ΦΥΣΙΚΗ Γ΄ ΛΥΚΕΙΟΥ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ
12 ΙΟΥΝΙΟΥ 2019
Λύσεις

ΘΕΜΑ Α

Α1. β)

Α2. γ) $\left[\ \upsilon_{max(1)} = \omega_1 A_1 = 2\pi f_1 A_1 = 2\pi\,(2f_2)\dfrac{A_2}{2} = 2\pi f_2 A_2 = \upsilon_{max(2)}\ \right]$

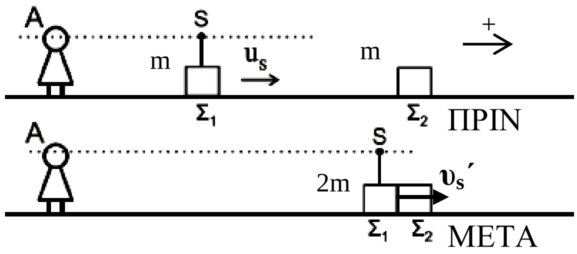
Α3. α)

Α4. γ) $\left[\ \Delta V_1 = \Delta V_2 \Rightarrow A_1 d_1 = A_2 d_2 \Rightarrow A_1 d_1 = 3A_1 d_2 \Rightarrow d_1 = 3d_2\ \right]$

Α5. α. Λ β. Σ γ. Λ δ. Σ ε. Σ

ΘΕΜΑ Β

Β1. α) ii.



Β) Πριν από την κρούση, για τη συχνότητα που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής είναι $f_1 = \dfrac{\upsilon_H}{\upsilon_H + \upsilon_s} f_s \Rightarrow$

$$\Rightarrow f_1 = \frac{\upsilon_H}{\upsilon_H + \dfrac{\upsilon_H}{20}} f_s \Rightarrow f_1 = \frac{\upsilon_H}{\dfrac{21\upsilon_H}{20}} f_s \Rightarrow f_1 = \frac{20}{21} f_s \ (1).$$

Από την Αρχή Διατήρησης της Ορμής για την πλαστική κρούση έχουμε: $\vec{p}_{ολ(αρχ)} = \vec{p}_{ολ(τελ)} \Rightarrow$

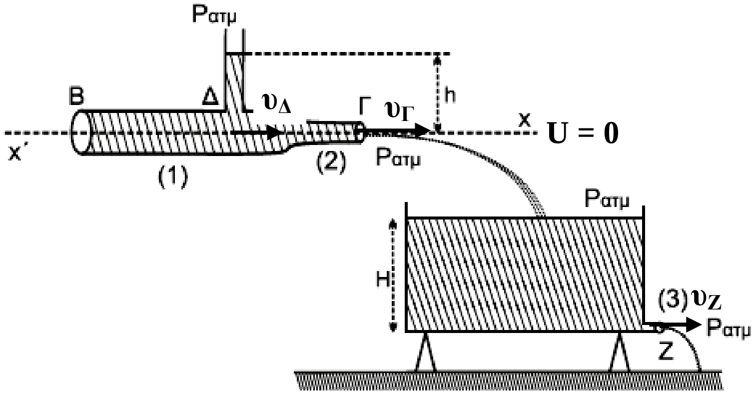
$$\Rightarrow m\upsilon_s = 2m\,\upsilon_s' \Rightarrow \upsilon_s' = \frac{\upsilon_s}{2} \Rightarrow \upsilon_s' = \frac{\upsilon_H/20}{2} \Rightarrow \upsilon_s' = \frac{\upsilon_H}{40}.$$

Μετά την κρούση, για τη συχνότητα που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής είναι

$$f_2 = \frac{\upsilon_H}{\upsilon_H + \upsilon_s'} f_s \Rightarrow f_2 = \frac{\upsilon_H}{\upsilon_H + \dfrac{\upsilon_H}{40}} f_s \Rightarrow f_2 = \frac{\upsilon_H}{\dfrac{41\upsilon_H}{40}} f_s \Rightarrow f_2 = \frac{40}{41} f_s \ (2).$$

