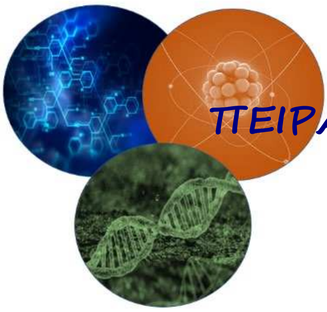
ΠΑΝΕΚΦΕ

ΒΑΘΜΟΣ

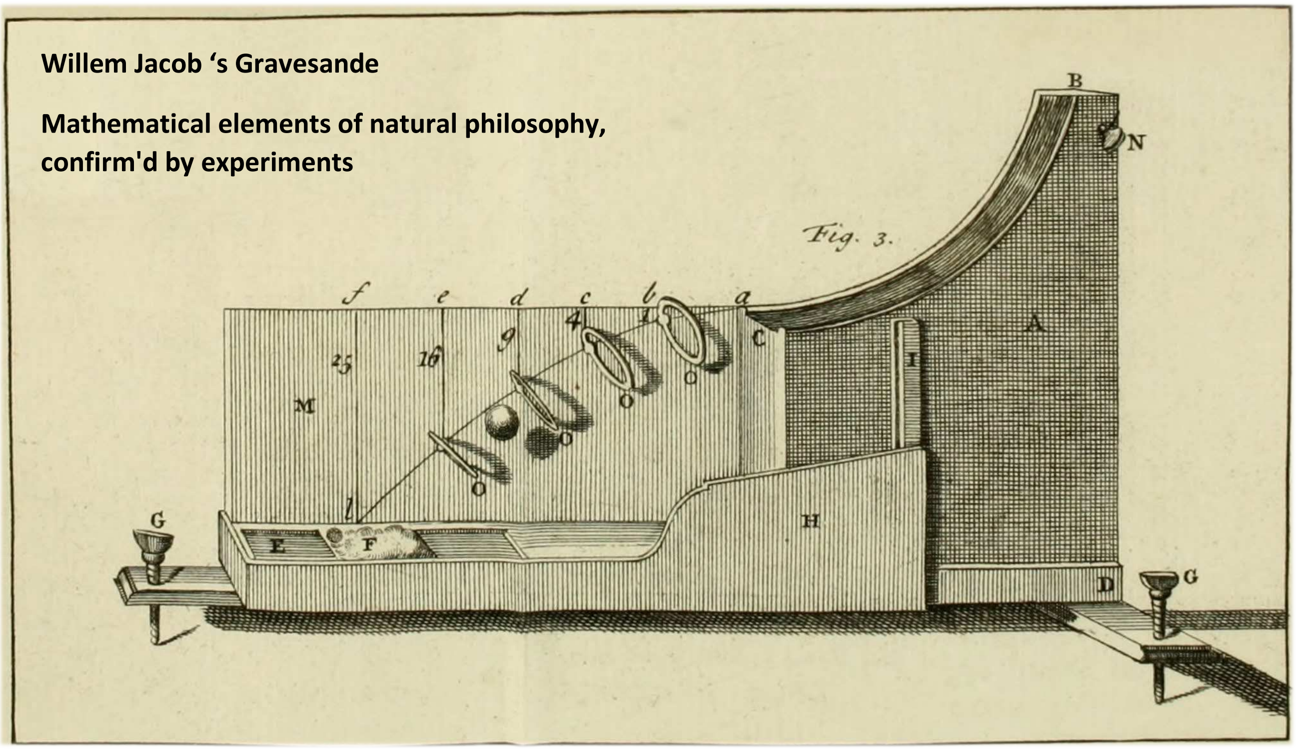
Πανελλήνιος Μαθητικός Διαγωνισμός για την επιλογή στη 3η Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών

EOES 2023



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ

Σάββατο 28 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2023



(Διάρκεια εξέτασης 60 min)

Μαθητές:	Σχολική Μονάδα
1.	
2.	
3.	

