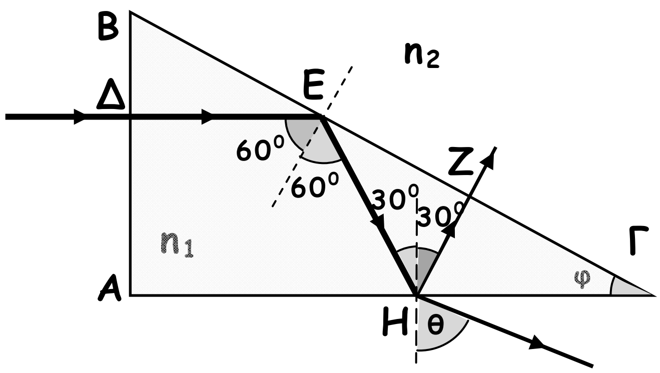
Θέμα Α

Α1. γ, **Α2.** α, **Α3.** β, **Α4.** γ, **Α5.** α.Λ, β.Σ, γ.Λ, δ.Λ, ε.Σ.

Θέμα Β

Β1. Η προσπίπτουσα στην πλευρά ΑΒ εισέρχεται στο πρίσμα χωρίς εκτροπή. Προσπίπτει στην υποτείνουσα ΒΓ στο σημείο Ε υπό γωνία 60^0 (Ε $=90^0$-ΒΕΔ$=90^0$-φ). Επειδή το υγρό είναι οπτικά αραιότερο ($n_2<n_1$), συγκρίνουμε τη γωνία Ε = 60^0 με την κρίσιμη γωνία: $ημθ_{crit} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1,2}{\sqrt{3}} = \frac{1,2\sqrt{3}}{3} = 0,4\sqrt{3}$ (1)



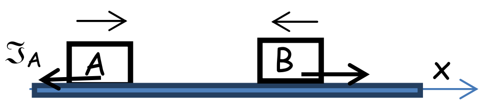
Είναι ημ60^0 = $\frac{\sqrt{3}}{2} = 0,5\sqrt{3} \overset{(1)}{>} ημθ_{crit}$. Επομένως 60^0> $θ_{crit}$, άρα ολική ανάκλαση στο Ε. Η ανακλώμενη ακτίνα προσπίπτει στην πλευρά ΑΓ στο σημείο Η υπό γωνία 30^0 (Η γωνία ΕΗΑ είναι παραπληρωματική της ΔΕΗ=120^0 ως εντός και επί τα αυτά και η γωνία προσπτώσεως

Η = 90^0 - ΕΗΑ = 30^0).

Είναι ημΗ = ημ30^0 = $0,5 < 0,4\sqrt{3} \overset{(1)}{\Rightarrow} ημΗ < ημθ_{crit} \Rightarrow Η < θ_{crit}$. Ένα μέρος της ακτίνας εξέρχεται στο υγρό από το σημείο Η και το υπόλοιπο ανακλάται και προσπίπτει στο σημείο Ζ της πλευράς ΒΓ υπό γωνία 0^0 και εξέρχεται στο υγρό χωρίς εκτροπή.
Για τη γωνία διάθλασης θ, έχουμε από το νόμο του Snell:

$$n_1ημ30 = n_2ημθ \Rightarrow ημθ = \frac{\sqrt{3}\cdot\frac{1}{2}}{1,2} = \frac{\sqrt{3}}{2,4} = ημ46^0 \Rightarrow θ = 46^0$$

Β2.1. Σωστό το γ.



Για το σώμα Α: $α_1 = \frac{Δυ}{Δt} = \frac{8-10}{4-0}\frac{m/s}{s} = -0,5m/s^2$

Για το σώμα Β: $α_2 = \frac{Δυ}{Δt} = \frac{-8-(-10)}{4-0}\frac{m/s}{s} = 0,5m/s^2$

Για το Α: $ΣF=mα \Leftrightarrow -\Im_A = mα \Leftrightarrow -μN = mα \Leftrightarrow -μmg = mα \Leftrightarrow μ = -\frac{α}{g} = 0,05$

Για το Β: $ΣF=mα \Leftrightarrow \Im_B = mα \Leftrightarrow μN = mα \Leftrightarrow μmg = mα \Leftrightarrow μ = \frac{α}{g} = 0,05$

Σημείωση: Σύμφωνα με την εκφώνηση ο σ.τ.ο. είναι ίδιος και για τα δύο σώματα, επομένως αρκεί ο υπολογισμός του για ένα από τα δύο σώματα.

