

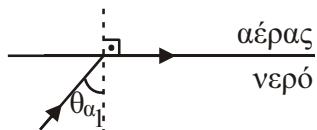
**ΦΥΣΙΚΗ**  
**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ & ΕΠΑ.Λ. Β'**  
**25 ΜΑΪΟΥ 2012**  
**ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ**

**ΘΕΜΑ Α**

- |            |   |            |           |            |            |            |          |
|------------|---|------------|-----------|------------|------------|------------|----------|
| <b>A1.</b> | $\gamma$ ,  | <b>A2.</b> | $\beta$ , | <b>A3.</b> | $\gamma$ , | <b>A4.</b> | $\gamma$ |
| <b>A5.</b> | a. $\Sigma$ ,<br>β. $\Sigma$<br>γ. $\Lambda$<br>δ. $\Lambda$<br>ε. $\Sigma$ |            |           |            |            |            |          |

**ΘΕΜΑ Β**

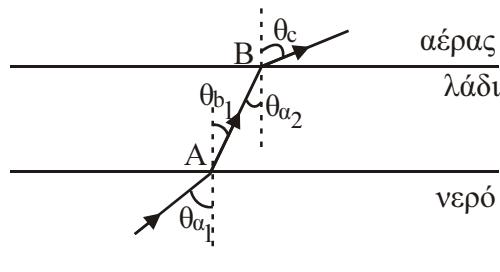
- B1.** Σωστό το  $\gamma$ .



Αρχικά Snell μεταξύ νερού – αέρα

$$n_{\text{νερού}} \cdot \eta\mu \theta_{\alpha_1} = n_{\text{αέρα}} \cdot \eta\mu 90^\circ, \quad \text{Όμως } n_{\text{αέρα}} = 1 \text{ και } \eta\mu 90^\circ = 1$$

$$\text{Άρα: } n_{\text{νερού}} = \frac{1}{\eta\mu \theta_{\alpha_1}} \quad (1)$$



Snell στο (A) νερό- λάδι

$$n_{\text{νερού}} \cdot \eta\mu \theta_{\alpha_1} = n_{\text{λάδι}} \cdot \eta\mu \theta_{b_1} \xrightarrow{(1)} \frac{1}{\eta\mu \theta_{\alpha_1}} \cdot \eta\mu \theta_{\alpha_1} = n_{\text{λάδι}} \cdot \eta\mu \theta_{b_1} \Rightarrow \eta\mu \theta_{b_1} = \frac{1}{n_{\text{λάδι}}} \quad (2)$$

Snell στο (B) :

$$n_{\text{λάδι}} \cdot \eta\mu \theta_{\alpha_2} = n_{\text{αέρα}} \cdot \eta\mu \theta_c \quad (3)$$

Όμως  $\theta_{b_1} = \theta_{\alpha_2}$  εντός εναλλαξ και  $n_{\text{αέρα}} = 1$ .

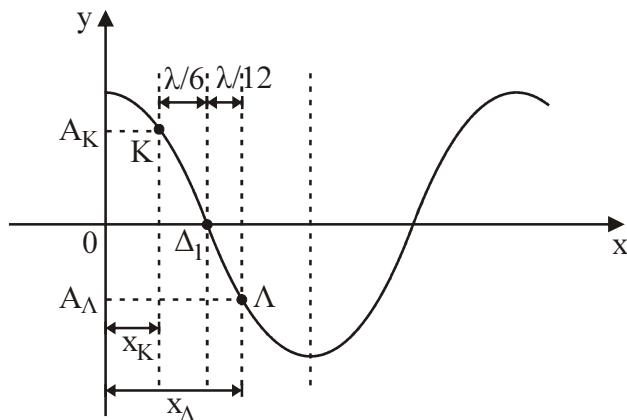
Άρα από τη σχέση (2) ή (3) γίνεται:

$$n_{\lambda\delta t} \cdot \frac{1}{n_{\lambda\delta t}} = \eta\mu\theta_c \Rightarrow \eta\mu\theta_c = 1$$

Άρα  $\theta_c = 90^\circ$

Άρα θα κινηθεί παράλληλα προς τη διαχωριστική επιφάνεια λαδιού – αέρα.  
Οπότε σωστό είναι το γ.