Οριζόντια βολή

Γενικά μιλώντας οι **βολές** υπό την επίδραση της βαρύτητας είναι καμπυλόγραμμες κινήσεις, που πραγματοποιούνται σε κατακόρυφο επίπεδο το οποίο καθορίζεται από την κατεύθυνση της ταχύτητας εκτόξευσης. Το θεωρητικό μοντέλο στην απλή περίπτωση της **οριζόντιας βολής** στηρίζεται στις εξής παραδοχές:

1. Η ταχύτητα εκτόξευσης είναι οριζόντια.
2. Στο σώμα δρα μόνο το βάρος του και συνεπώς η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.
3. Η κίνηση γίνεται κοντά στην επιφάνεια της Γης, οπότε το βάρος του σώματος είναι σταθερό.
4. Η κίνηση του εκτοξευόμενου σώματος είναι ο συνδυασμός (επαλληλία ή υπέρθεση) δύο ευθύγραμμων κινήσεων που γίνονται ανεξάρτητα η μια από την άλλη (**αρχή ανεξαρτησίας των κινήσεων**).

Με βάση το μοντέλο αυτό η **οριζόντια βολή** θεωρείται ως ο συνδυασμός μιας **οριζόντιας κίνησης** με **σταθερή ταχύτητα** και μιας **κατακόρυφης** με σταθερή επιτάχυνση (ίση με την επιτάχυνση g της βαρύτητας) και χωρίς αρχική ταχύτητα (**ελεύθερη πτώση)**. Αυτό έχει το σημαντικό πλεονέκτημα ότι μπορούμε να γράψουμε τις εξισώσεις της κίνησης ξεχωριστά για κάθε άξονα. Έτσι για **σύστημα αξόνων** που έχει την αρχή του στο σημείο εκτόξευσης, τον άξονα x στην κατεύθυνση της αρχικής ταχύτητας και τον άξονα y κατακόρυφο και με τη θετική φορά προς τα κάτω, οι εξισώσεις κίνησης παίρνουν τη μορφή:

x άξονας		**y άξονας**	
$a_x = 0$	(1)	$a_y = g$	(4)
$\upsilon_x = \upsilon_o$	(2)	$\upsilon_y = g \cdot t$	(5)
$x = \upsilon_o \cdot t$	(3)	$y = \frac{1}{2} g \cdot t^2$	(6)

Με απαλοιφή του χρόνου στις εξισώσεις (3) και (6) παίρνουμε την **εξίσωση τροχιάς**:

$$y = \left(\frac{g}{2\upsilon_o^2} \right) x^2 \qquad (7)$$

η οποία προβλέπει πως **η τροχιά του βλήματος είναι παραβολική**.

Στόχοι της άσκησης

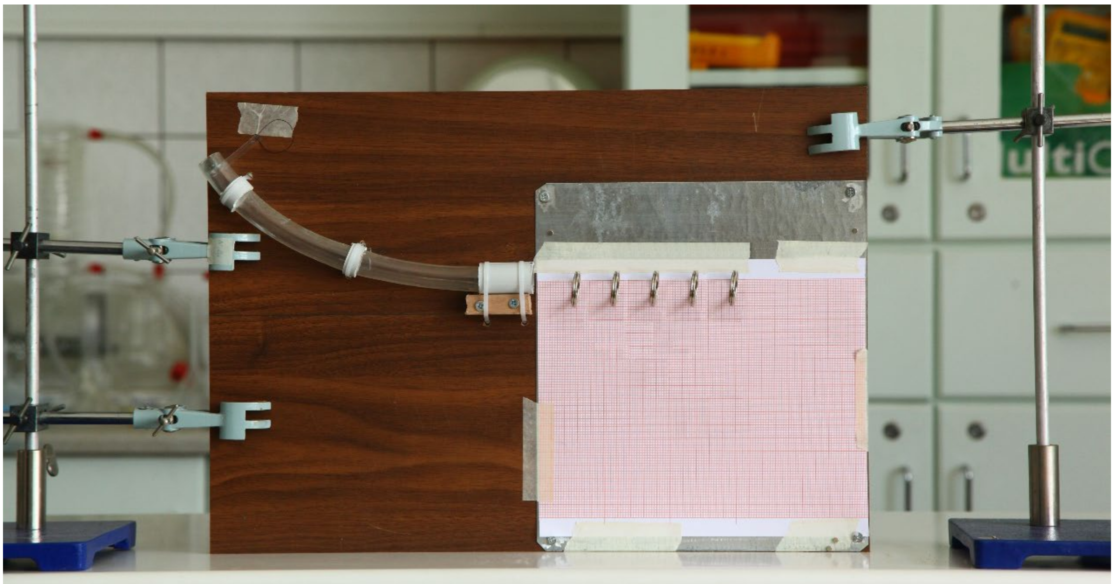
Κύριος στόχος της άσκησης που θα μελετήσετε σήμερα είναι η πειραματική επιβεβαίωση του θεωρητικού μοντέλου της οριζόντιας βολής. Θα το κάνετε αυτό επιβεβαιώνοντας την πρόβλεψη που με βάση αυτό προκύπτει, ότι δηλαδή η τροχιά του βλήματος είναι παραβολική.