Για τον λόγο των συχνοτήτων, έχουμε: $\dfrac{(1)}{(2)} \Rightarrow \dfrac{f_1}{f_2} = \dfrac{\dfrac{20}{21} f_s}{\dfrac{40}{41} f_s} \Rightarrow \dfrac{f_1}{f_2} = \dfrac{41 \cdot 20}{21 \cdot 40} \Rightarrow \boxed{\dfrac{f_1}{f_2} = \dfrac{41}{42}}.$

Β2. α) iii.



β) Η πίεση στο σημείο Δ είναι:
$P_Δ = P_{ατμ} + \rho g h$ (1), ενώ $P_Γ = P_{ατμ}$.
Από την εξίσωση της συνέχειας στον οριζόντιο σωλήνα είναι: $\Pi_Δ = \Pi_Γ \Rightarrow A_1\upsilon_Δ = A_2\upsilon_Γ \Rightarrow$

$$\Rightarrow 2A_2\upsilon_Δ = A_2\upsilon_Γ \Rightarrow \upsilon_Δ = \frac{\upsilon_Γ}{2} \ (2).$$

Εφαρμόζουμε την εξίσωση Bernoulli για μια ρευματική γραμμή που περνάει από τα Δ και Γ, χρησιμοποιώντας ότι $P_Γ = P_{ατμ}$.

$$P_Δ + \frac{1}{2}\rho\upsilon_Δ^2 = P_Γ + \frac{1}{2}\rho\upsilon_Γ^2 \overset{(1)}{\underset{(2)}{\Rightarrow}} P_{ατμ} + \rho g h + \frac{1}{2}\rho\frac{\upsilon_Γ^2}{4} = P_{ατμ} + \frac{1}{2}\rho\upsilon_Γ^2 \Rightarrow gh = \frac{\upsilon_Γ^2}{2} - \frac{\upsilon_Γ^2}{8} \Rightarrow h = \frac{3\upsilon_Γ^2}{8g} \ (3).$$

Εφόσον η στάθμη του δοχείου παραμένει σταθερή, ο όγκος του νερού που εισέρχεται ανά μονάδα χρόνου (παροχή) είναι ίσος με αυτόν που εξέρχεται, δηλ. $\Pi_Γ = \Pi_Z \Rightarrow A_2\upsilon_Γ = A_3\upsilon_Z \Rightarrow A_2\upsilon_Γ = \dfrac{A_2}{2}\upsilon_Γ \Rightarrow \upsilon_Z = 2\upsilon_Γ$ (4).

Από το θεώρημα Torricelli για το δοχείο είναι: $\upsilon_Z = \sqrt{2gH} \Rightarrow \upsilon_Z^2 = 2gH \Rightarrow H = \dfrac{\upsilon_Z^2}{2g} \overset{(4)}{\Rightarrow} H = \dfrac{4\upsilon_Γ^2}{2g} \Rightarrow$

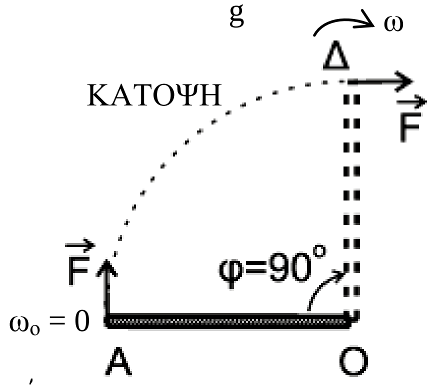
$\Rightarrow H = \dfrac{2\upsilon_\Gamma^{\ 2}}{g}$ (5). Για τον ζητούμενο λόγο, με διαίρεση κατά μέλη βρίσκουμε $\dfrac{(3)}{(5)} \Rightarrow \dfrac{h}{H} = \dfrac{\dfrac{3\upsilon_\Gamma^{\ 2}}{8g}}{\dfrac{2\upsilon_\Gamma^{\ 2}}{g}} \Rightarrow \boxed{\dfrac{h}{H} = \dfrac{3}{16}}$.