Β2.2. Σωστό το α.

Από Α.Δ.Ο. $\vec{p}_{\lambda\pi} = \vec{p}_{\lambda\mu} \Leftrightarrow m_A\vec{\upsilon}_A + m_B\vec{\upsilon}_B = (m_A + m_B)\vec{V}$ και αλγεβρικά

$$8m_A - 8m_B = (m_A + m_B)4 \Leftrightarrow 4m_A = 12m_B \Leftrightarrow \frac{m_A}{m_B} = 3$$

Β3. Σωστό το β

Το σύστημα είναι μονωμένο και κατά τον άξονα x και κατά τον άξονα y. Εφαρμόζουμε την ΑΔΟ χωριστά στους άξονες:

Άξονας y (Θετική η φορά της υ_{1y}):

$$\vec{p}_{\alpha\rho\chi,y} = \vec{p}_{\tau\varepsilon\lambda,y} \Leftrightarrow \vec{0} = m\cdot\vec{\upsilon}_{1y} + 2m\cdot\vec{\upsilon}_{2y} \Leftrightarrow \vec{\upsilon}_{1y} + 2\vec{\upsilon}_{2y} = \vec{0} \to \upsilon_1\eta\mu30 - 2\upsilon_2\eta\mu30 = 0 \Leftrightarrow \upsilon_1 = 2\upsilon_2 \qquad (1)$$

Άξονας x (Θετική η φορά της $\vec{\upsilon_0}$):

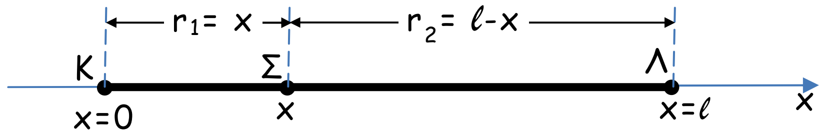
$$\vec{p}_{\alpha\rho\chi,x} = \vec{p}_{\tau\varepsilon\lambda,x} \Leftrightarrow m\cdot\vec{\upsilon}_0 = m\cdot\vec{\upsilon}_{1x} + 2m\cdot\vec{\upsilon}_{2x} \Leftrightarrow \vec{\upsilon}_0 = \vec{\upsilon}_{1x} + 2\vec{\upsilon}_{2x} \to \upsilon_0 = \upsilon_1\sigma\upsilon\nu30 + 2\upsilon_2\sigma\upsilon\nu30 \overset{(1)}{\Leftrightarrow}$$

$$\Leftrightarrow \upsilon_0 = 4\upsilon_2\sigma\upsilon\nu30 \Leftrightarrow \upsilon_0 = 2\upsilon_2\sqrt{3} \qquad (2)$$

$$\frac{|\Delta K|}{K_0} = \frac{K_0 - (K_1 + K_2)}{K_0} = 1 - \frac{\frac{1}{2}m\upsilon_1^2 + \frac{1}{2}2m\upsilon_2^2}{\frac{1}{2}m\upsilon_0^2} = 1 - \frac{\upsilon_1^2 + 2\upsilon_2^2}{\upsilon_0^2} \overset{(1),(2)}{=} 1 - \frac{6\upsilon_2^2}{12\upsilon_2^2} = \frac{1}{2}$$

Θέμα Γ

Γ1.ΚΥΜΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΗΓΗ Κ: Η πηγή βρίσκεται στην αρχή Ο(x=0) του άξονα x και δημιουργεί εγκάρσιο αρμονικό κύμα που διαδίδεται κατά τη θετική κατεύθυνση του άξονα. Σύμφωνα με τη θεωρία το αρμονικό κύμα που δημιουργείται θα περιγράφεται, από τη συνάρτηση:



$y_1 = A\eta\mu2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$, με πεδίο ορισμού $0 \le x \le \ell$, $t \ge \frac{x}{\upsilon}$

ΚΥΜΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΗΓΗ Λ: Η πηγή βρίσκεται στη θέση x = ℓ του άξονα x και δημιουργεί εγκάρσιο αρμονικό κύμα που διαδίδεται κατά την αρνητική κατεύθυνση του άξονα. Σύμφωνα με τη θεωρία το αρμονικό κύμα που δημιουργείται θα περιγράφεται από τη συνάρτηση $y = A\eta\mu2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right)$ ΜΟΝΟ αν το κύμα φτάνει στην αρχή Ο τη χρονική στιγμήt = 0, κάτι που ΔΕΝ ΙΣΧΥΕΙ στην περίπτωσή μας.

