

Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Φυσικών Επιστημών 2017-18
Προκαταρκτικός Διαγωνισμός Ανατολικής Αττικής

Φυσική

Σχολείο: _____

Ονόματα των μαθητών της ομάδας:

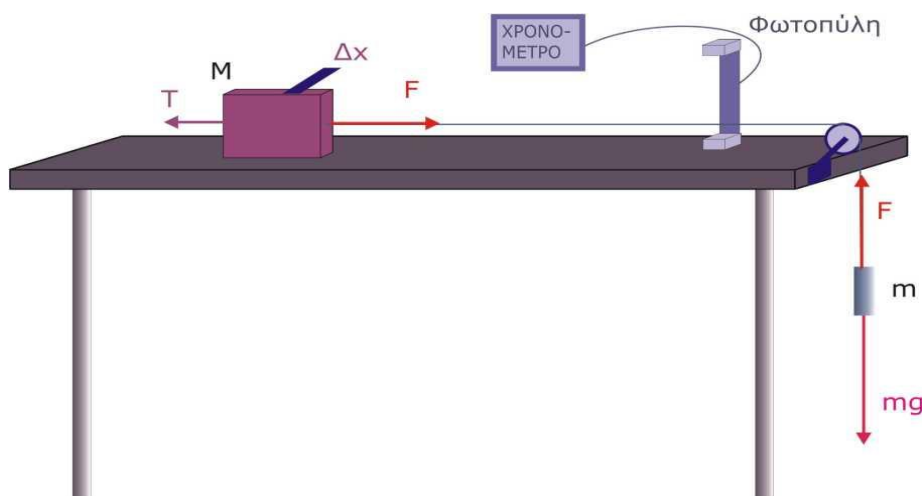
1) _____

2) _____

3) _____

Οι στόχοι του πειράματος

1. Η μέτρηση της επιτάχυνσης αμαξιδίου που ολισθαίνει πάνω σε οριζόντια επιφάνεια.
2. Η μέτρηση του συντελεστή της τριβής ολίσθησης μεταξύ αμαξιδίου και επιφάνειας.
3. Η διερεύνηση της επίδρασης των παραμέτρων του πειράματος, στον προσδιορισμό του συντελεστή της τριβής ολίσθησης.



Σχήμα 1: Σχηματική αναπαράσταση της πειραματικής διάταξης.

Σχεδιασμός του Πειράματος

Το αμαξίδιο 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 της **δύναμης F** που του ασκεί το νήμα και της **τριβής ολίσθησης T** . Επειδή το νήμα είναι μη εκτατό, με επιτάχυνση ίδιου μέτρου θα κινηθεί και το βαρίδι, κατακόρυφα, προς το έδαφος.

Μέτρηση της επιτάχυνσης a:

Το αμαξίδιο 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:

$$\begin{cases} x = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \\ v = a \cdot t \end{cases}$$

Αν απαλείψουμε τον χρόνο t, προκύπτει η σχέση:

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

Παρατηρούμε ότι το **τετράγωνο της ταχύτητας (v^2)** είναι ανάλογο της **θέσης (x)** του αμαξιδίου.

Η γραφική παράσταση **σχέση v^2 -x είναι μια ευθεία** που διέρχεται από το μηδέν η **κλίση της οποίας ισούται με $2a$** .

Επομένως αν κατασκευάσω πειραματικά την ευθεία v^2 -x και βρω την κλίση της, μπορώ να **υπολογίσω την επιτάχυνση a** του αμαξιδίου.

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

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

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 αμαξίδιο 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 αμαξιδίου, όσο και του βαριδίου περιγράφονται από τον 2ο νόμο του Νεύτωνα. Από την εφαρμογή του 2ου νόμου του Νεύτωνα για κάθε σώμα χωριστά, προκύπτουν οι εξισώσεις (βλέπε σχήμα 1):

$$\begin{cases} F - T = M \cdot a \\ m \cdot g - F = m \cdot a \end{cases}$$

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 βαριδίου 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 αμαξίδιο:

$$T = \mu \cdot N$$

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:

$$T = \mu \cdot M \cdot g \quad \text{ή}$$

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

(4)

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

Διερεύνηση της επίδρασης του βάρους του αμαξιδίου και της μάζας m στον συντελεστή τριβής ολίσθησης μ

Μεταβάλλουμε την **μάζα M του αμαξιδίου**, αφαιρώντας το πρόσθετο κυλινδρικό βαρίδιο και αντικαθιστούμε την μάζα των 150g, που αναρτάται στο νήμα, με μια άλλη των 100g.