Αν η θεωρητική πρόβλεψη είναι ορθή, τότε από την εξίσωση (7) είναι φανερό πως η γραφική παράσταση $y = f(x^2)$ θα είναι ευθεία γραμμή με κλίση $\lambda = \frac{g}{2\upsilon_o^2}$.

Περιγραφή της διάταξης

Η διάταξη αποτελείται από μια ορθογώνια ξύλινη επιφάνεια, για την κατακόρυφη στήριξη της οποίας χρησιμοποιούνται 3 μεταλλικές λαβίδες, οι οποίες με μεταλλικούς συνδέσμους στερεώνονται σε δύο μεταλλικούς ορθοστάτες. Οι βάσεις των ορθοστατών στερεώνονται στον πάγκο εργασίας με δύο μεταλλικούς σφιγκτήρες τύπου G.

Πάνω στην ξύλινη επιφάνεια είναι στερεωμένο ένα ορθογώνιο φύλλο λαμαρίνας και ένα κομμάτι διάφανου πλαστικού σωλήνα, ο οποίος αποτελεί τον οδηγό κίνησης μίας μικρής γυάλινης σφαίρας. Πάνω στη λαμαρίνα είναι κολλημένο ένα φύλλο μιλλιμετρέ με την αρχή του οριζόντιου άξονα να βρίσκεται πάνω στην κατακόρυφη που περνάει από το κέντρο της σφαίρας τη στιγμή που αυτή εγκαταλείπει τον σωλήνα.



Εικόνα 1: Η πειραματική διάταξη

Τόσο το κάτω δεξιό τμήμα του πλαστικού σωλήνα από το οποίο εξέρχεται η γυάλινη σφαίρα, όσο και το μιλλιμετρέ χαρτί είναι από κατασκευής παραλληλισμένα με τις δύο μεγάλες (οριζόντιες στην Εικόνα 1) πλευρές της ορθογώνιας ξύλινης επιφάνειας. Έτσι αν εξασφαλιστεί η οριζοντίωση της ξύλινης επιφάνειας, τότε και η ταχύτητα εξόδου της γυάλινης σφαίρας από το σωλήνα θα είναι οριζόντια.

Πάνω στην επιφάνεια του μιλλιμετρέ χαρτιού μπορούν να στερεωθούν πέντε μεταλλικοί κρίκοι με τη βοήθεια ισάριθμων μικρών μαγνητών νεοδυμίου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.

Λόγω του μικρού μεγέθους των μαγνητών εφιστούμε την **προσοχή** σας, ώστε να μη χαθούν.

Εικόνα 2: Μαγνητική στερέωση των μεταλλικών κρίκων

Η γυάλινη σφαίρα ξεκινάει πάντα από το πάνω αριστερό άκρο του σωλήνα. Τοποθετείται εκεί και συγκρατείται με τη βοήθεια μικρής διαφανούς κάρτας η οποία εισέρχεται κάθετα στο σωλήνα σε ειδική εγκοπή, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3. Η γυάλινη σφαίρα απελευθερώνεται και αρχίζει να κινείται με απότομο τράβηγμα της κάρτας.

