Μέτρηση Ροπής Αδράνειας Σφαίρας

Με χρήση φωτοπυλών

Διάρκεια: Μία διδακτική ώρα + επεξεργασία στο σπίτι

Είδος: Μετωπικό εργαστήριο – συνδυασμός με θεωρία

Βαθμός δυσκολίας: Η διάταξη θέλει *ακρίβεια* στο στήσιμο. Η εκτέλεση της άσκησης και η εφαρμογή της θεωρίας είναι *μέτριας* δυσκολίας.

1. Σκοπός:

Εφαρμογή της θεωρίας του 4ου Κεφ. Φυσικής κατεύθυνσης Γ' Λυκείου, (Μηχανική στερεού σώματος) σε ένα μετωπικό πείραμα, ώστε να γίνει σύνδεση με τον πραγματικό κόσμο.

2. Προσδοκώμενα αποτελέσματα -στόχοι

- Η κατανόηση του ρόλου των δυνάμεων στην κίνηση του σώματος. (*ερωτήσεις Β1-Β4*)
- Η *εφαρμογή* της θεωρίας (εξισώσεις κίνησης - θεμελιώδης νόμος μηχανικής) σε ένα πραγματικό πρόβλημα. (*ερωτήσεις - δραστηριότητες Γ,Δ*)
- Η χρήση της θεωρίας για την *επίλυση* ενός πραγματικού προβλήματος όπως ο "Υπολογισμός της ροπής αδράνειας συμπαγούς σφαίρας". (*δραστηριότητα Ε*)
- Η ανάδειξη της χρησιμότητας εργαστηριακών τεχνικών όπως η επανάληψη της διαδικασίας και η κατασκευή διαγραμμάτων (*δραστηριότητες Ε, Στ*)

3. Θεωρία:

- Η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα επηρεάζει την μεταφορική του κίνηση σύμφωνα με τον θεμελιώδη νόμο της μηχανικής: $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}_{cm}$.

  Αντίστοιχα, η στροφική κίνηση επηρεάζεται από την συνισταμένη ροπή: $\Sigma \vec{\tau}_{cm} = I_{cm} \cdot \vec{a}_{\gamma\omega\nu}$

- Όταν μία σφαίρα κυλάει, οι σχέσεις που συνδέουν την μεταφορική (υcm) και την γωνιακή (ω) ταχύτητα και τις αντίστοιχες επιταχύνσεις, είναι:

$$\upsilon_{cm} = \omega \cdot R \quad \& \quad \alpha_{cm} = \alpha_{\gamma\omega\nu} \cdot R$$

- Κατά την ελεύθερη κύλιση της σφαίρας στο κεκλιμένο επίπεδο, η μοναδική δύναμη που της ασκεί ροπή είναι η στατική τριβή καθώς το βάρος ασκείται στο κέντρο μάζας της.
- Η ροπή αδράνειας συμπαγούς σφαίρας μάζας m και ακτίνας R, δίνεται από την σχέση $I = \frac{2}{5} m \cdot R^2$ ή αλλιώς $I = \lambda \cdot m \cdot R^2$ όπου $\lambda = 2/5$.

4. Διάταξη – Υλοποίηση:

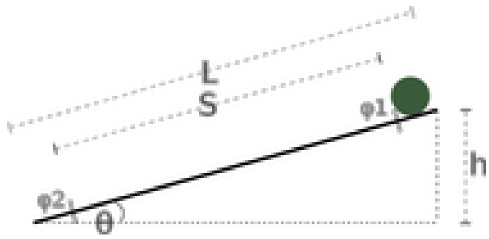
- <u>*Κεκλιμένο επίπεδο*</u> *με ράβδους*, της σειράς οργάνων μηχανικής

- *Σφαιρική μάζα*. Τη μάζα την ζυγίζουμε με τον *ηλεκτρονικό ζυγό* ενώ την διάμετρο/ακτίνα την μετράμε με το *παχύμετρο* (Τις μετρήσεις μπορεί να τις έχει ήδη κάνει ο διδάσκοντας, για οικονομία χρόνου).
- *Δύο φωτοπύλες* (στην αρχή και το τέλος του επιπέδου, σε ορισμένη απόσταση S μεταξύ τους). Τις συνδέουμε στο χρονόμετρο τους και το ρυθμίζουμε σε κατάσταση λειτουργίας 2 (F2).
- Στο κεκλιμένο επίπεδο προσαρμόζουμε τον *ηλεκτρονικό μετρητή απόστασης* τον οποίο «μηδενίζουμε» εκεί όταν επίπεδο είναι οριζόντιο (το ελέγχουμε με ένα *αλφάδι*).