Επαναλαμβάνουμε την διαδικασία υπολογισμού του μ , υπολογίζοντας την επιτάχυνση μέσω της επεξεργασίας των τιμών του τετραγώνου της ταχύτητας v^2 για δυο μεμονωμένες **θέσεις x** , του αμαξιδίου : $x=0,4\text{m}$ και $x=0,3\text{m}$

Συγκρίνουμε τις τιμές του μ , που προέκυψαν από τις δυο πειραματικές διαδικασίες και διατυπώνουμε τα συμπεράσματά μας

Πειραματική Διαδικασία

Όργανα και υλικά

- | | |
|---------------------------------------|--------------------|
| 1. Τροχαλία και σφικτήρας τύπου C | 2. Νήμα |
| 3. Φωτοπύλη με ηλεκτρονικό χρονόμετρο | 4. Αριθμομηχανή |
| 5. Βαρίδια: 1x150g, 1x100g | 6. Χαρτί μιλιμετρέ |
| 7. Ορθοστάτης με λαβίδα και σύνδεσμο | 8. Ζυγός |
| 9. Αμαξίδιο με βαρίδι χωρίς τροχούς | |

Πείραμα 1: Μέτρηση της επιτάχυνσης του αμαξιδίου - 1η υέτοση 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 αμαξίδιο σε τέτοια θέση, ώστε το βέλος που είναι χαραγμένο στο μέσο του χαρτονιού, να βρίσκεται 0,2m από τη **φωτοπύλη ($x=0,2m$)**.
2. Συνδέουμε το αμαξίδιο με το νήμα. Περνάμε το νήμα μέσα από την τροχαλία και στο ελεύθερο άκρο του κρεμάμε **βαρίδι μάζας 150g**, κρατώντας το αμαξάκι ακίνητο.
3. Φροντίζουμε όταν το αμαξίδιο κινηθεί, το χαρτόνι να περάσει μέσα από τη δέσμη της φωτοπύλης, ανεμπόδιστα.
4. Αφήνουμε το αμαξίδιο 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 Α, **με προσέγγιση 3ου δεκαδικού ψηφίου**.

5. Τοποθετούμε το αμαξίδιο, διαδοχικά στις **θέσεις 0,3m, 0,4m, 0,5m και 0,6m** και επαναλαμβάνουμε, για κάθε θέση τα βήματα 2 έως 4.
6. Συμπληρώνουμε την τρίτη και τέταρτη στήλη του Πίνακα Μετρήσεων, **με προσέγγιση δεύτερου δεκαδικού ψηφίου**.
7. Στο χαρτί μιλλιμετρέ, 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 Α**.
8. Σχεδιάζουμε την ευθεία που διέρχεται από το μηδέν και όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σύνολο των πειραματικών σημείων.

9. Υπολογίζουμε την κλίση k της ευθείας και από αυτήν, την επιτάχυνση a του αμαξιού με προσέγγιση δεύτερου δεκαδικού ψηφίου.

10.

$$k = \dots\dots\dots \quad a = \dots\dots\dots \text{m/s}^2$$

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

$$M = \dots\dots\dots \text{Kg} \quad \text{και} \quad m = \dots\dots\dots \text{Kg}$$

$$T = \dots\dots\dots$$

$$\mu = \dots\dots\dots$$

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ Α			
x m	Δt s	$v = \Delta x / \Delta t$ (m/s) $\Delta x = 0,02 \text{m}$	v^2 m^2/s^2
0	-	0	0
0,2			
0,3			
0,4			
0,5			
0,6			

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

Αφαιρούμε τον μεταλλικό κύλινδρο του αμαξιδίου και αντικαθιστούμε το βαρίδιο των 150g του νήματος, με ένα άλλο των 100g. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 2 έως 4 του 1^{ου} πειράματος, **ΜΟΝΟ** για τις θέσεις 0,4 και 0,3 m

Συμπληρώνουμε τις στήλες του **Πίνακα Μετρήσεων Β**, στηριζόμενοι στην **σχέση (1)**

