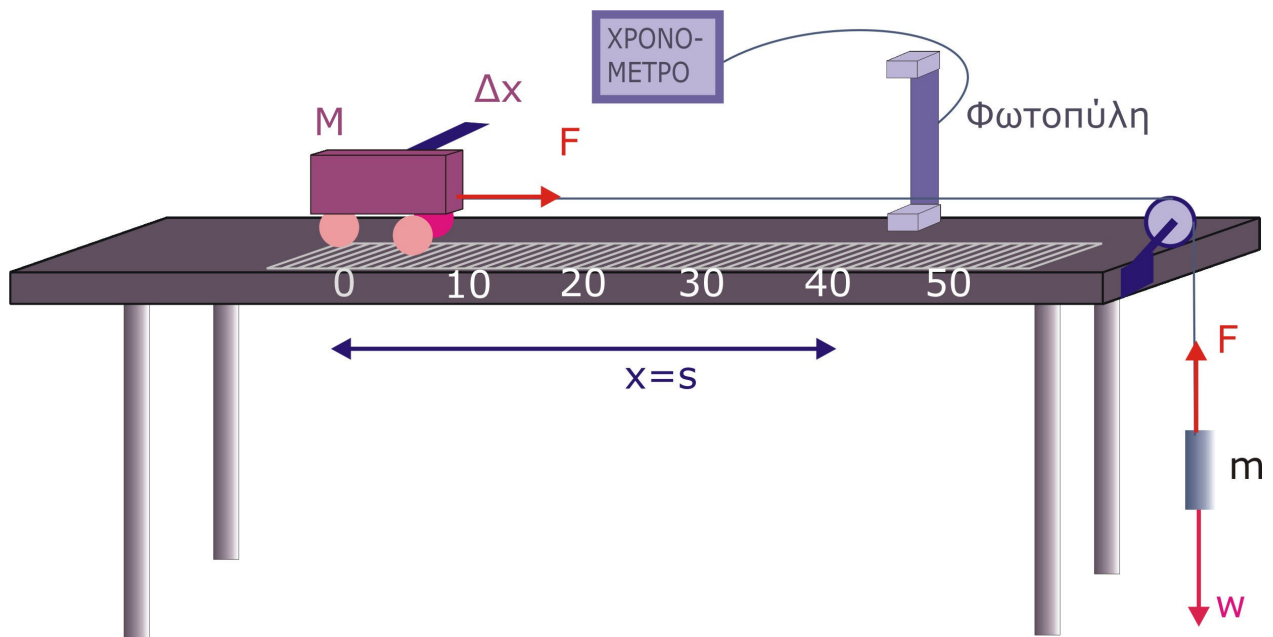


Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Φυσικών Επιστημών 2011
Πανελλήνιος προκαταρκτικός διαγωνισμός στη Φυσική

Σχολείο: _____
 Ονόματα των μαθητών της ομάδας:
 1) _____
 2) _____
 3) _____



Σχήμα 1

Εργαστηριακή Άσκηση: Μέτρηση της μάζας κινούμενου σώματος

Ως αδρανειακή μάζα (ή απλά, μάζα M) ορίζεται ο λόγος της δύναμης που ασκείται σε ένα σώμα, προς την επιτάχυνση που η δύναμη αυτή του προσδίδει. Ως βαρυτική μάζα σώματος ορίζεται το μέγεθος M' , που προσδιορίζει το βάρος W του σώματος, από τη σχέση: $W = M' \cdot g$, όπου g είναι η ένταση του πεδίου βαρύτητας, που έλκει το σώμα. Η M' μετρείται με ζύγιση του σώματος.