Β3. α) ii.

Β) Για την <u>ΚΙΝΗΣΗ ΥΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ F</u> εφαρμόζουμε το θεώρημα μεταβολής κινητικής ενέργειας: $W_F = \Delta K \Rightarrow$

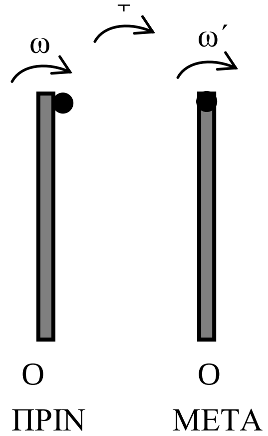
$\Rightarrow W_F = K_{\tau\varepsilon\lambda} - K_{\alpha\rho\chi} \Rightarrow \tau_F \cdot \varphi = \dfrac{1}{2} I_\rho\, \omega^2 \Rightarrow F\, L\, \varphi = \dfrac{1}{2}\dfrac{1}{3} ML^2\, \omega^2 \Rightarrow$

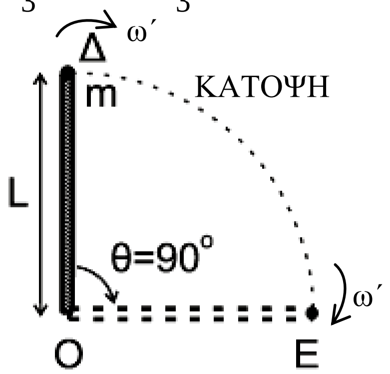
$\Rightarrow 9\pi \cdot 1 \cdot \dfrac{\pi}{2} = \dfrac{1}{2}\dfrac{1}{3} \cdot 3 \cdot 1^2 \cdot \omega^2 \Rightarrow \omega^2 = 9\pi^2 \Rightarrow \omega = 3\pi\ \dfrac{\text{rad}}{\text{s}}$.



Για την <u>ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΚΡΟΥΣΗ</u>, από την Αρχή Διατήρησης της Στροφορμής (ισχύει $\Sigma\tau_{\varepsilon\xi} = 0$) έχουμε: $L_{o\lambda(\alpha\rho\chi)} = L_{o\lambda(\tau\varepsilon\lambda)} \Rightarrow I_\rho\, \omega = (I_\rho + I_m)\, \omega' \Rightarrow$

$\Rightarrow \dfrac{1}{3} ML^2\, \omega = (\dfrac{1}{3} ML^2 + mL^2)\, \omega' \Rightarrow \dfrac{1}{3} \cdot 3 \cdot 1^2 \cdot 3\pi = (\dfrac{1}{3} \cdot 3 \cdot 1^2 + 1 \cdot 1^2)\, \omega' \Rightarrow$





$\Rightarrow 3\pi = 2\omega' \Rightarrow \omega' = \dfrac{3\pi}{2}\ \dfrac{\text{rad}}{\text{s}}$.

Για την <u>ΚΙΝΗΣΗ ΡΑΒΔΟΥ – m</u>, η οποία είναι ομαλή στροφική, έχουμε:

$\theta = \omega'\, \Delta t \Rightarrow \dfrac{\pi}{2} = \dfrac{3\pi}{2}\, \Delta t \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{\Delta t = \dfrac{1}{3}\,\text{s}}$.

