

Εργαστηριακές Ασκήσεις Φυσικής

Γ' Λυκείου: α. υπολογισμός της ροπής αδράνειας συμπαγούς κυλίνδρου
β. υπολογισμός της ροπής αδράνειας κοίλου κυλίνδρου

Επιμέλεια-Παρουσίαση: Ευάγγελος Κουντούρης
Φυσικός, Υπεύθυνος του Εργαστηριακού Κέντρου

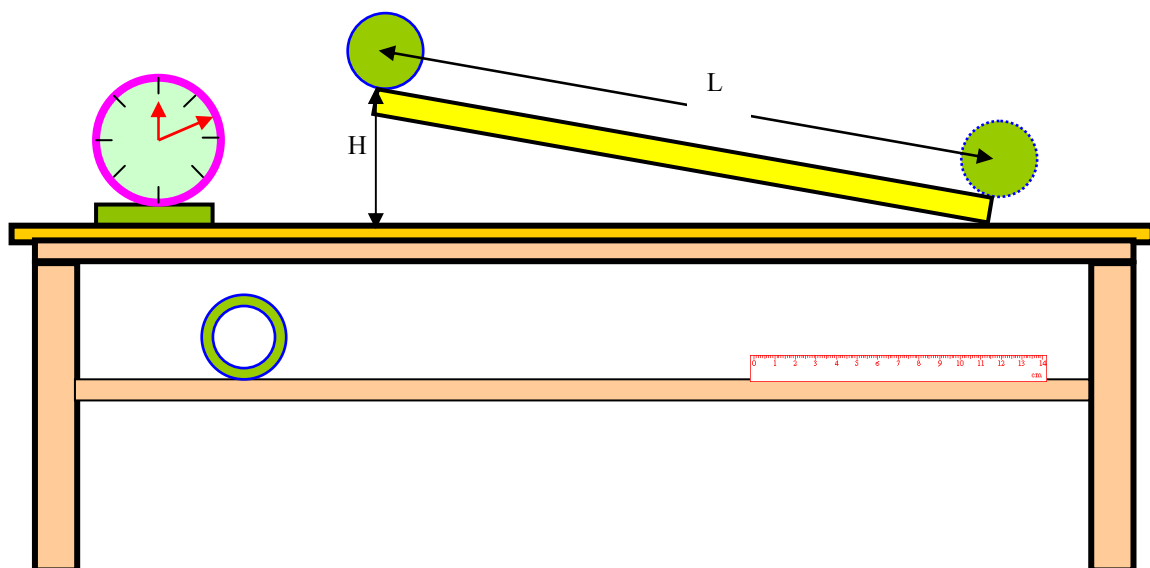
03/02/2010

Απαραίτητα όργανα και υλικά

κατάλληλη σανίδα
(ή τριβόμετρο ή οδηγός κύλισης ή
εργαστηριακός πάγκος με ανυψωτικό
γρύλλο)
συμπαγής κύλινδρος
κοίλος κύλινδρος

ζυγαριά
χρονόμετρο
χάρακας
παχύμετρο
αλφάδι
υποστηρίγματα

Πειραματική διάταξη



Βασικές σχέσεις

$$\alpha = 2L/t^2$$

$$\alpha = kh$$

$$k = g/L(1 + D^2/R^2)$$

$$I = mD^2$$

$$I_c = 1/2mR^2$$

$$I_k = 1/2m(R^2 + r^2)$$

Γ' Λυκείου: α. υπολογισμός της ροπής αδράνειας συμπαγούς κυλίνδρου
β. υπολογισμός της ροπής αδράνειας κοίλου κυλίνδρου