  Από την αρχική οριζόντια θέση ανασηκώνουμε λίγο (π.χ. *h = 10mm*) ώστε να δημιουργηθεί κεκλιμένο επίπεδο.

Εικ 1: Οριζοντίωση επιπέδου, φωτοπύλες, ψηφιακός μετρητής

- Η σφαίρα που χρησιμοποιούμε, αφήνεται να κυλίσει ακριβώς πριν από την πρώτη φωτοπύλη έως την δεύτερη, ώστε να θεωρήσουμε ότι εκτελεί κίνηση χωρίς αρχική ταχύτητα.
- Για τον υπολογισμό του ημιτόνου της γωνίας κλίσης του επιπέδου χρησιμοποιούμε το μήκος του L και την ανύψωσή του h.



5. Διαδικασία

- Αρχικά οι μαθητές μετρούν τον χρόνο κίνησης της σφαίρας ανάμεσα στις δύο φωτοπύλες, εφαρμόζουν την εξίσωση κίνησης και υπολογίσουν την επιτάχυνση α_{CM}, για διάφορες τιμές ύψους h.
- Φτιάχνουν το διάγραμμα της επιτάχυνσης συναρτήσει του ύψους.
- Η επιτάχυνση είναι ανάλογη του ύψους h από το οποίο αφήνουμε την σφαίρα, σύμφωνα με την εξίσωση: $\alpha_{cm}=\dfrac{m\cdot g}{\left(\dfrac{I}{R^2}+m\right)L}h$ ή $\alpha_{cm}=\dfrac{g}{(\lambda+1)L}h$.

  Έτσι από την κλίση του διαγράμματος μπορούν να υπολογίσουν την ροπή αδράνειας *I* (ή τον συντελεστή *λ*).
- Γίνεται σύγκριση του αποτελέσματος της μέτρησης με την προβλεπόμενη θεωρητική τιμή και σχολιασμός. (Π.χ. σφάλματα, η σφαίρα δεν κυλάει σε επίπεδο αλλά ακουμπάει στις δύο ράβδους...)
- Γίνεται σχολιασμός της χρησιμότητας του διαγράμματος στους υπολογισμούς (π.χ. σε σχέση με μία απλή μέτρηση του χρόνου και εφαρμογή της παραπάνω εξίσωσης).

Παρατηρήσεις:

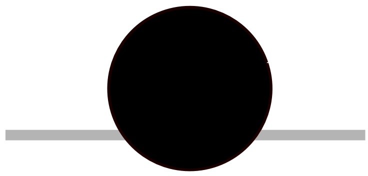
A. Τα μέρη της μαθηματικής επεξεργασίας μπορούν να δοθούν στους μαθητές ως εργασία στο σπίτι. Για τον λόγο αυτό αναγράφονται στο φύλλο εργασίας κάποιες έτοιμες εξισώσεις.

Β. Οι σφαίρες πρέπει να αφήνονται να κυλήσουν ακριβώς πριν την πρώτη φωτοπύλη (να τέμνουν οριακά την δέσμη της πρώτης φωτοπύλης), ώστε η αρχική ταχύτητα να θεωρείται μηδέν. Έτσι η πρώτη φωτοπύλη πρέπει να τοποθετηθεί κατάλληλα, ανάλογα με την διάμετρο της σφαίρας.

Γ. Η άσκηση μπορεί να γίνει και ως επίδειξης (...δεν συστήνεται), με μία διάταξη στην θέση του διδάσκοντα όπου εναλλάσσονται μαθητές για τις μετρήσεις. Σε αυτή την περίπτωση καταχωρούνται οι ίδιες μετρήσεις από όλους τους μαθητές.

Δ. Η κίνηση ανάμεσα στις φωτοπύλες θα πρέπει (για κάθε τιμή του ύψους) να επαναλαμβάνεται 2-3 φορές και να λαμβάνεται η μέση τιμή των μετρήσεων.

Ε. Όσο μεγαλύτερη είναι η σφαίρα που εκτελεί την κίνηση, τόσο κοντινότερο είναι το αποτέλεσμα για τη ροπή αδράνειας, στη θεωρητική τιμή (καθώς μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα η "βύθιση" της ανάμεσα στις ράβδους του κεκλιμένου επιπέδου). Στο φύλλο εργασίας που ακολουθεί **έχουμε θεωρήσει ότι η σφαίρα εφάπτεται στην περιφέρεια της, δηλαδή R = r**.



Ωστόσο, με την παραπάνω θεώρηση εισάγουμε ένα συστηματικό σφάλμα, το οποίο μπορεί να συζητηθεί στο πλαίσιο μιας άσκησης αυξημένης δυσκολίας.