Για την εύρεση της συνάρτησης, εργαζόμαστε σύμφωνα με το σχολικό βιβλίο.

Θεωρούμε τυχαίο σημείο Σ στη θέση x (0<x<ℓ), στο οποίο το κύμα φτάνει τη χρ. στιγμή $\tau = \frac{(\Lambda\Sigma)}{\upsilon} = \frac{\ell - x}{\upsilon}$. Η ταλάντωση του Σ μετά τη χρ. στιγμή τ, περιγράφεται από τη συνάρτηση:

$$y_2 = A\eta\mu\omega(t - \tau) \Rightarrow y_2 = A\eta\mu\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{\ell - x}{\upsilon}\right) \Rightarrow y_2 = A\eta\mu2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{\ell - x}{\lambda}\right) \Rightarrow y_2 = A\eta\mu2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} - \frac{\ell}{\lambda}\right)$$

με πεδίο ορισμού $0 \le x \le \ell$, $t \ge \frac{\ell - x}{\upsilon}$

Οι σύγχρονες πηγές ταλαντώνονται με εξίσωση y = 0,1ημ(10πt) (S.I.). Επομένως

Α = 0,1m, ω = 10πrad/s, f = 5Hz και T = 0,2s.
Επειδή υ = 2m/s, θα είναι λ = 2·0,2m = 0,4m
Με αντικατάσταση στις εξισώσεις που περιγράφουν τα 2 αρμονικά κύματα

$$\boxed{\begin{array}{l} y_1 = 0{,}1ημ2π(5t - 2{,}5x), \quad 0 \le x \le 4m, \quad t \ge \frac{x}{2} (S.I) \\ y_2 = 0{,}1ημ2π(5t + 2{,}5x - 10), \quad 0 \le x \le 4m, \quad t \ge 2 - \frac{x}{2} (S.I) \end{array}}$$

Τα 2 αυτά κύματα συμβάλλουν και σύμφωνα με την αρχή της επαλληλίας των απομακρύνσεων: $y = y_1 + y_2$ και μετά από τις γνωστές πράξεις καταλήγουμε στην $\boxed{y = 0{,}2συν2π(2{,}5x - 5)ημ2π(5t - 5) \ (S.I.)}$. Η συμβολή θα αρχίσει τη χρονική στιγμή t = 1s κατά την οποία τα κύματα φτάνουν στο μέσον της χορδής και ολοκληρώνεται τη χρονική στιγμή t = 2s. Επομένως μετά τα 2s θα έχει εγκατασταθεί στη χορδή μια μόνιμη κατάσταση.

Παρατηρούμε ότι η εξίσωση της συμβολής αντιστοιχεί σε εξίσωση στάσιμου κύματος, διότι για τυχαίο σημείο της χορδής, η φάση ταλάντωσης είναι συνάρτηση μόνο του χρόνου t, ενώ το πλάτος είναι συνάρτηση μόνο της θέσης x.

- ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Ένας άλλος τρόπος εργασίας, είναι να στηριχθούμε στο φαινόμενο της συμβολής. Έτσι, για το κύμα από την πηγή Κ ισχύει η

$y_1 = Aημ2π\left(\frac{t}{T} - \frac{r_1}{λ}\right) \Rightarrow y_1 = Aημ2π\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{λ}\right) \Rightarrow y_1 = 0{,}1 \cdot ημ2π(5t - 2{,}5x) \ (S.I)$ και για το κύμα από την πηγή Λ ισχύει η $y_2 = Aημ2π\left(\frac{t}{T} - \frac{r_2}{λ}\right) \Rightarrow y_2 = Aημ2π\left(\frac{t}{T} - \frac{\ell - x}{λ}\right) \Rightarrow y_2 = 0{,}1 \cdot ημ2π\left(5t - \frac{4-x}{0{,}4}\right)$

$$\Rightarrow y_2 = 0{,}1ημ2π[5t - 2{,}5(4 - x)] \Rightarrow y_2 = 0{,}1ημ2π(5t + 2{,}5x - 10) \ (S.I.)$$

