

## ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ

### ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑ Α'

Θέμα 1<sup>ο</sup>

Στις ερωτήσεις 1 έως 4 να γράψετε στο τετράδιο σας τον αριθμό της ερώτησης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

1. Σε μια εξαναγκασμένη ταλάντωση διαπιστώσαμε ότι, καθώς μειώνεται η περίοδος του διεγέρτη, η ενέργεια του συστήματος μειώνεται. Αυτό σημαίνει ότι:

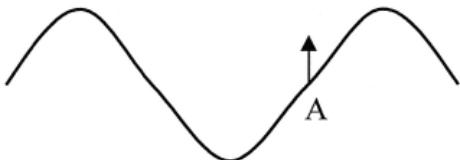
- i)  $\omega < \omega_0$
- ii)  $\omega = \omega_0$
- iii)  $\omega > \omega_0$

iv) Δεν επαρκούν τα στοιχεία για να βρούμε μια σχέση ανάμεσα στην κυκλική συχνότητα του διεγέρτη( $\omega$ ) και στην κυκλική ιδιοσυχνότητα ( $\omega_0$ ).

(Μονάδες 5)

2. Το στιγμιότυπο του σχήματος μας δείχνει ένα απλό αρμονικό κύμα που διαδίδεται οριζόντια. Αν η ταχύτητα του σημείου A έχει την κατεύθυνση που φαίνεται στο σχήμα τότε:

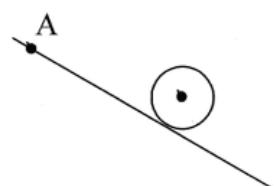
- i) το κύμα διαδίδεται προς τα δεξιά
- ii) το κύμα διαδίδεται προς τ' αριστερά
- iii) το κύμα διαδίδεται προς τα πάνω
- iv) δεν έχουμε αρκετά στοιχεία για να βρούμε τη φορά προς την οποία διαδίδεται.



(Μονάδες 5)

3. Μια σφαίρα αφήνεται από το σημείο A πλάγιου επιπέδου και κυλίεται χωρίς ολίσθηση προς τη βάση του. Τότε η στροφορμή της:

- i) Θα έχει σταθερό μέτρο και κατεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της σελίδας με φορά προς τα μέσα.
- ii) Θα έχει μέτρο που αυξάνεται γραμμικά με το χρόνο και κατεύθυνση παράλληλη στο κεκλιμένο με φορά προς τη βάση του.
- iii) Θα έχει σταθερό μέτρο και κατεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της σελίδας με φορά προς τα έξω.
- iv) Θα έχει μέτρο που αυξάνεται γραμμικά με το χρόνο και κατεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της σελίδας με φορά προς τα μέσα.



(Μονάδες 5)

4. Η Γη έχει σπιν εξαιτίας:

- i) Της περιστροφής της γύρω από τον άξονά της
- ii) Της κίνησης της γύρω από τον Ήλιο
- iii) Του ρευστού πυρήνα της
- iv) Του γεγονότος ότι το άθροισμα των ροπών των δυνάμεων που δέχεται από τα διάφορα ουράνια σώματα, ως προς τον άξονά της είναι 0      (**Μονάδες 5**)

5. Σωστό ή Λάθος;

- i) Η σταθερά απόσβεσης  $b$  εξαρτάται από τις ιδιότητες του μέσου στο οποίο γίνεται η ταλάντωση.
- ii) Σφαιρίδιο συγκρούεται κεντρικά κι ελαστικά με ακίνητο σώμα ίσης μάζας, τότε το σφαιρίδιο χάνει το 100% της κινητικής του ενέργειας.
- iii) Το φαινόμενο Doppler ισχύει μόνο για τα ηχητικά κύματα.
- iv) Στα περισκόπια που χρησιμοποιούνται στα υποβρύχια αξιοποιείται το φαινόμενο της ολικής ανάκλασης.
- v) Όταν υπάρχει η δυνατότητα να μεταφέρεται ενέργεια από ένα ταλαντούμενο σύστημα σε ένα άλλο τότε λέμε ότι τα δύο συστήματα βρίσκονται σε σύζευξη.      (**Μονάδες 5**)

## Θέμα 2<sup>ο</sup>

**A.** Σε μια χορδή που το άκρο της  $x=0$  είναι ελεύθερο και το άλλο άκρο της  $x=L$  είναι ακλόνητα στερεωμένο, δημιουργείται στάσιμο κύμα με 7 συνολικά κοιλίες.