Στη διάταξη που απεικονίζεται στο σχήμα 1 το αμαξάκι (μάζας M) και το βαρίδι (m) συνδέονται με μη εκτατό και αμελητέου βάρους νήμα, που διέρχεται από ελαφριά τροχαλία. Στο αμαξάκι -στην πάνω επιφάνειά του και κάθετα στη μεγαλύτερη πλευρά της, (σχήμα 1)- είναι κολλημένη χάρτινη λωρίδα πλάτους Δx . Το αμαξάκι ξεκινά πάντοτε από την ίδια θέση $x=0$. Το βαρίδι κινείται κατακόρυφα, **χωρίς να αιωρείται**. Τη χρονική στιγμή $t=T$, η χάρτινη λωρίδα διέρχεται από τη φωτοπύλη, η οποία βρίσκεται στη σταθερή θέση $x=s$ ως προς την αρχική θέση του αμαξιού. Το χρονόμετρο (στην επιλογή F1) καταγράφει το χρονικό διάστημα Δt , που απαιτήθηκε για να διέλθει η λωρίδα κατά πλάτος Δx από τη φωτοπύλη. Η μετατόπιση του αμαξιού στο χρονικό διάστημα Δt είναι ίση με το πλάτος Δx της χάρτινης λωρίδας. Η ταχύτητα του αμαξιού

στη θέση $x=s$, μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση $v=\Delta x/\Delta t$. Η κίνηση του συστήματος των δύο σωμάτων περιγράφεται με τις εξισώσεις:

$$F = M \cdot a$$

$$w - F = m \cdot a \quad (1)$$

$$(M + m) \cdot a = w$$

όπου F συμβολίζει την τάση του νήματος και a την κοινή επιτάχυνση των δύο σωμάτων. **Έχουμε θεωρήσει ότι οι τριβές είναι αμελητέες.**

Από τις εξισώσεις (1) προκύπτει ότι η επιτάχυνση a του αμαξιού δίδεται από τη σχέση:

$$a = \frac{w}{M + m} \quad (2)$$

Βλέπουμε ότι η επιτάχυνση είναι σταθερή, επομένως το αμαξάκι κάνει κίνηση ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη, χωρίς αρχική ταχύτητα. Τη χρονική στιγμή T , που διέρχεται από τη φωτοπύλη, η θέση του s και η ταχύτητά του v ικανοποιούν τις σχέσεις:

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot T^2 \quad (3)$$

$$v = a \cdot T \quad (4)$$

Από τις σχέσεις 2 έως 4, προκύπτει ότι:

$$T^2 = \frac{2 \cdot s}{w} (M + m) \quad (5)$$

και

$$T = \frac{2 \cdot s}{v} \quad (6)$$

Από τις σχέσεις 5 και 6 προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1) Η σχέση 5 μας λέει ότι: αφού τα m , s και w είναι σταθερά το τετράγωνο του χρόνου κίνησης του αμαξιού από την αρχική του θέση ($x=0$) έως τη φωτοπύλη ($x=s$) είναι γραμμική συνάρτηση της μάζας του M . **Η σχέση του T^2 με το M παριστάνεται με μια ευθεία γραμμή.**

2) Ο χρόνος T μπορεί να υπολογιστεί με τη βοήθεια της σχέσης 6. Όπου s είναι η θέση της φωτοπύλης ως προς την αρχική θέση του αμαξιού και v είναι η ταχύτητα του αμαξιού όταν διέρχεται από τη φωτοπύλη. Η τιμή της v υπολογίζεται πειραματικά από τη σχέση:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (7)$$

όπου Δx είναι το πλάτος χάρτινης λωρίδας ($\Delta x=1\text{cm}$) και Δt είναι ο χρόνος που χρειάζεται η λωρίδα για να διέλθει από τη φωτοπύλη. Το χρόνο Δt μετράει το ηλεκτρονικό χρονόμετρο της φωτοπύλης στην επιλογή F_1 .

