μας δείξει στον Πίνακα ελέγχου «Διάστημα» στην είσοδο 1, το επιλέγουμε από τη λίστα. Συνδέουμε τώρα τον αισθητήρα δύναμης στην είσοδο 2 (I/O 2), αφού πρώτα βάλουμε πάνω στον αισθητήρα τον διακόπτη στη θέση $\pm 10N$ και πρέπει στον Πίνακα Ελέγχου να δείξει στην Είσοδο 2 : «Force_10N» αλλιώς πάλι το επιλέγουμε. Οι άλλες εισόδους παραμένουν «κενές».



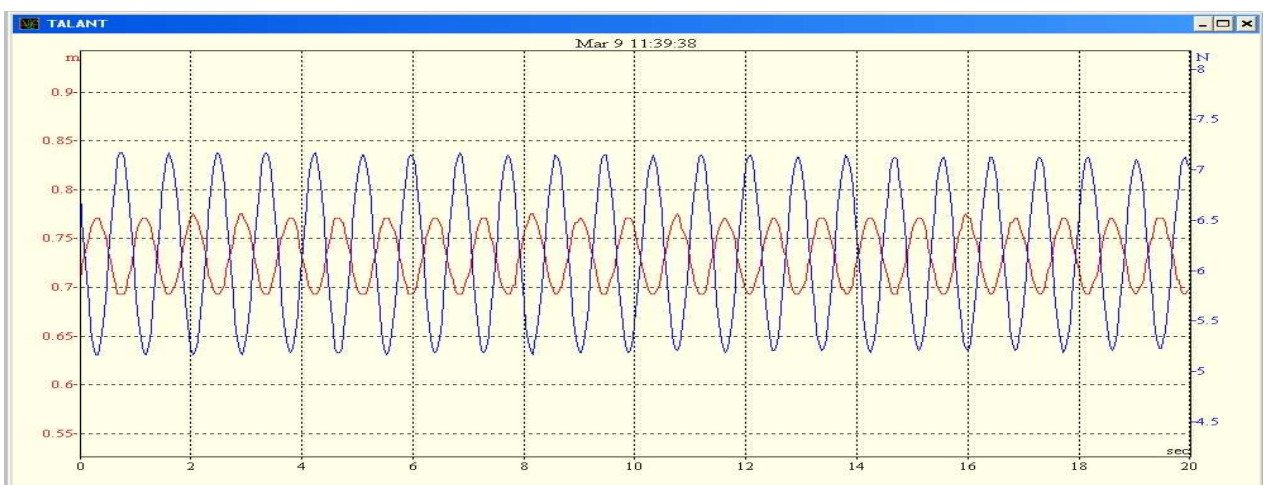
Γ) Από το μενού «Καταγραφέας» επιλέγουμε «Καθορισμός νέων αισθητήρων» και στο παράθυρο που ανοίγει επιλέγουμε (αριστερά) Force_10 και στα πλαίσια Μονάδα Μέτρησης αλλάζουμε τα πρόσημα (Τιμή #1 = -12.25 σε 12.25 και Τιμή #2 =12.25 σε -12.25) (Η αλλαγή των προσήμων χρειάζεται για να φαίνεται στην απεικόνιση της γραφικής παράστασης κατά την εκτέλεση του πειράματος η αντίθεση φάσης F και x)

Τιμή #1	Volts	Μονάδα Μέτρησης
0		-12.25
5		12.25

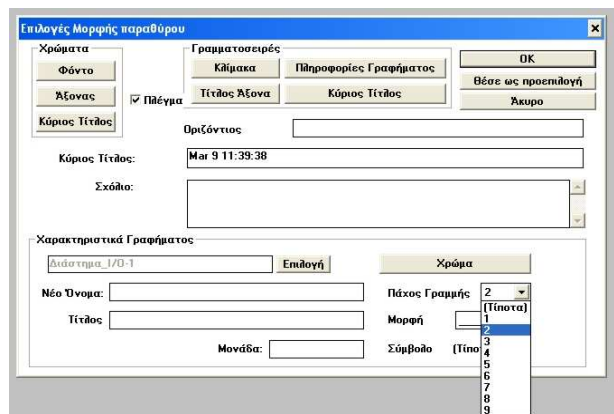
Δ) Επιλέγουμε στον Πίνακα Ελέγχου «Σημεία» 500 και «Ρυθμός» 25/s ώστε ο συνολικός χρόνος καταγραφής του φαινομένου να είναι 20 s.

