ΠΑΝΕΛΛΑΔΙΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑ: ΦΥΣΙΚΗ Ο.Π

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΘΕΜΑΤΩΝ

ΘΕΜΑ Α

Α1. δ

Α2. γ

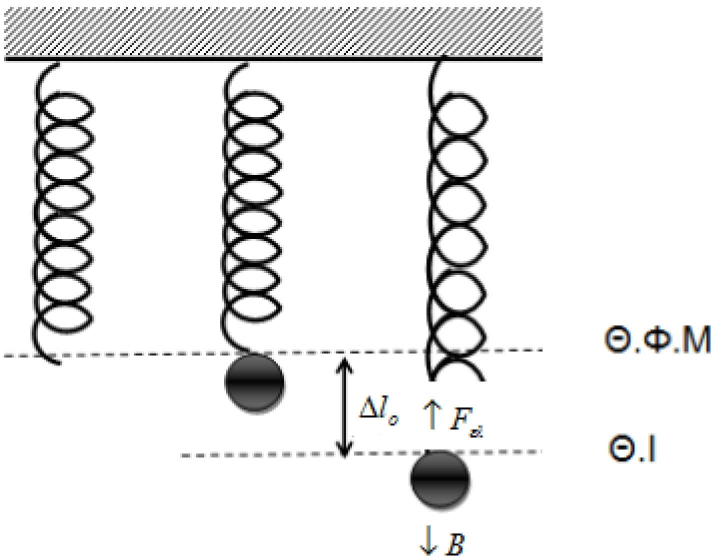
Α3. α

Α4. δ

Α5. α. Λ β. Σ γ. Σ δ. Σ ε. Λ

ΘΕΜΑ Β

Β1. Σωστή απάντηση (ii)



Έστω Γ η Θ.Ι. (θέση ισορροπίας) του σώματος. Εκεί $\Sigma F = 0 \rightarrow F_{\varepsilon\lambda} = \mathrm{B} \rightarrow k \cdot \Delta l_o = m \cdot g \rightarrow \Delta l_o = \dfrac{m \cdot g}{k}$ (1).

Όταν το σώμα αφεθεί ελεύθερο θα εκτελέσει γ.α.τ. με $D = k$ και Θ.Ι. τη Γ.

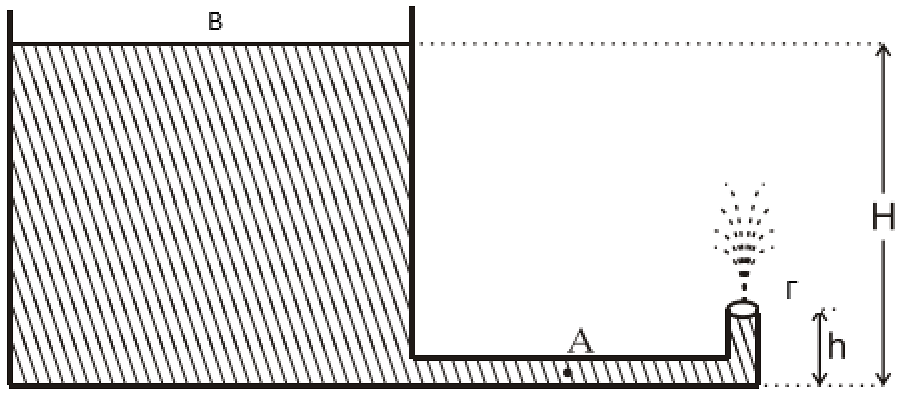
Όταν το σώμα ξεκινά να ταλαντώνεται, απέχει από τη Θ.Ι. απόσταση Δl_o και εκεί έχει ταχύτητα ίση με μηδέν. Άρα, η θέση αυτή αποτελεί ακραία θέση της ταλάντωσης οπότε $A = \Delta l_0$.

Η δυναμική ενέργεια του ελατηρίου γίνεται μέγιστη στη θέση όπου η παραμόρφωση του ελατηρίου είναι μέγιστη. Αυτό συμβαίνει <u>πάντα </u>στην κάτω ακραία θέση της ταλάντωσης όπου: $\Delta l = \Delta l_o + A$.

$$U_{\varepsilon\lambda} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \Delta l^2 = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \left(\Delta l_o + A\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \left(\Delta l_o + \Delta l_o\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \left(2\Delta l_o\right)^2 = 2 \cdot k \cdot \Delta l_o{}^2 \, (2).$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) έχουμε: $U_{\varepsilon\lambda} = 2 \cdot k \cdot \dfrac{m^2 \cdot g^2}{k^2} = 2\dfrac{m^2 \cdot g^2}{k}$.