**B2.** Σωστό είναι το α.



Η απόσταση των σημείων K, Λ από τη θέση x = 0 είναι αντίστοιχα:

$$x_K = \frac{\lambda}{4} - \frac{\lambda}{6} \Rightarrow x_K = \frac{\lambda}{12}$$

$$x_\Lambda = \frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda}{12} \Rightarrow x_\Lambda = \frac{4\lambda}{12} = \frac{\lambda}{3}$$

Τα πλάτη της ταλάντωσης A\_K, A\_Λ των σημείων K, Λ δίνονται :

$$A_K = \left| 2A \sin \frac{2\pi x_K}{\lambda} \right| \text{ και } A_\Lambda = \left| 2A \sin \frac{2\pi x_\Lambda}{\lambda} \right|$$

$$A_K = \left| 2A \sin \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{12} \right| \Rightarrow A_K = \left| 2A \sin \frac{\pi}{6} \right| = \sqrt{3} \cdot A$$

$$\text{Άρα: } A_\Lambda = \left| 2A \sin \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{3} \right| \Rightarrow A_\Lambda = \left| 2A \sin \frac{2\pi}{3} \right| = A$$

Οπότε έχουμε:

$$v_{\max_K} = \omega \cdot A_K \quad (1)$$

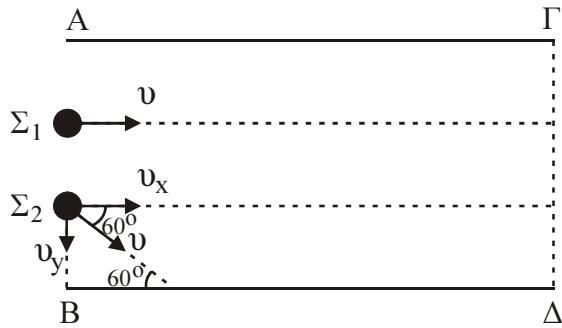
$$v_{\max_\Lambda} = \omega \cdot A_\Lambda \quad (2)$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει:

$$\frac{v_{\max_K}}{v_{\max_\Lambda}} = \frac{A_K}{A_\Lambda} = \frac{A \cdot \sqrt{3}}{A} = \sqrt{3} .$$

Άρα το σωστό είναι το α.

**B3.** Σωστό το α.



Η σφαίρα  $\Sigma_1$  κινείται ευθύγραμμα και ομαλά από το  $AB$  μέχρι το  $\Gamma\Delta$  και άρα ισχύει:

$$A\Gamma = v \cdot t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{A\Gamma}{v} \quad (1)$$

Αναλύουμε την ταχύτητα  $\vec{v}$  της σφαίρα  $\Sigma_2$  στις συνιστώσες  $v_x, v_y$ .

Για τη διαδρομή  $A\Gamma$  ισχύει:

$$v_x = v \cdot \sin 60^\circ \Rightarrow v_x = \frac{v}{2}$$

$$\text{Και } A\Gamma = v_x \cdot t_2 \Rightarrow A\Gamma = \frac{v \cdot t_2}{2} \Rightarrow t_2 = \frac{2A\Gamma}{v} \quad (2)$$

Από την (1) και (2) έχουμε:

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{\frac{2A\Gamma}{v}}{\frac{A\Gamma}{v}} = 2 \Rightarrow t_2 = 2t_1.$$

Άρα σωστό το α.

Σημείωση: Η σφαίρα  $\Sigma_2$  δέχεται από τους τοίχους δυνάμεις κάθετες στην διεύθυνση της συνιστώσας ταχύτητας της  $\vec{v}_x$ . Για αυτό διατηρείται το μέτρο της ταχύτητας αυτής σταθερό.

