

ΕΚΦΕ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Φυσικών Επιστημών 2010 Προκαταρκτικός διαγωνισμός στη Φυσική

Σχολείο: _____

Ονόματα των μαθητών της ομάδας

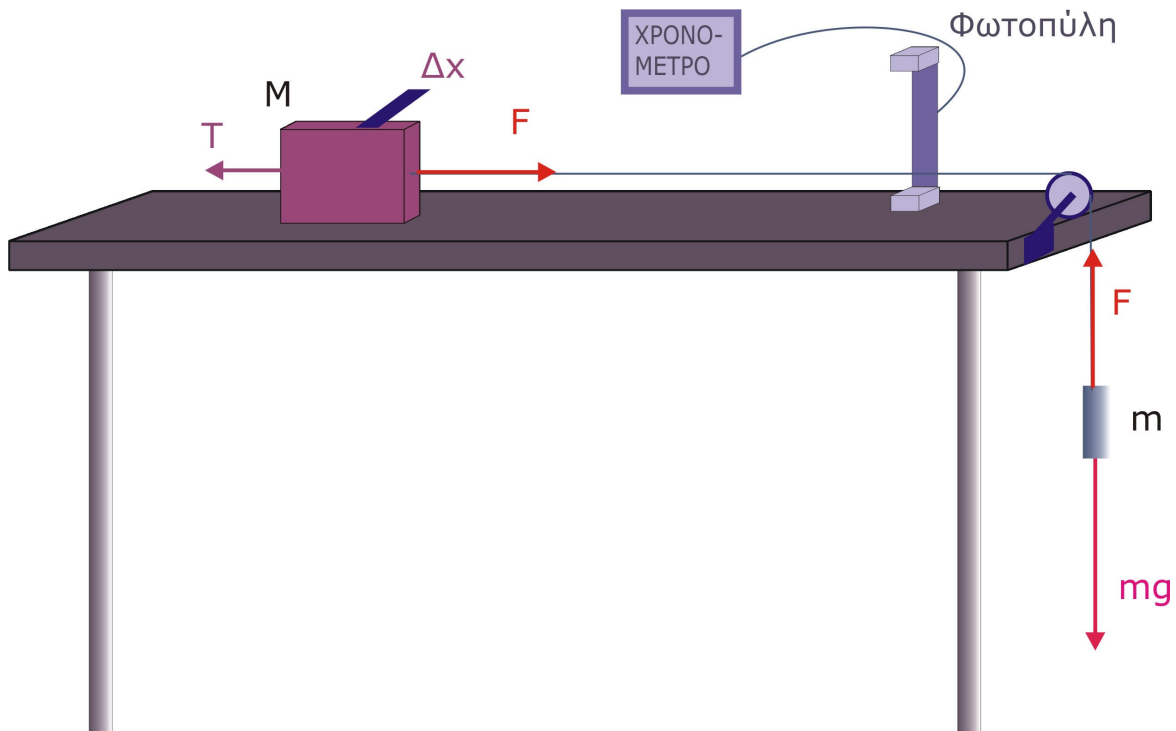
1) _____

2) _____

3) _____

Οι στόχοι του πειράματος

1. Η μέτρηση της επιτάχυνσης αμαξιού που ολισθαίνει πάνω σε οριζόντια επιφάνεια.
2. Η μέτρηση του συντελεστή της τριβής ολίσθησης μεταξύ αμαξιού και επιφάνειας.
3. Αξιολόγηση του πειράματος και του θεωρητικού μοντέλου που χρησιμοποιήσαμε για να περιγράψουμε την κίνηση του αμαξιού.



Σχήμα 1: Σχηματική αναπαράσταση της πειραματικής διάταξης.

Σχεδιασμός του Πειράματος

Το αμαξάκι που χρησιμοποιούμε στο πείραμα έχει μάζα M και είναι δεμένο στο ένα άκρο νήματος. Το νήμα διέρχεται από τροχαλία και στο άλλο άκρο του κρεμάμε ένα βαρίδι μάζας m (βλέπε σχήμα 1).