Αν το ένα από τα τρέχοντα κύματα, η συμβολή των οποίων μας έδωσε το στάσιμο,

$$\text{έχει εξίσωση } y_1 = 0,2\eta \mu \left( 2t - \frac{x}{0,2} \right)$$

(S.I), τότε το μήκος της χορδής είναι:

a)  $L=1,2m$     $\beta)L=1,3m$     $\gamma)L=1,4m$

Δικαιολογήστε την επιλογή σας.

(**Μονάδες 2+3**)

**B.** Σφαιρίδιο μάζας  $m$  κινείται σε λείο οριζόντιο επίπεδο με ταχύτητα  $v$  και συγκρούεται πλαστικά με σφαιρίδιο ίσης μάζας που κινείται με ταχύτητα  $2v$ , στο ίδιο επίπεδο και σε κάθετη διεύθυνση με το αρχικό. Τότε η απώλεια της ενέργειας του συστήματος κατά τη διάρκεια της κρούσης είναι:

a) 25%    $\beta)50%$     $\gamma)75%$

Δικαιολογήστε την επιλογή σας.

(**Μονάδες 2+6**)

**Γ.** Στο διάγραμμα φαίνεται η κοινή φάση του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος, τη χρονική στιγμή  $t = 2 \cdot 10^{-3} s$ .

Γ1. Η συχνότητα του κύματος είναι:

- a)  $2 \cdot 10^3 \text{ Hz}$  β)  $2 \cdot 10^{-3} \text{ Hz}$   
 (Μονάδες 1+3)

Γ2. Ο δείκτης διάθλασης του μέσου στο οποίο διαδίδεται το κύμα είναι:

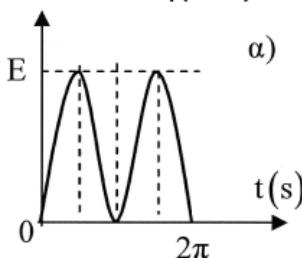
- α) 1,5 β) 15

Δικαιολογήστε τις επιλογές σας.

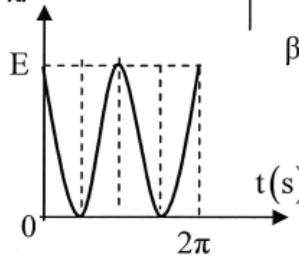
Δίνεται  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

Δ. Για ένα σώμα μάζας 2kg που κάνει α.α.τ η ταχύτητα σε συνάρτηση με το χρόνο μεταβάλλεται όπως φαίνεται στο διπλανό διάγραμμα.

Τότε η δυναμική και η κινητική ενέργεια του ταλαντωτή μεταβάλλονται χρονικά:



α)



β)

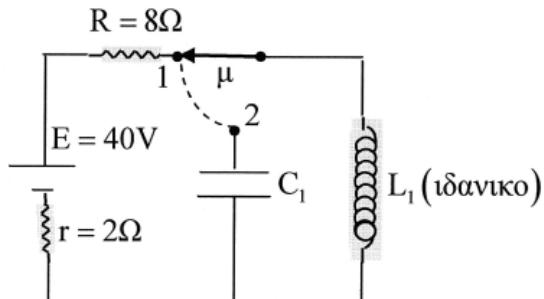
τιμή της ενέργειας του συστήματος.