## ΘΕΜΑ Γ

**Γ1.** Με εφαρμογή Steiner η ροπή αδράνειας της δοκού δίνεται:

$$I_\delta = I_{cm} + M \left( \frac{\ell}{2} \right)^2 = \frac{1}{12} M \ell^2 + \frac{1}{4} M \ell^2 \Rightarrow$$

$$I_\delta = \frac{4M\ell^2}{12} = \frac{M\ell^2}{3}.$$

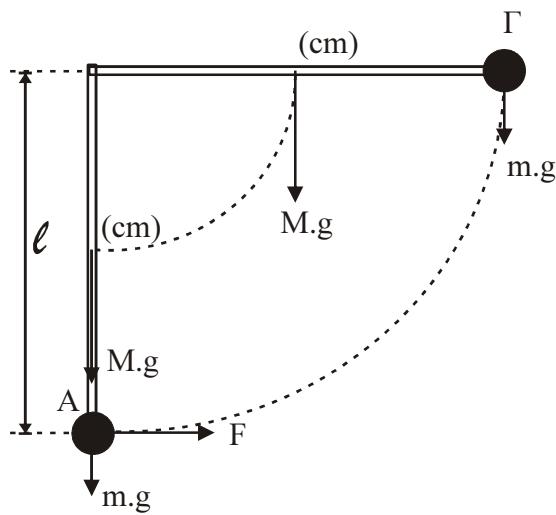
$$\text{Άρα: } I_{\sigma\sigma\tau} = I_\delta + I_{\sigma\varphi} = \frac{M\ell^2}{3} + m\ell^2 \Rightarrow$$

$$I_{\sigma\sigma\tau} = \frac{M\ell^2}{3} + \frac{M\ell^2}{2} = \frac{5M\ell^2}{6} \Rightarrow$$

$$I_{\text{συστ}} = \frac{5 \cdot 6 \cdot 9 \cdot 10^{-2}}{6} \Rightarrow I_{\text{συστ}} = 45 \cdot 10^{-2} \text{ Kg} \cdot \text{m}^2.$$

**Γ2.** Ισχύει:  $W = \tau \cdot \theta = F \cdot \ell \cdot \frac{\pi}{2} \Rightarrow W = \frac{120}{\pi} \cdot 3 \cdot 10^{-1} \cdot \frac{\pi}{2} \Rightarrow W = 18 \text{ J.}$

**Γ3.** Εφαρμόζουμε Θ.Μ.Κ.Ε. κατά την περιστροφή του συστήματος από τη θέση Α στη θέση Γ.

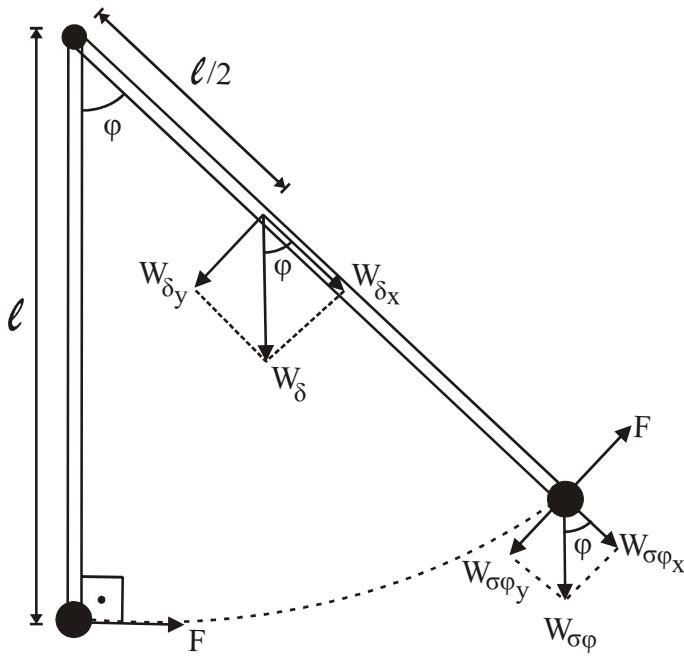


$$K_{\tau\epsilon\lambda} - K_{\alpha\rho\chi} = \Sigma W \Rightarrow \frac{1}{2} I_{\text{συστ}} \cdot \omega^2 = W_F + W_{\beta\alpha\rho_{(\sigma\rho)}} + W_{\beta\alpha\rho_{(\delta)}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{2} 0,45 \cdot \omega^2 = 18 - m \cdot g \cdot \ell - M \cdot g \cdot \frac{\ell}{2} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{2} 0,45 \cdot \omega^2 = 18 - 3 \cdot 10 \cdot 0,3 - 6 \cdot 10 \cdot 0,15 \Rightarrow \omega = 0 \text{ rad/s.}$$

Γ4.