Σημαντική παρατήρηση: Η κάρτα πρέπει να αφαιρείται τραβώντας την προς τα πάνω, με τον ίδιο τρόπο κάθε φορά.

Εικόνα 3: Η κάρτα συγκράτησης της γυάλινης σφαίρας

Κομβικής σημασίας είναι η τοποθέτηση των κρίκων, ώστε η γυάλινη σφαίρα κατά την κίνησή της να διέρχεται μέσα από τον κάθε κρίκο χωρίς να τον χτυπά. Κατ' αυτό τον τρόπο βρίσκει κανείς τις θέσεις των κέντρων των κρίκων από τους οποίους περνάει η γυάλινη σφαίρα, καθώς και τις αντίστοιχες συντεταγμένες (x, y). **Ως αρχή των αξόνων Ο(0,0) θεωρείται η πάνω αριστερή γωνία του μιλλιμετρέ χαρτιού.**

Πειραματική διαδικασία

Βήμα 1

Χρησιμοποιήστε την αεροστάθμη για να ελέγξετε αν η πάνω ακμή της διάταξης είναι οριζόντια και αν η ξύλινη επιφάνεια είναι κατακόρυφη (βλ. Εικόνες 4 & 5). Στην περίπτωση που δεν συμβαίνει κάτι από τα παραπάνω, διορθώστε τη θέση της διάταξης. Πριν προχωρήσετε στα επόμενα βήματα, **καλέστε οπωσδήποτε τον επιτηρητή** για να επιβεβαιώσει πως η διάταξή σας είναι εντάξει.

Εικόνα 4: Οριζοντίωση της διάταξης

Εικόνα 5: Κατακορύφωση της επιφάνειας της διάταξης. Το αλφάδι τοποθετείται στην πίσω πλευρά της διάταξης

Βήμα 2

Τοποθετήστε την πλαστική διάφανη κάρτα στην εγκοπή του σωλήνα και στη συνέχεια τη γυάλινη σφαίρα εντός του σωλήνα ώστε να ακουμπάει στην κάρτα (βλ. Εικόνα 3). Τοποθετήστε με τη βοήθεια ενός μαγνήτη έναν κρίκο στο μιλλιμετρέ χαρτί πάνω περίπου στην κατακόρυφη γραμμή των 30 mm (δηλαδή $x = 30$ mm : δύο-τρία χιλιοστά δεξιά ή αριστερά δεν αποτελούν πρόβλημα) και σε τέτοια θέση y, ώστε όταν η σφαίρα απελευθερωθεί να περάσει μέσα από τον κρίκο.

Τραβήξτε απότομα την κάρτα και παρατηρήστε αν η σφαίρα θα περάσει μέσα από τον κρίκο. Αν δεν τα καταφέρατε, επαναλάβετε όσες φορές χρειαστεί.

Βήμα 3

Συνεχίστε με έναν δεύτερο κρίκο, ο οποίος θα τοποθετηθεί 30 mm πιο δεξιά, περίπου δηλαδή στην κατακόρυφη γραμμή των 60 mm.

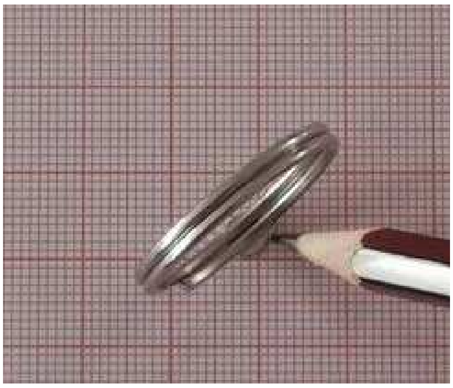
Βήμα 4

Συνεχίστε τοποθετώντας τους υπόλοιπους κρίκους στις θέσεις $x = 90$, 120 και 150 mm.
Προσέξτε τον προσανατολισμό των κρίκων στην εικόνα της διάταξης στο εξώφυλλο των θεμάτων και τοποθετήστε τους δικούς σας ανάλογα.

