



<http://ekfe.chi.sch.gr>

7^η - 8^η Συνάντηση

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2010

Πειράματα Φυσικής

- ✓ Υδροστατική Πίεση
- ✓ Οριζόντια Βολή
- ✓ Κεντρομόλος Δύναμη
- ✓ Υπολογισμός του g με χρήση φωτοπυλών
- ✓ Κίνηση φορτισμένου σωματιδίου εντός Ομογενούς Ηλεκτρικού Πεδίου
- ✓ Ισοροπία Ροπών
- ✓ Μέτρηση Ροπής Αδράνειας Κυλίνδρου

Ανδρέας Καρακωνσταντής
Γιάννης Γαϊσίδης
Φυσικοί

- Παρατηρώντας την εξίσωση της τροχιάς, ποιας μορφής εξίσωση ακολουθεί η τροχιά του σωματιδίου;

- Τι είδους τροχιά ακολουθεί το σωματίδιο όταν κινείται μέσα στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο;

- Με βάση το διάγραμμα που κατασκευάσατε, τι συμπέρασμα βγάζετε για τη σχέση απόκλισης – τάσης;

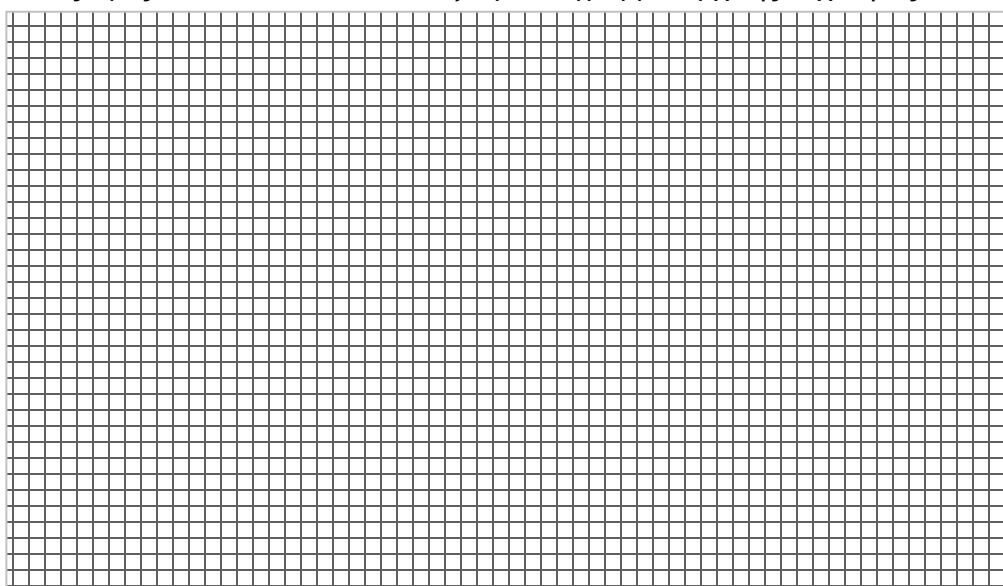
ΒΗΜΑ 3^ο

Δίνουμε στην τάση τη σταθερή τιμή 2000V.

Δίνουμε διάφορες τιμές στην αρχική ταχύτητα του σωματιδίου και καταγράφουμε στον παρακάτω πίνακα τις αντίστοιχες αποκλίσεις:

| A/A | Αρχ. Ταχύτητα σε m/s | Απόκλιση σε m |
|-----|----------------------|---------------|
| 1 | 2 | |
| 2 | 4 | |
| 3 | 6 | |
| 4 | 8 | |
| 5 | 10 | |

Με τις τιμές του πίνακα κατασκευάζουμε διάγραμμα Αρχικής ταχύτητας - Απόκλισης



- Πώς μεταβάλλεται η απόκλιση με την ταχύτητα; (Συμπληρώστε)