Μέγιστη κινητική ενέργεια έχουμε όταν  $\omega = \omega_{\max}$  δηλαδή τη στιγμή που  $\alpha_{\gamma\omega\nu} = 0$ . Όμως  $\Sigma \tau = I_{\sigma\sigma\tau} \cdot \alpha_{\gamma\omega\nu} \Rightarrow \Sigma \tau = 0$ .

Εστω  $\hat{\phi}$  η γωνία που σχηματίζει η δοκός με την κατακόρυφη στη θέση αυτή.

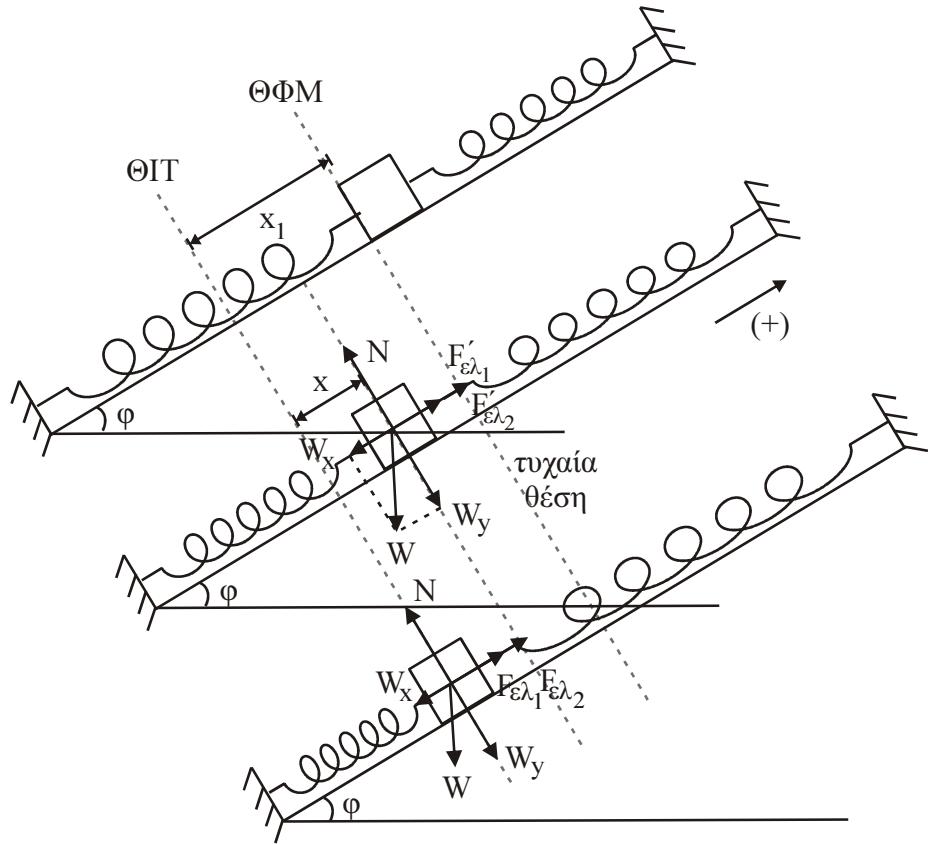
$$\text{Ισχύει: } \Sigma \tau = 0 \Rightarrow W_{\delta_y} \cdot \frac{\ell}{2} + W_{\sigma\phi_y} \cdot \ell = F \cdot \ell \Rightarrow$$

$$M \cdot g \cdot \eta\mu\varphi \cdot \frac{1}{2} + m \cdot g \cdot \eta\mu\varphi = F \Rightarrow$$

$$\eta\mu\varphi = \frac{F}{\left(\frac{M}{2} + m\right) \cdot g} = \frac{30\sqrt{3}}{6 \cdot 10} \Rightarrow \eta\mu\varphi = \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Άρα:  $\hat{\phi} = 60^\circ$ .

Δ1.