Βεβαιωθείτε ότι τοποθετήσατε συνολικά 5 κρίκους όσο το δυνατό πιο κοντά στις θέσεις $x =$ 30, 60, 90, 120 και 150 mm με τη σφαίρα να διέρχεται μέσα από όλους τους κρίκους και **καλέστε τον επιτηρητή.** Σε περίπτωση αποτυχίας αφού κάνετε τις απαραίτητες διορθώσεις, **μπορείτε να καλέσετε τον επιτηρητή ακόμη ΜΙΑ φορά.**

Βήμα 5

Σημειώστε τη θέση κάθε μαγνήτη πάνω στο μιλλιμετρέ χαρτί με ένα μολύβι (Εικόνες 6 & 7) προσέχοντας να μη μετακινήσετε τον μαγνήτη.

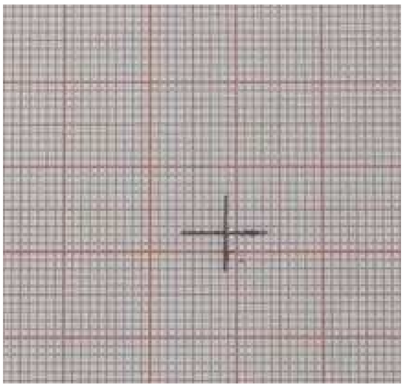


Εικόνα 7: Σημείωση θέσης μαγνήτη (α)

Εικόνα 6: Σημείωση θέσης μαγνήτη (β)

Απομακρύνετε τον μαγνήτη και σημειώστε τη θέση του κέντρου του (Εικόνες 8 & 9). Μετρήστε με ακρίβεια χιλιοστού τις συντεταγμένες **x** και **y** των κέντρων των 5 μαγνητών πάνω στο μιλλιμετρέ και συμπληρώστε τον Πίνακα 1.

Εικόνα 9: Σημείωση θέσης μαγνήτη (γ)



Εικόνα 8: Σημείωση θέσης μαγνήτη (δ)

Θυμηθείτε: Αρχή των αξόνων θεωρείται η πάνω αριστερή γωνία του μιλλιμετρέ.
Όταν τελειώσετε τη διαδικασία αυτή **μην ξαναπειράξετε το μιλλιμετρέ χαρτί της διάταξης**.

Πίνακας 1: Πειραματικά δεδομένα

α/α	x (σε mm)	y (σε mm)	x^2 (σε mm^2)
1			
2			
3			
4			
5			

Προσοχή: Εντός των ορίων του πειραματικού σφάλματος θεωρούμε πως οι συντεταγμένες του κέντρου κάθε μαγνήτη πάνω στο μιλλιμετρέ χαρτί συμπίπτουν με τις συντεταγμένες θέσης του κέντρου της γυάλινης σφαίρας όταν περνάει από τον αντίστοιχο κρίκο.

Βήμα 6

Υπολογίστε το τετράγωνο της συντεταγμένης **x** των θέσεων των κέντρων των μαγνητών και συμπληρώστε τη σχετική στήλη στον Πίνακα 1, στρογγυλοποιώντας στην πλησιέστερη εκατοντάδα.

Βήμα 7

Στο μιλλιμετρέ χαρτί, που βρίσκεται στο τέλος του φύλλου εργασίας, σχεδιάστε σύστημα ορθογωνίων αξόνων κατάλληλης κλίμακας, με τη συντεταγμένη y στον ένα άξονα και το τετράγωνο της συντεταγμένης x (το x^2) στον άλλο. Τοποθετήστε στο διάγραμμα τα πειραματικά σημεία (x^2 , y).

Εξηγήστε γιατί η διάταξη των πειραματικών σημείων στο επίπεδο (x^2 , y) επιβεβαιώνει τη βασική πρόβλεψη του θεωρητικού μοντέλου, όπως αυτή διατυπώθηκε στους στόχους της άσκησης.