4. Με το ταλαντευόμενο σύστημα στη θέση ισορροπίας ενεργοποιούμε τη «λήψη δεδομένων» και καταγράφουμε την ακριβή απόσταση y_0 του αισθητήρα από την επιφάνεια του ταλαντωτή. Αν ο αισθητήρας δεν δίνει αξιόπιστη τιμή, τον μετακινούμε λίγο ώστε να στοχεύει καλύτερα την μάζα, ώστε να επιβεβαιώσουμε τη σωστή τοποθέτηση των αισθητήρων. (Οι τιμές y_0 και F_0 , θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την αναγωγή στο μηδέν της γραφικής παράστασης)

5. Θέτουμε τον ταλαντωτή σε ταλάντωση πλάτους περίπου (5-10) cm και μετά από μερικές ταλαντώσεις (έτσι ώστε να σταματήσουν οι οριζόντιες δονήσεις και η ταλάντωση του συστήματος να γίνει κανονική) ενεργοποιούμε τη «λήψη δεδομένων». Στην οθόνη παρατηρούμε να εξελίσσεται η ταλάντωση.



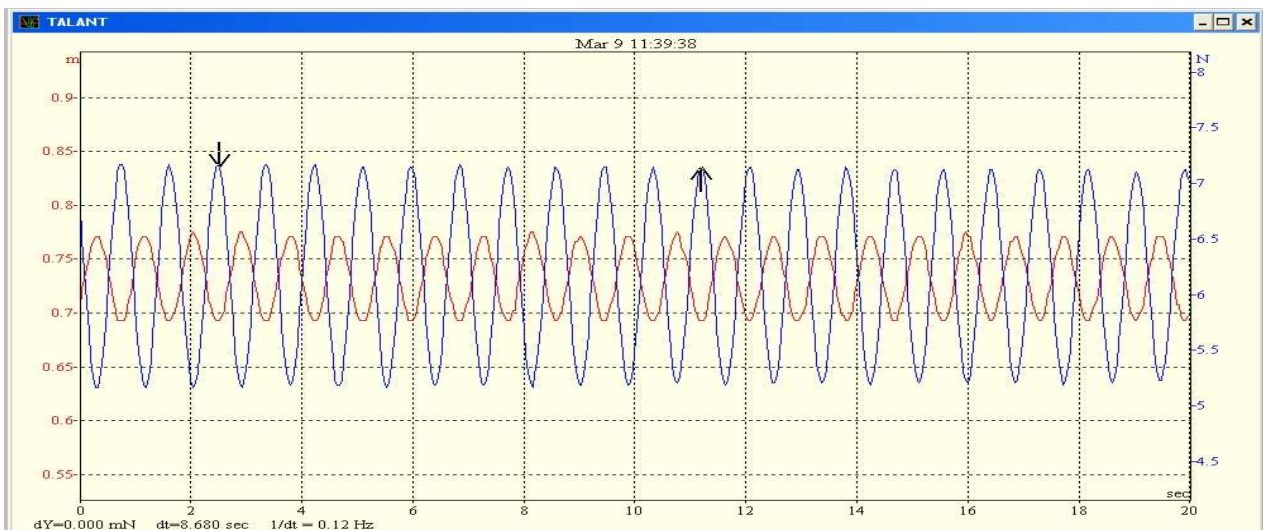
6. Από το μενού «Προβολή» επιλέγουμε «Οθόνη» και στο παράθυρο που ανοίγει με τίτλο «Επιλογές μορφής παράθυρου» μαρκάρουμε το πλαίσιο μπροστά στη λέξη «Πλέγμα». Επίσης αλλάζουμε την τιμή 1 σε 2 στο «Πάχος γραμμής» στο πλαίσιο «Χαρακτηριστικά γραφήματος», έτσι ώστε το γράφημα της απομάκρυνσης να ξεχωρίζει εύκολα από το γράφημα της δύναμης.