ΣΤ. Με δεδομένο ότι το διάγραμμα είναι βασικό "εργαλείο" εκτέλεσης της άσκησης, είναι σκόπιμο να γίνει σε χαρτί millimetre ή να χρησιμοποιηθεί κατάλληλο λογισμικό διαγραμμάτων (π.χ. LibreOffice-Calc, MS Excel).

Μαθηματική επεξεργασία

- Εξίσωση μετατόπισης στην μεταφορική κίνηση (χωρίς αρχική ταχύτητα):

$$S=\frac{1}{2}\alpha_{cm}\cdot\Delta t^2\Rightarrow\alpha_{cm}=\frac{2S}{\Delta t^2} \quad (1)$$

- Θεμελιώδης νόμος μηχανικής

(μεταφορική κίνηση) $\Sigma F=m\cdot g\cdot\eta\mu\theta-T=m\cdot\alpha_{cm}$ (2)

(στροφική κίνηση) $\Sigma\tau=T\cdot R=I\cdot\alpha_{\gamma\omega\nu}$ (3)

- Κύλιση σφαίρας: $\upsilon_{cm}=\omega\cdot R\Rightarrow\alpha_{cm}=\alpha_{\gamma\omega\nu}\cdot R$ (4)

- Από (3) & (4) : $T=\frac{I\cdot\alpha_{cm}}{R^2}$ και από την (2), θέτοντας $\eta\mu\theta=\frac{h}{L}$:

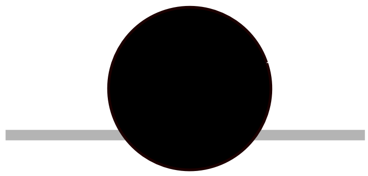
$$\frac{m\cdot g\cdot h}{L}=\left(\frac{I}{R^2}+m\right)\alpha_{cm}\Rightarrow\alpha_{cm}=\frac{m\cdot g}{\left(\frac{I}{R^2}+m\right)L}h \quad (5)$$

Μάλιστα, αν θεωρήσουμε για την ροπή αδράνειας $I=\lambda\cdot m\cdot R^2$ *η προηγούμενη παίρνει την απλή μορφή (ανεξάρτητη της μάζας και της ακτίνας της σφαίρας):*

$$\alpha_{cm}=\frac{g}{(\lambda+1)L}h \quad (6)$$

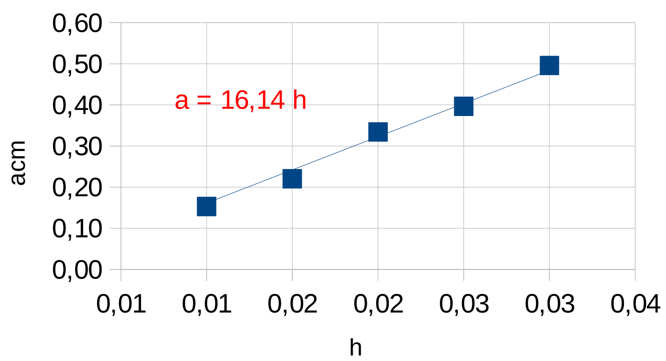
- Στην περίπτωση που θέλουμε να λάβουμε υπόψιν την επαφή της σφαίρας με τις <u>δύο</u> ράβδους (και όχι κύλιση σε <u>επίπεδο</u>), ισχύει:

$\alpha_{cm}=\alpha_{\gamma\omega\nu}\cdot r$ (σχήμα)



Έτσι εμφανίζεται ο παράγοντας R/r: $\alpha_{cm}=\frac{g}{\left(\lambda\cdot\left(\frac{R}{r}\right)^2+1\right)L}h$

Ενδεικτικές μετρήσεις:



Μετρήσεις άσκησης υπολογισμού ροπής αδράνειας				
S(m)	L(m)	h(m)	Δt(s)	acm = 2S/Δt2
0,3	0,38	0,01	1,98	0,15
		0,015	1,65	0,22
		0,02	1,34	0,33
		0,025	1,23	0,40
		0,03	1,1	0,50

λ' = 0,44 (χωρίς διόρθωση, θεωρώντας R=r δηλ. κίνηση σε επίπεδο)

λ=0,39 (έχοντας λάβει υπόψιν τη διόρθωση R/r)

I' = 3,45 g.cm^2 & **I = 3,06 g.cm^2** αντίστοιχα.

Μέτρηση Ροπής Αδράνειας Σφαίρας: Φύλλο Εργασίας

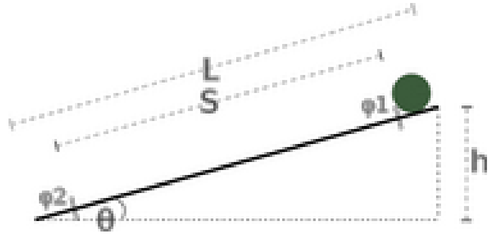
Ονοματεπώνυμο ………

Τμήμα……………….