Β2. Σωστή απάντηση (iii)



Εφαρμόζω την εξίσωση Bernoulli από το Β στο Γ:

$$P_B + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u_B{}^2 + \rho \cdot g \cdot h_B = P_\Gamma + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u_\Gamma^2 + \rho \cdot g \cdot h_\Gamma \overset{u_B = 0\frac{m}{\sec}}{\Rightarrow}$$

$$P_{B} + \rho \cdot g \cdot H = P_{\Gamma} + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u_{\Gamma}^{2} + \rho \cdot g \cdot h .$$

Όμως, $P_B = P_{\Gamma} = P_{atm}$ (εφόσον το δοχείο είναι ανοιχτό) και η παραπάνω σχέση γίνεται:

$$P_{atm} + \rho \cdot g \cdot H = P_{atm} + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u_{\Gamma}^{2} + \rho \cdot g \cdot h \Rightarrow$$

$$\rho \cdot g \cdot H = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u_{\Gamma}^{2} + \rho \cdot g \cdot h \Rightarrow \rho \cdot g \cdot (H - h) = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u_{\Gamma}^{2} \Rightarrow u_{\Gamma}^{2} = 2 \cdot g \cdot (H - h) \Rightarrow$$

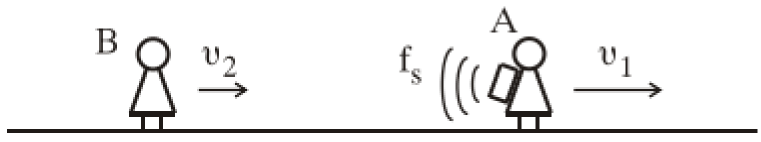
$$u_{\Gamma}^{2} = 2 \cdot g \cdot (5h - h) = 2 \cdot g \cdot 4h = 8 \cdot g \cdot h \Rightarrow u_{\Gamma} = \sqrt{8 \cdot g \cdot h}$$

Εφαρμόζω εξίσωση συνέχειας σε σωλήνα σταθερής διατομής:

$$\Pi_{A} = \Pi_{\Gamma} \Rightarrow A_{A} \cdot u_{A} = A_{\Gamma} \cdot u_{\Gamma} \Rightarrow u_{A} = u_{\Gamma} = \sqrt{8 \cdot g \cdot h} = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Άρα, $u_{A} = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$.

B3. Σωστή απάντηση (ii)



Κινούμενη πηγή – Κινούμενος παρατηρητής

$$f_{B} = \frac{u_{\eta\chi} + u_{2}}{u_{\eta\chi} + u_{1}} \cdot f_{s} \Rightarrow f_{B} = \frac{u_{\eta\chi} + \frac{u_{\eta\chi}}{10}}{u_{\eta\chi} + \frac{u_{\eta\chi}}{5}} \cdot f_{s} \Rightarrow f_{B} = \frac{\frac{11 \cdot u_{\eta\chi}}{10}}{\frac{6 \cdot u_{\eta\chi}}{5}} \cdot f_{s} \Rightarrow f_{B} = \frac{55}{60} \cdot f_{s} \Rightarrow f_{B} = \frac{11}{12} \cdot f_{s} .$$

ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Το ελάχιστο χρονικό διάστημα για την απευθείας μετάβαση της στοιχειώδης μάζας από την κάτω ακραία θέση της ταλάντωσης μέχρι την επάνω ακραία θέση αντιστοιχεί σε:

$$\Delta t = \frac{T}{2} \Rightarrow T = 2 \cdot \Delta t = 2 \cdot 0.4 = 0.8 \sec .$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{\mathrm{T}} = \frac{2 \cdot \pi}{0,8} = \frac{2 \cdot \pi}{8 \cdot 10^{-1}} = \frac{20 \cdot \pi}{8} = \frac{5 \cdot \pi}{2} = 2,5 \frac{rad}{\sec} .$$

