

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΠΤΩΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ

A. ΣΤΟΧΟΙ

- Η ικανότητα συναρμολόγησης μιας απλής πειραματικής διάταξης και η αντιμετώπιση πρακτικών προβλημάτων.
- Η χρήση φωτοπυλών για τη μέτρηση του χρόνου.
- Η κατανόηση της έννοιας του σφάλματος κατά τη μέτρηση.
- Η αξιολόγηση της αξιοπιστίας των οργάνων και των υλικών που απαρτίζουν την πειραματική μας διάταξη.
- Η χρήση τεχνικών για τον περιορισμό των πειραματικών σφαλμάτων.
- Η κατανόηση των εννοιών θέση, μετατόπιση, χρονική στιγμή, χρονικό διάστημα.
- Η μελέτη των μεταβολών της δυναμικής και κινητικής ενέργειας σώματος κατά την ελεύθερη πτώση του.
- Ο έλεγχος της διατήρησης της μηχανικής ενέργειας του σώματος κατά την ελεύθερη πτώση του.

B. ΘΕΜΑ

- Η μέτρηση του χρόνου που χρειάζεται μία μεταλλική σφαίρα για να περάσει από μία φωτοπύλη εκτελώντας ελεύθερη πτώση.
- Ο υπολογισμός της ταχύτητας της μεταλλικής σφαίρας σε διάφορα σημεία της τροχιάς της.
- Ο υπολογισμός της δυναμικής και κινητικής ενέργειας της μεταλλικής σφαίρας σε διάφορα σημεία της τροχιάς της.
- Ο υπολογισμός της μηχανικής ενέργειας της μεταλλικής σφαίρας σε διάφορα σημεία της τροχιάς της και ο έλεγχος της διατήρησης της μηχανικής ενέργειας κατά την ελεύθερη πτώση.
- Η σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων με τις θεωρητικές προβλέψεις.

Γ. ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

- Κεκλιμένο επίπεδο πολλαπλών χρήσεων
- Αλφάδι
- Κλειδί τύπου Allen
- 2 σφιγκτήρες τύπου G
- Ηλεκτρονικό χρονόμετρο
- Ζυγός
- Διαστημόμετρο
- Υποδεκάμετρο ή ηλεκτρονικό διαστημόμετρο
- Μεταλλική σφαίρα – κινητό, που θα εκτελέσει ελεύθερη πτώση

Δ. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

- Για την πραγματοποίηση και κατανόηση της άσκησης χρειάζονται οι παρακάτω γνώσεις από το σχολικό βιβλίο της Α' τάξης Γενικού Λυκείου :
 - ✓ Ενότητα 1.1.3 : Οι έννοιες της χρονικής στιγμής, του συμβάντος και της χρονικής διάρκειας
 - ✓ Ενότητα 1.1.6 : Η έννοια της μέσης ταχύτητας
 - ✓ Ενότητα 1.1.7 : Η έννοια της στιγμιαίας ταχύτητας
 - ✓ Ενότητα 1.2.7 : Η ελεύθερη πτώση των σωμάτων

- ✓ Ενότητα 2.2.2 : Έργο βάρους και μεταβολή της κινητικής ενέργειας
- ✓ Ενότητα 2.2.3 : Η δυναμική ενέργεια
- ✓ Ενότητα 2.2.4 : Η μηχανική ενέργεια

Ε. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

- Γνωρίζοντας τη μάζα m της μεταλλικής σφαίρας και το ύψος h σε κάποιο σημείο από το επίπεδο αναφοράς, υπολογίζουμε την αντίστοιχη (βαρυτική) δυναμική της ενέργεια U :

$$U = m g h$$

- Αφήνοντας τη μεταλλική σφαίρα να πέσει ελεύθερα (χωρίς αρχική ταχύτητα), περνάει από μία φωτοπύλη σε χρονικό διάστημα Δt . Έτσι γνωρίζοντας :

- ✓ τη διάμετρο δ της σφαίρας
 - ✓ τη χρονική διάρκεια διέλευσης Δt της σφαίρας από τη φωτοπύλη,
- υπολογίζουμε τη μέση ταχύτητα της σφαίρας :

$$v = \frac{\delta}{\Delta t}$$

- Γνωρίζοντας τη μάζα m και την ταχύτητα v της σφαίρας σε κάποιο σημείο, υπολογίζουμε την αντίστοιχη κινητική της ενέργεια K :