Α. Στο κεκλιμένο επίπεδο:

Α.1. μέτρησε την απόσταση των δύο φωτοπυλών S καθώς και το μήκος του κεκλιμένου επιπέδου L

S= ………… L= …………



Α.2. μέτρησε το ύψος h με την βοήθεια του ψηφιακού μετρητή.

h = ……………………………………..

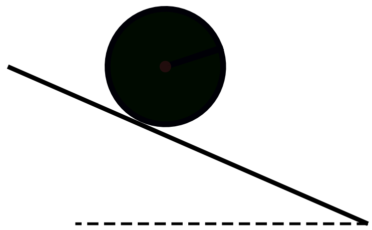
Α.3. Η μάζα και η ακτίνα της σφαίρας:

Μάζα m = ……………… και ακτίνα R = ………………

Β. Άφησε τη σφαίρα να κυλήσει από την μία φωτοπύλη στη άλλη και σημείωσε την ένδειξη του χρονομέτρου:

Δt: ………………………………………………………………

Β.1. Σχεδίασε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα κατά την κίνηση του. Ποιος είναι ο ρόλος της κάθε μίας;



…………………………………………………………………………………………

…………………………………………………………………………………………

…………………………………………………………………………………………

Β.2. Τι είδους μεταφορική κίνηση εκτελεί το σώμα; Αιτιολόγησε.

………………………………………………………………………………………… ………………………………………………

………………………………………………………………………………………… ………………………………………………

Β.3. Τι είδους στροφική κίνηση εκτελεί το σώμα; Αιτιολόγησε.

………………………………………………………………………………………… ………………………………………………

………………………………………………………………………………………… ………………………………………………

Β.4. Σε ποια περίπτωση θεωρείς ότι το σώμα θα ξεκινούσε ολισθαίνοντας; Εξήγησε συνοπτικά.

……

……

Γ. Το μήκος S που διανύει η σφαίρα ανάμεσα στις φωτοπύλες, συνδέεται με τη αντίστοιχη μεταφορική επιτάχυνση με την σχέση (...εξισώσεις κίνησης):

S = ... (θεώρησε την αρχική ταχύτητα μηδέν).

- Χρησιμοποιώντας την προηγούμενη εξίσωση, τις τιμές μήκους S και h (Α.1, Α.2) καθώς και την τιμή του χρόνου που μέτρησες (Β) και συμπλήρωσε την πρώτη γραμμή του πίνακα.
- Επανέλαβε τις μετρήσεις για 3-4 διαφορετικές τιμές ύψους, (αυξάνοντας κατά 5mm), και συμπλήρωσε τις υπόλοιπες τιμές του πίνακα.

h(mm)	Δt(s)	$a_{cm} = 2S/\Delta t^2$

Δ. Εφάρμοσε τον Θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής για την μεταφορική και την στροφική κίνηση που κάνει το σώμα (σύμφωνα με τις δυνάμεις που δέχεται).

....

....

Δ.1. Ποια σχέση συνδέει τα μέτρα της γωνιακής επιτάχυνσης $\alpha_{\gamma\omega\nu}$ και της επιτάχυνση κέντρου μάζας α_{cm};

....

Δ.2. Συνδυάζοντας τις προηγούμενες, θα πρέπει να καταλήξεις στην σχέση που συνδέει την επιτάχυνση του κέντρου μάζας του σώματος (α_{cm}) με το ύψος h (*Παρατήρηση: Οι τριγωνομετρικοί αριθμοί των γωνιών εκφράζονται συναρτήσει των L, h*).

$$a_{cm}=\frac{m\cdot g}{(\frac{I}{R^2}+m)\cdot L}\cdot h$$

....

....