Εκτέλεση του πειράματος

1. μετράμε το μήκος L και το πάχος δ της σανίδας καθώς και τη μάζα m_{σ} του συμπαγούς και m_{κ} του κοίλου κυλίνδρου
2. μετράμε τη διάμετρο D_{σ} του συμπαγούς κυλίνδρου καθώς και την εξωτερική και την εσωτερική διάμετρο D_{κ} και d_{κ} του κοίλου κυλίνδρου και υπολογίζουμε τις αντίστοιχες ακτίνες
3. οριζοντιώνουμε τον εργαστηριακό πάγκο και τοποθετούμε με κάποια (μικρή) κλίση πάνω του τη σανίδα, φροντίζοντας ώστε η κύρια τομή του κεκλιμένου επιπέδου που σχηματίζεται να είναι κατακόρυφη και μετράμε το ύψος H ,
4. αφήνουμε ελεύθερο (δύο τουλάχιστον φορές) διαδοχικά τον συμπαγή και τον κοίλο κύλινδρο να κινηθεί από το ανώτερο άκρο της σανίδας και μετράμε τον χρόνο που χρειάζεται για να διανύσει όλο το μήκος της
5. επαναλαμβάνουμε την προηγούμενη διαδικασία για διάφορες τιμές του ύψους H
6. υπολογίζουμε σε κάθε περίπτωση το ύψος h , τη μέση τιμή του χρόνου κίνησης και την επιτάχυνση κάθε κυλίνδρου
7. σχεδιάζουμε στο ίδιο διάγραμμα (για λόγους σύγκρισης) τις ευθείες $a=f(h)$ για τους δύο κυλίνδρους και υπολογίζουμε τις κλίσεις τους
8. προσδιορίζουμε την τιμή της παράστασης $1+D^2/R^2$ και από αυτή την ποσότητα D^2 για κάθε κύλινδρο
9. υπολογίζουμε τη ροπή αδράνειας κάθε κυλίνδρου

Παρατηρήσεις

- για να κυλίσουν οι κύλινδροι χωρίς να ολισθαίνουν, αλλά και χωρίς να κάνουν “γκελ” δεν πρέπει η επιφάνεια της σανίδας να είναι λεία και η κλίση της πολύ μεγάλη
- για να μειώσουμε τα σχετικά σφάλματα μέτρησης των χρόνων πρέπει τα ύψη h να είναι μικρά και η σανίδα μεγάλου μήκους
- η κλίση της σανίδας δεν πρέπει να είναι πολύ μικρή διότι γίνεται σημαντική η τριβή κυλίσεως
- η κλίση της σανίδας δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλη διότι γίνεται σημαντική η αντίσταση του αέρα
- η επιτάχυνση της βαρύτητας θεωρείται ίση με 9.80m/s^2

Ενδεικτικές τιμές **μετρήσεων** και ... **υπολογισμών**

$L=82\text{cm}$	$\delta=9.2\text{mm}$
-----------------	-----------------------

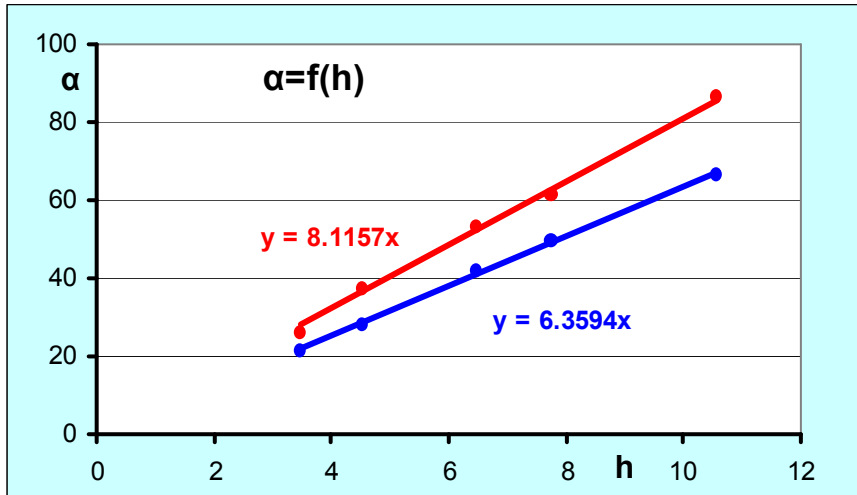
$m_{\sigma}=49.3\text{gr}$	$m_{\kappa}=49.9\text{gr}$
----------------------------	----------------------------

$D_{\sigma}=19.8\text{mm}$	$R_{\sigma}=9.9\text{mm}$	$D_{\kappa}=41.6\text{mm}$	$d_{\kappa}=37.2\text{mm}$	$R_{\kappa}=20.8\text{mm}$	$r_{\kappa}=18.6\text{mm}$
----------------------------	---------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