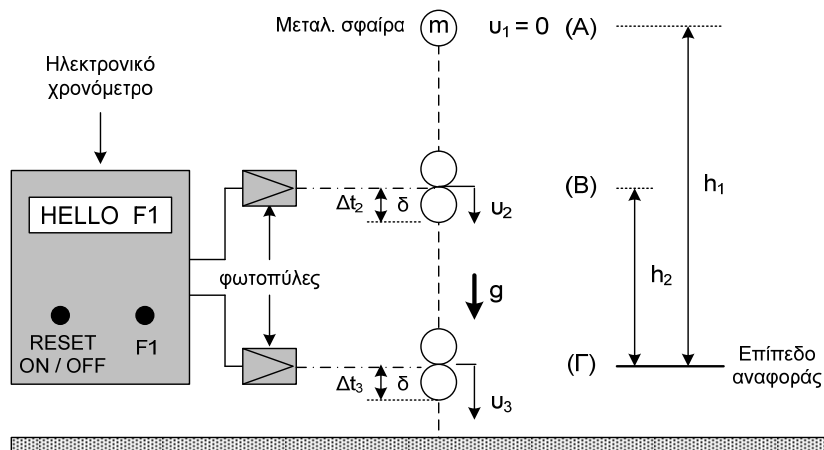
$$K = \frac{1}{2} m v^2$$

- Η μηχανική ενέργεια E της σφαίρας σε κάποιο σημείο δίνεται από την εξίσωση :

$$E = U + K$$

ΣΤ. ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

- Στηρίζουμε το «ικρίωμα» σε όρθια θέση όπως στη φωτογραφία και το στερεώνουμε στο τραπέζι με τους σφιγκτήρες τύπου G.
- Με το αλφάδι φέρουμε το «διάδρομο πτώσης» σε κατακόρυφη θέση και τον ασφαλίζουμε με το κλειδί τύπου Allen.
- Στο τέλος της διαδρομής πτώσης της σφαίρας προσέχουμε να τερματίζει «στα μαλακά» βάζοντας π.χ. ένα κομμάτι φελιζόλ.
- Στηρίζουμε τις δύο φωτοπύλες με τα στηρίγματα τύπου A πάνω στο «διάδρομο πτώσης».
- Συνδέουμε τους ακροδέκτες των φωτοπυλών στις αντίστοιχες υποδοχές του ηλεκτρονικού χρονομέτρου.
- Συνδέουμε τον ακροδέκτη του μετασχηματιστή στην αντίστοιχη υποδοχή του ηλεκτρονικού χρονομέτρου.
- Θέτουμε σε λειτουργία το ηλεκτρονικό χρονόμετρο συνδέοντας τον μετασχηματιστή του στο δίκτυο. Στην οθόνη του ηλεκτρονικού χρονομέτρου εμφανίζεται αυτόματα το σήμα HELLO και κατόπιν η επιλογή F1 (αντιστοιχεί σε μέτρηση του χρόνου διέλευσης της σφαίρας από κάθε φωτοπύλη).



Z. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Λήψη μετρήσεων

1. Ζυγίζουμε τη μεταλλική σφαίρα και καταχωρούμε τη μάζα της m στον ΠΙΝΑΚΑ 1.
2. Μετράμε με το διαστημόμετρο τη διάμετρο δ της μεταλλικής σφαίρας και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 1.
3. Θεωρούμε ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ και καταχωρούμε τη τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΣΤΑΘΕΡΕΣ			
Μάζα μεταλλικής σφαίρας	m		kg
Διάμετρος μεταλλικής σφαίρας	δ		m
Επιτάχυνση βαρύτητας	g	9,81	m/s^2

4. Θεωρούμε σαν επίπεδο αναφοράς το οριζόντιο επίπεδο που διέρχεται από το μέσο της κάτω φωτοπύλης (κάτω σημείο Γ).
5. Μετράμε με το υποδεκάμετρο ή με το ηλεκτρονικό διαστημόμετρο το ύψος h_1 του πάνω σημείου (Α) από το οποίο αφήνουμε να πέσει η μεταλλική σφαίρα και καταχωρούμε την τιμή του στον ΠΙΝΑΚΑ 2 – στήλη 3 (πρέπει να θυμόμαστε ότι μετράμε μέχρι το κέντρο της σφαίρας).
6. Μετράμε το ύψος h_2 του ενδιάμεσου σημείου (Β) (πάνω φωτοπύλη) και καταχωρούμε την τιμή του στον ΠΙΝΑΚΑ 2 – στήλη 3.
7. Το ύψος h_3 του κάτω σημείου (Γ) (κάτω φωτοπύλη) είναι $h_3 = 0$, αφού βρίσκεται στο επίπεδο αναφοράς. Καταχωρούμε την τιμή του στον ΠΙΝΑΚΑ 2 – στήλη 3.
8. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία 5 – 7 δύο φορές και καταχωρούμε τις ενδείξεις στον ΠΙΝΑΚΑ 2 – στήλες 4 & 5.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΨΩΝ				
1	2	3	4	5
Θέση μεταλλικής σφαίρας	Ύψη	1 ^η μέτρηση	2 ^η μέτρηση	3 ^η μέτρηση
Πάνω σημείο (Α)	h_1 (m)			
Ενδιάμεσο σημείο (Β)	h_2 (m)			
Κάτω σημείο (Γ)	h_3 (m)	0	0	0