Αντιστοιχίστε τις δύο ενέργειες στα διαγράμματα, αιτιολογώντας πλήρως τις μορφές τους, προσδιορίζοντας και την  
**(Μονάδες 4)**

### Θέμα 3<sup>o</sup>

Ο μεταγωγός ( $\mu$ ) βρίσκεται αρκετή ώρα στη θέση 1. Το πηνίο έχει αυτεπαγωγή  $L_1 = 0,1 \text{ H}$  και ο πυκνωτής με χωρητικότητα  $C_1 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ F}$  είναι αφόρτιστος. Τη χρονική στιγμή  $t=0$  μετακινούμε ακαριαία το μεταγωγό στη θέση 2, οπότε ξεκινά μια ηλεκτρική ταλάντωση του ιδανικού κυκλώματος  $L_1 C_1$ .

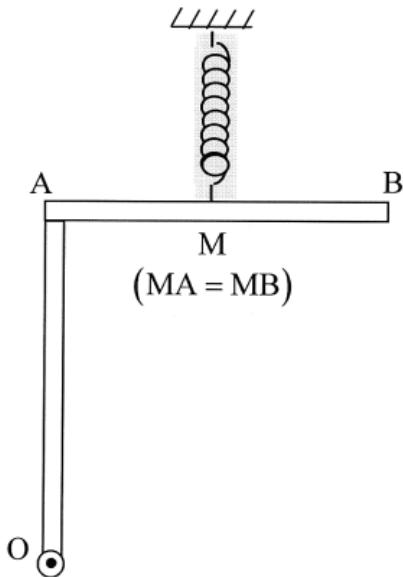
A. α) Εξηγήστε γιατί ο πυκνωτής  $C_1$  θα φορτισθεί. Ποιος οπλισμός του θα φορτιστεί πρώτος θετικά;  
**(Μονάδες 4)**



- β) Γράψτε τις χρονικές εξισώσεις του φορτίου ( $q$ ) και της έντασης του ρεύματος  
 (i) σε συνάρτηση με το χρόνο. (Μονάδες 5)
- B.** Αν το πηνίο  $L_1$  θεωρηθεί ως κεραία που εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα στον αέρα, με μέγιστη ένταση του μαγνητικού πεδίου  $B_{MAX} = 2 \cdot 10^{-6} T$ , βρείτε:
- Τη μέγιστη τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου, του ηλεκτρομαγνητικού κύματος. (Μονάδες 2)
  - Το μήκος του κύματος. (Μονάδες 2)  
 Η ταχύτητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος στον αέρα είναι περίπου:  $c = 3 \cdot 10^8 m/s$ .
  - Τη χωρητικότητα  $C_2$  του πυκνωτή ενός ραδιοφωνικού δέκτη του οποίου το κύκλωμα επιλογής  $L_2 C_2$  έχει πηνίο με  $L_2 = \frac{1}{125} H$ , ώστε να μεγιστοποιείται η ένταση του ρεύματος σ' αυτό. (Μονάδες 5)
- Γ. α)** Βρείτε το ρυθμό μεταβολής της τάσης στους οπλισμούς του πυκνωτή τη χρονική στιγμή κατά την οποία η δυναμική ενέργεια του μαγνητικού πεδίου του πηνίου έχει μειωθεί κατά 75% για πρώτη φορά αφότου ο μεταγωγός βρέθηκε στη θέση 2. (Μονάδες 4)  
**β)** Βρείτε την παραπάνω χρονική στιγμή. (Μονάδες 3)