<u>ΘΕΜΑ Γ</u>

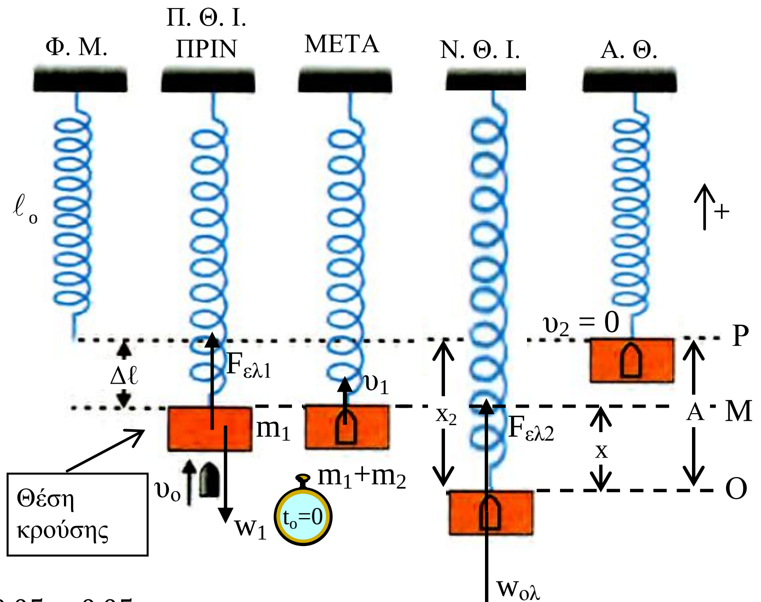
Γ1. Από τη συνθήκη ισορροπίας στη θέση ισορροπίας του Σ_1 (Π.Θ.Ι.) έχουμε:

$\Sigma F = 0 \Rightarrow F_{\varepsilon\lambda 1} - w_1 = 0 \Rightarrow k\, \Delta\ell = m_1 g \Rightarrow$

$\Rightarrow 0{,}05\, k = 1 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{k = 200\ \dfrac{\text{N}}{\text{m}}}$.

Από τη συνθήκη ισορροπίας στη θέση ισορροπίας του συσσωματώματος (Ν.Θ.Ι.) έχουμε: $\Sigma F = 0 \Rightarrow F_{\varepsilon\lambda 1} - w_1 = 0 \Rightarrow$
$\Rightarrow k\, x_2 = (m_1 + m_2)\, g \Rightarrow 200\, x_2 = 2 \cdot 10 \Rightarrow$
$\Rightarrow x_2 = 0{,}1$ m.

Επειδή το συσσωμάτωμα φτάνει μέχρι τη θέση του φυσικού μήκους, η παραμόρφωση x_2 είναι ίση με το πλάτος της ταλάντωσης, δηλαδή $\boxed{A = 0{,}1\ \text{m}}$.



Γ2. Η θέση της κρούσης είναι τυχαία θέση (Μ) της ταλάντωσης, με $x = x_2 - \Delta\ell = 0{,}1 - 0{,}05 = 0{,}05$ m.

Από τη διατήρηση της ενέργειας της ταλάντωσης του συσσωματώματος έχουμε:

$K + U = E \Rightarrow \dfrac{1}{2}(m_1 + m_2)\, \upsilon_1^2 + \dfrac{1}{2} kx^2 = \dfrac{1}{2} kA^2 \Rightarrow 2\, \upsilon_1^2 + 200 \cdot 0{,}05^2 = 200 \cdot 0{,}1^2 \Rightarrow 2\, \upsilon_1^2 = 2 - 0{,}5 \Rightarrow$

$\Rightarrow \upsilon_1^2 = 0{,}75 \Rightarrow \upsilon_1 = \pm\sqrt{0{,}75}\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}} \overset{\upsilon_1>0}{\Rightarrow} \upsilon_1 = \sqrt{3 \cdot 0{,}25}\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow \upsilon_1 = 0{,}5\sqrt{3}\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

Από την Αρχή Διατήρησης της Ορμής για την πλαστική κρούση βρίσκουμε:

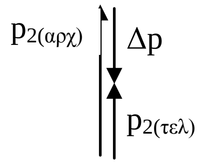
$\vec{p}_{o\lambda(\alpha\rho\chi)} = \vec{p}_{o\lambda(\tau\varepsilon\lambda)} \Rightarrow m_2\upsilon_o + 0 = (m_1 + m_2)\, \upsilon_1 \Rightarrow \upsilon_o = 2 \cdot 0{,}5\sqrt{3}\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow \upsilon_o = \sqrt{3}\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.