9. Στη συνέχεια με το ηλεκτρονικό χρονόμετρο μετράμε τα χρονικά διαστήματα που χρειάζεται η μεταλλική σφαίρα για να διέλθει από τις δύο φωτοπύλες. Κατ' αρχήν κάνουμε RESET στο ηλεκτρονικό χρονόμετρο πιέζοντας το μπουτόν RESET-ON/OFF και αφήνουμε την προεπιλογή F1 (μέτρηση χρονικού διαστήματος που διαρκεί το πέρασμα της μεταλλικής σφαίρας από τη φωτοπύλη).
10. Αφήνουμε τη μεταλλική σφαίρα να πέσει από το πάνω σημείο εκτελώντας ελεύθερη πτώση.
11. Αφήνουμε κενό στη μέτρηση Δt_1 για το πάνω σημείο (Α) στον ΠΙΝΑΚΑ 3 – στήλη 3.

12. Στη μνήμη του ηλεκτρονικού χρονομέτρου έχουν αποθηκευτεί οι δύο χρόνοι Δt_2 , Δt_3 . Για να τους διαβάσουμε πιέζουμε μία φορά το διακόπτη F1/F2/F3 και στην οθόνη του ηλεκτρονικού χρονομέτρου εμφανίζονται διαδοχικά και επαναλαμβανόμενα οι ενδείξεις :
- ✓ « 1 » και κατόπιν η τιμή « Δt_2 » (για το ενδιάμεσο σημείο Β)
 - ✓ « 2 » και κατόπιν η τιμή « Δt_3 » (για το κάτω σημείο Γ), τις οποίες καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 3 – στήλη 3.
13. Μηδενίζουμε τις ενδείξεις του ηλεκτρονικού χρονομέτρου πιέζοντας μία φορά το διακόπτη RE-SET-ON/OFF.
14. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία 10 – 13 δύο φορές και καταχωρούμε τις ενδείξεις του ηλεκτρονικού χρονομέτρου στον ΠΙΝΑΚΑ 3 – στήλες 4 & 5.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΩΝ				
1	2	3	4	5
Θέση μεταλλικής σφαίρας	Χρονικά διαστήματα	1 ^η μέτρηση	2 ^η μέτρηση	3 ^η μέτρηση
Πάνω σημείο (Α)	Δt_1 (s)	–	–	–
Ενδιάμεσο σημείο (Β)	Δt_2 (s)			
Κάτω σημείο (Γ)	Δt_3 (s)			

Επεξεργασία μετρήσεων

1. Υπολογίζουμε τη μέση τιμή h των τριών μετρήσεων του ΠΙΝΑΚΑ 2 για το ύψος h_1 του πάνω σημείου Α, (αφού αφαιρέσουμε την ακτίνα της σφαίρας, αν δεν το έχουμε ήδη κάνει κατά τη διαδικασία των μετρήσεων) και καταχωρούμε την τιμή στον ΠΙΝΑΚΑ 4 – στήλη 2.
2. Επαναλαμβάνουμε το ίδιο και για τις τρεις μετρήσεις του ύψους h_2 του ενδιάμεσου σημείου Β και καταχωρούμε την τιμή στον ΠΙΝΑΚΑ 4 – στήλη 2. Για το κάτω σημείο Γ η μέση τιμή του ύψους είναι μηδέν.
3. Υπολογίζουμε τη (βαρυντική) Δυναμική ενέργεια U για κάθε σημείο (πάνω σημείο Α, ενδιάμεσο σημείο Β, κάτω σημείο Γ) και καταχωρούμε τις τιμές της στον ΠΙΝΑΚΑ 2 – στήλη 3.
4. Υπολογίζουμε τη μέση τιμή Δt των τριών μετρήσεων για κάθε σημείο (Α, Β, Γ) του ΠΙΝΑΚΑ 3. Για τη μέση τιμή των Δt_1 (πάνω σημείο Α) βάζουμε κενό στον ΠΙΝΑΚΑ 4 – στήλη 4.
5. Υπολογίζουμε τη μέση τιμή των Δt_2 του ΠΙΝΑΚΑ 3, που χρειάζεται η σφαίρα για να περάσει από το ενδιάμεσο σημείο Β και καταχωρούμε τη τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 4 – στήλη 4. Επαναλαμβάνουμε το ίδιο για τη μέση τιμή των Δt_3 του ΠΙΝΑΚΑ 3 που χρειάζεται η σφαίρα για να περάσει από το κάτω σημείο Γ και καταχωρούμε τη τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 4 – στήλη 4.
6. Υπολογίζουμε τη μέση ταχύτητα v την οποία έχει η σφαίρα σε κάθε σημείο (πάνω σημείο Α, ενδιάμεσο σημείο Β, κάτω σημείο Γ) και καταχωρούμε τις αντίστοιχες τιμές στον ΠΙΝΑΚΑ 4 – στήλη 5.
7. Υπολογίζουμε την Κινητική ενέργεια K για κάθε σημείο (πάνω σημείο Α, ενδιάμεσο σημείο Β, κάτω σημείο Γ) και καταχωρούμε τις αντίστοιχες τιμές της στον ΠΙΝΑΚΑ 4 – στήλη 6.
8. Υπολογίζουμε τη Μηχανική ενέργεια E της σφαίρας για κάθε σημείο (πάνω σημείο Α, ενδιάμεσο σημείο Β, κάτω σημείο Γ) αθροίζοντας τις αντίστοιχες τιμές της δυναμικής U και της κινητικής ενέργειας K της σφαίρας και καταχωρούμε τις τιμές της στον ΠΙΝΑΚΑ 4 – στήλη 7.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ						
1	2	3	4	5	6	7
Θέση μεταλλικής σφαίρας κατά την ελεύθερη πτώση	Μέση τιμή ύψους h (m)	Δυναμική ενέργεια $U = m g h$ (J)	Μέση τιμή χρόνου Δt (s)	Μέση ταχύτητα $v = \delta / \Delta t$ (m/s)	Κινητική ενέργεια $K = \frac{1}{2} m v^2$ (J)	Μηχανική ενέργεια $E = U + K$ (J)
Πάνω σημείο (Α)			–	0		
Ενδιάμεσο σημείο (Β)						
Κάτω σημείο (Γ)	0					