[Σημείωση: Το χρονόμετρο στην επιλογή F_1 μετράει το χρόνο Δt , που η χάρτινη λωρίδα διακόπτει τη φωτεινή δέσμη της φωτοπύλης οπότε και η μετατόπιση του αμαξιού είναι ίση με το πλάτος της : $\Delta x=1\text{cm}$]

3) Όλα τα μεγέθη στη σχέση 5 μπορούμε να τα μετρήσουμε. Δηλαδή **η ευθεία T^2 - M μπορεί να σχεδιαστεί πειραματικά.**

Πειραματική διαδικασία

Όργανα και υλικά:

- 1) Αμαξάκι εργαστηρίου.
- 2) Μεταλλικές πλάκες, που προσαρμόζονται στο αμαξάκι.
- 3) Σώμα άγνωστης μάζας που μπορεί να αναρτηθεί στο αμαξάκι.

- 4) Ζυγός τριπλής φάλαγγας ή ηλεκτρονικός ζυγός με δυνατότητα ζύγισης έως 2Kg και ακρίβεια 1g.
- 5) Ηλεκτρονικό χρονόμετρο με φωτοπύλη .
- 6) Χάρτινη λωρίδα 1cmx10cm. Η οποία τοποθετείτε σταθερά στο αμαξάκι, όπως αναφέρεται πιο πάνω. Η λωρίδα πρέπει να προεξέχει αρκετά από τη μια πλευρά του αμαξιού, ώστε κατά την κίνησή του να μπορεί να διέλθει ελεύθερα από τη φωτοπύλη.
- 7) Βάση, ράβδος στήριξης μήκους 20 cm περίπου, λαβίδα και σύνδεσμος για τη στήριξη της φωτοπύλης.
- 8) Ελαφριά τροχαλία με σύστημα στήριξης στον εργαστηριακό πάγκο.
- 9) Βαρίδι μάζας 200g με άγκιστρο, ώστε να μπορεί να αναρτηθεί στο άκρο του νήματος (σχήμα 1).
- 10) Ξύλινη ορθογώνια ράβδος και σφικτήρα τύπου C, για τον προσδιορισμό της αρχικής -σταθερής- θέσης του αμαξιδίου.
- 11) Νήμα μήκους 1m (περίπου).
- 12) Μετρητική ταινία μήκους ενός μέτρου (σχήμα 1).
- 13) Φύλλο μιλιμετρέ.

Στόχος μας είναι ο πειραματικός υπολογισμός της αδρανειακής μάζας ενός σώματος, μέσω του γραφήματος T^2 - M (εξίσωση 5). Συγκρίνουμε το αποτέλεσμα με τη βαρυτική μάζα του, που προκύπτει από τη ζύγισή του.

Σχεδιασμός του γραφήματος T^2 - M

[Όλα τα μεγέθη θα εκφραστούν στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων. Προσεγγίσεις: Μάζα M : $\pm 0,01\text{Kg}$ Θέση s : $\pm 0,01\text{m}$ Χρόνος Δt : $\pm 0,001\text{s}$ Χρόνος T : $\pm 0,01\text{s}$ Ταχύτητα v : $\pm 0,01\text{m/s}$ Τετράγωνο του χρόνου T , T^2 : $\pm 0,01\text{s}^2$ Βάρος w : $\pm 0,1\text{N}$]