Βήμα 8

Σχεδιάστε την ευθεία που προσεγγίζει καλύτερα τα πειραματικά δεδομένα (x^2 , y).

Υπολογίστε την κλίση της καλύτερης ευθείας και εκφράστε την σε μονάδες του S.I. με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου:

λ = ……………………………

Η καλύτερη ευθεία πιθανότατα δε διέρχεται από την αρχή των αξόνων. Που νομίζετε ότι μπορεί να οφείλεται αυτό; Απαντήστε ακόμη κι αν η δική σας καλύτερη ευθεία διέρχεται από την αρχή των αξόνων.

Βήμα 9

Δίνεται πως η επιτάχυνση **g** της βαρύτητας στην περιοχή μας είναι **g = 9,8 m/s²**.

Υπολογίστε την αρχική ταχύτητα $\mathbf{\upsilon_o}$ με την οποία η γυάλινη σφαίρα εγκαταλείπει το σωλήνα, και γράψτε το αποτέλεσμα σε μονάδες S.I. με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου:

υ_o = ……………………………………

Εξηγήστε γιατί είναι προτιμότερο να υπολογίσετε την τιμή της αρχικής ταχύτητας με βάση την κλίση της καλύτερης ευθείας που σχεδιάσατε παρά χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις κίνησης και τις συντεταγμένες ενός μόνο πειραματικού σημείου.

Βήμα 10

Καθώς η γυάλινη σφαίρα διέρχεται από τον πρώτο κρίκο που βάλατε (όπου θεωρούμε πως το επίπεδο του κρίκου είναι πρακτικά κατακόρυφο), υπολογίστε την αβεβαιότητα στη μέτρηση της y-συντεταγμένης της γυάλινης σφαίρας.

Να περιγράψετε αναλυτικά τις μετρήσεις που πρέπει να κάνετε.

Προσοχή

Το μιλλιμετρέ χαρτί της διάταξης στο οποίο σημειώσατε τις θέσεις των μαγνητών, αποτελεί μέρος της εργασίας σας και θα παραδοθεί μαζί με το γραπτό σας.

Μαζί με το γραπτό σας παραδώστε τους 5 κρίκους, 5 μαγνήτες και τη γυάλινη μπίλια στον επιτηρητή.

Καλή επιτυχία!

ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΟ ΟΜΑΔΑΣ …………

Κριτήρια	**Μόρια**	**Ποινή**	**Βαθμός**	**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ**
Έλεγχοι με αλφάδι	x	…. / 4		
Σφαίρα περνά από κρίκους	10	…. / 5		
Παράδοση υλικών	x	…. / 5		
Συμπλήρωση πίνακα	10	…. / 1		
Σωστοί υπολογισμοί στο x^2	5	…. / 1		
Προετοιμασία γραφικής παράστασης	10			
Εξήγηση για την επιβεβαίωση του θεωρ. μοντέλου	5			
Ποιότητα μετρήσεων	10			
Σχεδίαση ευθείας Υπολογισμός κλίσης	15			
Γιατί δεν περνάει από το σημείο (0,0);	5			
Υπολογισμός αρχικής ταχύτητας	10			
Γιατί υπολογίζουμε τη u_0 από την κλίση;	10			
Εύρεση αβεβαιότητας και εξήγηση	10			
Σύνολο	100			

ΟΔΗΓΙΕΣ ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Ο βαθμός ανά κατηγορία προκύπτει ως: **ΒΑΘΜΟΣ = ΜΟΡΙΑ – ΠΟΙΝΗ**

Οι τρεις πρώτες κατηγορίες συμπληρώνονται από τον επιτηρητή κατά τη διάρκεια της εξέτασης. Αν η ομάδα δε σας καλέσει για κάποιον από τους απαιτούμενους ελέγχους παίρνει το μέγιστο της ποινής.