1) Όταν αυξάνεται η ταχύτητα, η απόκλιση

2) Όταν διπλασιάζεται η αρχική ταχύτητα, η απόκλιση

- Τι είδους καμπύλη είναι το διάγραμμα αρχ. Ταχύτητας – Απόκλισης;
-

ΒΗΜΑ 4^ο

Δίνουμε τις εξής τιμές στις παραμέτρους:

- | | |
|-------------------------------|---------------------|
| 1. Αρχ. Ταχύτητα: | 6m/s |
| 2. Κατεύθυνση αρχ. Ταχύτητας: | 30 ^ο |
| 3. Τάση: | 3000V |
| 4. Φορτίο: | -10 ⁻³ C |

Πατούμε το κουμπί «Εκτέλεση» και παρατηρούμε την τροχιά:

- Γράψτε την εξίσωση της τροχιάς.
-

- Τι είδους τροχιά ακολουθεί το σωματίδιο;
-

- Ποια είναι η απόκλιση του σωματιδίου όταν βρίσκεται στη θέση όπου $x=5m$;
-

Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις:

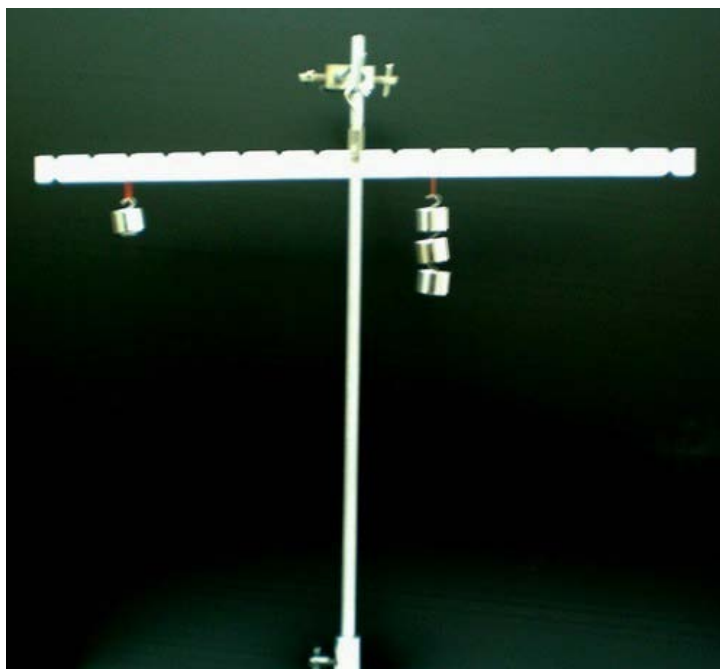
- I. Κάνετε το φορτίο θετικό και δώστε στην κατεύθυνση της αρχ. Ταχύτητας την τιμή μηδέν. Πατήστε «Εκτέλεση». Εξηγήστε γιατί η φορά της δύναμης είναι αυτή που απεικονίζεται στην εφαρμογή.
-
-

- II. Αφού πατήσετε το κουμπί της «Επαναρρύθμισης» και «Εξάλειψη Ίχνους», δώστε στην τάση την τιμή -3000V. Τι παρατηρείτε για τη φορά της δύναμης; Δώστε μία εξήγηση.
-
-

- III. Τι είδους κίνηση εκτελεί το σωματίδιο όταν εξέρχεται από το ομογενές ηλεκτρικό πεδίο και γιατί;
-
-

ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΣΤΕΡΕΩΝ (ΘΕΩΡΗΜΑ ΡΟΠΩΝ)