Αφήνουμε το αμαξάκι να κινηθεί, χωρίς να του δώσουμε αρχική ταχύτητα. Σύμφωνα με τη θεωρία, το αμαξάκι θα αποκτήσει σταθερή επιτάχυνση a ,

κάτω από τη δράση της συνισταμένης των δυνάμεων F και T . Όπου F είναι η δύναμη που του ασκεί το νήμα και T η τριβή ολίσθησης. Επειδή το νήμα είναι μη εκτατό, με επιτάχυνση ίδιου μέτρου θα κινηθεί και το βαρίδι, κατακόρυφα, προς το έδαφος.

Μέτρηση της επιτάχυνσης a :

Το αμαξάκι κινείται με ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση χωρίς αρχική ταχύτητα. Τη χρονική στιγμή t η θέση του x και η ταχύτητά του v , υπολογίζονται από τις εξισώσεις:

$$x = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$v = a \cdot t$$

Αν απαλείψουμε το t , προκύπτει η σχέση:

$$v^2 = 2 \cdot a \cdot x \quad (1)$$

Παρατηρούμε ότι το τετράγωνο της ταχύτητας (v^2) είναι ανάλογο της θέσης (x) του αμαξιού. Η γραφική παράσταση σχέση v^2-x είναι μια ευθεία που διέρχεται από το μηδέν. Η κλίση της ευθείας αυτής ισούται με $2a$. Επομένως αν κατασκευάσω πειραματικά την ευθεία v^2-x και βρω την κλίση της, μπορώ να υπολογίσω την επιτάχυνση a του αμαξιού.

Πώς θα κατασκευάσω την ευθεία v^2-x ; Αρκεί για μερικές, διαφορετικές τιμές της θέσης x του αμαξιού, να μετρήσω την ταχύτητά του και να βρω το τετράγωνό της. Στη συνέχεια, σε σύστημα αξόνων v^2-x τοποθετώ τα πειραματικά σημεία και σχεδιάζω την «καλύτερη» ευθεία που διέρχεται από αυτά.

Πώς θα μετρήσω την ταχύτητα του αμαξιού; Η ταχύτητα μετριέται από τη σχέση

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (2)$$

όπου Δx είναι μια «μικρή» μετατόπιση του αμαξιού, που πραγματοποιείται σε χρόνο Δt , όταν αυτό διέρχεται από τη θέση x . Στην πειραματική μας διάταξη, ο χρόνος Δt είναι ο χρόνος που απαιτείται για να διέλθει το χαρτονάκι πλάτους $\Delta x = 2\text{cm} = 0,02\text{m}$, που έχουμε κολλήσει στο αμαξάκι, από τη φωτοπύλη. Ο χρόνος Δt μετρείται με το ηλεκτρονικό χρονόμετρο που έχουμε συνδέσει με αυτή.

Για να μετρήσουμε την ταχύτητα που αντιστοιχεί σε διάφορες τιμές του x , τοποθετούμε διαδοχικά το αμαξάκι σε διαφορετικές αποστάσεις από τη φωτοπύλη και το αφήνουμε να κινηθεί ευθύγραμμα προς αυτή, χωρίς να αλλάξουμε τη μάζα του βαριδιού.