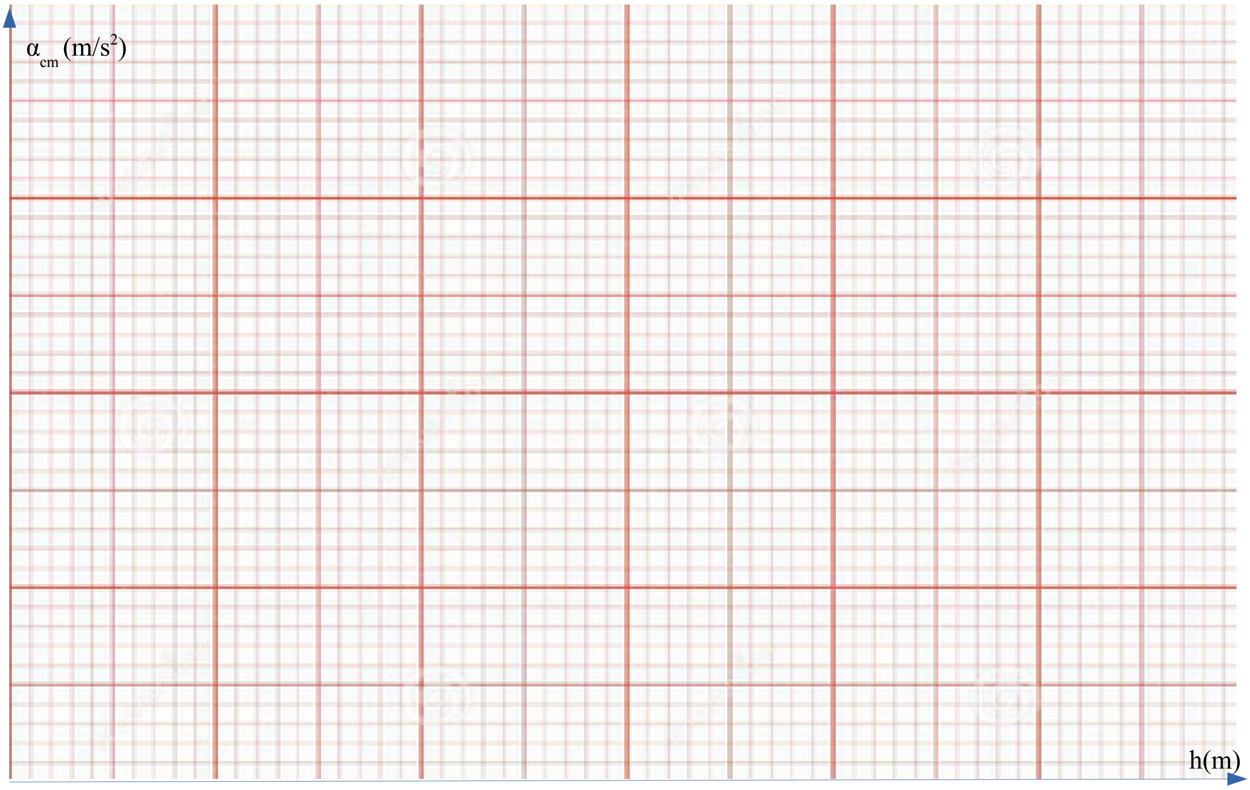
....

....

- Η προηγούμενη σχέση γράφεται και ως $\alpha_{cm}=A\cdot h$ όπου $A=\frac{m\cdot g}{(\frac{I}{R^2}+m)\cdot L}$ (I) [1].

1 Αν θεωρήσουμε ότι $I = \lambda.m.R^2$ όπου $0<\lambda\leq 1$, η εξίσωση της κλίσης γίνεται πολύ απλή: $A = g/(\lambda+1)L$, ανεξάρτητη της μάζας και της ακτίνας της σφαίρας.

Ε. Με την βοήθεια των τιμών του πίνακα που συμπλήρωσες, φτιάξε το διάγραμμα $\alpha_{cm} - h$ στο παρακάτω σύστημα αξόνων.



- Υπολόγισε, με την **βοήθεια του διαγράμματος και της προηγούμενης εξίσωσης (Ι) για την κλίση**, την ροπή αδράνειας της σφαίρας.

……

……

……

……

……

……

ΣΤ. Ποια είναι η τιμή της ροπής αδράνειας της σφαίρας (μάζας m και ακτίνας R που μέτρησες), σύμφωνα με την θεωρία;

………

- Που θα μπορούσε να οφείλεται η απόκλιση μετρούμενης – θεωρητικής τιμής κατά την γνώμη σου;

  ………

  ………

- Ο προηγούμενος υπολογισμός θα μπορούσε να γίνει με την χρήση μόνο της πρώτης μέτρησης, (χωρίς την χρήση του διαγράμματος). Πιστεύεις ότι η χρήση του διαγράμματος βοήθησε ώστε να έχουμε ακριβέστερο αποτέλεσμα;

  ………

  ………

  ………

  ………

Μέτρηση Ροπής Αδράνειας Κυλίνδρου

(Με χρήση κεκλιμένου επιπέδου)

Διάρκεια: Μισή διδακτική ώρα

Είδος: Μετωπικό εργαστήριο – συνδυασμός με θεωρία

Βαθμός δυσκολίας: Η διάταξη και η εκτέλεση της άσκησης είναι εύκολη.

1. Σκοπός:

Εφαρμογή της θεωρίας του 4ου Κεφ. Φυσικής κατεύθυνσης Γ' Λυκείου, (Μηχανική στερεού σώματος) σε μετωπικό πείραμα, ώστε να γίνει σύνδεση με τον πραγματικό κόσμο.