Εικόνα 1^η



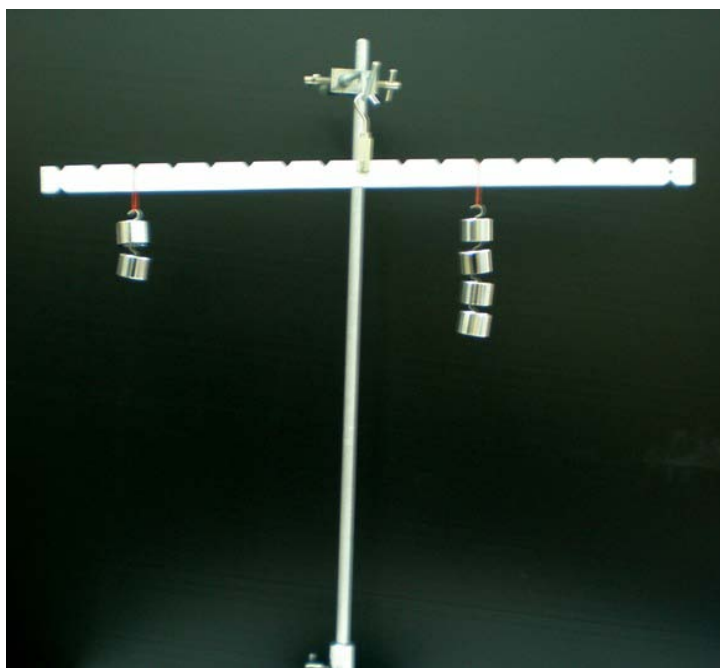
$$\tau = F \cdot \ell$$

$$\tau_1 = 1 \cdot 6 = 6$$

$$\tau_2 = 3 \cdot 2 = 6$$

$$\tau_1 - \tau_2 = 0 \Rightarrow \sum \vec{\tau} = 0$$

Εικόνα 2^η

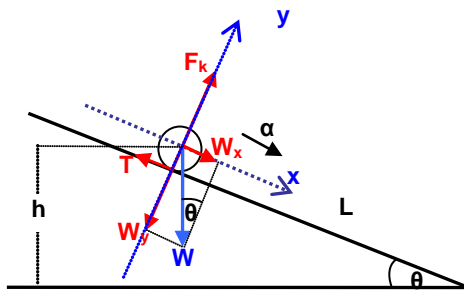


$$\tau = F \cdot \ell$$

$$\tau_1 = 2 \cdot 6 = 12$$

$$\tau_2 = 3 \cdot 4 = 12$$

$$\tau_1 - \tau_2 = 0 \Rightarrow \sum \vec{\tau} = 0$$

ΜΕΤΡΗΣΗ ΡΟΠΗΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ

$$\bullet \sum \vec{F}_x = m \cdot \vec{\alpha} \Rightarrow W_x - T = m\alpha \Rightarrow$$

$$\bullet mg \eta \mu \theta - T = m\alpha \quad (1) \quad (T = \text{στατική τριβή})$$

$$\bullet \sum \vec{\tau} = I \cdot \vec{\alpha}_{\gamma\omega\nu} \Rightarrow T \cdot R = I \cdot \alpha_{\gamma\omega\nu} \quad (2)$$

! Υποθέτουμε ότι $I = mD^2$ (3) όπου D^2 έχει διαστάσεις μήκους στο τετράγωνο (π.χ. m^2).

$$\text{Από (2) και (3)} \Rightarrow T \cdot R = mD^2 \alpha_{\gamma\omega\nu} \quad (4)$$

$$\text{Επειδή όμως} \quad \alpha = \alpha_{\gamma\omega\nu} R \Rightarrow \alpha_{\gamma\omega\nu} = \frac{\alpha}{R} \stackrel{(4)}{\Rightarrow} T = \frac{mD^2 \alpha}{R^2} \quad (5)$$

$$(1) \stackrel{(5)}{\Rightarrow} mg \eta \mu \theta - \frac{mD^2 \alpha}{R^2} = m\alpha \Rightarrow g \eta \mu \theta = \left(\frac{D^2}{R^2} + 1 \right) \cdot \alpha \Rightarrow g \frac{h}{L} = \left(\frac{D^2}{R^2} + 1 \right) \alpha \quad (6)$$

Παρατηρούμε ότι η “γραμμική επιτάχυνση” α είναι ανάλογη του h αν $L = \text{σταθ.}$ Άρα το διάγραμμα $\alpha - h$ θα είναι ευθεία γραμμή με κλίση

$$\kappa = \frac{\alpha}{h} \stackrel{(6)}{\Rightarrow} \frac{g}{L} = \left(\frac{D^2}{R^2} + 1 \right) \cdot \kappa \Rightarrow \frac{D^2}{R^2} = \frac{g}{L \cdot \kappa} - 1 \quad (7)$$

Από τη σχέση αυτή προσδιορίζεται* η D^2 και από την (3) η ροπή αδράνειας.