Άρα η κινητική ενέργεια του $Σ_2$ πριν την κρούση είναι: $K_2 = \frac{1}{2} m_2 υ_ο^2 \Rightarrow K_2 = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot \sqrt{3}^2 \text{ J} \Rightarrow \boxed{K_2 = 1{,}5 \text{ J}}$.

Γ3. Η μεταβολή της ορμής του $Σ_2$, με θετική φορά προς τα πάνω είναι:

$Δ\vec{p}_2 = \vec{p}_{2(τελ)} - \vec{p}_{2(αρχ)} \Rightarrow Δp_2 = m_2υ_1 - m_2υ_ο \Rightarrow Δp_2 = 1 \cdot 0{,}5\sqrt{3} - 1 \cdot \sqrt{3} \Rightarrow$

$\Rightarrow Δp_2 = -0{,}5\sqrt{3} \text{ kg}\frac{\text{m}}{\text{s}}$ και το μέτρο είναι $\boxed{|Δp_2| = 0{,}5\sqrt{3} \text{ kg}\frac{\text{m}}{\text{s}}}$.



Το αρνητικό πρόσημο σημαίνει ότι έχει κατεύθυνση προς τα κάτω.

Γ4. Η εξίσωση της απομάκρυνσης του συσσωματώματος σε συνάρτηση με τον χρόνο είναι

$x = Αημ(ωt + φ_ο)$ (1). Η περίοδος της ταλάντωσής του είναι $T = 2π\sqrt{\frac{m_1 + m_2}{k}} \Rightarrow T = 2π\sqrt{\frac{2}{200}} \text{ s} \Rightarrow$

$\Rightarrow T = 2π\frac{1}{10} \text{ s} \Rightarrow T = \frac{π}{5} \text{ s}$ και η κυκλική συχνότητά του $ω = \frac{2π}{T} \Rightarrow ω = \frac{2π}{π/5} \frac{\text{rad}}{\text{s}} \Rightarrow ω = 10\frac{\text{rad}}{\text{s}}$.

Για $t_ο = 0$ είναι $x = +0{,}05$ m, οπότε έχουμε (1) $\Rightarrow 0{,}05 = 0{,}1 ημφ_ο \Rightarrow ημφ_ο = \frac{1}{2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow ημφ_ο = ημ\frac{π}{6} \Rightarrow \begin{cases} φ_ο = 2kπ + \frac{π}{6} \xrightarrow[]{0 \le φ_{αρχ} < 2π \quad k=0} φ_ο = \frac{π}{6} \text{rad} \\ φ_ο = 2kπ + π - \frac{π}{6} \xrightarrow[]{0 \le φ_{αρχ} < 2π \quad k=0} φ_ο = \frac{5π}{6} \text{rad.} \end{cases}$$

Αλλιώς $ω = \sqrt{\frac{k}{m_1 + m_2}} = \sqrt{\frac{200}{2}} \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 10\frac{\text{rad}}{\text{s}}$.

Το συσσωμάτωμα όμως μετά την κρούση έχει τη θετική φορά, οπότε είναι $υ > 0$ και η δεκτή τιμή είναι $φ_ο = \frac{π}{6}$ rad. Τελικά έχουμε $\boxed{x = 0{,}1ημ(10t + \frac{π}{6}) \text{ (S.I.)}}$.

ΘΕΜΑ Δ

Δ1. Από την ισορροπία των σωμάτων έχουμε:

Ισορροπία σώματος Σ: $ΣF = 0 \Rightarrow w_Σ - T_1 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow T_1 = M_Σ g \Rightarrow T_1 = 2 \cdot 10 \text{ N} \Rightarrow T_1 = 20$ N.