Για την Θ.Ι. ισχύει:

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow W_x - F'_{\varepsilon\lambda_1} - F'_{\varepsilon\lambda_2} = 0 \Rightarrow m_1 g \eta \mu \varphi = k_1 x_1 + k_2 x_1 = (k_1 + k_2) x_1 \quad (1) \Rightarrow \\ \Rightarrow 10 = 200 \cdot x_1 \Rightarrow x_1 = 0,05 \text{ m}.$$

Σε τυχαία θέση απομάκρυνσης x (θεωρώντας θετική φορά προς τα πάνω) ισχύει:

$$\sum F_x = F'_{\varepsilon\lambda_1} + F'_{\varepsilon\lambda_2} - W_x \Rightarrow \sum F_x = k_1(x_1 - x) + k_2(x_1 - x) - m_1 g \eta \mu \varphi \xrightarrow{(1)} \sum F_x = -(k_1 + k_2)x$$

Άρα είναι της μορφής:

$$\sum F = -D \cdot x \text{ όπου } D = (k_1 + k_2) = 200 \text{ N/m}.$$

Άρα εκτελεί Α.Α.Τ.

Δ2. Η σχέση της απομάκρυνσης είναι  $x = A \eta \mu (\omega t + \varphi_0)$

Το σώμα αφήνεται ( $\delta\eta. \nu = 0$ ) από την αρχική του θέση όπου τα ελατήρια έχουν το φυσικό τους μήκος, άρα η απόσταση  $x_1 = 0,05 \text{ m}$ .

Από τη Θ.Ι. είναι το πλάτος ( $A$ ) της ταλάντωσης του  $\Sigma_1$  δηλ.  $A = x_1 = 0,05 \text{ m}$ .

Ισχύει για  $t = 0 \quad x = +A$

$$\text{άρα } x = A \eta \mu (\omega t + \varphi_0) \Leftrightarrow +A = A \eta \mu \varphi_0 \Leftrightarrow = \eta \mu \varphi_0 + 1 \Leftrightarrow \varphi_0 = \begin{cases} 2\kappa\pi + \frac{\pi}{2} \\ 2\kappa\pi + \left(\pi - \frac{\pi}{2}\right) \end{cases}$$

για  $k = 0 \Leftrightarrow \varphi_0 = \pi/2$  rad.

$$\text{Δίνεται } \omega = \sqrt{\frac{D}{m_1}} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k_1 + k_2}{m_1}} = \sqrt{\frac{60+140}{2}} = \sqrt{\frac{200}{2}} = 10 \text{ rad/s} \Rightarrow \omega = 10 \text{ rad/s.}$$

$$\text{Άρα } x = 0,05\eta\mu \left( 10t + \frac{\pi}{2} \right) \text{ (SI)}$$

$$\text{ή } x = 0,05\sigma\omega t \text{ (SI)}$$

- Δ3.** Η σταθερά επαναφοράς δίνεται από τη σχέση  $D = m \cdot \omega^2$ .

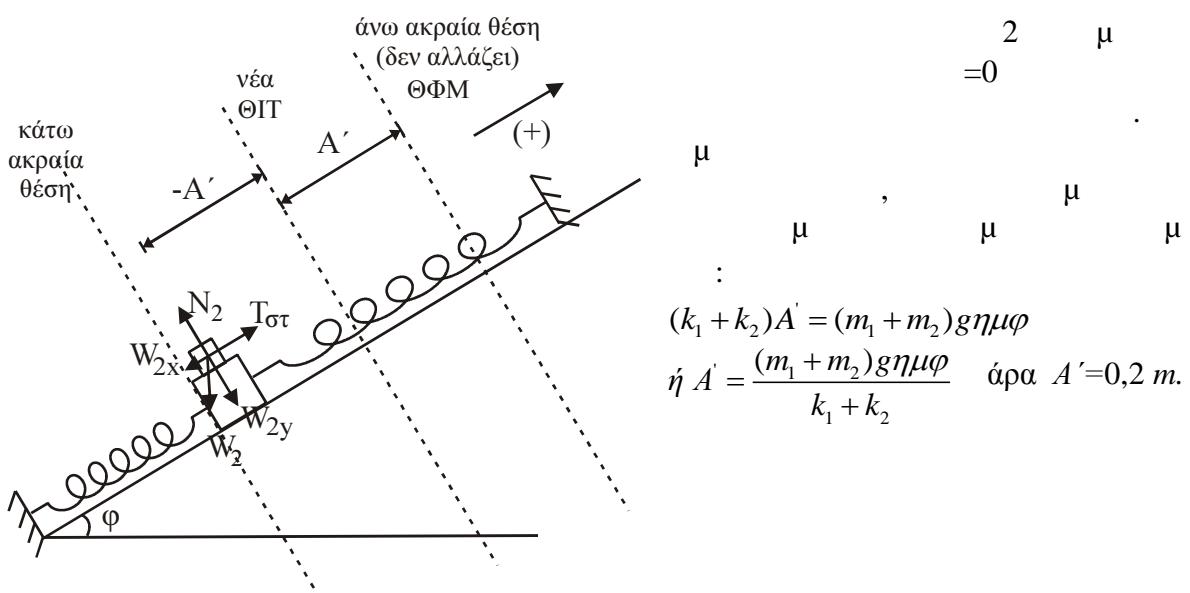
$$\text{Για το } \Sigma_2 \text{ ισχύει: } D_2 = m_2 \cdot (\omega')^2$$