2. Προσδοκώμενα αποτελέσματα -στόχοι

- Η κατανόηση του ρόλου των δυνάμεων στην κίνηση του σώματος. (*ερωτήματα Β1-Β3*)
- Η εφαρμογή της θεωρίας (εξισώσεις κίνησης - θεμελιώδης νόμος μηχανικής) σε πραγματικό πρόβλημα. (*ερωτήματα Δ,Ε*)
- Η χρήση της θεωρίας για την επίλυση ενός πραγματικού προβλήματος: "Υπολογισμός της ροπής αδράνειας συμπαγούς κυλίνδρου". (*ερώτημα Ε1*)
- Η κατανόηση του γεγονότος ότι η ροπή αδράνειας εξαρτάται από την μορφή του σώματος: Σχήμα - κατανομή μάζας. (*ερώτημα Ε2*)
- Η κατανόηση του γεγονότος ότι η επιτάχυνση με την οποία κινούνται δύο όμοια σώματα δεν εξαρτάται από το μέγεθος και τη μάζα τους. (*ερώτημα Δ1*)
- Επανάληψη των πειραματικών μετρήσεων, ως μέθοδος μείωσης των σφαλμάτων. (*δραστηριότητα Γ*)

3. Θεωρία:

- Η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα επηρεάζει την μεταφορική του κίνηση σύμφωνα με τον θεμελιώδη νόμο της μηχανικής: $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}_{cm}$.

  Αντίστοιχα, η στροφική κίνηση επηρεάζεται από την συνισταμένη ροπή: $\Sigma \vec{\tau}_{cm} = I_{cm} \cdot \vec{a}_{\gamma\omega\nu}$

- Όταν το σώμα κυλάει, οι σχέσεις που συνδέουν την μεταφορική (υ_{cm}) και την γωνιακή (ω) ταχύτητα και τις αντίστοιχες επιταχύνσεις, είναι:

$$\upsilon_{cm} = \omega \cdot R \quad \& \quad \alpha_{cm} = \alpha_{\gamma\omega\nu} \cdot R$$

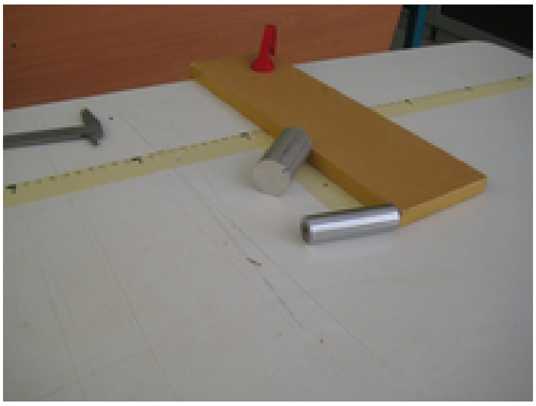
- Κατά την ελεύθερη κύλιση του κυλίνδρου στο κεκλιμένο επίπεδο, η μοναδική δύναμη που του ασκεί ροπή είναι η στατική τριβή καθώς το βάρος ασκείται στο κέντρο μάζας του.
- Η ροπή αδράνειας ομογενούς συμπαγούς κυλίνδρου μάζας m και ακτίνας R:

Εικ 1: Το θρανίο/κεκλιμένο επίπεδο

$$I = \frac{1}{2} m \cdot R^2 \quad \text{ή αλλιώς} \quad I = \lambda \cdot m \cdot R^2 \quad \text{όπου } \lambda = 1/2.$$

4. Διάταξη – Υλοποίηση:

- *Θρανίο* ανυψωμένο από την μία πλευρά, ώστε να δημιουργείται κεκλιμένο επίπεδο.
- Δύο διαφορετικές *κυλινδρικές μάζες*, κατά προτίμηση με διαφορετικές ακτίνες.
- *Χάρακας/μετροταινία*
- *Χρονόμετρο* (π.χ. κινητό)
- Σφιγκτήρας, εμπόδιο για "στοπ", αλφάδι

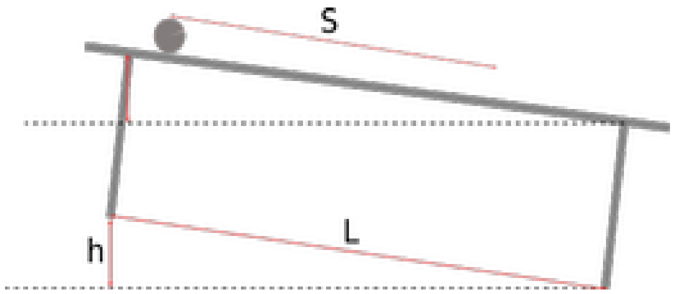


Εικ 2: Κύλινδροι, stop

5. Διαδικασία

Φροντίζουμε αρχικά το θρανίο να είναι οριζόντιο (με το αλφάδι). Τοποθετούμε κάποια βιβλία ώστε να ανυψωθεί στη μία μεριά περίπου κατά 8-10cm