Ισορροπία τροχαλίας: $Στ_{cm} = 0 \Rightarrow T_1 R_T - T_2 R_T = 0 \Rightarrow$

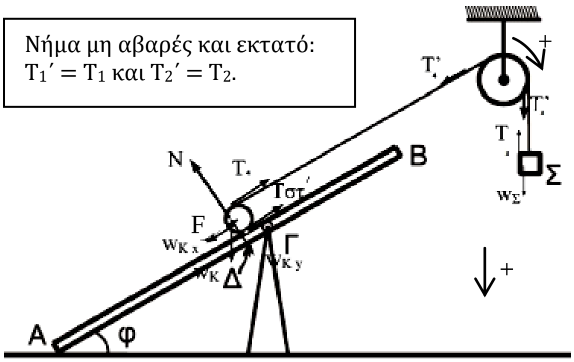
$\Rightarrow T_1 = T_2 \Rightarrow T_2 = 20$ N.

Ισορροπία κυλίνδρου:

$Στ_{cm} = 0 \Rightarrow T_2 R_K - T_σ R_K = 0 \Rightarrow T_σ = T_2 \Rightarrow T_σ = 20$ N.

$ΣF_x = 0 \Rightarrow T_2 + T_σ - F - w_{Kx} = 0 \Rightarrow F = T_2 + T_σ - M_K gημφ \Rightarrow$

$\Rightarrow F = 20 + 20 - 2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{F = 30 \text{ N}}$.



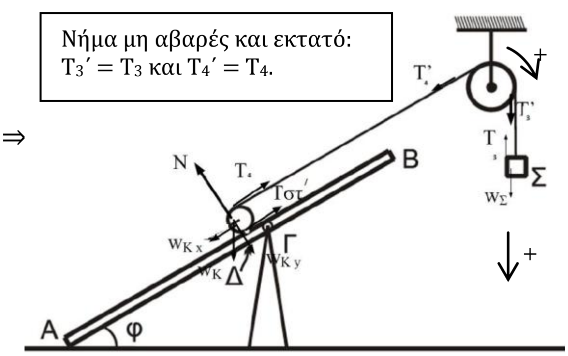
Δ2. Από τον Θεμελιώδη Νόμο της Μηχανικής έχουμε:

Για το σώμα: $ΣF = M_Σ α \Rightarrow w_Σ - T_3 = M_Σ α$ (1)

Για την τροχαλία: $Στ = I_T α_{γων} \Rightarrow T_3 R_T - T_4 R_T = \frac{1}{2} M_T R_T^2 \frac{α}{R_T} \Rightarrow$

$\Rightarrow T_3 - T_4 = \frac{1}{2} M_T α$ (2).

Τροχαλία: $α = α_{γων} R_T$.
Κύλινδρος: $α_{cm} = α_{γων}' R_K$



Για τον κύλινδρο:

$ΣF_x = M_K α_{cm} \Rightarrow T_4 + T_σ' - w_{Kx} = M_K α_{cm}$ (3)

και $Στ = I_K α_{γων}' \Rightarrow T_4 R_K - T_σ' R_K = \frac{1}{2} M_K R_K^2 \frac{α_{cm}}{R_K} \Rightarrow T_4 - T_σ' = \frac{1}{2} M_K α_{cm}$ (4).

Με πρόσθεση κατά μέλη (3) + (4) $\Rightarrow T_4 + T_σ' - M_K gημφ + T_4 - T_σ' = M_K α_{cm} + \frac{1}{2} M_K α_{cm} \Rightarrow$

$\Rightarrow 2\,T_4 - M_K g\eta\mu\varphi = \dfrac{3}{2} M_K\, \alpha_{cm}$ (5).

Επειδή το νήμα είναι μη εκτατό, στα σημεία της περιφέρειας της τροχαλίας και του κυλίνδρου έχουμε ίδιο μέτρο επιτάχυνσης α. Στο ανώτερο σημείο του κυλίνδρου όμως είναι $\upsilon = 2\,\upsilon_{cm} \Rightarrow \alpha = 2\,\alpha_{cm}$ (6),

οπότε από την (5) $\Rightarrow 2\,T_4 - M_K g\eta\mu\varphi = \dfrac{3}{2} M_K \dfrac{\alpha}{2} \Rightarrow T_4 - \dfrac{M_K g\eta\mu\varphi}{2} = \dfrac{3}{8} M_K\, \alpha$ (7).