$$\text{Όμως : } \omega' = \sqrt{\frac{k_1 + k_2}{m_1 + m_2}} = \sqrt{\frac{200}{6+2}} = \sqrt{25} = 5 \text{ rad/s.}$$

$$\text{Άρα: } D_2 = m_2 \cdot (\omega')^2 = 6 \cdot 25 = 150 \text{ N/m.}$$

- Δ4.**

### 1η Λύση



Σε κάποια θέση κάτω από τη Θ.Ι. παίρνω Β' Νόμο Νεύτωνα:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad \text{με (+) προς τα πάνω } T_{\sigma\tau} - W_x = ma$$

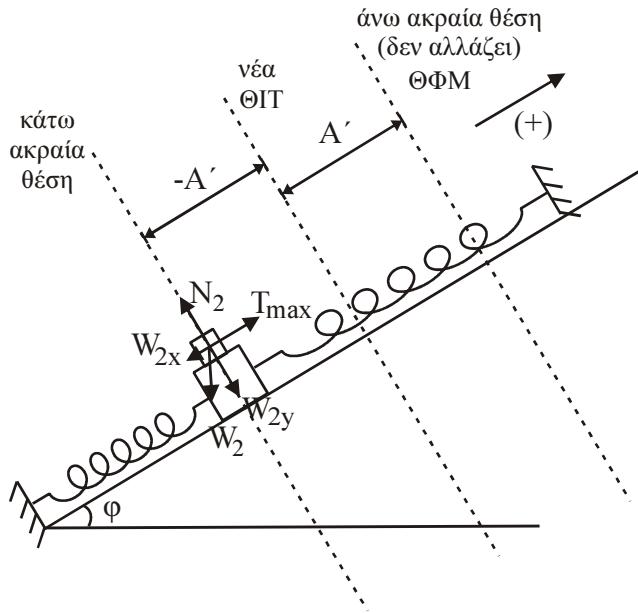
$$T_{\sigma\tau} = W_x + ma \quad \text{μέγιστη } T_{\sigma\tau} \text{ όταν } a = a_{\max} = \omega'^2 \cdot A'$$

$$T_{\sigma\tau} = m_2 \cdot \omega'^2 \cdot A' + m_2 \cdot g \cdot \eta\mu\theta$$

$$T_{\sigma\tau} = 6 \cdot 5 \cdot 0,2 + 6 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} = 30 + 30 = 60 \text{ N.}$$

$$\left. \begin{aligned} T_{\sigma\tau} &= \mu_{\sigma\tau} N \text{ όμως} \\ N &= W_y = 30\sqrt{3} \text{ (N)} \end{aligned} \right\} \Rightarrow 60 = \mu_{\sigma\tau} \cdot 30\sqrt{3} \Rightarrow \mu_{\sigma\tau} = \frac{60}{30\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{3}}{3}.$$

## 2η Λύση



Με την προσθήκη του δεύτερου σώματος έχουμε αλλαγή θέση ισορροπίας. Στην καινούργια θέση ισορροπίας ισχύει:

$$\begin{aligned}\Sigma F_x = 0 \Rightarrow (m_1 + m_2)g \cdot \eta \mu \varphi &= (k_1 + k_2) \cdot x \Rightarrow \\ \Rightarrow (6+2)10 \cdot \frac{1}{2} &= (60+140) \cdot x \Rightarrow 40 = 200x \Rightarrow x = 0,2 \text{ m.}\end{aligned}$$

Επειδή το σώμα αφήνεται χωρίς αρχική ταχύτητα στην ακραία θέση, και στη νέα ταλάντωση η ακραία θέση θα παραμείνει στο ίδιο σημείο (το συσσωμάτωμα έχει αρχική ταχύτητα μηδέν).