- Έλεγχος με αλφάδι: 2 μόρια για λάθος οριζοντίωση και άλλα 2 για την κατακορύφωση.
- Σφαίρα περνά από κρίκους: Ο επιτηρητής μπορεί να κληθεί το πολύ 3 φορές. Αν η μπίλια περάσει από όλους τους κρίκους την 1η ή τη 2η φορά που θα κληθεί ο επιτηρητής παίρνει 10 μόρια. Αλλιώς του λέμε να συνεχίσει μέχρι να το πετύχει και χάνει 5 μόρια.
- Παράδοση υλικών: Μπίλια 2, Μαγνήτες 2, Κρίκοι 1.

Συμπλήρωση πίνακα: Αν η αναγραφή στον πίνακα συμφωνεί με τα σημεία που σημειώθηκαν στο μιλιμετρέ χαρτί, κάθε συμπληρωμένο κελί παίρνει 1 μόριο. Δεν δίνεται βαθμός αν δεν έχει συμπληρωθεί κάποιο κελί ή έχει συμπληρωθεί λάθος.

Σωστοί υπολογισμοί x^2: Ποινή 0,2 μόριο ανά λάθος συμπλήρωση κελιού (ακόμη κι αν είναι λάθος στρογγυλοποίησης).

Εξήγηση για την επιβεβαίωση του θεωρ. Μοντέλου: Τα πειραματικά σημεία διατάσσονται στο διάγραμμα γύρω από μια ευθεία γραμμή, γεγονός που επιβεβαιώνει τη γραμμικότητα της σχέσης $y = f(x^2)$ και συνεπώς και την παραβολική τροχιά της κίνησης.

Γιατί δεν περνάει η καλύτερη ευθεία από το σημείο (0,0);

Γενικόλογες απαντήσεις (π.χ. ένα σκέτο «Πειραματικά σφάλματα») Δε βαθμολογούνται.

Περιμένουμε να ακούσουμε (τουλάχιστον):

1. Η αρχή στον y άξονα δεν συμπίπτει με το σημείο εξόδου της μπίλιας από τον οδηγό ή λάθος στην κατακόρυφη τοποθέτηση του μιλλιμετρέ χαρτιού.
2. Πειραματικό σφάλμα κατά τον υπολογισμό των συντεταγμένων θέσης της μπίλιας, από τη θέση του κέντρου του μαγνήτη.
3. Λάθος στο σχεδιασμό της καλύτερης ευθείας

Κάθε άλλη δεκτή απάντηση συνυπολογίζεται.

Υπολογισμός αρχικής ταχύτητας

- Υπολογισμός από ένα πειραματικό σημείο: 0 μόρια
- Υπολογισμός από κάθε πειραματικό σημείο και μετά μέσος όρος: 5 μόρια
- Υπολογισμός από κλίση: 10 μόρια
- Λάθος πράξεις: Ποινή 2 μόρια
- Όχι S.I. : Ποινή 5 μόρια
- Λάθος στρογγυλοποίηση: Ποινή 2 μόρια

Γιατί υπολογίζουμε τη $υ_ο$ από την κλίση;

Για τον ίδιο λόγο που παίρνουμε πολλαπλές μετρήσεις και μετά το μέσο όρο: ΟΛΕΣ οι μετρήσεις πρέπει να ληφθούν υπόψη γιατί έτσι **μειώνονται τα τυχαία σφάλματα** που μπορούν να επηρεάσουν το αποτέλεσμα αν χρησιμοποιήσουμε μόνο μια μέτρηση.

Εύρεση αβεβαιότητας και εξήγηση

Περιγραφή διαδικασίας, λήψη μετρήσεων με χρήση διαστημομέτρου. Πρέπει να μετρηθούν: Η διάμετρος της μπίλιας $δ_1$ και η διάμετρος του κρίκου $δ_2$.

Το σφάλμα είναι : $\pm(δ_2-δ_1)/2$

Παίρνουν όλα τα μόρια ακόμη κι αν δώσουν ως αποτέλεσμα: $\pm(δ_2-δ_1)$

Η μόνο επιπλέον οδηγία που δόθηκε είναι πως για οποιοδήποτε άλλο ζήτημα που δεν προβλέπεται στις παρούσες οδηγίες, η λύση θα συναποφασίζεται τη στιγμή της διόρθωσης.