#### Θέμα 4<sup>ο</sup>

Δυο όμοιες, λεπτές ισοπαχείς ράβδοι μήκους  $l=6m$ , συγκολλούνται στο άκρο τους A ώστε σχηματίζουν ορθή γωνία μεταξύ τους. Το σύστημα μπορεί να στραφεί σε κατακόρυφο επίπεδο, γύρω από οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το σημείο O, όπως φαίνεται στο σχήμα. Αρχικά το σύστημα συγκρατείται από κατακόρυφο ιδανικό ελατήριο σταθεράς  $K = 200 \frac{N}{m}$ , ώστε η ράβδος AB να είναι οριζόντια. Η δυναμική ενέργεια του ελατηρίου εκείνη τη στιγμή είναι 1J. Τη στιγμή  $t=0$  ακαριαία αποσυνδέεται το ελατήριο και ταυτόχρονα ασκείται στο μέσο της ράβδου OA, οριζόντια δύναμη με φορά προς τα αριστερά, σταθερού μέτρου ίσου με  $10\pi N$ , η οποία παραμένει διαρκώς κάθετη στη ράβδο OA.



- i) Βρείτε τη ροπή αδράνειας του συστήματος των δυο ράβδων, ως προς τον  
άξονα περιστροφής του συστήματος. **(Μονάδες 8)**
- ii) Βρείτε το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της γωνιακής ταχύτητας τοι  
συστήματος, τη στιγμή  $t=0$ . **(Μονάδες 5)**
- iii) Μόλις η ράβδος OA στραφεί κατά  $180^\circ$ , συγκρούεται ακαριαία στο άκρο της  
Α, με ακίνητη σφαίρα μικρών διαστάσεων (υλικό σημείο), μάζας  $m=3,3\text{kg}$   
και το σύστημα των δυο ράβδων ακινητοποιείται. Θεωρήστε ότι μετά την  
κρούση η σφαίρα κινείται σε λείο οριζόντιο επίπεδο. **(Μονάδες 8)**
- iv) Ακίνητος παρατηρητής που βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο, βλέπει τη  
σφαίρα να τον πλησιάζει και ακούει να εκπέμπεται από αυτήν ήχος  
συχνότητας  $680\text{Hz}$ . Βρείτε τη συχνότητα του ήχου που εκπέμπει η σφαίρα.  
**(Μονάδες 4)**

Δίνονται : Για την κάθε ράβδο  $I_{cm} = \frac{1}{12}Ml^2$ ,  $g = 10\text{m/s}^2$ ,  $\pi^2 \approx 10$ ,  $\sqrt{11} = 3,3$ .

### ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

#### Θέμα 1<sup>o</sup>

1. iii (από την καμπύλη  $A = A_{(f_{δεξηρη})}$ )
2. ii
3. iv (γιατί  $L=I\omega = I\alpha_\gamma t$  με  $\alpha_\gamma = \text{σταθ}$ . Η φορά βρίσκεται με  
τον κανόνα του δεξιού χεριού).
4. i
5. i  $\rightarrow \Sigma$ , ii  $\rightarrow \Sigma$ , iii  $\rightarrow \Lambda$ , iv  $\rightarrow \Sigma$ , iv  $\rightarrow \Sigma$ .

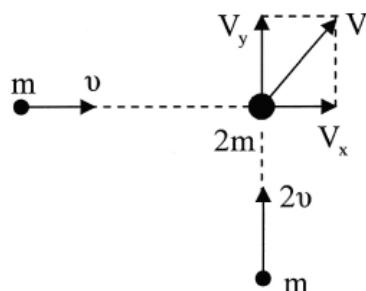
#### Θέμα 2<sup>o</sup>

A.

$$y_1 = 0,2 \cdot \eta \mu 2\pi \left( t - \frac{x}{0,4} \right) (\text{SI}). \text{ Άρα } \lambda = 0,4\text{m}.$$

Το μήκος της χορδής είναι  $l = (7-1) \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4} = 1,3\text{m}$

Σωστό το β.