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ Β						
x (m)	Δt (s)	v=Δx/Δt Δx=0,02m (m/s)	v ² (m ² /s ²)	$\frac{v^2}{x} = 2a$ (m/s ²)	a (m/s ²)	\bar{a} ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (m/s ²)
0,3						
0,4						

$$M' = \dots\dots\dots \text{Kg} \quad m = \dots\dots\dots \text{Kg}$$

$$T' = \dots\dots\dots$$

$$\mu' = \dots\dots\dots$$

Υπολογισμός σχετικής απόκλισης δυο τιμών συντελεστή τριβής $\mu - \mu'$

$$\Delta\mu = \frac{|\mu - \mu'|}{\bar{\mu}} \% = \dots\dots\dots$$

Όπου $\bar{\mu}$ η μέση τιμή των δυο τιμών μ και μ'

- **Αξιοποίηση της πειραματικής ευθείας στον υπολογισμό άγνωστης ταχύτητας για ορισμένη θέση του κινητού :**

Να υπολογίσετε μέσω της γραφικής παράστασης v^2-x την ταχύτητα του αμαξιδίου που αντιστοιχεί στην **θέση $x=35\text{cm}$**

$$V_x = \dots\dots\dots \text{m/s}$$

- **Ερωτήσεις**

Χρησιμοποιήστε **το γράμμα Σ ή το γράμμα Λ** για να χαρακτηρίσετε ως **σωστή** ή **λάθος** κάθε μία από τις παρακάτω προτάσεις:

α) Το θεωρητικό μοντέλο που χρησιμοποιήσαμε για την περιγραφή της κίνησης του αμαξιδίου είναι λανθασμένο.

β) Η τιμή του συντελεστή τριβής ολίσθησης μεταξύ του αμαξιδίου και του πάγκου, εξαρτάται από παραμέτρους όπως η μάζα του αμαξιδίου και η επιταχύνουσα δύναμη (βάρος mg).

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.....

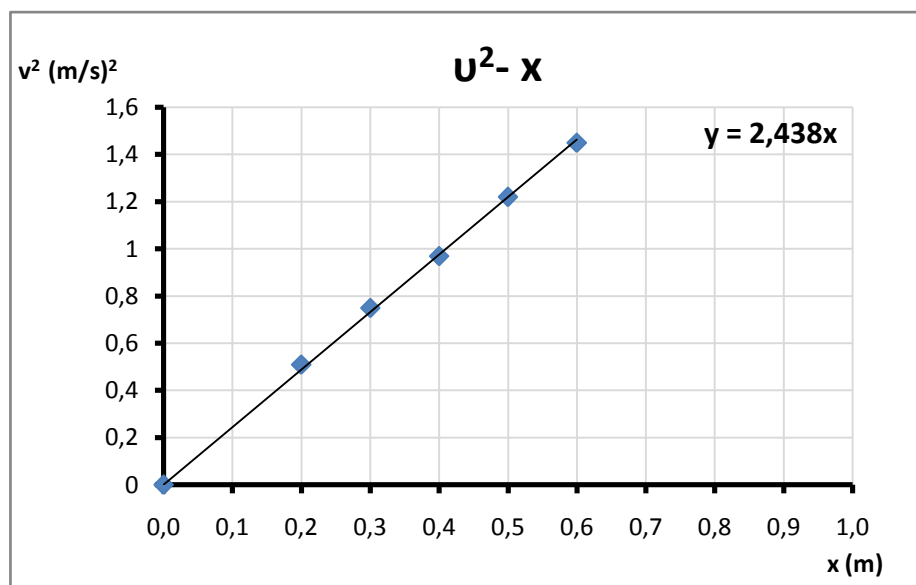
.....

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

1ο ΠΕΙΡΑΜΑ

ΘΕΣΗ x (m)	Δt (sec)	Δt Μ.ΟΡΟΣ	Δx=ΠΛΑΤΟΣ ΧΑΡΤ	υ=Δx/ Δt average	υ ² (m/s) ²	
0,6	0,0166	0,017	0,02			
	0,0166					
	0,0167			1,20	1,45	
0,5	0,0182	0,018				
	0,0181					
	0,0180			1,10	1,22	
0,4	0,0202	0,020				
	0,0203					
	0,0203			0,99	0,97	
0,3	0,0234	0,023				
	0,0230					
	0,0231			0,86	0,75	
0,2	0,0282	0,028				
	0,0277					
	0,0284		0,71	0,51		

x(m)	υ ² (m/s) ²
0,0	0
0,1	0,25
0,2	0,51
0,3	0,75
0,4	0,97
0,5	1,22
0,6	1,45



**ΚΛΙΣΗ της $\psi=f(x)$: $k=2,44\text{m/s}^2$
ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ : $a=1,22\text{m/s}^2$**