Επειδή η ακραία θέση είναι η θέση φυσικού μήκους των ελατηρίων, η απόσταση  $x = 0,2 \text{ m}$  θα είναι το νέο πλάτος  $A' = 0,2 \text{ m}$ .

Για το  $\Sigma_2$  που μετέχει στην ταλάντωση του συστήματος θα ισχύει:

$$\begin{aligned}\Sigma \vec{F} &= -D_2 \cdot \vec{x} \Rightarrow \vec{T} + m_2 \cdot \vec{g} \cdot \eta \mu 30^\circ = -D_2 \cdot \vec{x} \Rightarrow \\ \Rightarrow \vec{T} &= -m_2 \cdot \vec{g} \cdot \eta \mu 30^\circ - D_2 \cdot \vec{x}. \text{ Επειδή τα διανύσματα της τελευταίας σχέσης είναι συγγραμμικά και λόγω της θετικής φοράς προς τα πάνω η σχέση γράφεται αλγεβρικά: } \\ T &= -m_2(-g) \cdot \eta \mu 30^\circ - D_2 \cdot x \Rightarrow T = m_2 g \eta \mu 30^\circ - D_2 \cdot x.\end{aligned}$$

Η μέγιστη τιμή της  $T$  προκύπτει για  $x = -A'$ .

Άρα:  $T_{\max} = m_2 g \eta \mu 30^\circ + D_2 A'$ .

Για να μην ολισθαίνει αρκεί

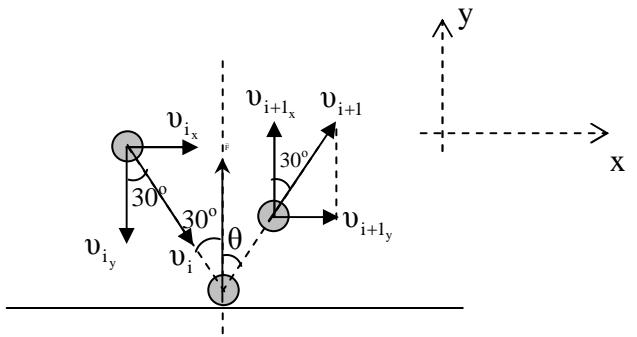
$$T_{\max} \leq \mu \cdot N \Rightarrow m_2 \cdot g \cdot \eta \mu 30^\circ + D_2 \cdot A' \leq \mu \cdot m_2 \cdot g \cdot \eta \mu 30^\circ \Rightarrow$$

$$60 \frac{1}{2} + 150 \cdot 0,2 \leq \mu \cdot 60 \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow$$

$$30 + 30 \leq \mu \cdot 30\sqrt{3} \Rightarrow \mu \geq \frac{2}{\sqrt{3}} \Rightarrow \mu_{\min} = \frac{2\sqrt{3}}{3}.$$

Το  $\Sigma_1$  εκτελεί Ε.Ο.Κ. και σε χρόνο  $t_1$  διατρέχει διάστημα  $(A\Gamma) = (B\Delta) = l$ , άρα  $l = vt_1 \Rightarrow t_1 = \frac{l}{v}$  (1).

Η κάθε κρούση του σφαιριδίου  $\Sigma_2$  με τους παράλληλους τοίχους  $A\Gamma$  και  $B\Delta$  είναι ελαστική. Άρα,