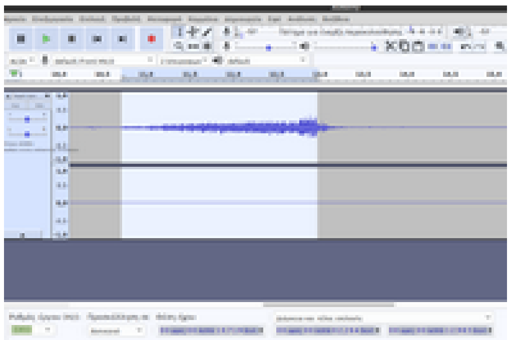
- Οι μαθητές μετρούν την ανύψωση του θρανίου και το μήκος του (από πόδι σε πόδι), ώστε να χρησιμοποιήσουν τις τιμές αυτές αντί του ημιτόνου της γωνίας που θα τους χρειαστεί.
- Σημειώνουν πάνω στο θρανίο μια ορισμένη απόσταση (π.χ. 1m) και αφήνουν τον κύλινδρο να κυλίσει στην διαδρομή αυτή.
- Επαναλαμβάνουν κάμποσες φορές καταγράφοντας τον χρόνο κίνησης, ώστε να ελαχιστοποιήσουν το σφάλμα.
- Χρησιμοποιώντας την εξίσωσης της ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης τον θεμελιώδη νόμο της μηχανικής και την θεωρία για την κύλιση σώματος χωρίς ολίσθηση, υπολογίζουν τον συντελεστή λ της ροπής αδράνειας όταν αυτή γράφεται στην μορφή $I = \lambda \cdot m \cdot R^2$



- Επαναλαμβάνουν για δεύτερο κύλινδρο διαφορετικών διαστάσεων.

Παρατηρήσεις:

- Φροντίζουμε η ανύψωση του θρανίου να τέτοια ώστε οι κύλινδροι να κυλούν "εύκολα" αλλά χωρίς ολίσθηση.
- Ως κύλινδροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν βαρίδια του εργαστηρίου.
- Εναλλακτικά του χρονομέτρου μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το λογισμικό Audacity. Ένα μικρόφωνο καταγράφει τον ήχο κύλισης και την πρόσκρουση του κυλίνδρου στο εμπόδιο-στοπ.



Εικ 3: Το λογισμικό audacity

Μαθηματική επεξεργασία

- Εξίσωση μετατόπισης στην μεταφορική κίνηση (χωρίς αρχική ταχύτητα):

$$S=\frac{1}{2}\alpha_{cm}\cdot \Delta t^2 \Rightarrow \alpha_{cm}=\frac{2S}{\Delta t^2} \quad (1)$$

- Θεμελιώδης νόμος μηχανικής

(μεταφορική κίνηση) $\Sigma F=m\cdot g\cdot \eta\mu\theta - T = m\cdot \alpha_{cm}$ (2)

(στροφική κίνηση) $\Sigma\tau = T\cdot R = I\cdot \alpha_{\gamma\omega\nu}$ (3)

- Κύλιση κυλίνδρου:

$$\upsilon_{cm}=\omega\cdot R \Rightarrow \alpha_{cm}=\alpha_{\gamma\omega\nu}\cdot R \quad (4)$$

- Θέτοντας $I=\lambda\cdot m\cdot R^2$ και $\eta\mu\theta=\frac{h}{L}$ και $\alpha_{\gamma\omega\nu}=\frac{\alpha_{cm}}{R}$, ο συνδυασμός των (2) και (3) δίνει:

$$\lambda+1=\frac{g\cdot h}{\alpha_{cm}\cdot L} \Rightarrow \lambda=\frac{g\cdot h\cdot \Delta t^2}{2\cdot S\cdot L}-1 \quad (5)$$

Ενδεικτικές μετρήσεις:

Για μήκος διαδρομής $S = 1m$, μήκος $L = 1,5m$ και ανύψωση επιπέδου $h = 10,3cm$ οι μέσοι χρόνοι κίνησης δύο κυλίνδρων (m_1 = 109g, d_1 = 3cm και m_2 = 145g, d_2 = 1,9cm) ήταν:

$\Delta t_1 = 2,2s$ & $\Delta t_2 = 2,19s$

Αντίστοιχα:

