

## Μελέτη και έλεγχος της διατήρησης της μηχανικής ενέργειας στην ελεύθερη πτώση σώματος με χρήση Phyphox

### Στόχοι

Οι στόχοι αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι:

- Να μελετήσετε τις μεταβολές της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας σώματος κατά την ελεύθερη πτώση του, με τη χρήση της εφαρμογής Phyphox για smartphone.
- Να ελέγξετε αν η μηχανική ενέργεια του σώματος διατηρείται σταθερή κατά την ελεύθερη πτώση του.
- Να δικαιολογήσετε μέσα από το πείραμα τις πιθανές απώλειες της μηχανικής ενέργειας.

### Εισαγωγικές γνώσεις

- Η βαρυτική δυναμική ενέργεια  $U$ , μίας σφαίρας μάζας  $m$ , που βρίσκεται σε ύψος  $h$  από το επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας δίνεται από τη σχέση:

$$U = mgh \quad (1)$$

- Αν είναι γνωστή η μάζα  $m$  και η ταχύτητα  $u$  μιας σφαίρας σε κάποιο σημείο, η κινητική της ενέργεια  $K$  υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$K = \frac{1}{2}mu^2 \quad (2)$$

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

$$E = U + K \quad (3)$$

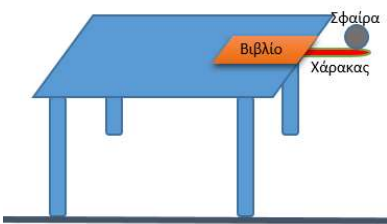
- Όταν η σφαίρα εκτελεί ελεύθερη πτώση, τη χρονική στιγμή  $t$  η μετατόπισή της  $y$  και η ταχύτητά της  $u$ , υπολογίζονται από τις εξισώσεις:

$$y = \frac{1}{2}gt^2 \quad (4) \quad u = gt \quad (5)$$

Από τις σχέσεις (4) και (5) προκύπτει ότι η ταχύτητα της σφαίρας υπολογίζεται από την εξίσωση:

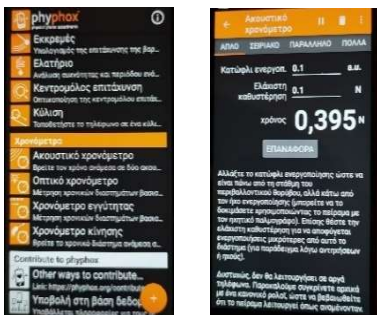
$$u = \frac{2y}{t} \quad (6)$$

### Πειραματική Διαδικασία



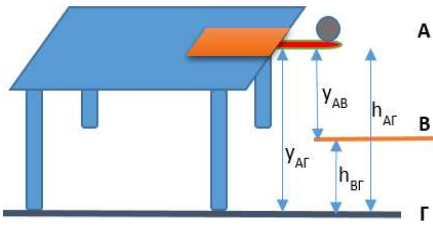
Σχήμα 1

1. Πραγματοποιήστε την πειραματική διάταξη του σχήματος 1.
2. Ανοίξτε στο smartphone την εφαρμογή Phyphox και επιλέξτε το πείραμα «Ακουστικό χρονόμετρο». Εκκινήστε την εφαρμογή και μηδενίστε το χρονόμετρο επιλέγοντας «ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ». (σχήμα 2)
3. Με ένα αντικείμενο π.χ ράβδο χτυπήστε απότομα το χάρακα οριζόντια, ώστε η σφαίρα λόγω αδράνειας να βρεθεί στον αέρα, με αποτέλεσμα να αρχίσει να πέφτει ελεύθερα. Το ακουστικό χρονόμετρο καταγράφει το χρόνο ανάμεσα στους δυο ήχους - τον πρώτο τη στιγμή που η ράβδος χτυπάει το χάρακα και το δεύτερο τη στιγμή που η σφαίρα φτάνει στο δάπεδο - ο οποίος συμπίπτει με το χρόνο της ελεύθερης πτώσης ανάμεσα στα επίπεδα Α και Γ. Σημειώστε το χρόνο που δείχνει η εφαρμογή στη στήλη 3 του Πίνακα Ι.
4. Μηδενίστε το χρονόμετρο και επαναλάβετε το πείραμα αφού τοποθετήσετε κάτω από τη σφαίρα ένα αντικείμενο, π.χ. μικρό τραπεζάκι, με ύψος περίπου το μισό σε σχέση με το ύψος του εργαστηριακού πάγκου (επίπεδο Β). Σημειώστε το χρόνο της ελεύθερης πτώσης ανάμεσα στα επίπεδα Α και Β που δείχνει το χρονόμετρο.