$H(\text{mm})$	$h(\text{cm})$	συμπαγής				κοίλος			
		$t_1(\text{s})$	$t_2(\text{s})$	$t(\text{s})$	$a(\text{m/s}^2)$	$t_1(\text{s})$	$t_2(\text{s})$	$t(\text{s})$	$a(\text{m/s}^2)$
43.9	3.5	2.50	2.52	2.51	26.0	2.76	2.82	2.79	21.3
54.6	4.5	2.13	2.06	2.10	37.4	2.39	2.46	2.43	28.2
74.1	6.5	1.72	1.79	1.76	53.2	1.97	2.01	1.99	41.9
86.8	7.8	1.61	1.65	1.63	61.7	1.81	1.84	1.83	49.8
114.8	10.6	1.38	1.37	1.38	86.7	1.59	1.56	1.58	66.9

Γ' Λυκείου: α. υπολογισμός της ροπής αδράνειας συμπαγούς κυλίνδρου
β. υπολογισμός της ροπής αδράνειας κοίλου κυλίνδρου

Διαγράμματα



συμπαγής κοίλος	$k \text{ s}^{-2}$	$1+D^2/R^2$	$D^2 \text{ cm}^2$	$I \text{ gcm}^2$
	8.12	1.47	0.47	23
	6.36	1.88	3.80	190

Εναλλακτικές προτάσεις

1. θέτουμε $D^2 = \lambda R^2$ οπότε η κλίση δίνεται από τη σχέση:

$$k = g / (1 + \lambda) L$$

και αφού βρούμε από το διάγραμμα την τιμή της, προσδιορίζουμε την τιμή του λ :

συμπαγής κοίλος	$k \text{ s}^{-2}$	$1+\lambda$	λ
	8.12	1.473	0.473
	6.36	1.879	0.879

(η θεωρητική τιμή του λ είναι **0.500** για τον συμπαγή και **0.894** για τον κοίλο άρα το σχετικά σφάλματα είναι **5%** και **2%** αντίστοιχα)

οπότε αποφεύγουμε τη μέτρηση της μάζας του συμπαγούς και του κοίλου κυλίνδρου και της ακτίνας του συμπαγούς

2. αφήνουμε ταυτόχρονα να κινηθούν από κάποιες θέσεις πάνω στη σανίδα:

- δύο διαφορετικοί συμπαγείς κύλινδροι
- ένας συμπαγής και ένα κοίλος κύλινδρος με ίσες, περίπου, μάζες και παρατηρούμε την μεταξύ τους απόσταση με το πέρασμα του χρόνου

Απόδειξη του τύπου της ροπής αδράνειας κοίλου κυλίνδρου ύψους ν

$$I_k = 1/2 m_R R^2 - 1/2 m_r r^2 = 1/2 \rho \pi R^2 \nu R^2 - 1/2 \rho \pi r^2 \nu r^2 = 1/2 \rho \pi \nu (R^4 - r^4) = 1/2 \rho \pi \nu (R^2 - r^2)(R^2 + r^2) = 1/2 m (R^2 + r^2)$$

Υπολογισμός της θεωρητικής τιμής του συντελεστή λ

- συμπαγούς κυλίνδρου: $mD^2 = 1/2 m R^2$ ή $\lambda m R^2 = 1/2 m R^2$ ή $\lambda = 1/2$
άρα η τιμή είναι ίδια για όλους του κυλίνδρους ανεξάρτητα από τη μάζα και την ακτίνα τους
- κοίλου κυλίνδρου: $mD^2 = 1/2 m (R^2 + r^2)$ ή $\lambda m R^2 = 1/2 m (R^2 + r^2)$ ή $\lambda = 1/2 (1 + (r/R)^2)$
άρα η τιμή δεν εξαρτάται από τη μάζα του κυλίνδρου· εξαρτάται μόνο από το πηλίκο της εσωτερικής προς την εξωτερική του ακτίνα· όταν αυτό το πηλίκο γίνεται μηδέν η τιμή είναι 0.5 (ο κύλινδρος είναι τότε συμπαγής) και όταν το πηλίκο γίνεται 1 η τιμή είναι 1 (ο κύλινδρος είναι τότε κυλινδρικός φλοιός)

**Γ' Λυκείου: α. υπολογισμός της ροπής αδράνειας συμπαγούς κυλίνδρου
β. υπολογισμός της ροπής αδράνειας κοίλου κυλίνδρου**