$\alpha_{cm1} = 0,41 m/s^2$ & $\alpha_{cm1} = 0,42 m/s^2$

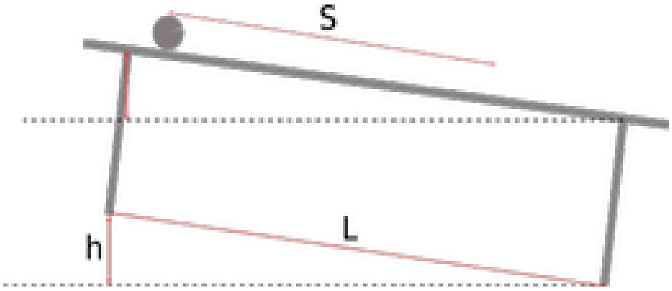
$\lambda_1 = 0,63$ & $\lambda_2 = 0,62$

Μέτρηση Ροπής Αδράνειας Κυλίνδρου: Φύλλο Εργασίας

Ονοματεπώνυμο ………

Τμήμα……………….

Α. Στο θρανίο σου που βρίσκεται σε θέση αντίστοιχη με αυτήν του σχήματος, μέτρησε:



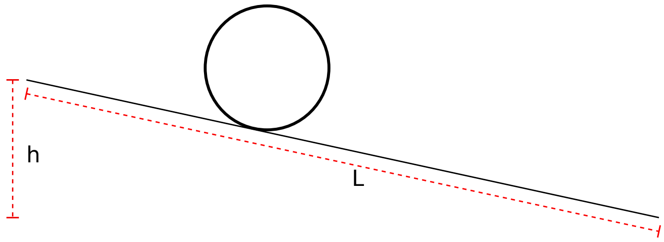
Την ανύψωση **h = ……….**

Το μήκος **L = ………….**

Την διαδρομή **S = ………………** που θα διανύσει ο κύλινδρος.

Στο τέλος της διαδρομής τοποθέτησε ένα εμπόδιο (π.χ. ένα βιβλίο) ώστε να σταματάει η κίνηση

Β. Στον κύλινδρο του διπλανού σχήματος, σχεδίασε τις δυνάμεις που ασκούνται.



Β.1. Ποιος ο ρόλος της κάθε μίας από τις δυνάμεις (η συνιστώσας της;)

………………………………………………

………………………………………………

………………………………………………

……

Β.2. Άφησε τον κύλινδρο ελεύθερο να κινηθεί στο κεκλιμένο επίπεδο. Τι κίνηση εκτελεί;

……

……

Β.3. Τι κίνηση θα εκτελούσε αν το επίπεδο ήταν απόλυτα λείο;

……

Β.4. Με την προϋπόθεση ότι ο κύλινδρος κυλάει, ποια σχέση συνδέει την μεταφορική και την γωνιακή του επιτάχυνση;

……

Γ. Άφησε τον κύλινδρο ελεύθερο να κινηθεί στην διαδρομή μήκους S και μέτρησε τον χρόνο κίνησης. Επανέλαβε 4-5 φορές και κατέγραψε τις μετρήσεις στον επόμενο πίνακα.

Γ.1. Αφού ολοκληρώσεις τις μετρήσεις αντάλλαξε με τον κύλινδρο της διπλανής ομάδας και επανέλαβε.

Γ.2. Υπολόγισε τις μέσες τιμές του χρόνου κίνησης για κάθε περίπτωση.

Ανύψωση h	Χρόνος Κίνησης 1ου Κυλίνδρου Δt_1	Χρόνος Κίνησης 2ου Κυλίνδρου Δt_2
Μήκος Θρανίου L		
Μήκος Διαδρομής S		
Μέση τιμή χρόνων		

Δ. Εφάρμοσε τις εξισώσεις της μεταφορικής κίνησης για τον υπολογισμό της επιτάχυνσης α_{CM}.

……

Δ.1. Κάνε εφαρμογή για κάθε κύλινδρο. Υπάρχει διαφορά στις τιμές της επιτάχυνσης; Σχολίασε.

α_{CM1} = ………………………………… α_{CM1} = …………………………………

……

……

Ε. Εφάρμοσε τους θεμελιώδεις νόμους της μηχανικής για την μεταφορική και την στροφική κίνηση.

……

……

Ε.1. Για το ημίτονο της γωνίας του επιπέδου χρησιμοποίησε τα μήκη h & L, ενώ την ροπή αδράνειας εξέφρασε την ως $I=\lambda\cdot m\cdot R^2$. Συνδύασε τις προηγούμενες εξισώσεις με αυτές των ερωτημάτων Β.4 & Δ, για να υπολογίσεις την τιμή του λ για κάθε κύλινδρο.

……

……

……

……

……

……

Ε.2. Σχολίασε τα αποτελέσματα των υπολογισμών σου.

……

……