Σχήμα 2

**Επεξεργασία Δεδομένων**



Σχήμα 3

1. Θεωρήστε το επίπεδο Γ στο πάτωμα ως επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας, το οριζόντιο επίπεδο στο ύψος του μικρού τραπεζιού ως επίπεδο Β και το επίπεδο της αρχικής θέσης της σφαίρας ως επίπεδο Α. Μετρήστε και συμπληρώστε στη στήλη 2 του ΠΙΝΑΚΑ Ι τη μετατόπιση της σφαίρας από το επίπεδο Α στο Β και από το επίπεδο Α στο Γ.

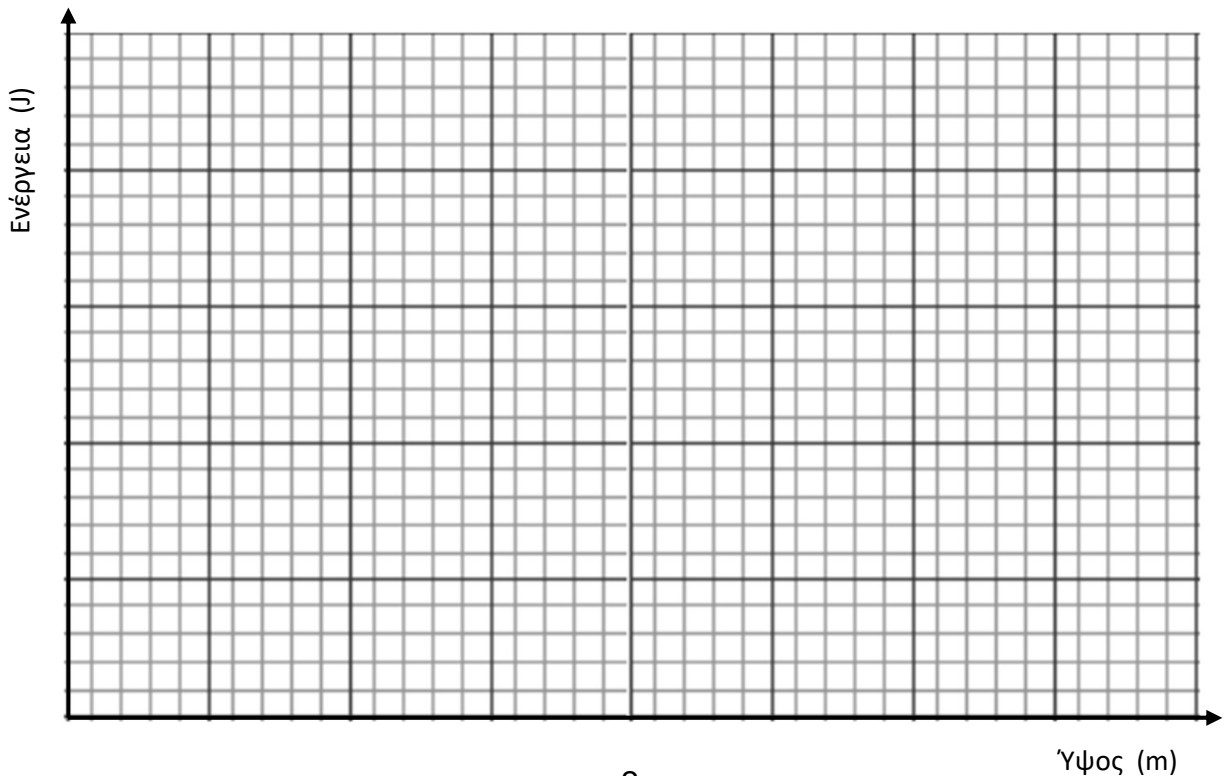
2. Υπολογίστε τη στιγμιαία ταχύτητα την οποία είχε η σφαίρα τη στιγμή που φτάνει στο ενδιάμεσο επίπεδο Β, καθώς και όταν φτάνει στο επίπεδο Γ. (στήλη 4 του ΠΙΝΑΚΑ Ι)

3. Συμπληρώστε στη στήλη 5 του ΠΙΝΑΚΑ Ι το ύψος των επιπέδων Α και Β από το επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας. (Προσέξτε ότι  $y_{AG}=h_{AG}$ )

4. Ζυγίστε το βαρίδιο ( $m=.....$ ). Υπολογίστε και συμπληρώστε τις τιμές στις υπόλοιπες στήλες του ΠΙΝΑΚΑ Ι ( $g=9.81m/s^2$ ).