Στο ίδιο χρονικό διάστημα, το κύμα έχει μετατοπιστεί κατά:

$$\Delta x = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2 \cdot \Delta x = 2 \cdot 4 \cdot 10^{-2} m = 8 \cdot 10^{-2} m .$$

Η ενέργεια ταλάντωσης είναι: $E = \frac{1}{2} \cdot D \cdot A^2$ (1)

$$D = \Delta m \cdot \omega^2 = 10^{-6} \cdot \left(\frac{5 \cdot \pi}{2} \right)^2 = \frac{25 \cdot \pi^2 \cdot 10^{-6}}{4} \frac{\mathrm{N}}{m} \quad (2)$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) έχουμε:

$$5 \cdot \pi^2 \cdot 10^{-7} = \frac{1}{2} \cdot \frac{25 \cdot \pi^2 \cdot 10^{-6}}{4} \cdot \mathrm{A}^2 \Rightarrow \frac{8}{5} \cdot 10^{-7} = 10^{-6} \cdot \mathrm{A}^2 \Rightarrow \frac{8 \cdot 10^{-7}}{5 \cdot 10^{-6}} = \mathrm{A}^2 \Rightarrow \mathrm{A}^2 = \frac{8}{5} \cdot 10^{-1} \Rightarrow$$

$$\mathrm{A}^2 = 1,6 \cdot 10^{-1} = 16 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \mathrm{A} = \sqrt{16 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \mathrm{A} = 4 \cdot 10^{-1} = 0.4 m .$$

Γ2. Η εξίσωση του αρμονικού κύματος δίνεται από τη σχέση: $y = A \cdot \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$.

Με αντικατάσταση έχουμε:

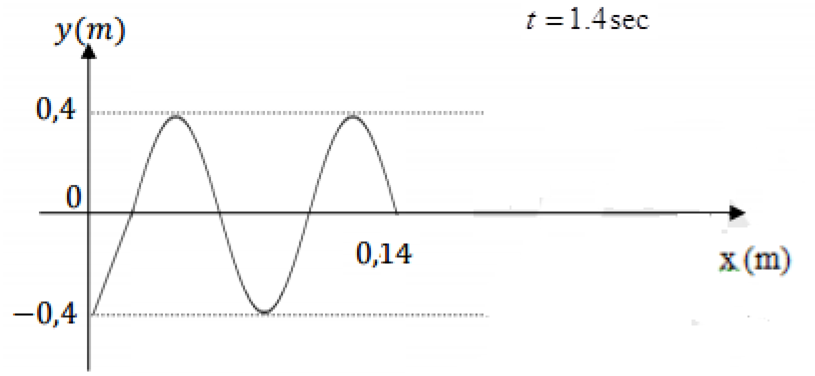
$$y = 0.4 \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{0.8} - \frac{x}{8 \cdot 10^{-2}} \right) = 0.4 \eta\mu 2\pi \left(\frac{10 \cdot t}{8} - \frac{10^2 \cdot x}{8} \right) = 0.4 \eta\mu 2\pi \left(\frac{5 \cdot t}{4} - \frac{25 \cdot x}{4} \right).$$

Την χρονική στιγμή $t_1 = 1.4 \sec$ το κύμα έχει διαδοθεί κατά:

$$x_{\delta\iota\alpha\delta} = u \cdot t = \lambda \cdot f \cdot t = \frac{10}{8} \cdot 1.4 \cdot \lambda = 1.75 \lambda .$$

Την χρονική στιγμή $t_1 = 1.4\sec$ η απομάκρυνση των σημείων του μέσου περιγράφεται από την εξίσωση:

$$y = 0.4\eta\mu 2\pi\left(\frac{5\cdot 1{,}4}{4} - \frac{25\cdot x}{4}\right) = 0.4\eta\mu 2\pi\left(1{,}75 - \frac{25\cdot x}{4}\right) \text{ (S.I)}$$



Γ3. Εφαρμόζοντας την Α.Δ.Ε. έχουμε:

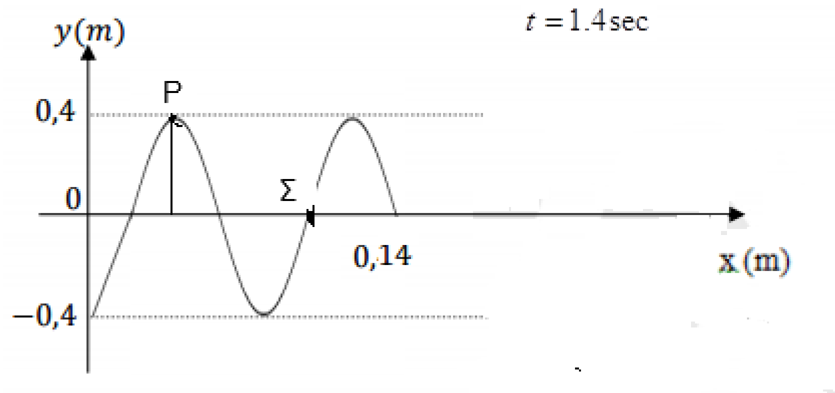
$$K + U = E \Rightarrow K + \frac{1}{2}\cdot D\cdot y^2 = \frac{1}{2}\cdot D\cdot A^2 \Rightarrow K = \frac{1}{2}\cdot D\cdot\left(A^2 - y^2\right) \Rightarrow$$

$$K = \frac{1}{2}\cdot\frac{25\cdot\pi^2\cdot 10^{-6}}{4}\cdot\left(16\cdot 10^{-2} - 4\cdot 10^{-2}\right) = \frac{1}{2}\cdot\frac{25\cdot\pi^2\cdot 10^{-6}}{4}\cdot 12\cdot 10^{-2} = 37{,}5\cdot\pi^2\cdot 10^{-8}\,J.$$

Γ4. Τα σημεία Ρ και Σ έχουν διαφορά φάσης $\Delta\phi_{\mathrm{P},\Sigma} = \frac{3\pi}{2}$. Επομένως,

$$\Delta\phi_{\mathrm{P},\Sigma} = \phi_{\mathrm{P}} - \phi_{\Sigma} = 2\pi\left(\frac{t}{\mathrm{T}} - \frac{x_{\mathrm{P}}}{\lambda}\right) - 2\pi\left(\frac{t}{\mathrm{T}} - \frac{x_{\Sigma}}{\lambda}\right) \Rightarrow \Delta\phi_{\mathrm{P},\Sigma} = \frac{2\pi}{\lambda}\cdot d_{\mathrm{P},\Sigma} \Rightarrow \frac{3\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda}\cdot d_{\mathrm{P},\Sigma} \Rightarrow$$

$d_{\mathrm{P},\Sigma} = \frac{3\lambda}{4}$. Το σημείο Ρ, σύμφωνα με την εκφώνηση βρίσκεται στην θετική ακραία θέση. Άρα, αν τοποθετήσω τα σημεία επάνω στο στιγμιότυπο, συμπεραίνουμε ότι το σημείο Σ θα βρίσκεται στη Θ.Ι.



Για το σημείο P ισχύει επίσης:

$$y_{\mathrm{P}} = \mathrm{A}\eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{\mathrm{T}} - \frac{x_{\mathrm{P}}}{\lambda}\right) \Rightarrow y_{\mathrm{P}} = \mathrm{A}\eta\mu\phi_{\mathrm{P}} \overset{y=+A}{\Rightarrow} +A = A\eta\mu\phi_{\mathrm{P}} \Rightarrow \eta\mu\phi_{\mathrm{P}} = 1 \Rightarrow \phi_{\mathrm{P}} = 2\kappa\pi + \frac{\pi}{2}.$$

Ακόμη, $\phi_{\mathrm{P}} - \phi_{\Sigma} = \dfrac{3\pi}{2} \Rightarrow \phi_{\Sigma} = -\dfrac{3\pi}{2} + \phi_{\mathrm{P}} = 2\kappa\pi + \dfrac{\pi}{2} - \dfrac{3\pi}{2} \Rightarrow \phi_{\Sigma} = 2\kappa\pi - \pi$.