*Πειραματικά: για σταθερό L προσδιορίζεται η α βάσει του τύπου : $L = \frac{1}{2} \alpha \cdot t^2$ αφού μετρηθεί ο χρόνος καθόδου t . Η τιμή της I που θα βρούμε συγκρίνεται με την τιμή που προκύπτει από τον τύπο

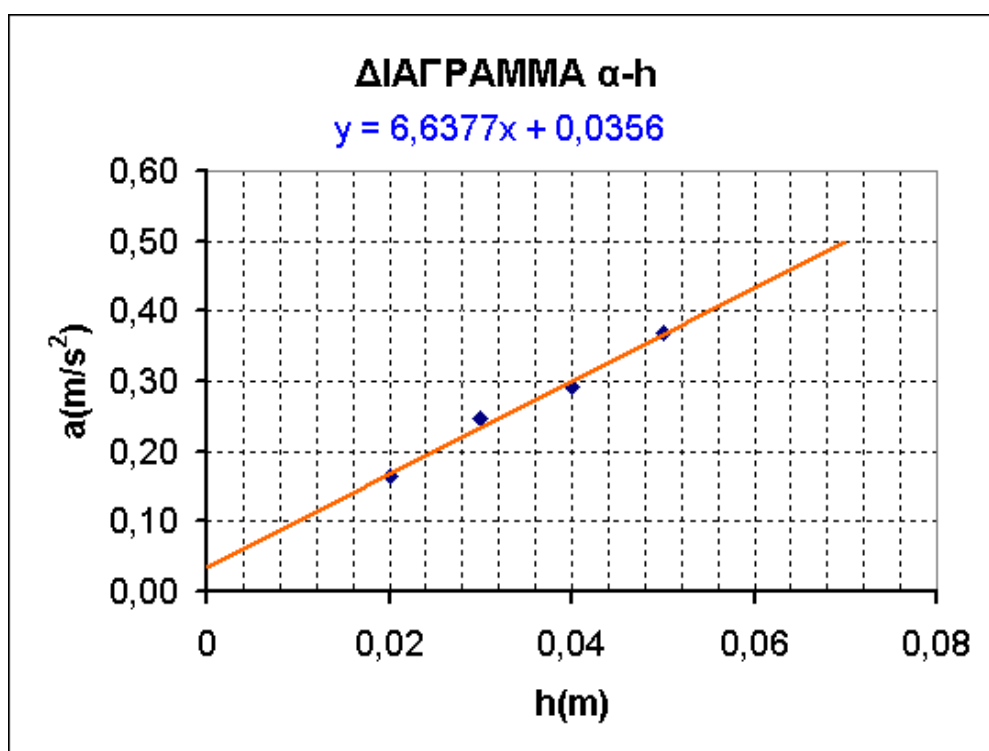
$$I = \frac{mR^2}{2}$$

Παρατήρηση: Από τις σχέσεις $I = mD^2$ και $I = \frac{1}{2} mR^2 = 0,5mR^2$ προκύπτει ότι

$D^2 = 0,5R^2$. Άρα αν το πηλίκο $\frac{D^2}{R^2}$ προσεγγίζει την τιμή 0,5 το σφάλμα είναι μικρό.