Μέτρηση της τριβής ολίσθησης και του συντελεστή τριβής ολίσθησης:

Σύμφωνα με τη θεωρία, η κίνηση τόσο του αμαξιού, όσο και του βαριδιού περιγράφονται από το 2ο νόμο του Νεύτωνα. Από την εφαρμογή του 2ου νόμου του Νεύτωνα για κάθε σώμα χωριστά, προκύπτουν οι εξισώσεις (βλέπε σχήμα 1):

$$F - T = M \cdot a$$

$$m \cdot g - F = m \cdot a$$

από τις οποίες, με απαλοιφή του F , προκύπτει η σχέση:

$$T = m \cdot g - (M + m) \cdot a \quad (3)$$

Σύμφωνα με τη σχέση 3, αν μετρήσουμε με ένα ζυγό τις μάζες M και m , του αμαξιού και του βαριδιού και υπολογίσουμε πειραματικά την επιτάχυνση a (με τον τρόπο που αναπτύξαμε παραπάνω) και δεδομένου ότι $g=9,8\text{m/s}^2$, μπορούμε να βρούμε πειραματικά την τιμή της τριβής ολίσθησης T .

Γνωρίζουμε ότι η τριβή ολίσθησης T είναι ανάλογη της κάθετης δύναμης (N) που ασκεί η επιφάνεια επαφής στο αμαξάκι:

$$T = \mu \cdot N$$

όπου μ είναι ο συντελεστής τριβής ολίσθησης.

Στη πειραματική μας διάταξη, η επιφάνεια είναι οριζόντια και η κάθετη αντίδραση της επιφάνειας N , ισούται με το βάρος Mg του αμαξιού. Επομένως ισχύει:

$$T = \mu \cdot M \cdot g$$

ή

$$\mu = \frac{T}{M \cdot g} \quad (4)$$

Από τη σχέση 4 μπορούμε να υπολογίσουμε την πειραματική τιμή του συντελεστή τριβής ολίσθησης μ .

Έλεγχος των συμπερασμάτων μας

Για να ελέγξουμε την αξιοπιστία του πειραματικού υπολογισμού του συντελεστή τριβής ολίσθησης μ , που πραγματοποιήσαμε, υπολογίζουμε την πειραματική τιμή του μ και με ένα δεύτερο τρόπο. Σκεφτόμαστε ως εξής:

Αν η μάζα m του βαριδιού (σχήμα 1), έχει τέτοια τιμή ($m=m_1$), ώστε το αμαξάκι να κινείται με σταθερή ταχύτητα, δηλαδή με μηδενική επιτάχυνση ($a=0$), τότε από τη σχέση 3, προκύπτει ότι η τριβή είναι ίση με $T=m_1g$, οπότε, ο συντελεστής τριβής μ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\mu = \frac{T}{M \cdot g} = \frac{m_1 \cdot g}{M \cdot g} = \frac{m_1}{M}$$

ή:

$$\mu = \frac{m_1}{M} \quad (5)$$

Για να βρούμε τη μάζα m_1 , με την οποία πετυχαίνουμε ομαλή κίνηση του αμαξιού, αρκεί να προσθέτουμε σταδιακά μικρές μάζες στο βαρίδι που κινείται κατακόρυφα, μέχρις ότου διαπιστώσουμε ότι με ένα ελαφρό σπρώξιμο, το αμαξάκι κινείται ομαλά.

Πειραματική Διαδικασία

Όργανα και υλικά

1. Τροχαλία και σφικτήρας τύπου C
2. Νήμα
3. Βαρίδια: 2x150g, 1x100g, 8x10g
4. Αμαξάκι με βαρίδι χωρίς τροχούς
5. Ζυγός
6. Φωτοπύλη με ηλεκτρονικό χρονόμετρο
7. Ορθοστάτης με λαβίδα και σύνδεσμο
8. Συνδετήρας
9. Χάρακας
10. Χαρτί μιλιμετρέ
11. Αριθμομηχανή

Πείραμα 1: Μέτρηση της επιτάχυνσης του αμαξιού - 1η μέτρηση της τριβής ολίσθησης και του συντελεστή τριβής ολίσθησης μ