Στη συνέχεια εφαρμόζουμε την εξίσωση της συμβολής από δύο σύγχρονες πηγές:

$y = 2Aσυν\frac{2π(r_1 - r_2)}{2λ}ημ2π\left(\frac{t}{T} - \frac{r_1 + r_2}{2λ}\right)$ [με $r_1 = x$ και $r_2 = \ell - x = 4 - x$ (SI)]

$$y = 0{,}2συν\frac{2π(x - 4 + x)}{0{,}8}ημ2π\left(5t - \frac{x + 4 - x}{0{,}8}\right) \Rightarrow y = 0{,}2συν2π(2{,}5x - 5)ημ2π(5t - 5) \ (S.I.)$$

Γ2. ΠΛΑΤΟΣ: $|A'| = 0{,}2|συν(5πx - 10π)|$

Για x = 2,7m προκύπτει $|A'| = 0{,}2|συν(5π \cdot 2{,}7 - 10π)| = 0{,}2|συν(3{,}5π)| = 0$ (ΔΕΣΜΟΣ)

Για x = 3,4m προκύπτει $|A'| = 0{,}2|συν(5π \cdot 3{,}4 - 10π)| = 0{,}2|συν(7π)| =$ 0,2m (ΚΟΙΛΙΑ)

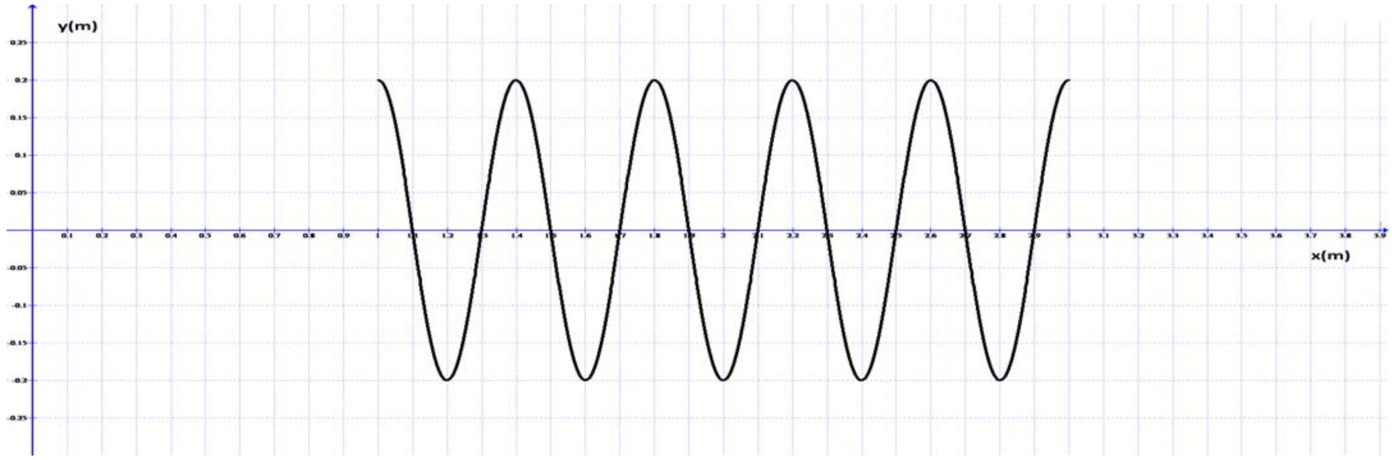
Γ3. Στη θέση P(x = 3m) το κύμα από την πηγή Κ θα φτάσει τη χρονική στιγμή t=3/2=1,5s, ενώ το κύμα από την πηγή Λ τη χρονική στιγμή t=(4-3)/2=0,5s