7. Υπολογίζουμε τη περίοδο T_1 της ταλάντωσης, επιλέγοντας είτε την γραφική παράσταση της δύναμης (προτιμάται) είτε της απόστασης. Για μεγαλύτερη ακρίβεια στον υπολογισμό μετράμε το χρόνο 10 διαδοχικών μέγιστων. Ο καθορισμός τους γίνεται με την τοποθέτηση του κέρσορα πρώτα σε μια κορυφή της ταλάντωσης και με διπλό αριστερό κλικ του ποντικιού εμφανίζεται το βέλος το οποίο μεταφέρουμε πατώντας συνεχώς επάνω του με αριστερό κλικ ώστε να τοποθετηθεί σε μια κορυφή με ακρίβεια. Επαναλαμβάνουμε το ίδιο στην δέκατη διαδοχική περίοδο με δεύτερο βέλος, όπως φαίνεται

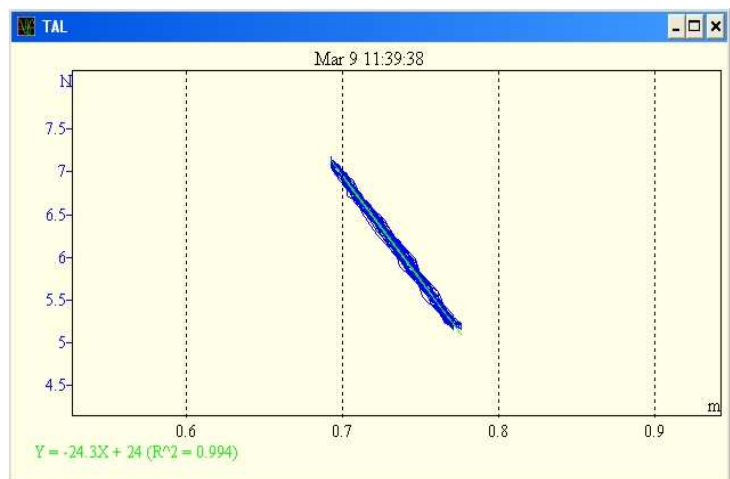
στην εικόνα. Ο χρόνος Δt που εμφανίζεται στο κάτω μέρος της οθόνης μετρά το χρόνο 10 περιόδων.

Με την ίδια τεχνική μπορούμε να υπολογίσουμε το πλάτος της ταλάντωσης τοποθετώντας τα βελάκια σε διαδοχικά μέγιστο και ελάχιστό της γραφική παράσταση της απομάκρυνσης. (Για να σβήσουμε τα βελάκια και να τα ξανατοθετήσουμε από την αρχή αρκεί να κάνουμε αριστερό κλικ με το ποντίκι πάνω στην μύτη του αριστερού βέλους).



8. 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)

9. Από το μενού «προβολή» (αφού πρώτα σβήσουμε όλα τα βελάκια) επιλέγοντας την «απεικόνιση $Y(X)$ → προκαθορισμένη» παίρνουμε τη σχέση της δύναμης του ελατηρίου με την απομάκρυνση. Μετά από το μενού «Ανάλυση» επιλέγοντας «Γραμμική παλινδρόμηση» και στη συνέχεια στο παράθυρο «Επιλογή δεδομένων» μαρκάροντας «Force_10» και πατώντας ΟΚ, έχουμε στο κάτω μέρος του παραθύρου την εξίσωση ευθείας που η κλίση της μας δίνει τη σταθερά D του ελατηρίου (χωρίς το -).



10. Συγκρίνουμε τη σταθερά αυτή του ελατηρίου με αυτήν που υπολόγισαν οι μαθητές από την επεξεργασία των μετρήσεων τους, όπως αυτές αναφέρονται στο φύλλο εργασίας τους.