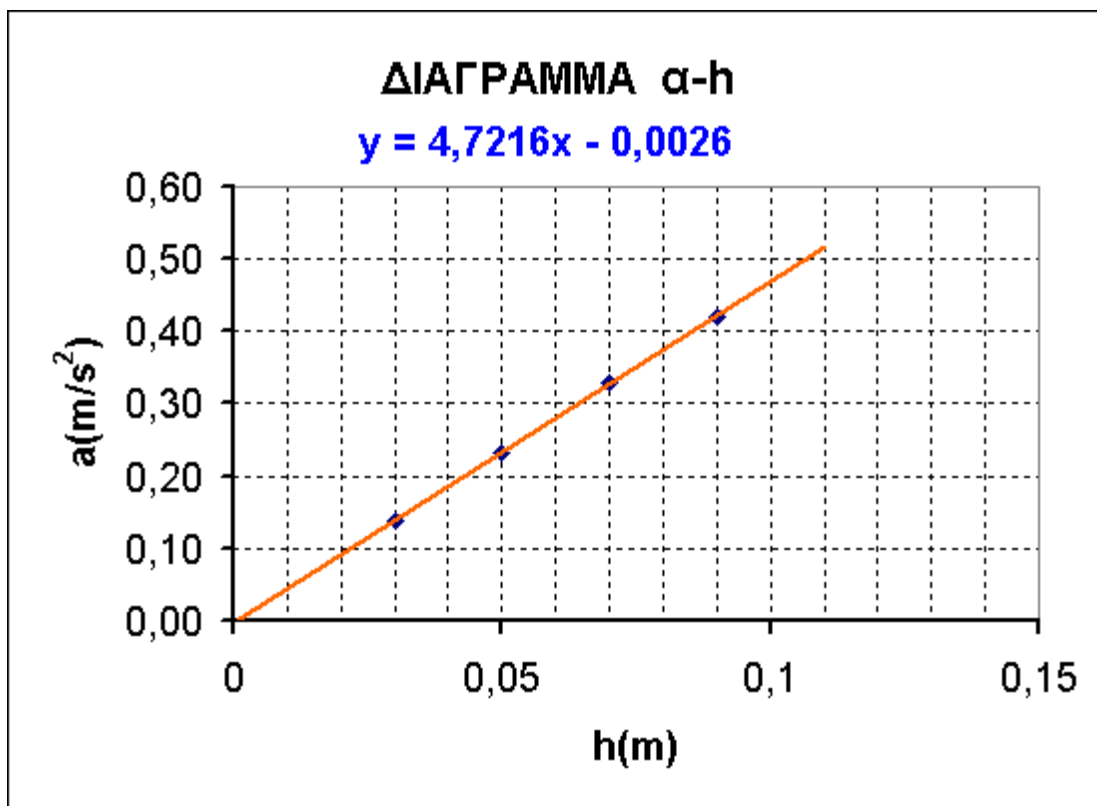
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

| Ροπή αδράνειας κυλίνδρου σε κεκλιμένο επίπεδο μήκους $L=1\text{m}$ | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|-------------------|--------------------------|
| $h(\text{m})$ | $t_1(\text{s})$ | $t_2(\text{s})$ | $t_3(\text{s})$ | $t_4(\text{s})$ | $t_5(\text{s})$ | $t(\text{s})$ | $t^2(\text{s}^2)$ | $a(\text{m}/\text{s}^2)$ |
| 0,02 | 3,5 | 3,47 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,49 | 12,21 | 0,16 |
| 0,03 | 2,78 | 2,87 | 2,87 | 2,85 | 2,87 | 2,85 | 8,11 | 0,25 |
| 0,04 | 2,53 | 2,68 | 2,5 | 2,68 | 2,72 | 2,62 | 6,87 | 0,29 |
| 0,05 | 2,35 | 2,32 | 2,28 | 2,35 | 2,32 | 2,32 | 5,40 | 0,37 |
| | | | | | | | | #ΔΙΑΙΡ/0! |



| ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ για L=1m | | | | |
|----------------------|--|-------|--------------------------------|----------|
| ΚΛΙΣΗ | | g/L*k | D ² /R ² | σφάλμα % |
| 6,6377 | | 1,48 | 0,48 | 4,4 |