1. Πάνω στον πάγκο έχει σχεδιαστεί μια βαθμονομημένη ευθεία. Τοποθέτησε τη φωτοπύλη στο μηδέν της ευθείας. Τοποθέτησε το αμαξάκι σε τέτοια θέση, ώστε το βέλος που είναι χαραγμένο στο μέσο του χαρτονιού, να βρίσκεται 0,1m από τη φωτοπύλη ($x=0,1m$).
2. Συνδέουμε το αμαξάκι με το νήμα. Περνάμε το νήμα μέσα από την τροχαλία και στο ελεύθερο άκρο του κρεμάμε βαρίδια συνολικής μάζας 0,2Kg, κρατώντας το αμαξάκι ακίνητο.
3. Φροντίζουμε: α) το νήμα να είναι παράλληλο με την ευθεία που είναι χαραγμένη στον πάγκο και β) Όταν το αμαξάκι κινηθεί, το χαρτόνι να περάσει μέσα από τη δέσμη της φωτοπύλης, ανεμπόδιστα.

Αφήνουμε το αμαξάκι να κινηθεί ελεύθερα. Σημειώνουμε στο πρόχειρο, το χρόνο Δt , που βλέπουμε στο χρονόμετρο. Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία τρεις φορές και υπολογίζουμε τη μέση τιμή των χρόνων που έχουμε σημειώσει. Αν κάποιες μετρήσεις διαφέρουν πολύ, τις ακυρώνουμε και επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία.

Καταγράφουμε τη μέση τιμή του χρόνου διέλευσης στον Πίνακα Μετρήσεων, **με προσέγγιση 3ου δεκαδικού ψηφίου**.

4. Τοποθετούμε το αμαξάκι, διαδοχικά στις θέσεις $x=0,2m$, $0,3m$, $0,4m$, $0,5m$ και επαναλαμβάνουμε, για κάθε θέση τα βήματα 2 έως 4.
5. Συμπληρώνουμε την τρίτη και τέταρτη στήλη του Πίνακα Μετρήσεων, **με προσέγγιση δεύτερου δεκαδικού ψηφίου**.
6. Στο χαρτί μιλιμετρέ, σχεδιάζουμε δύο κάθετους άξονες: Στον οριζόντιο μετράμε τις θέσεις x του αμαξιού σε m και στον άλλο τα τετράγωνα τις ταχύτητας του αμαξιού v^2 σε m^2/s^2 . Επιλέγουμε τις κατάλληλες κλίμακες

και τοποθετούμε τα πειραματικά σημεία, σύμφωνα με τις τιμές του Πίνακα Μετρήσεων. Σχεδιάζουμε την ευθεία που διέρχεται από το μηδέν και όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σύνολο των πειραματικών σημείων.

7. Υπολογίζουμε την κλίση k της ευθείας και από αυτήν, την επιτάχυνση a του αμαξιού.

$$k = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$a = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}^2$$

8. Υπολογίζουμε την **τριβή ολίσθησης T** , σύμφωνα με τη σχέση 3 και το **συντελεστή τριβής ολίσθησης μ** , σύμφωνα με την 4. Πρέπει να έχει προηγηθεί **ζύγιση του αμαξιού**. Η τιμή του g λαμβάνεται $g=9,8\text{m/s}^2$.

$$M = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Kg}$$

$$T = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}$$

$$\mu = \underline{\hspace{2cm}}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ			
$x \text{ m}$	$\Delta t \text{ s}$	$v = \Delta x / \Delta t \text{ m/s}$ $\Delta x = 0,02\text{m}$	$v^2 \text{ m}^2/\text{s}^2$
0	-	0	0
0,1			
0,2			
0,3			
0,4			
0,5			

Πείραμα 2: 2η μέτρηση της τριβής ολίσθησης και του συντελεστή της τριβής ολίσθησης μ