B.

$$\text{ΑΔΟ στον } x'x \text{ άξονα: } mv = 2mV_x \rightarrow V_x = \frac{v}{2}$$

$$\text{ΑΔΟ στον } y'y \text{ άξονα: } m \cdot 2v = 2mV_y \rightarrow V_y = v$$

$$\text{Άρα } V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{\frac{v^2}{4} + v^2} = \frac{v\sqrt{5}}{2}.$$

$$\frac{\Delta K_{\text{συστ}}}{K_{\text{αρχικη}}} = \frac{\frac{1}{2} \cdot \cancel{m} V^2 - \left[ \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} m (2v)^2 \right]}{\frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} m (2v)^2} = \frac{\cancel{m} V^2}{\frac{5 \cancel{m} v^2}{2}} = \frac{\cancel{m} V^2}{\frac{\cancel{m} v^2}{2}} - 1 = -\frac{1}{2} = -0,5$$

ή -50%.

Σωστό το β.

**Γ1.** Είναι  $\varphi = 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$ . Για  $x=0$  είναι  $\varphi = 8\pi$  rad. Άρα

$$8\pi = 2\pi \frac{2 \cdot 10^{-3}}{T} \rightarrow f = 2 \cdot 10^3 \text{ Hz.}$$

Σωστό το α.

**Γ2.**  $v = \frac{x}{t} = \frac{4 \cdot 10^4 \text{ m}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$        $n = \frac{c}{v} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{2 \cdot 10^7 \text{ m/s}} = 15$

Σωστό το β.

**Δ.** Είναι  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 1 \text{ rad/s.}$        $E = \frac{1}{2} m v_{\max}^2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \text{ kg} \cdot (8 \text{ m/s})^2 = 64 \text{ J}$

$$(t=0 \rightarrow v = -v_{\max}) \rightarrow v_{\max} \sin(\omega \cdot 0 + \varphi_0) = -v_{\max} \rightarrow$$

$$\begin{cases} \sin \varphi_0 = -1 \\ (0 \leq \varphi_0 < 2\pi) \end{cases} \rightarrow \boxed{\varphi_0 = \pi}$$

$$\text{Άρα } x = A \eta \mu (\omega t + \pi)$$

Δυναμική ενέργεια:  $U = \frac{1}{2} D x^2 = \frac{1}{2} D A^2 \eta \mu^2 (\omega t + \pi) = E \eta \mu^2 (\omega t + \pi)$  ή

$\boxed{U = 64 \eta \mu^2 (t + \pi) \rightarrow \text{διαγραμμα } a}.$

Κινητική ενέργεια:  $K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m v_{\max}^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0) = E \eta \mu^2 (\omega t + \pi)$  ή

$\boxed{K = 64 \sin^2(t + \pi) \rightarrow \text{διαγραμμα } \beta}.$

### Θέμα 3<sup>o</sup>

## A.

α) Λόγω της αυτεπαγωγικής τάσης που θα δημιουργηθεί στο πηνίο.

Μόλις ο μεταγωγός μεταφερθεί στη θέση (2), δημιουργείται στο πηνίο επαγωγική τάση με τέτοια πολικότητα (σχήμα) ώστε το επαγωγικό ρεύμα να είναι ομόρροπο με το αρχικό. Αυτή η τάση θα εφαρμοσθεί στα άκρα του πυκνωτή και θα τον φορτίσει. Πρώτος θα φορτισθεί θετικά ο κάτω οπλισμός του πυκνωτή.

$$\beta) I = \frac{E}{R+r} = \frac{40}{8+2} A = 4A,$$

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1} = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}} = \frac{1}{\sqrt{10^{-1} \cdot 4 \cdot 10^{-7}}} = \frac{10^4}{2} \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 5 \cdot 10^3 \text{ rad/s}$$

$$I = \omega_1 Q \leftrightarrow Q = \frac{I}{\omega_1} = \frac{4}{5 \cdot 10^3} = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ ή } 8 \cdot 10^{-4} \text{ C.}$$

$$\begin{cases} q = Q \eta \mu \omega_1 t \rightarrow q = 8 \cdot 10^{-4} \eta \mu 5000 t \\ i = I \sin \omega_1 t \rightarrow i = 4 \cdot \sin 5000 t \end{cases} \text{ (S.I)}$$