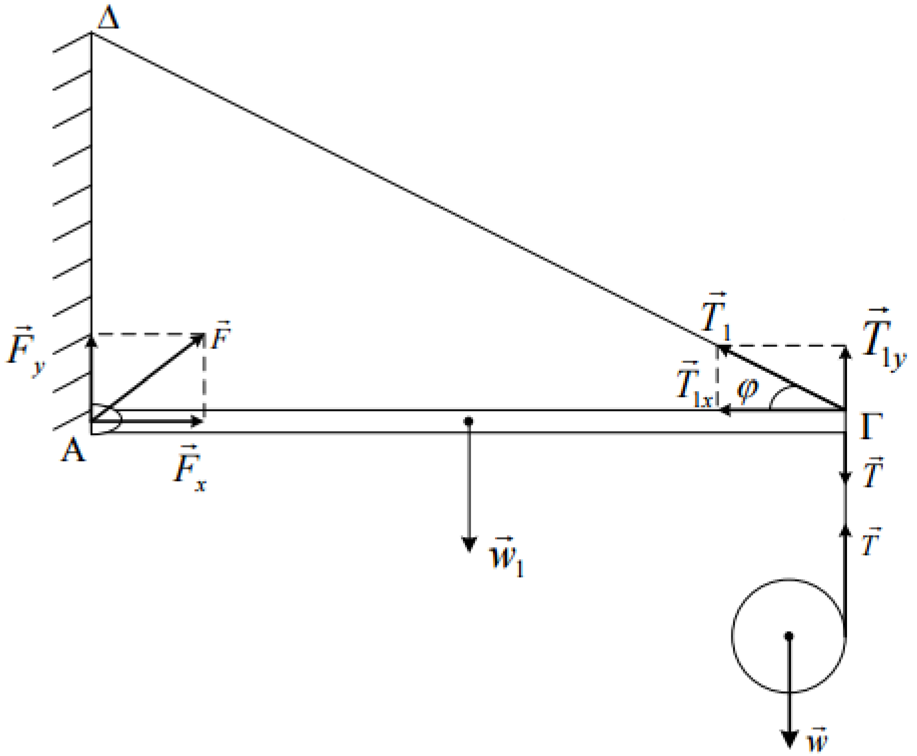
Η ταχύτητα του σημείου Σ είναι:

$$u_{\Sigma} = u_{\max}\sigma\upsilon\nu\, 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x_{\Sigma}}{\lambda}\right) \Rightarrow u_{\Sigma} = \omega \cdot \mathrm{A} \cdot \sigma\upsilon\nu\phi_{\Sigma} = \frac{5\pi}{2} \cdot 0{,}4 \cdot \sigma\upsilon\nu\left(2\kappa\pi - \pi\right) \Rightarrow$$

$$u_{\Sigma} = \pi \cdot \sigma\upsilon\nu\left(-\pi\right) \Rightarrow u_{\Sigma} = -\pi\frac{m}{\sec.}$$

ΘΕΜΑ Δ

Δ1. Σχεδιάζω τις δυνάμεις, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



Επειδή το σχοινί δεν γλιστρά στην περιφέρεια του δίσκου, το διάστημα που κατεβαίνει το κέντρο μάζας σε κάποιο χρόνο ισούται με το μήκος του τόξου που διανύει ένα σημείο της περιφέρειας. Επομένως,

$u_{cm} = u_{\gamma\rho} \Rightarrow u_{cm} = \omega \cdot R$ (1) και $a_{cm} = a_{\gamma\omega\nu} \cdot R$ (2)

Ο δίσκος εκτελεί σύνθετη κίνηση.

Για την μεταφορική κίνηση: $\Sigma F = m \cdot a_{cm} \Rightarrow w - T = m \cdot a_{cm} \Rightarrow T = m \cdot g - m \cdot a_{cm}$ (3)

Για την στροφική κίνηση: $\Sigma\tau = I \cdot \alpha_{\gamma\omega\nu} \Rightarrow \mathrm{T} \cdot R = \frac{1}{2} \cdot m \cdot R^2 \cdot a_{\gamma\omega\nu} \overset{(2)}{\Rightarrow} \mathrm{T} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot a_{cm}$ (4)

Από τις σχέσεις (3) και (4) έχουμε: $m \cdot g - m \cdot a_{cm} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot a_{cm} \Rightarrow a_{cm} = \frac{2 \cdot g}{3} \Rightarrow a_{cm} = \frac{20}{3} \frac{m}{\sec^2}$.

Από την σχέση (4) έχουμε: $T = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot \frac{20}{3} = \frac{20}{3} N$ (θα χρειαστούμε τη δύναμη παρακάτω, γι' αυτό το λόγο την υπολογίσαμε).