- t_1 = 0,25s: Κανένα κύμα δεν έχει φτάσει στο P, άρα y = 0
- t_2 = 1s: Στο P έχει φτάσει μόνο το κύμα από την πηγή Λ, άρα
  $y_2 = 0{,}1ημ2π(5 + 7{,}5 - 10) = 0$
- t_3 = 1,55s: Στο P έχουν φτάσει και τα 2 κύματα. Άρα
  $y = 0{,}2συν2π(2{,}5 \cdot 3 - 5)ημ2π(5 \cdot 1{,}55 - 5) = 0{,}2συν5π \cdot ημ5{,}5π = 0{,}2(-1)(-1) =$ 0,2m

Γ4. Τη χρ. στιγμή t = 2,75s το στάσιμο έχει εγκατασταθεί σε όλο το μήκος της χορδής. Επομένως $y = 0{,}2συν2π(2{,}5x - 5)ημ2π(5 \cdot 2{,}75 - 5) = 0{,}2συν(5πx - 10π)ημ(17{,}5π)$

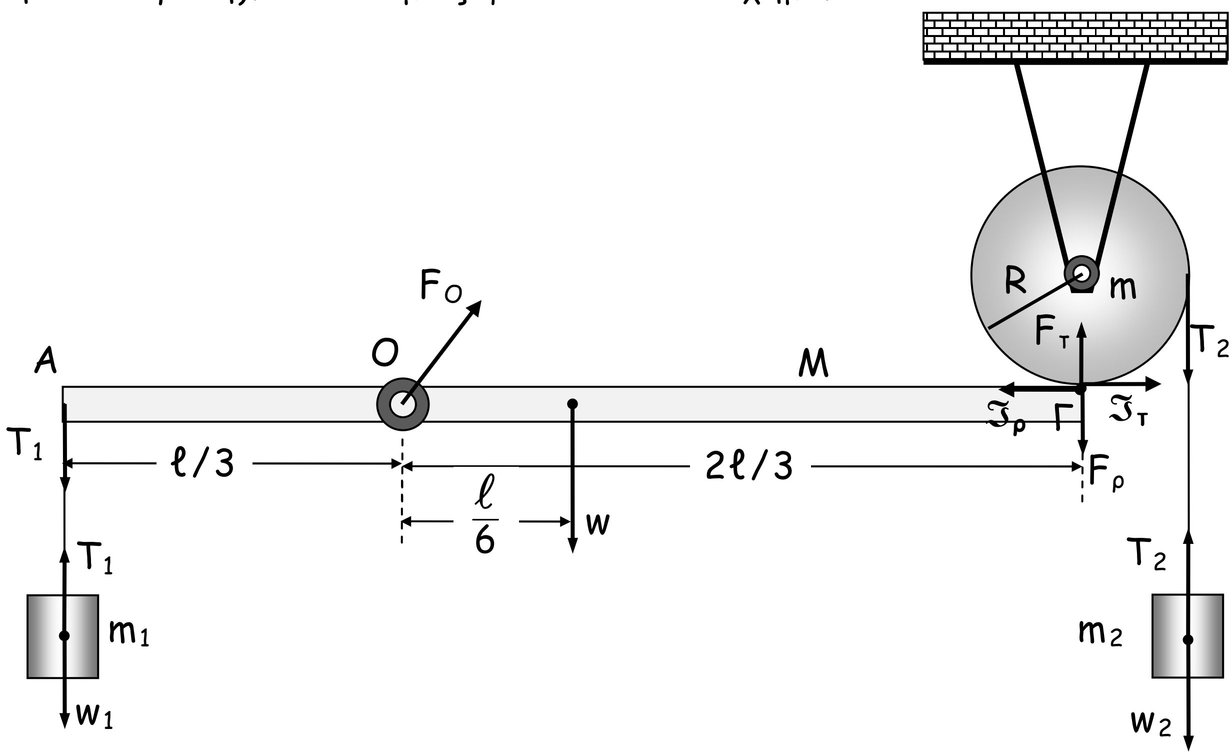
$\Rightarrow y = 0{,}2συν5πx(-1) \Rightarrow y = -0{,}2συν5πx\,(S.I.), \quad 1m \le x \le 3m$