- A. Ζυγίζουμε το αμαξάκι και καταχωρούμε τη μάζα του στον Πίνακα Μετρήσεων. Αφήνουμε το αμαξάκι να κινηθεί όπως περιγράφηκε στα προηγούμενα. Με το ηλεκτρονικό χρονόμετρο μετράμε το χρόνο Δt που χρειάζεται η χάρτινη λωρίδα, πλάτους $\Delta x=1\text{cm}$, να διέλθει από τη φωτοπύλη και καταχωρούμε την ένδειξη του χρονομέτρου με τρία δεκαδικά ψηφία στον Πίνακα Μετρήσεων [Για αποφυγή σφαλμάτων από το χειρισμό της διάταξης, η μέτρηση να γίνει τουλάχιστον τρεις φορές]. Υπολογίζουμε την ταχύτητα (v) και στη συνέχεια το χρόνο (T). Καταχωρούμε όλες τις τιμές στον Πίνακα Μετρήσεων.
- B. Αλλάζουμε τη μάζα του αμαξιού, προσθέτοντας διαδοχικά μία, δύο, τρεις, μεταλλικές πλάκες (τις οποίες ζυγίζουμε) και επαναλαμβάνουμε κάθε φορά την ίδια διαδικασία (βήμα A). Καταγράφουμε όλες τις τιμές στον Πίνακα Μετρήσεων.
- C. Συμπληρώνουμε όλα τα κελιά του Πίνακα Μετρήσεων. Σε χαρτί μιλιμετρέ σχεδιάζουμε σύστημα αξόνων M (οριζόντιο) και T^2 (κάθετο), με κατάλληλες κλίμακες. Τοποθετούμε τις πειραματικές τιμές των T^2 και M και σχεδιάζουμε το γράφημα T^2 - M .

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ				
$\Delta x=1\text{cm}$ $s=0,4\text{m}$ $g=9,8\text{m/s}^2$				
M (Kg }	Δt (s)	$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ (m/s)	T (s)	T^2 (s^2)

Επεξεργασία δεδομένων - Ερωτήσεις

1. Υπολογίζουμε την κλίση κ του γραφήματος και από αυτή, το βάρος w του βαριδιού που κινείται κατακόρυφα.

$$\kappa = \text{_____} \text{ (μονάδες S.I.)}$$

$$w = \text{_____} \text{ N}$$

- a. Ζυγίζουμε το βαρίδι και από τη σχέση βάρους-μάζας, υπολογίζουμε το βάρος του w .

$$m = \text{_____} \text{ Kg}$$

$$w = \text{_____} \text{ N}$$

- b. Πού οφείλεται η όποια διαφορά μεταξύ των δύο τιμών του βάρους w του βαριδιού; [Επιλέγουμε ποιές απαντήσεις είναι σωστές και ποιες λάθος]

- 1) Στο πείραμα, μεταξύ των σωμάτων της πειραματικής διάταξης αναπτύσσονται και δυνάμεις τριβής, οι οποίες δεν έχουν ληφθεί υπόψη στην παραγωγή της θεωρητικής σχέσης 5. **[ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ]**
- 2) Το θεωρητικό μοντέλο, στο πλαίσιο του οποίου έχει παραχθεί η σχέση 5 είναι λανθασμένο. **[ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ]**
- 3) Το ηλεκτρονικό χρονόμετρο μετράει το χρόνο κίνησης του αμαξιού από την αρχική θέση του, μέχρι τη φωτοπύλη. **[ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ]**
- 4) Ενδεχομένως, η διαφορά των δύο τιμών οφείλεται στο ότι ο πάγκος δεν είναι εντελώς οριζόντιος και επίπεδος, με συνέπεια το αμαξίδιο να επιταχύνεται και από συνιστώσες του βάρους του. **[ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ]**

2. Τοποθετούμε πάνω στο αμαξάκι το σώμα Σ_x άγνωστης μάζας m_x . Υπολογίζουμε τη μάζα του m_x με τη βοήθεια του γραφήματος (**T²-M**) που έχουμε σχεδιάσει, ακολουθώντας την ίδια πειραματική διαδικασία.

s	m	Δt s	v m/s	T s	T ² s ²
0,4					

Μάζα αμαξιού και σώματος Σ_x : _____ Kg

$$m_x = \text{_____} \text{ Kg}$$

3. Ζυγίζουμε το Σ_x με ένα ζυγό.

$$m'_x = \text{_____} \text{ Kg}$$

Υπολογίζουμε την επί τοις εκατό διαφορά των τιμών των m_x και m'_x .