M=326.1Kg και m= 150*10⁻³Kg

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

$$T = 10^{-3} [1471.5 - 580.84] \text{N} = 10^{-3} \cdot 890,66 \text{N}$$

$$\mu = \frac{T}{M \cdot g} = \frac{10^{-3} \cdot 890,66 \text{N}}{10^{-3} \cdot (326,1) \cdot (9,81) \text{N}} = \frac{890,66}{3199,04} = 0,278$$

$\mu = 0,28$

2ο ΠΕΙΡΑΜΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ Β						
x (m)	Δt (s)	v=Δx/Δt Δx=0,02m (m/s)	v² (m²/s²)	$\frac{v^2}{x} = 2a$ (m/s²)	a (m/s²)	\bar{a} ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (m/s²)
0,3	0,025	0,79	0,62	2,07	1,03	1,05
0,4	0,021	0,93	0,86	2,15	1,07	

$$M' = 229,1 \cdot 10^{-3} \text{Kg} \quad m = 100 \cdot 10^{-3} \text{Kg}$$

$$T' = 10^{-3} [981 - (329,1) \cdot 1,05] \text{N} = 10^{-3} \cdot [981 - 345,55] \text{N} = 10^{-3} \cdot 635,44 \text{N}$$

$$\mu' = \frac{T'}{M' \cdot g} = \frac{10^{-3} \cdot 635,44 \text{N}}{10^{-3} \cdot (229,1) \cdot (9,81) \text{N}} = \frac{635,44}{2247,47} = 0,283$$

$$\mu' = 0,28$$

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΜΑΞΙΔΙΟΥ ΣΤΗΝ ΘΕΣΗ x=35cm, ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΥΘΕΙΑ v²-x

$$V_x = 0,92 \text{ m/s}$$

Συμπλήρωση 2 ^{ης} στήλης του πίνακα μετρήσεων Α	5	1x5=5	
Συμπλήρωση 3ης στήλης του πίνακα μετρήσεων Α	10	2x 5=10	
Συμπλήρωση 4ης στήλης του πίνακα μετρήσεων Α	5	1x 5=5	
Βαθμονόμηση των αξόνων και μονάδες	6	Βαθμονόμηση: 2x2 =4 Μονάδες: 1x2 =2	
Τοποθέτηση πειραματικών σημείων στο σύστημα αξόνων Διασπορά άνω του 10%: 0μ	5	1x5=5	
Σχεδίαση πειραματικής ευθείας	6	Σωστή θέση: 4 Η προέκταση της ευθείας διέρχεται από την αρχή των αξόνων : 2	
Υπολογισμός της κλίσης της πειραματικής ευθείας.	6	Διαδικασία: 4 Αριθμητικοί υπολογισμοί: 2	
Υπολογισμός επιτάχυνσης a	2		
ΠΙΝΑΚΑΣ Β			
Συμπλήρωση 2 ^{ης} στήλης του πίνακα μετρήσεων Β	3	1,5+1,5	
Συμπλήρωση 3ης στήλης του πίνακα μετρήσεων Β	4	2+2	
Συμπλήρωση 4ης στήλης του πίνακα μετρήσεων Β	2		
Συμπλήρωση 5 ^{ης} στήλης του πίνακα μετρήσεων Β	2	1+1	
Συμπλήρωση 6ης στήλης του πίνακα μετρήσεων Β	3	1,5+1,5	
Συμπλήρωση 7ης στήλης του πίνακα μετρήσεων Β	1		
Ζύγιση M – m και M' - m'	2	1+1 =2	
Υπολογισμός T και T'	6	3+3	
Υπολογισμός μ και μ'	6	3+3	
Απόκλιση μ και μ' από τιμή αναφοράς	10	μ ή μ' : Από 0,25 ≤ μ ≤ 0,28 0,20 ≤ μ < 0,25 και 0,28 < μ ≤ 0,33 μ < 0,20 ή μ > 0,33	5μ. + 5μ. 3μ. + 3μ. 0μ. + 0μ.
Εκατοστιαία Σχετική απόκλιση από την τιμή αναφοράς	8	Εκατοστιαία Σχετική απόκλιση Δμ ως προς την τιμή αναφοράς 0 έως 5%: 8μ 8% έως 12% : 2μ 5% έως 8% : 5μ Δμ > 12%: 0μ	
Υπολογισμός ν για x=35cm	3		
Ερωτ. α –β -Αιτιολόγηση β	5	1+1+3	
Σύνολο (Σ)	100	Τελικός βαθμός=100xΣ/100	