Δ2. Η ράβδος ισορροπεί. Επομένως, ισχύει:

$$\Sigma\tau_{\mathrm{A}}=0\Rightarrow\tau_{w_1}+\tau_{T_{1x}}+\tau_{T_{1y}}+\tau_{\mathrm{T}}+\tau_{F_x}+\tau_{F_y}=0\Rightarrow -w_1\cdot\frac{(A\Gamma)}{2}+0-\mathrm{T}\cdot(\mathrm{A}\Gamma)+\mathrm{T}_{1y}\cdot\left(\mathrm{A}\Gamma\right)+0+0=0\Rightarrow$$

$$\frac{w_1}{2}+T=T_1\cdot\eta\mu\phi\Rightarrow \mathrm{T}_1=\frac{100}{3}\mathrm{N}.$$

Δ3. Επειδή $\Sigma\tau_{\varepsilon\xi}=0$, η στροφορμή του συστήματος διατηρείται σταθερή. Επομένως, $L_1=L_2$.

Η στροφορμή αρχικά είναι $L_1=I\cdot\omega_1=\frac{1}{2}\cdot m\cdot R^2\cdot\omega_1$ (5).

Ισχύει: $h=\frac{1}{2}\cdot a_{cm}\cdot\Delta t^2\Rightarrow\Delta t=\sqrt{\frac{2\cdot h}{a_{cm}}}\Rightarrow\Delta t=\sqrt{\frac{2\cdot 0.3}{\frac{20}{3}}}\Rightarrow\Delta t=0.3\sec$.

$$\omega_1=\alpha_{\gamma\omega\nu}\cdot\Delta t\overset{(2)}{\Rightarrow}\omega_1=\frac{\alpha_{cm}}{R}\cdot\Delta t\Rightarrow\omega_1=\frac{\frac{20}{3}}{0.1}\cdot 0.3\Rightarrow\omega_1=20\frac{rad}{\sec}.$$

Από την σχέση (5): $L_1=\frac{1}{2}\cdot 2\cdot 0.1^2\cdot 20=0.2kg\frac{m^2}{\sec}$.

Με βάση τα παραπάνω, $L_2=L_1=0.2kg\frac{m^2}{\sec}$.

Δ4.

$$\frac{\mathrm{K}_{\pi\varepsilon\rho}}{\mathrm{K}_{\mu\varepsilon\tau}}=\frac{\frac{1}{2}\cdot I\cdot\omega_2^2}{\frac{1}{2}\cdot m\cdot u_{cm,2}^2}=\frac{\frac{1}{2}\cdot m\cdot R^2\cdot\omega_2^2}{m\cdot u_{cm,2}^2}=\frac{\frac{1}{2}\cdot R^2\cdot\omega_2^2}{u_{cm,2}^2}\quad(6).$$

Ισχύει: $\omega_1=\omega_2=20\frac{rad}{\sec}$ (εφόσον $\omega=\sigma\tau\alpha\theta$). Άρα, $\mathrm{K}_{\pi\varepsilon\rho}=\frac{1}{2}\cdot 0{,}1^2\cdot 20^2=2J$.

Μετά από χρονικό διάστημα $\Delta t' = 0.1\sec$ από τη στιγμή που κόπηκε το νήμα, το κέντρο μάζας του δίσκου κατεβαίνει με επιτάχυνση $a_{cm} = g = 10\frac{m}{\sec^2}$, αφού η μόνη δύναμη που ενεργεί τώρα στον δίσκο είναι το βάρος. Έχουμε λοιπόν,

$$u_{cm,2} = u_{cm,1} + a_{cm} \cdot \Delta t' \Rightarrow u_{cm,2} = \omega_1 \cdot R + g \cdot \Delta t' \Rightarrow u_{cm,2} = 20 \cdot 0.1 + 10 \cdot 0.1 \Rightarrow u_{cm,2} = 3\frac{m}{\sec}.$$

Επομένως, $\mathrm{K}_{\mu\varepsilon\tau} = u_{cm,2}^2 = 3^2 = 9J$.

Από την σχέση (6), προκύπτει τελικά: $\frac{\mathrm{K}_{\pi\varepsilon\rho}}{\mathrm{K}_{\mu\varepsilon\tau}} = \frac{2}{9}$.