Για x = 1m: y = -0,2·(-1) = 0,2m



Θέμα Δ

Δ1. Στο σώμα m_1 ασκούνται οι δυνάμεις w_1 και T_1. Το σώμα ισορροπεί άρα ΣF = 0 ή $T_1 = w_1$ άρα $T_1 = m_1 g$. Όμοια στο σώμα m_2 θα είναι $T_2 = m_2 g$.
Στην τροχαλία ασκούνται οι δυνάμεις T_2 από το νήμα, η δύναμη στήριξης στον άξονα και το βάρος (δεν έχουν σχεδιαστεί) και η δύναμη από την ράβδο στο σημείο Γ που έχει αναλυθεί στην κάθετη αντίδραση $F_τ$ και στην στατική τριβή $\mathfrak{I}_τ$.
Στην ράβδο ασκούνται οι δυνάμεις T_1 και T_2 από τα νήματα, το βάρος w, η δύναμη στήριξης στον άξονα F_O και η δύναμη από την τροχαλία που έχει αναλυθεί στην δύναμη κάθετης αντίδρασης $F_ρ$ και στην στατική τριβή $\mathfrak{I}_ρ$ ($F_ρ = F_τ$ και $\mathfrak{I}_ρ = \mathfrak{I}_τ$ σαν δράση - αντίδραση). Οι δυνάμεις φαίνονται στο σχήμα.



Η ροπή αδράνειας της ράβδου ως προς τον άξονα περιστροφής της σύμφωνα με το θ. Steiner είναι $I_{(O)}=\frac{1}{12}M\ell^2+M\left(\frac{\ell}{6}\right)^2$ ή $I_{(O)}=\frac{M\ell^2}{12}+\frac{M\ell^2}{36}$ άρα $I_{(O)}=\frac{M\ell^2}{9}$.

Το σώμα m_1 ισορροπεί επομένως $T_1 = w_1$ άρα $T_1 = m_1g$. (T_1 = 40N)

Η ράβδος ισορροπεί άρα $\Sigma\tau_{(O)} = 0$ ή $T_1\frac{\ell}{3}-Mg\frac{\ell}{6}-F_\rho\frac{2\ell}{3}=0$ άρα $F_\rho\frac{2}{3}=m_1g\frac{1}{3}-Mg\frac{1}{6}$ ή $4F_\rho=2m_1g-Mg$ άρα $F_\rho=\frac{2m_1g-Mg}{4}$ (1). (F_ρ = 15N)

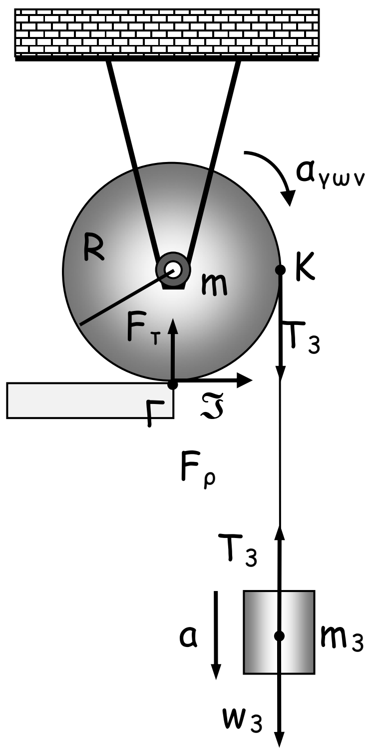
Το σώμα m_2 ισορροπεί επομένως $T_2 = w_2$ άρα $T_2 = m_2g$.

Ο κύλινδρος ισορροπεί άρα $\Sigma\tau = 0$ ή $\mathfrak{I}_\tau\cdot R - T_2\cdot R = 0$ και $\mathfrak{I}_\rho = \mathfrak{I}_\tau$ άρα $\mathfrak{I}_\rho = m_2g$ (2).

Για να μην έχουμε ολίσθηση στο Γ πρέπει $\mathfrak{I}_\rho \le \mu_s\cdot F_\rho \underset{(2)}{\overset{(1)}{\Rightarrow}} m_2\cancel{g}\le\mu_s\frac{2m_1\cancel{g}-M\cancel{g}}{4}$ επομένως $m_2\le\mu_s\frac{2m_1-M}{4}$ άρα $m_{2,max}=\mu_s\frac{2m_1-M}{4}$ ή $m_{2,max}=0{,}4\cdot\frac{2\cdot4-2}{4}$ άρα $m_{2,max} = 0{,}6kg$.