| Ροπή αδράνειας κυλίνδρου σε κεκλιμένο επίπεδο μήκους L=1,4m | | | | | | | | |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|----------------------------------|----------------------|
| h(m) | t ₁ (s) | t ₂ (s) | t ₃ (s) | t ₄ (s) | t ₅ (s) | t(s) | t ² (s ²) | α(m/s ²) |
| 0,03 | 4,62 | 4,52 | 4,5 | 4,38 | 4,4 | 4,48 | 20,11 | 0,14 |
| 0,05 | 3,43 | 3,49 | 3,49 | 3,47 | 3,49 | 3,47 | 12,07 | 0,23 |
| 0,07 | 2,98 | 2,93 | 2,87 | 2,87 | 2,91 | 2,91 | 8,48 | 0,33 |
| 0,09 | 2,57 | 2,51 | 2,64 | 2,57 | 2,6 | 2,58 | 6,65 | 0,42 |
| | | | | | | #ΔΙΑΙΡ/0! | #ΔΙΑΙΡ/0! | #ΔΙΑΙΡ/0! |



| ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ για L=1,4m | | | | |
|------------------------|--|-------|--------------------------------|----------|
| ΚΛΙΣΗ | | g/L*k | D ² /R ² | σφάλμα % |
| 4,7216 | | 1,48 | 0,48 | 3,2 |

| |
|-------------------------------|
| ΠΙΝΑΚΕΣ ΓΙΑ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ |
|-------------------------------|

| Ροπή αδράνειας | | | | | | | | |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|----------------------------------|----------------------|
| h(m) | t ₁ (s) | t ₂ (s) | t ₃ (s) | t ₄ (s) | t ₅ (s) | t(s) | t ² (s ²) | α(m/s ²) |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

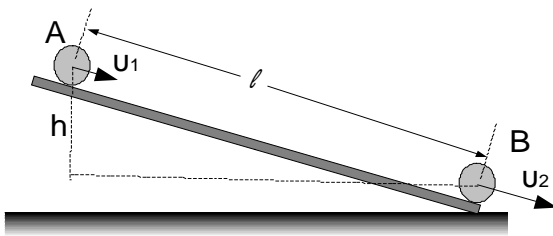
| Ροπή αδράνειας | | | | | | | | |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|----------------------------------|----------------------|
| h(m) | t ₁ (s) | t ₂ (s) | t ₃ (s) | t ₄ (s) | t ₅ (s) | t(s) | t ² (s ²) | α(m/s ²) |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| Ροπή αδράνειας | | | | | | | | |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|----------------------------------|----------------------|
| h(m) | t ₁ (s) | t ₂ (s) | t ₃ (s) | t ₄ (s) | t ₅ (s) | t(s) | t ² (s ²) | α(m/s ²) |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Άσκηση 4 του Εργαστηριακού Οδηγού Φυσικής

Προσδιορισμός της Ροπής Αδράνειας Κυλίνδρου με κύλιση σε Κεκλιμένο Επίπεδο Πολλαπλών Χρήσεων

Θεωρητική Ανάλυση της Μεθόδου



Ο κύλινδρος κυλιέται στο κεκλιμένο επίπεδο χωρίς να ολισθαίνει. Άρα ισχύει:

$$v_1 = \omega_1 \cdot r \text{ και } v_2 = \omega_2 \cdot r$$

όπου v_1 και v_2 οι μεταφορικές ταχύτητες στις θέσεις A και B αντίστοιχα και ω_1 και ω_2 οι γωνιακές ταχύτητες, ενώ r είναι η ακτίνα του κυλίνδρου.

Διατήρηση μηχανικής ενέργειας:

$$mgh + \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}I\omega_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}I\omega_2^2$$

Θέτουμε $I = mD^2$ (D με διαστάσεις μήκους) και έχουμε:

$$mgh + \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mD^2\omega_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}mD^2\omega_2^2 \Leftrightarrow gh = \frac{1}{2}(v_2^2 - v_1^2) + \frac{1}{2}D^2(\omega_2^2 - \omega_1^2)$$

$$gh = \frac{1}{2}(v_2^2 - v_1^2) + \frac{1}{2}D^2\left(\frac{v_2^2}{r^2} - \frac{v_1^2}{r^2}\right) \Leftrightarrow gh = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2}\left(1 + \frac{D^2}{r^2}\right) \quad (1)$$

$$\text{Αλλά } v_2^2 = v_1^2 + 2l\alpha \Leftrightarrow v_2^2 - v_1^2 = 2l\alpha \quad (2)$$