Παρατηρήσεις:

1. Στο σύστημα ελατήριο – σώμα η σταθερά επαναφοράς D είναι η σταθερά K του ελατηρίου
2. Για μεγαλύτερη ακρίβεια μπορούμε αν θέλουμε να επαναλάβουμε την πειραματική διαδικασία επιλέγοντας διαφορετικές μάζες, και χρησιμοποιώντας τη σχέση $T^2 = \frac{4\pi^2}{D}m$ να υπολογίσουμε την κλίση της συνάρτησης $T^2=f(m)$ και στη συνέχεια τη σταθερά D (Συνήθως δεν υπάρχει χρόνος διαθέσιμος για να εκτελεστεί το πείραμα με πολλές μάζες σε μια διδακτική ώρα).
3. Το ελατήριο της συσκευής διατήρησης μηχανικής ενέργειας έχει μάζα $m_{ελ}=60g$. Ο αισθητήρας της δύναμης στη θέση ισορροπίας καταγράφει τη συνολική δύναμη που του ασκείται (βάρος ελατηρίου + βάρος μάζας). Για μεγαλύτερη ακρίβεια στον υπολογισμό της σταθεράς του ελατηρίου, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε σαν μάζα ταλαντούμενου συστήματος το άθροισμα $m_{\sigma} = m + \frac{m_{ελ}}{3}$.
4. Η μορφή της ταλάντωσης μπορεί να βελτιωθεί αν από μενού-κλίμακα διορθώσουμε την κλίμακα και με τα βελάκια και την μεγέθυνση επιλέξουμε 10-12 περιόδους. Βεβαίως θα μπορούσαμε να κάνουμε αναγωγή και στο μηδέν πράγμα που δεν είναι απαραίτητο. Ο αισθητήρας δύναμης μετρά την δύναμη που ασκείται από το ελατήριο και όχι την συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο σώμα.

Τι στοιχεία δίνουμε στους μαθητές:

1. Να θεωρήσουν τη μάζα του ελατηρίου μηδενική
2. Τη μάζα που χρησιμοποιήσαμε ($m=500g$)
3. Φωτοτυπία της μορφής της ταλάντωσης που να φαίνονται τα βέλη με την αναγραφόμενη χρονική διάρκεια των 10 ταλαντώσεων. (Σε περίπτωση που εκτελέσουμε το πείραμα δεύτερη φορά με διαφορετικό πλάτος ταλάντωσης δίνουμε και δεύτερη φωτοτυπία)
Αν θέλουμε να εκτυπώσουμε τον πίνακα τιμών του πειράματος αρκεί να επιλέξουμε από την αριστερή στήλη με τα εργαλεία του προγράμματος DB-Lab το προτελευταίο πλαίσιο που μας δίνει κατευθείαν τον πίνακα τιμών. Στο παράθυρο που ανοίγει επιλέγουμε από το μενού «Εκτύπωση». Προσοχή : εκτυπώνονται μόνο οι τιμές που φαίνονται στην οθόνη. Για να εκτυπώσουμε και τις υπόλοιπες τιμές πρέπει πρώτα να τις παρουσιάσουμε στην οθόνη μετακινώντας την κατακόρυφη μπάρα κύλισης.
4. Φωτοτυπία του αρχείου «Απλή αρμονική ταλάντωση μαθητή»