## B.

$$\alpha) c = \frac{E}{B} \xrightarrow{(*)} c = \frac{E_{MAX}}{B_{MAX}} \rightarrow E_{MAX} = c \cdot B_{MAX} = 3 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \frac{\text{V}}{\text{m}} = 600 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

(\*) (Ε και Β συμφασικά μακριά από την κεραία)

$$\beta) f = \frac{\omega_1}{2\pi} = \frac{5000}{2\pi} \text{ Hz} = \frac{2500}{\pi} \text{ Hz}$$

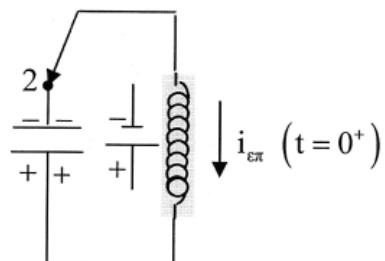
$$c = \lambda \cdot f \rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m}}{\underline{2500}} = \frac{3\pi}{25} \cdot 10^6 \text{ m} = 12\pi \cdot 10^4 \text{ m}$$

γ) Μεγιστοποίηση της έντασης του ρεύματος έχουμε κατά το συντονισμό, οπότε

$$f_1 = f_2 \text{ ή } \omega_1 = \omega_2 \rightarrow \omega_1 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}} \rightarrow \omega_1^2 = \frac{1}{L_2 C_2} \rightarrow C_2 = \frac{1}{\omega_1^2 \cdot L_2}$$

$$C_2 = \frac{1}{(5 \cdot 10^3)^2 \cdot \frac{1}{125}} F = \frac{1}{25 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{125}} F = 5 \cdot 10^{-6} F$$

$$\Gamma. \alpha) C_1 = \frac{q}{V_c} \leftrightarrow V_c = \frac{q}{C_1}$$



$$\text{Άρα } \frac{dV_c}{dt} = \frac{1}{C_1} \cdot \frac{dq}{dt} = \frac{1}{C_1} \cdot i \quad [1]. \quad \text{Θέλουμε } U_B = 25\% U_{B_{MAX}} \quad \text{ή}$$

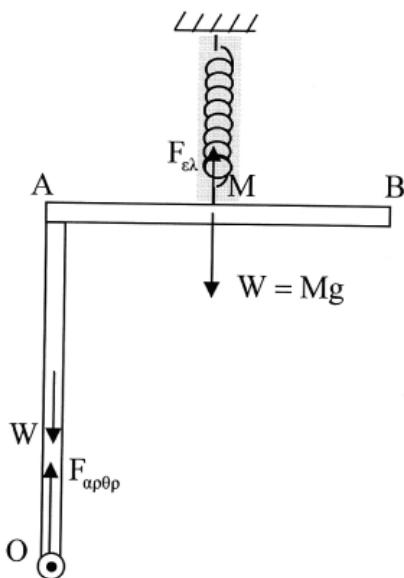
$$\frac{1}{Z} L i^2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{Z} L i^2 \Leftrightarrow i = \pm \frac{I}{2}. \quad \text{Για πρώτη φορά: } i = +\frac{I}{2} \quad (\text{αφού } i=I_{\text{συνωτ}}). \quad \text{Άρα}$$

$$[1] \rightarrow \frac{dV_c}{dt} = \frac{1}{C_1} \cdot \frac{I}{2} = \frac{4}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-7}} = 0,5 \cdot 10^7 \quad \text{ή} \quad \boxed{5 \cdot 10^6 \frac{\text{V}}{\text{s}}}$$

$$\beta) \quad \text{Είναι } i = \frac{I}{2} \Leftrightarrow I_{\text{συνωτ}} t = \frac{I}{2} \Leftrightarrow \sigma_{\text{υνωτ}} t = \frac{1}{2}, \quad \text{για } 1^{\text{η}} \text{ φορά} \quad \omega_1 t = \frac{\pi}{3} \quad \text{ή}$$

$$\boxed{t = \frac{\pi}{3\omega_1} = \frac{\pi}{15000} \text{ s}}.$$

#### Θέμα 4°



$$i) \quad U_{el} = \frac{1}{2} K \Delta l^2 \Leftrightarrow \Delta l = \sqrt{\frac{2 \cdot U_{el}}{K}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{200}} \text{ m} = 0,1 \text{ m}$$