Η. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Υπολογίζουμε το σχετικό πειραματικό σφάλμα σ_{AB} μεταξύ της μηχανικής ενέργειας E_A στο πάνω σημείο (Α) και της μηχανικής ενέργειας E_B στο ενδιάμεσο σημείο (Β) [$\sigma_{AB} \% = (E_A - E_B) / E_A \cdot 100 \%$] και καταχωρούμε το αποτέλεσμα στον ΠΙΝΑΚΑ 5.
- Διατυπώνουμε το συμπέρασμα 1 διαγράφοντας τις κατάλληλες υπογραμμισμένες λέξεις.
- Υπολογίζουμε το σχετικό πειραματικό σφάλμα σ_{AG} μεταξύ της μηχανικής ενέργειας E_A στο πάνω σημείο (Α) και της μηχανικής ενέργειας E_G στο κάτω σημείο (Γ) [$\sigma_{AG} \% = (E_A - E_G) / E_A \cdot 100 \%$] και καταχωρούμε το αποτέλεσμα στον ΠΙΝΑΚΑ 5.
- Διατυπώνουμε το συμπέρασμα 2 διαγράφοντας τις κατάλληλες υπογραμμισμένες λέξεις.
- Πού οφείλονται οι μικρές διαφορές μεταξύ των τιμών E_A & E_B και των τιμών E_A & E_G της μηχανικής ενέργειας της στήλης (7) του ΠΙΝΑΚΑ 4 ; Συμπληρώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 5 το συμπέρασμα 3.
- Μπορούμε να ισχυριστούμε ότι (μέσα στα όρια των σφαλμάτων των πειραματικών μετρήσεων) η μηχανική ενέργεια E της σφαίρας παραμένει σταθερή κατά την πτώση της ; Συμπληρώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 5 το συμπέρασμα 4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ / ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ
1. $\sigma_{AB} \% = (E_A - E_B) / E_A \cdot 100 \% \Rightarrow \sigma_{AB} \% = \dots\dots\dots$
2. Συμπέρασμα 1 : Η μηχανική ενέργεια E_A έχει <u>μικρή</u> / <u>μεγάλη διαφορά</u> από τη μηχανική ενέργεια E_B .
3. $\sigma_{AG} \% = (E_A - E_G) / E_A \cdot 100 \% \Rightarrow \sigma_{AG} \% = \dots\dots\dots$
4. Συμπέρασμα 2 : Η μηχανική ενέργεια E_A έχει <u>μικρή</u> / <u>μεγάλη διαφορά</u> από τη μηχανική ενέργεια E_G .
5. Συμπέρασμα 3 :
6. Συμπέρασμα 4 : Λαμβάνοντας υπόψη τα σφάλματα των πειραματικών μετρήσεων μπορούμε να ισχυριστούμε ότι κατά την ελεύθερη πτώση της σφαίρας η μηχανική ενέργεια E <u>παραμένει</u> / <u>δεν παραμένει σταθερή</u> .