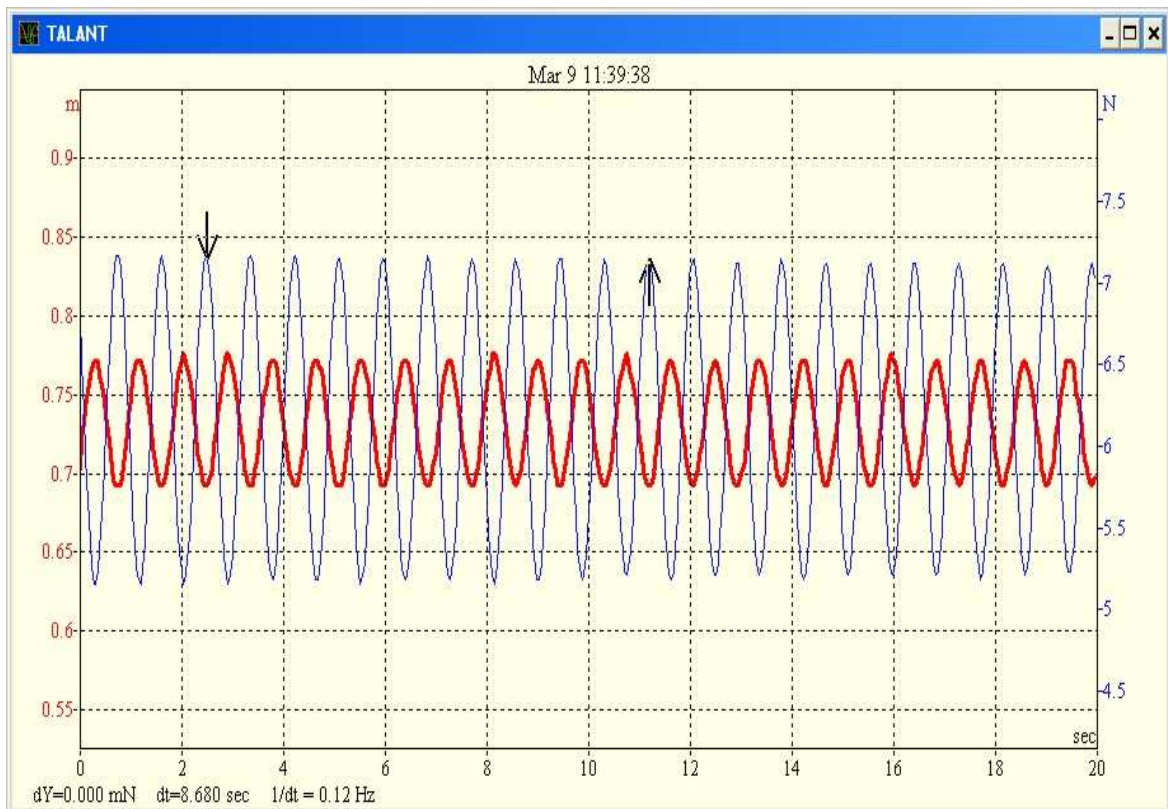
ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΦΥΛΛΟΥ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΑΘΗΤΗ

Δεδομένα πειράματος

Μάζα σώματος που ταλαντώνεται $m = 0,5 \text{ Kg}$

Ερωτήσεις

1. Το σώμα εκτελεί γραμμική αρμονική ταλάντωση
2. Η διαφορά φάσης είναι π
3. Από το διάγραμμα που δίνουμε σε φωτοτυπία στους μαθητές έχουμε :



$dt = 8,680 \text{ s}$. Άρα επειδή ο χρόνος dt αναφέρεται σε 10 ταλαντώσεις

$$T = \frac{dt}{10} \Rightarrow T = 0,868s \text{ και } f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = 1,152Hz$$

4. Για τον υπολογισμό του πλάτους ταλάντωσης πρέπει να υπολογίσουμε πάνω στη φωτοτυπία την μισή απόσταση (dY) μεταξύ δύο διαδοχικών μέγιστων

απομακρύνσεων ($A = \frac{dY}{2}$) . Μετρούμε με χάρακα την απόσταση dY και την αντιστοιχούμε στην κλίμακα της γραφικής παράστασης.

5.

Μάζα m (Kg)	Χρόνος 10 περιοδών (s)	Περίοδος T (s)	T ² (s ²)	Σταθερά ελατηρίου K (N/m)
0,50	8,68	0,87	0,76	26,07

6. $K = 24,3 \text{ N/m}$ (από σύστημα συγχρονικής λήψης απεικόνισης)
 $K = 26,1 \text{ N/m}$ (από υπολογισμό μέσω γραφικής παράστασης)

Απόκλιση = 7,4%

Πιθανά σφάλματα : Στην μάζα του σώματος
 Στην επιλογή των σημείων
 Στην επιλογή των δέκα ταλαντώσεων
 Στη μη σταθερή στήριξη της διάταξης
 Κλπ

7. Με μέτρηση στη φωτοτυπία και αναγωγή της κλίμακας της γραφικής παράστασης στη μονάδα μέτρησης.