Το σύστημα ισορροπεί, επομένως:

$$\Sigma_{\tau_{(o)}} = 0 \Leftrightarrow F_{el} \cdot (AM) = W \cdot (AM) \Leftrightarrow$$

$$K \cdot \Delta l = M \cdot g \Leftrightarrow M = \frac{K \cdot \Delta l}{g} \quad \text{ή} \quad M = \frac{200 \cdot 0,1}{10} \text{ kg} = \boxed{2 \text{ kg}}$$

Θεώρημα Steiner για τη ράβδο OA:

$$I_{(o)_{\text{της}} \text{ OA}} = I_{CM} + M \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{Ml^2}{12} + \frac{Ml^2}{4} = \frac{Ml^2}{3} \quad \text{ή}$$

$$I_{(o)_{\text{της}} \text{ OA}} = \frac{2 \cdot 6^2}{3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 = 24 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Θεώρημα Steiner για τη ράβδο AB:

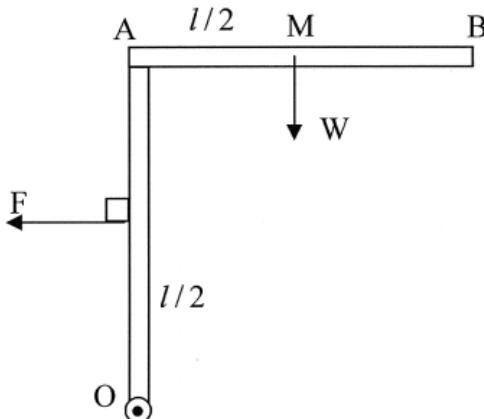
$$I_{(o)_{\text{της}} \text{ AB}} = I_{CM} + M \cdot (OM)^2 = \frac{1}{12} Ml^2 + \frac{M \cdot 5l^2}{4} =$$

$$= \frac{16Ml^2}{12} = \frac{4Ml^2}{3} \quad \text{ή} \quad I_{(o)_{\text{της}} \text{ AB}} = 96 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 (*)$$

$$\left[ (*) \Pi. \Theta \quad (OM)^2 = (OA)^2 + (AM)^2 = l^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{5l^2}{4} \quad \right]$$

$$\text{Επομένως } I_{(O)\text{συστηματος}} = 24 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 96 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 = \boxed{120 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}$$

ii)



$$\Sigma \tau = I_{\text{συστ}} \cdot \alpha_\gamma, \text{όπου}$$

$$\Sigma \tau = F \cdot \frac{l}{2} - W \cdot \frac{l}{2} = (10\pi - 20) \cdot \frac{6}{2} \text{ N} \cdot \text{m} =$$

$$(F - Mg) \frac{l}{2} = 34,2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Επομένως

$$\frac{d\omega}{dt} = \alpha_\gamma = \frac{\Sigma \tau}{I_{\text{συστ}}} = \frac{34,2 \text{ rad}}{120 \text{ s}^2} = \boxed{0,285 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}}$$

iii)

Θεώρημα έργου-ενέργειας για το σύστημα:

$$\frac{1}{2} I_{\text{o}\lambda} \omega^2 - 0 = W \cdot 2l + W \cdot l + F \cdot \frac{l}{2} \cdot \pi$$