Με πρόσθεση κατά μέλη (1)+(2)+(7) $\Rightarrow M_\Sigma g - T_3 + T_3 - T_4 + T_4 - \dfrac{M_K g\eta\mu\varphi}{2} = M_\Sigma\, \alpha + \dfrac{1}{2} M_T\, \alpha + \dfrac{3}{8} M_K\, \alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow 2 \cdot 10 + \dfrac{2 \cdot 10 \cdot (1/2)}{2} = (2 + 1 + 0{,}75)\, \alpha \Rightarrow 15 = 3{,}75\, \alpha \Rightarrow \boxed{\alpha = 4\ \dfrac{m}{s^2}}$.

Για την επιτάχυνση του κέντρου μάζας του κυλίνδρου βρίσκουμε (6) $\Rightarrow \alpha_{cm} = \dfrac{\alpha}{2} = \dfrac{4}{2}\ \dfrac{m}{s^2} \Rightarrow \boxed{\alpha_{cm} = 2\ \dfrac{m}{s^2}}$.

Δ3. Τη χρονική στιγμή t_1 ο κύλινδρος έχει ταχύτητα: $\upsilon_1 = \alpha_{cm}\, t_1 \Rightarrow \upsilon_1 = 2 \cdot 0{,}5\ \dfrac{m}{s} \Rightarrow \upsilon_1 = 1\ \dfrac{m}{s}$.

Εκείνη τη στιγμή κόβουμε το νήμα, οπότε ο κύλινδρος κάνει κύλιση χωρίς ολίσθηση επιβραδυνόμενος. Για τη μεταφορική του κίνηση από τον Θ.Ν.Μ. $\Sigma F_x = M_K\, \alpha_{cm}' \Rightarrow T - w_{Kx} = M_K\, \alpha_{cm}'$ (8)

Για την στροφική του κίνηση από τον θεμελιώδη νόμο της στροφικής έχουμε:

Κύλινδρος: $\alpha_{cm}' = \alpha_{\gamma\omega\nu}'' R_K$

$\Sigma\tau = I_K\, \alpha_{\gamma\omega\nu}'' \Rightarrow - T\, R_K = \dfrac{1}{2} M_K R_K^2\, \dfrac{\alpha'_{cm}}{R_K} \Rightarrow - T = \dfrac{1}{2} M_K\, \alpha_{xm}'$ (9) .

Με πρόσθεση κατά μέλη (8) + (9) $\Rightarrow T - M_K g\eta\mu\varphi - T = M_K\, \alpha_{cm}' + \dfrac{1}{2} M_K\, \alpha_{xm}' \Rightarrow - M_K g\eta\mu\varphi = \dfrac{3}{2} M_K\, \alpha_{xm}' \Rightarrow$

$\Rightarrow \alpha_{xm}' = -\dfrac{2}{3} g\eta\mu\varphi \Rightarrow \alpha_{xm}' = -\dfrac{2}{3} \cdot 10 \cdot \dfrac{1}{2}\ \dfrac{m}{s^2} \Rightarrow \alpha_{xm}' = -\dfrac{10}{3}\ \dfrac{m}{s^2}$ και $|\alpha_{xm}'| = \dfrac{10}{3}\ \dfrac{m}{s^2}$.