Όταν έχουμε τη μέγιστη m_2 η οριακή τριβή είναι ίση με την τριβή ολίσθησης, άρα $\mathfrak{I} = m_{2,max}\cdot g$ ή $\mathfrak{I} = 0{,}6\cdot10$ άρα $\mathfrak{I}$ = 6 N. (Στο ίδιο αποτέλεσμα καταλήγουμε και από την (1) με αντικατάσταση στην $\mathfrak{I} = \mu_s\cdot F_\rho$).

Δ2. Είναι $m_3 > m_{2,max}$ άρα το σύστημα αρχίζει να στρέφεται, όπως στο σχήμα.



Για το σώμα m_3 είναι $\Sigma F = m_3\cdot\alpha$ ή $m_3\cdot g - T_3 = m_3\cdot\alpha$ (3)

Για την τροχαλία είναι $\Sigma\tau = I_K\cdot\alpha_{\gamma\omega\nu}$ ή $T_3\cdot\cancel{R}-\mathfrak{I}\cdot\cancel{R}=\frac{1}{2}mR^{\cancel{2}}\alpha_{\gamma\omega\nu}$ ή $T_3-\mathfrak{I}=\frac{1}{2}mR\alpha_{\gamma\omega\nu}$ (4).

Η επιτάχυνση α του σώματος m_3 είναι ίση με το ρυθμό που αυξάνεται η ταχύτητα του σημείου Κ της τροχαλίας, άρα $\alpha=\frac{du}{dt}$ ή $\alpha=\frac{d(\omega R)}{dt}$ ή $\alpha=R\frac{d\omega}{dt}$ άρα $\alpha=\alpha_{\gamma\omega\nu}R$ (5)

Από (4), (5) έχουμε $T_3-\mathfrak{I}=\frac{1}{2}m\alpha$ (6).

Αν προσθέσουμε κατά μέλη τις (3) και (6) έχουμε $m_3g-\cancel{T_3}+\cancel{T_3}-\mathfrak{I}=m_3\alpha+\frac{1}{2}m\alpha$ ή $2(m_3g-\mathfrak{I})=(2m_3+m)\alpha$ επομένως $\alpha=\frac{2(m_3g-\mathfrak{I})}{2m_3+m}$ ή $\alpha=\frac{2\cdot(1\cdot10-6)}{2\cdot1+6}$ άρα $\alpha = 1m/s^2$.

Για την τροχαλία έχουμε $\frac{dL}{dt}=I_K\alpha_{\gamma\omega\nu}$ ή $\frac{dL}{dt}=\frac{1}{2}mR^2\frac{\alpha}{R}$ άρα $\frac{dL}{dt}=\frac{1}{2}mR\alpha$ επομένως $\frac{dL}{dt}=\frac{1}{2}\cdot6\,kg\cdot0{,}2\,m\cdot1\frac{m}{s^2}$ άρα $\frac{dL}{dt}=0{,}6\,kg\frac{m^2}{s^2}$.

Εναλλακτικά : $\frac{dL}{dt}=\Sigma\tau$ ή $\frac{dL}{dt}=(T_3-\mathfrak{I})R$ άρα από (6) έχουμε $\frac{dL}{dt}=\frac{1}{2}m\alpha R$ κτλ.

Δ3. Για την κίνηση του m_3 ισχύει $h=\frac{1}{2}at^2$ άρα $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$ ή $t=\sqrt{\frac{2\cdot 2}{1}}$ άρα t = 2s.

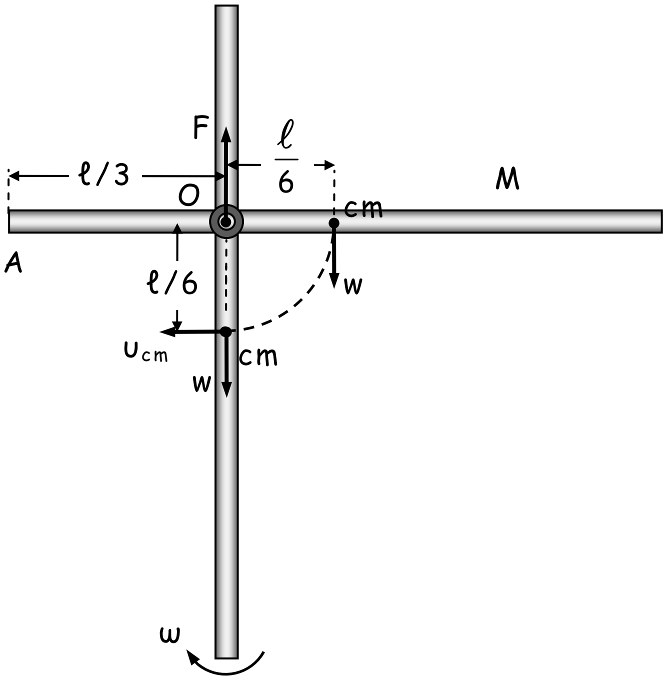
Για την τροχαλία έχουμε: $a_{γων}=\frac{a}{R}$ ή $a_{γων}=\frac{1}{0,2}$ άρα $a_{γων} = 5rad/s^2$.