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ							
1	2	3	4	5	6	7	8
Θέση σφαίρας	Μετατόπιση στην ελεύθερη πτώση $y$ (m)	Χρόνος $t$ (s)	Ταχύτητα $u=(2y)/t$ (m/s)	Ύψος από το επίπεδο αναφοράς $h$ (m)	Δυναμική ενέργεια $U=mgh$ (J)	Κινητική ενέργεια $K=1/2mu^2$ (J)	Μηχανική ενέργεια $E=U+K$ (J)
Πάνω επίπεδο (Α)	0	-	0	$h_{AG}$			
Ενδιάμεσο επίπεδο (Β)	$y_{AB}$			$h_{BG}$			
Κάτω επίπεδο (Γ)	$y_{AG}$			0			

5. Σχεδιάστε τα διαγράμματα Ενέργειας – Ύψους για τις τρεις μορφές ενέργειας  $U$ ,  $K$  και  $E$  στο ίδιο σύστημα ορθογωνίων αξόνων.



6. Υπολογίστε το σχετικό πειραματικό σφάλμα  $\sigma_{AB}\%$  μεταξύ της μηχανικής ενέργειας  $E_A$  της σφαίρας στο πάνω επίπεδο (Α) και της μηχανικής της ενέργειας  $E_B$  στο ενδιάμεσο επίπεδο (Β).

$$\sigma_{AB}\% = \frac{|E_A - E_B|}{E_A} 100\% = \dots\dots\dots$$

7. Υπολογίστε το σχετικό πειραματικό σφάλμα  $\sigma_{AG}\%$  μεταξύ της μηχανικής ενέργειας  $E_A$  της σφαίρας στο πάνω επίπεδο (Α) και της μηχανικής της ενέργειας  $E_G$  στο κάτω επίπεδο (Γ).

$$\sigma_{AG}\% = \frac{|E_A - E_G|}{E_A} 100\% = \dots\dots\dots$$

8. Πώς μεταβάλλεται η δυναμική ενέργεια και πώς η κινητική κατά τη διάρκεια της ελεύθερης πτώσης της σφαίρας;

.....  
 .....  
 .....

9. Πού οφείλονται οι διαφορές μεταξύ των τιμών  $E_A$  &  $E_B$  και των τιμών  $E_A$  &  $E_G$  της μηχανικής ενέργειας της στήλης (8) του ΠΙΝΑΚΑ Ι;

.....  
 .....  
 .....

10. Μπορείτε να ισχυριστείτε ότι (μέσα στα όρια των σφαλμάτων των πειραματικών μετρήσεων) η μηχανική ενέργεια  $E$  της σφαίρας παραμένει σταθερή κατά την πτώση της;

.....  
 .....  
 .....

Πηγές:

Ιωάννης Α. Βλάχος κ.α. Εργαστηριακός Οδηγός Φυσικής Α' ΓΕ.Λ.: Μελέτη και έλεγχος της διατήρησης της μηχανικής ενέργειας στην ελεύθερη πτώση σώματος.

Ε.Κ.Φ.Ε. Αλίμου: Μελέτη και έλεγχος της διατήρησης της μηχανικής ενέργειας στην ελεύθερη πτώση σώματος με φωτοπύλες.

Μιχαήλ Μιχαήλ, Ε.Κ.Φ.Ε. Σερρών: Μελέτη και έλεγχος της διατήρησης της μηχανικής ενέργειας στην ελεύθερη πτώση σώματος με ηλεκτρικό χρονομετρητή.

Πείραμα Ελεύθερης πτώσης με το πρόγραμμα Phyphox: <https://phyphox.org/experiment/free-fall-2/>

**ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΚΦΕ ΑΧΑΡΝΩΝ**

<b>H+ h<sub>κ</sub> μάζας * (10<sup>-2</sup>m)</b>	<b>Δt ( *10<sup>-2</sup>sec)</b>	<b>ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ Δt ( *10<sup>-2</sup>sec)</b>	<b>v=v<sub>0</sub> +g(t-t<sub>0</sub>) *10<sup>-2</sup> m/sec</b>	<b>v<sup>2</sup> x 10<sup>-4</sup> (m/sec)<sup>2</sup></b>	<b>ΔK/m (J/Kg)</b>	<b>ΔU/m (J/Kg)</b>	<b>ΔK/m / ΔU/m</b>
<b>31,2</b>	25,9						
	25,3						
	26,2						
	25,8						
		<b>25,8</b>	252,84	63928,07	<b>3,20</b>	<b>3,06</b>	1,05
<b>36,4</b>	28						
	27,9						
	28						
		<b>27,96666667</b>	274,0733333	75116,19	<b>3,76</b>	<b>3,57</b>	1,05
<b>42,6</b>	30,1						
	30,1						
	30,1						
	30						
		<b>30,075</b>	294,735	86868,72	<b>4,34</b>	<b>4,17</b>	1,04
<b>48</b>	32,5						
	32,5						
	32						
	32,6						
	32,5						
		<b>32,42</b>	317,716	100943,46	<b>5,05</b>	<b>4,70</b>	1,07

$\Delta U/m$ (J/Kg)	$\Delta K/m$ (J/Kg)
0	0
3,06	3,2
3,57	3,76
4,17	4,34
4,7	5,05