Για την επιβραδυνόμενη κίνηση είναι $\upsilon_2 = \upsilon_1 - |\alpha_{cm}'|\, \Delta t \Rightarrow 0 = 1 - \dfrac{10}{3}\, \Delta t \Rightarrow \Delta t = 0{,}3$ s και τελικά

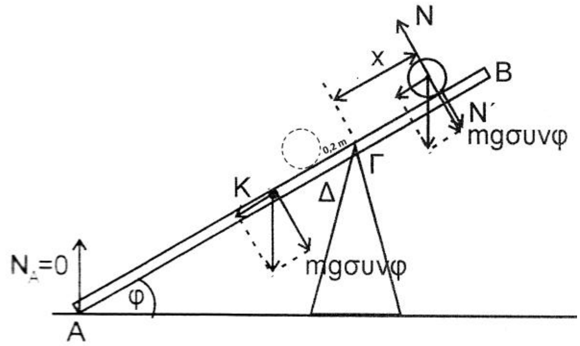
$t_2 = t_1 + \Delta t \Rightarrow t_2 = 0{,}5 + 0{,}3 \Rightarrow \boxed{t_2 = 0{,}8\ s}$.

Δ4. Για την επιταχυνόμενη κίνηση είναι $s_1 = \dfrac{1}{2}\alpha_{xm}\, t_1^2 \Rightarrow s_1 = \dfrac{1}{2} \cdot 2 \cdot 0{,}5^2$ m $\Rightarrow s_1 = 0{,}25$ m.

Για την επιβραδυνόμενη κίνηση είναι $s_2 = \upsilon_1\, \Delta t - \dfrac{1}{2} |\alpha_{xm}|\, \Delta t^2 \Rightarrow s_2 = 1 \cdot 0{,}3 - \dfrac{1}{2} \cdot \dfrac{10}{3} \cdot 0{,}3^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow s_2 = 0{,}3 - 0{,}15 \Rightarrow s_2 = 0{,}15$ m. Άρα $s_{o\lambda} = s_1 + s_2 \Rightarrow s_{o\lambda} = 0{,}25 + 0{,}15 \Rightarrow \boxed{s_{o\lambda} = 0{,}4\ m}$.

Δ5. Θα βρούμε την απόσταση x από το σημείο Γ που πρέπει να βρίσκεται ο κύλινδρος, ώστε η σανίδα μόλις να ανατραπεί. Τότε θα είναι $N_A = 0$ και στη σανίδα θα ασκούνται το βάρος της και η αντίδραση από τον κύλινδρο $N' = N$, με $\Sigma F_\psi = 0 \Rightarrow N = M_K g$ συνφ.



Για τη σανίδα έχουμε:

$\Sigma\tau_{(\Gamma)} = 0 \Rightarrow - w_\psi \left(\dfrac{\ell}{2} - B\Gamma\right) + N'\, x = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow M_K g$ συνφ $x = Mg$ συνφ$(2 - 1{,}5) \Rightarrow x = 0{,}5$ m.

Ο κύλινδρος σταματάει σε απόσταση $s_{o\lambda} - (\Gamma\Delta) = 0{,}4 - 0{,}2 = 0{,}2$ m από το σημείο Γ.

Επομένως, αφού $x > 0{,}2$ m (στα οποία σταματάει ο κύλινδρος), η σανίδα δε θα ανατραπεί.

<u>Αλλιώς:</u>

Από την ισορροπία της ράβδου έχουμε $\Sigma\tau_{(\Gamma)} = 0 \Rightarrow N_A$ συνφ $(A\Gamma) + M_K g$ συνφ $x - Mg$ συνφ$(K\Gamma) = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow N_A \cdot (4 - 1{,}5) + 20x - 20 \cdot (2 - 1{,}5) = 0 \Rightarrow 2{,}5\, N_A = 10 - 20x \Rightarrow N_A = 4 - 8x$ (S.I.)

Για $N_A = 0$ είναι $4 = 8x \Rightarrow x = 0{,}5$ m και $x > 0{,}2$ m, άρα όχι ανατροπή.	Για $x = 0{,}4 - 0{,}2 = 0{,}2$ m (στα οποία σταματάει ο κύλινδρος), είναι $N_A = 4 - 8x = 4 - 1{,}6 = 2{,}4$ N > 0, υπάρχει επαφή.