9. Αφαιρούμε από το νήμα όλα τα βαρίδια. Κρεμάμε σταδιακά, βαρίδια διαρκώς αυξανόμενης συνολικής μάζας: Ξεκινάμε με ένα βαρίδι 100g και προσθέτουμε κρίκους που έχουν μάζα 10g ο καθένας, μέχρις ότου το αμαξάκι, με ένα ελαφρύ σπρώξιμο, κινείται αργά με σταθερή ταχύτητα. Όταν το πετύχουμε, ζυγίζουμε τα βαρίδια και υπολογίζουμε την τριβή ολίσθησης μεταξύ αμαξιού και επιφάνειας, σύμφωνα με τα όσα αναφέρονται στο Σχεδιασμό του Πειράματος.

$$T = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}$$

$$\mu = \underline{\hspace{2cm}}$$

Ερωτήσεις

- 1) Βρίσκονται τα πειραματικά σημεία v^2-x πάνω σε μια ευθεία, που διέρχεται από το μηδέν, σε ικανοποιητικό βαθμό (κατά την κρίση σας);
ΝΑΙ-ΟΧΙ
Για ποιο λόγο τα πειραματικά σημεία δεν βρίσκονται ακριβώς πάνω σε μια ευθεία δια του μηδενός; Επιλέξτε ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές και ποιες λανθασμένες [Για κάθε σωστή επιλογή παίρνετε 2 μονάδες, για κάθε λανθασμένη -2 και αν δεν απαντήσετε, 0]:
 - α) Υπεισέρχονται αναπόφευκτα σφάλματα, κατά τη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας.
 - β) Οι επιφάνειες που εφάπτονται δεν είναι απολύτως ομοιόμορφες, ούτε εντελώς επίπεδες, με συνέπεια η τριβή να μεταβάλλεται ελαφρά κατά την κίνηση του αμαξιού.
 - γ) Το θεωρητικό μοντέλο που χρησιμοποιήσαμε για την περιγραφή της κίνησης του αμαξιού είναι λανθασμένο.
 - δ) Η τριβή ολίσθησης εξαρτάται και από την ταχύτητα του αμαξιού, με συνέπεια η κίνηση να μην είναι ομαλά μεταβαλλόμενη.
 - ε) Με την πειραματική διάταξη, μετράμε κάθε φορά τη μέση ταχύτητα του αμαξιού, όταν το χαρτόνι διέρχεται από τη φωτοπύλη. Η τιμή της μέσης ταχύτητας διαφέρει σημαντικά από τη στιγμιαία ταχύτητα του αμαξιού.
- 2) Οι τιμές του συντελεστή τριβής ολίσθησης, που υπολογίσατε με τις δύο πειραματικές διαδικασίες διαφέρουν, κατά την άποψή σας, σημαντικά;
ΝΑΙ - ΟΧΙ
- 3) Πού οφείλεται η όποια διαφορά των δύο τιμών του μ ; Επιλέξτε ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές και ποιες λανθασμένες [Για κάθε σωστή επιλογή παίρνετε 2 μονάδες, για κάθε λανθασμένη -2 και αν δεν απαντήσετε, 0]:
 - α) Το πρώτο πείραμα ήταν αρκετά σύνθετο, με συνέπεια να προκύψουν σημαντικά σφάλματα στη μέτρηση του μ .
 - β) Το δεύτερο πείραμα δεν είναι αρκετά αξιόπιστο, γιατί δεν μπορέσαμε να διαπιστώσουμε με ακρίβεια, ότι το αμαξάκι κινείται ευθύγραμμα και ομαλά, για ορισμένη μάζα βαριδιών.
 - γ) Η διαφορά οφείλεται, σε σημαντικό βαθμό, στην ανομοιογένεια των επιφανειών που εφάπτονται.
 - δ) Η τιμή του συντελεστή τριβής ολίσθησης μεταξύ του αμαξιού και του πάγκου, εξαρτάται από τον τρόπο που γίνεται η μέτρηση.
 - ε) Η διαφορά οφείλεται, σε σημαντικό βαθμό, σε υποκειμενικά σφάλματα, αλλά και στο ότι οι εφραπτόμενες επιφάνειες εμφανίζουν ελαφρά μεταβαλλόμενη καμπυλότητα.