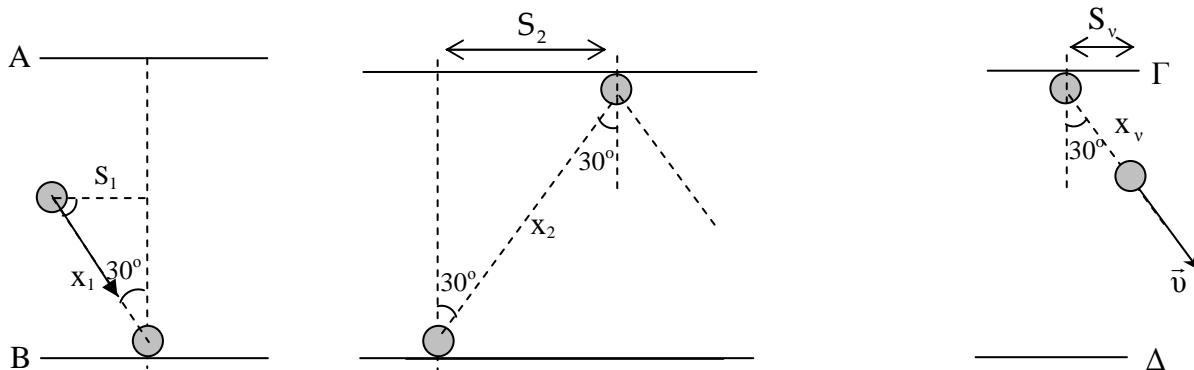


$$K_{\text{apx}} = K_1 = K_2 = \dots = K_v \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 = \dots = \frac{1}{2}mv_v^2 \Rightarrow |\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = \dots = |\vec{v}_v| = v,$$

όπου  $v_i$  ( $i=1,2,\dots,v$ ) η ταχύτητα του  $\Sigma_2$  μετά την i τάξης κρούση.

Ακόμα για το  $\Sigma_2$  σε κάθε κρούση τόσο με τον τοίχο  $B\Delta$  όσο και με τον  $A\Gamma$  έχουμε:

$$\Delta \vec{p}_x = \sum \vec{F}_x \cdot \Delta t_{\text{kp.}} \xrightarrow{\Delta t_{\text{kp.}} \approx 0} \Delta \vec{p}_x = \vec{0} \Rightarrow \vec{p}_{x(\text{ap.μετα})} - \vec{p}_{x(\text{λίγο πριν})} = \vec{0} \Rightarrow mv\mu\theta - mv\mu 30^\circ = 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow \eta\mu\theta = \eta\mu 30^\circ \Rightarrow \hat{\theta} = 30^\circ$$



Από τη στιγμή της εκκίνησης μέχρι την πρώτη κρούση

Μεταξύ δύο διαδοχικών κρούσεων

Από την τελευταία κρούση μέχρι την έξοδο

Αν  $x_1$  η απόσταση που διατρέχει το  $\Sigma_2$  από την στιγμή που αφήνεται μέχρι την πρώτη κρούση ισχύει

$$\eta\mu 30^\circ = \frac{S_1}{x_1} \Rightarrow x_1 = \frac{S_1}{\eta\mu 30^\circ}$$

Ομοίως αν  $x_2$  το διάστημα που διατρέχει μεταξύ πρώτης και δεύτερης κρούσης έχουμε:

$$\eta\mu 30^\circ = \frac{S_2}{x_2} \Rightarrow x_2 = \frac{S_2}{\eta\mu 30^\circ}$$

Άρα αν  $x_{v-1}$  είναι το διάστημα που διατρέχει μεταξύ της  $(v-1)$  και της νιοστής κρούσης θα ισχύει

$$\eta\mu 30^\circ = \frac{S_{v-1}}{x_{v-1}} \Rightarrow x_{v-1} = \frac{S_{v-1}}{\eta\mu 30^\circ}$$

Ακόμα αν  $x_v$  είναι το διάστημα που διέτρεξε μεταξύ της νιοστής κρούσης και εξόδου θα έχουμε

$$x_v = \frac{S_v}{\eta\mu 30^\circ}$$

Άρα το  $\Sigma_2$  κινούμενο με ταχύτητα  $v$  διέτρεξε διάστημα

$$x = x_1 + x_2 + \dots + x_v \Rightarrow x = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_v}{\eta\mu 30^\circ} \Rightarrow x = \frac{(A\Gamma)}{1/2} \Rightarrow x = 2(A\Gamma) = 2S \text{ σε χρόνο } t_2 \text{ για το}$$

οποίο ισχύει:

$$t_2 = \frac{x}{v} \Rightarrow t_2 = \frac{2S}{v} \Rightarrow \boxed{t_2 = 2t_1}$$