4. **Μελετάμε το κείμενο και απαντάμε στις ερωτήσεις:** «Οι δύο μάζες του σώματος Σ_x αφορούν δύο διαφορετικά φυσικά μεγέθη: Η m_x είναι η αδρανειακή μάζα του Σ_x , δηλαδή το μέτρο της αδράνειας του σώματος όταν πάνω του ενεργούν δυνάμεις που το επιταχύνουν. Η m'_x είναι η βαρυτική μάζα, δηλαδή προσδιορίζει το μέτρο

της δύναμης με την οποία η γη έλκει το Σ_x (το βάρος του). Ωστόσο, στο πείραμα οι δύο μάζες χρησιμοποιούνται αδιάκριτα».

A) Πώς τεκμηριώνεται, **σύμφωνα με την πειραματική διαδικασία**, ότι η m_x αφορά στην αδρανειακή μάζα και η m'_x στη βαρυτική μάζα του σώματος;

B) Γιατί μπορούμε να χρησιμοποιούμε τις δύο μάζες αδιακρίτως, σαν να πρόκειται για το ίδιο μέγεθος;

Γ) Ποιο θα ήταν το αποτέλεσμα του πειράματος αυτού, όσον αφορά στις μετρήσεις της αδρανειακής και της βαρυτικής μάζας του σώματος Σ_x αν το πείραμα αυτό γινόταν στη Σελήνη αντί για τη Γη; (Απάντηση αιτιολογημένη.)

Αξιολόγηση της άσκησης

Σύνθεση της πειραματικής διάταξης, σύμφωνα με το σχήμα	1
Τοποθέτηση του αμαξιδίου στην αρχική θέση του και της φωτοπύλης στη θέση $s=0,4\text{m}$	1
Κίνηση του αμαξιδίου παράλληλα με τη μετρητική χαρτοταινία και με το νήμα	1
Το βαρίδι που κινείται κατακόρυφα δεν αιωρείται	1
Ζύγιση αμαξιδίου και πλακιδίων -Συμπλήρωση της πρώτης στήλης του πίνακα μετρήσεων (1 μονάδα για κάθε μέτρηση)	4
Μέτρηση του χρόνου Δt (1 μονάδα για κάθε μέτρηση)	4
Υπολογισμός της ταχύτητας v (1 μονάδα για κάθε μέτρηση)	4
Υπολογισμός του χρόνου T και του T^2 (1 μονάδα για κάθε μέτρηση)	4
Τοποθέτηση δεδομένων και γενική εικόνα του Πίνακα Μετρήσεων	2
Κλίμακες, βαθμονόμηση, μονάδες αξόνων γραφήματος (2+1+1 μονάδα για κάθε άξονα)	8
Τοποθέτηση πειραματικών σημείων στο σύστημα αξόνων (1 μονάδα για κάθε σημείο)	4
Σχεδίαση πειραματικής ευθείας	2
Υπολογισμός της κλίσης της πειραματικής ευθείας	2
Υπολογισμός του βάρους w του βαριδιού μέσω της κλίσης	2
Υπολογισμός του βάρους w του βαριδιού μέσω ζύγισης	2
Ερώτηση 1b πολλαπλής επιλογής (2 μονάδες για κάθε σωστή επιλογή)	8
Μέτρηση της μάζας του άγνωστου σώματος μέσω του γραφήματος (Μέτρηση του Δt : 1 μονάδα - Υπολογισμός του v : 1 μονάδα - Υπολογισμός του T και του T^2 : 1 μονάδα - Υπολογισμός του $M+m_x$ από το γράφημα 2 μονάδες - Υπολογισμός του m_x : 1 μονάδα)	6
Μέτρηση της m_x με ζύγιση	1
Υπολογισμός της $ m_x - m'_x / m_x$	2
Απάντηση στην ερώτηση 4A	3
Απάντηση στην ερώτηση 4B	3
Απάντηση στην ερώτηση 4Γ	3
Σύνολο μονάδων (M)	68
Βαθμολογία με άριστα το 100 (B): $B = M \cdot 100 / 68$	100