Με αντικατάσταση της (2) στην (1):

$$gh = l\alpha\left(1 + \frac{D^2}{r^2}\right) \Leftrightarrow \alpha = \frac{g}{\left(1 + \frac{D^2}{r^2}\right)l} h \quad (3)$$

Από την (3) προκύπτει ότι η επιτάχυνση του κυλίνδρου είναι ανάλογη του h . Επομένως από την κλίση της

καμπύλης $\alpha=f(h)$, που είναι $\kappa = \frac{g}{\left(1 + \frac{D^2}{r^2}\right)l}$, μπορούμε να υπολογίσουμε το D και κατόπιν την ροπή

αδράνειας.

Άρα, στο πείραμά μας θα πρέπει να πάρουμε για διάφορες τιμές του h , τις τιμές της επιτάχυνσης a . Αυτό πραγματοποιείται μέσω μετρήσεων των χρόνων διέλευσης του κυλίνδρου από τις δύο φωτοπύλες (F1), οπότε υπολογίζουμε τις ταχύτητες v_1 και v_2 , και του χρόνου t (F2) μεταξύ των σημείων A και B, οπότε με

βάση τη σχέση $a = \frac{v_2 - v_1}{t}$, υπολογίζουμε την επιτάχυνση.

Εκτέλεση του Πειράματος

- Στερεώνουμε στον εργαστηριακό πάγκο με σφυγκτήρες τη διάταξη του κεκλιμένου επιπέδου πολλαπλών χρήσεων. Οριζοντιώνουμε το μεταλλικό επίπεδο κύλισης με τη βοήθεια αεροστάθμης.
- Μηδενίζουμε το ηλεκτρονικό μικρόμετρο που είναι ενσωματωμένο στη διάταξη.
- Μετράμε και καταγράφουμε το l . ($l=AB$ =η απόσταση μεταξύ των δύο φωτοπυλών)
- Μετράμε και καταγράφουμε τη διάμετρο του κυλίνδρου (d)
- Δίνουμε κλίση στο επίπεδο κύλισης του κυλίνδρου. Με το ηλεκτρονικό μικρόμετρο μετράμε το H (βλ. εικόνα του φυλλαδίου οδηγιών της συσκευής) και υπολογίζουμε το ημίτονο της γωνίας του κεκλιμένου επιπέδου: $\eta\mu\phi = \frac{H}{0,365}$
- Υπολογίζουμε το h : $h = l \cdot \eta\mu\phi = l \cdot \frac{H}{0,365}$ και καταγράφουμε την τιμή του.
- Θέτουμε τη συσκευή καταγραφής των χρόνων στη κλίμακα F1. Από την άνω άκρη του κεκλιμένου επιπέδου αφήνουμε να κυλίσει ο μεταλλικός κύλινδρος και καταγράφουμε τους δύο χρόνους, t_1 και t_2 , διέλευσής του από τις φωτοπύλες. Από τις σχέσεις $v_1 = \frac{d}{t_1}$ και $v_2 = \frac{d}{t_2}$ υπολογίζουμε τις ταχύτητες στις θέσεις A και B.
- Επαναλαμβάνουμε την κίνηση του κυλίνδρου καταγράφοντας τώρα, στην κλίμακα F2, το χρόνο κύλισης t μεταξύ των δύο σημείων A και B.
- Από τη σχέση $a = \frac{v_2 - v_1}{t}$ υπολογίζουμε την επιτάχυνση που αντιστοιχεί στην κλίση που δώσαμε στο επίπεδο κύλισης.
- Επαναλαμβάνουμε την ανωτέρω διαδικασία από το 5ο βήμα και πέρα και παίρνουμε πίνακα τιμών, την καμπύλη h - a