όπου

$$(F \cdot \frac{l}{2} \cdot \pi : \text{έργο ροπής}).$$

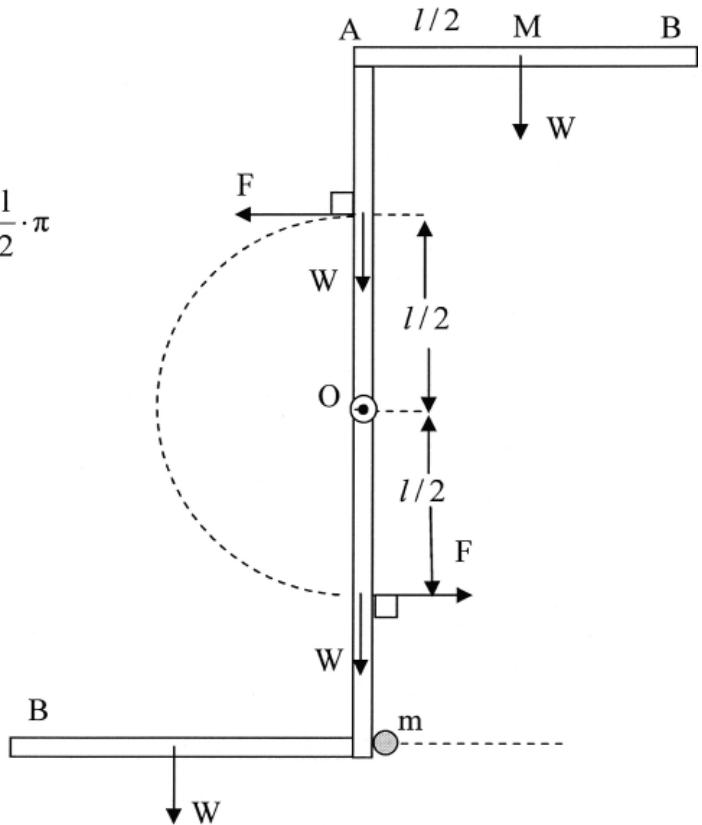
Έχουμε:

$$\omega = \sqrt{\frac{6Mgl + Fl\pi}{I_{\text{o}\lambda}}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 6 + 10\pi \cdot 6 \cdot \pi}{120}} \frac{\text{rad}}{\text{s}} =$$

$$= \sqrt{\frac{720 + 60\pi^2}{120}} \frac{\text{rad}}{\text{s}} =$$

$$= \sqrt{\frac{1320}{120}} \frac{\text{rad}}{\text{s}} =$$

$$= \sqrt{11} \frac{\text{rad}}{\text{s}} \approx 3,3 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$



$$\sum \tau_{\varepsilon_7} = 0 \rightarrow \vec{L}_{o\lambda_{ap\lambda}} = \vec{L}_{o\lambda_{el}} \rightarrow \vec{L}_{\substack{\text{συστ} \\ \text{ραβδων}}} + \vec{L}_{\sigma\varphi} = \vec{L}_{\substack{\text{συστ} \\ \text{ραβδων}}} + \vec{L}_{\sigma\varphi}$$

Επειδή κατά την κρούση

$$\xrightarrow{\substack{L_{\sigma\varphi}=0 \text{ και} \\ L_{\text{συστ}}=0}} I_{o\lambda} \cdot \omega = m v_1 \cdot l \rightarrow v_1 = \frac{I_{o\lambda} \cdot \omega}{m \cdot l} \quad \dot{\eta}$$

$$v_1 = \frac{120 \cdot 3,3 \text{ m}}{3,3 \cdot 6 \text{ s}} = \boxed{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

v) Ο ακίνητος παρατηρητής αντιλαμβάνεται συχνότητα  $f_A = \frac{v}{v - v_1} f_s$  (φαινόμενο Doppler) ή  $f_s = \frac{(v - v_1)f_A}{v} = \frac{(340 - 20) \cdot 680}{340} \text{ Hz} = \boxed{640 \text{ Hz}}$ .

**Επιμέλεια: Γκιώνη Βασιλική**