Η γωνιακή ταχύτητα τη χρονική στιγμή t = 2 s είναι $ω = a_{γων}\cdot t$ ή $ω = 5rad/s^2\cdot 2s$ άρα ω = 10 rad/s. Η στροφορμή της τροχαλίας είναι $L = I\cdot ω$ άρα $L=\frac{1}{2}mR^2ω$ ή $L=\frac{1}{2}\cdot 6\,kg\cdot(0,2\,m)^2\cdot 10\frac{rad}{s}$ άρα $\mathbf{L=1,2\,kg\frac{m^2}{s}}$.

Η τροχαλία τη χρονική στιγμή t = 2s έχει διαγράψει γωνία $θ=\frac{1}{2}a_{γων}t^2$ επομένως $θ=\frac{1}{2}\cdot 5\frac{rad}{s^2}\cdot(2\,s)^2$ άρα θ = 10 rad.

Το ποσό θερμότητας που έχει παραχθεί από την τριβή στο σημείο Γ είναι αντίθετο με το έργο της τριβής στη χρονική διάρκεια Δt = 2s, άρα $Q = |W_{\Im}|$ ή $Q=τ_{\Im}\cdot θ$ άρα $Q=\Im\cdot R\cdot θ$ ή $Q=6N\cdot 0,2m\cdot 10rad$ άρα **Q = 12J**.

Δ4. Όταν κόψουμε το νήμα που συνδέει το m_1 με τη ράβδο η ροπή του βάρους αρχίζει να στρέφει τη ράβδο. Όταν η ράβδος είναι κατακόρυφη έχει αποκτήσει γωνιακή ταχύτητα ω.



Με εφαρμογή του Θεωρήματος Έργου - Ενέργειας στη ράβδο έχουμε :

$K_{τελ} - K_{αρχ} = W_{ολ}$ ή $\frac{1}{2}I_ρω^2-0=Mg\frac{\ell}{6}$ άρα $\frac{1}{2}\frac{\cancel{M}\ell^2}{9}ω^2=\cancel{M}g\frac{\ell}{6}$ επομένως $\frac{\ell}{18}ω^2=\frac{g}{6}$ άρα $ω=\sqrt{\frac{3g}{\ell}}$ (7).

Στο σημείο στήριξης του άξονα O έχουμε δύναμη μόνο στον κατακόρυφο άξονα. (Όταν η ράβδος είναι κατακόρυφη $Στ = 0$ άρα $a_{γων} = 0$ άρα $a_{cm} = 0$ και από την $ΣF_x = m\cdot a_{cm}$ είναι $F_{O,x} = 0$)

Για τον κατακόρυφο άξονα ισχύει $ΣF_y = F_{κεντρ}$ άρα $F-w=\frac{Mυ_{cm}^2}{r}$, αλλά $υ_{cm} = ω\cdot r$ επομένως $F-Mg=\frac{M(ωr)^2}{r}$ άρα $F=Mg+Mω^2r$. Η ακτίνα της τροχιάς του cm είναι $r=\frac{\ell}{6}$ και με τη χρήση της (7) έχουμε $F=Mg+M\cdot\frac{3g}{\ell}\cdot\frac{\ell}{6}$ ή $F=Mg+\frac{Mg}{2}$ άρα $F=\frac{3Mg}{2}$ επομένως $F=\frac{3\cdot 2\,kg\cdot 10m/s^2}{2}$ άρα **F = 30N**.