ΤΑΞΗ: **Γ΄ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ**
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ: **ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**
ΜΑΘΗΜΑ: **ΦΥΣΙΚΗ**

Ημερομηνία: Μ.Τετάρτη 16 Απριλίου 2025
Διάρκεια Εξέτασης: 3 ώρες

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

Α1. β

Α2. γ

Α3. α

Α4. δ

Α5. α. Σ

β. Λ

γ. Λ

δ. Σ

ε. Σ

ΘΕΜΑ Β

Β1.

i. Σωστή επιλογή **α.**

Από την εξίσωση Compton έχουμε $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c}(1 - συνφ)$.

Αφού η γωνία σκέδασης φ έχει την ίδια τιμή και στις δύο δέσμες , τότε η μεταβολή στο μήκος κύματος των φωτονίων και στις δύο περιπτώσεις είναι ίδια.

ii. Σωστή επιλογή **γ.**

Σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας η κινητική ενέργεια των ανακρουόμενων ηλεκτρονίων είναι $K_e = \frac{hc}{\lambda} - \frac{ch}{\lambda'}$

(το ηλεκτρόνιο πριν την σκέδαση πρακτικά θεωρείται ακίνητο)

Το ποσοστό της ενέργειας του προσπίπτοντος φωτονίου που μεταβιβάζεται στο ανακρουόμενο ηλεκτρόνιο κατά τη σκέδαση Compton είναι:

$$\Pi\% = \frac{K_e}{\frac{hc}{\lambda}}100\% = \frac{\frac{hc}{\lambda}-\frac{ch}{\lambda'}}{\frac{hc}{\lambda}}100\% = (1-\frac{\lambda}{\lambda'})100\% = (\frac{\lambda'-\lambda}{\lambda'}100\%) = \frac{\Delta\lambda}{\lambda'}100\%$$

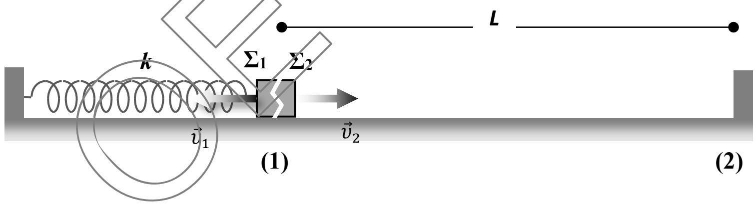
Για το μήκος κύματος λ΄ του φωτονίου της σκεδαζόμενης δέσμης ισχύει ότι $\lambda' = \lambda + \Delta\lambda$. Αφού $\lambda_1 > \lambda_2$ και $\Delta\lambda_1 = \Delta\lambda_2 = \Delta\lambda$, τότε $\lambda_1' > \lambda_2'$ και $\frac{\Delta\lambda_1}{\lambda_1'} < \frac{\Delta\lambda_2}{\lambda_2'}$.

Οπότε $\Pi_1\% < \Pi_2\%$

Β2.

Σωστή επιλογή **γ.**

<u>Περίπτωση (Α)</u>



Από την διατήρηση της ορμής του συστήματος των Σ_1 , Σ_2 λόγω έκρηξης:

$$\vec{p}_{\pi\rho\iota\nu} = \vec{p}_{\mu\varepsilon\tau\acute{\alpha}} \Rightarrow \vec{0} = m_2\vec{\upsilon}_2 + m_1\vec{\upsilon}_1 \Rightarrow \vec{\upsilon}_2 = -\vec{\upsilon}_1.$$

Το Σ_1 αποκτά αντίθετη ταχύτητα από αυτή του Σ_2.

Ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή που ολοκληρώθηκε η έκρηξη μέχρι την στιγμή που τα δύο σώματα συγκρούονται επιστρέφοντας στο σημείο της έκρηξης είναι ίσος με $\Delta t_1 = \frac{T_1}{2}$ όπου T_1 η περίοδος ταλάντωσης του Σ_1.

Στο παραπάνω χρονικό διάστημα το Σ_2 διένυσε απόσταση L+L=2L. Η κρούση του Σ_2 με τον τοίχο είναι ελαστική και το μέτρο της ταχύτητας του υ_2 δεν μεταβάλλεται.

Επομένως $\Delta t_2 = \frac{2L}{\upsilon_2}$ $\kappa\alpha\iota$ $\Delta t_1 = \Delta t_2$.

<u>Περίπτωση (Β)</u>

Από την διατήρηση της ορμής όπως και στην προηγούμενη περίπτωση , το Σ_1 αποκτά ταχύτητα $\vec{\upsilon}_1{}' = -\vec{\upsilon}_2{}'$.

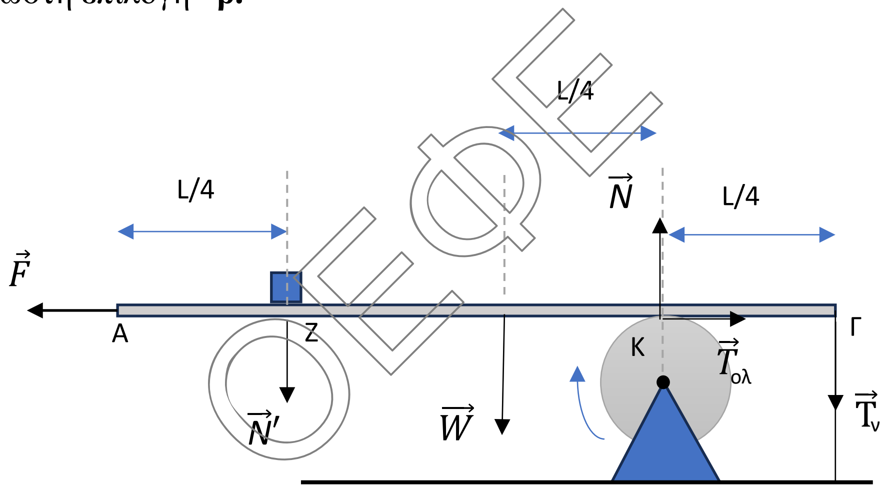
Καθώς $\upsilon_2' > \upsilon_2$ το χρονικό διάστημα $\Delta t_2'$ που απαιτείται για να διανύσει το Σ_2 απόσταση 2L και να επιστρέψει στο σημείο της έκρηξης είναι $\Delta t_2' = \frac{2L}{\upsilon_2'} < \Delta t_2$.

Το $Σ_1$ αποκτώντας ταχύτητα μέτρου $υ_1' > υ_1$ θα εκτελέσει γ.α.τ. μεγαλύτερου πλάτους από πριν. Όμως το χρονικό διάστημα $Δt_1'$ που απαιτείται για να επιστρέψει στο σημείο της έκρηξης δεν μεταβάλλεται καθώς $Δt_1' = \frac{T_1}{2}$ και η περίοδος ταλάντωσής του T_1 είναι ανεξάρτητη του πλάτους.

Άρα το ($Σ_2$) θα επιστρέψει πιο γρήγορα στο σημείο έκρηξης από το ($Σ_1$), και η κρούση των δύο σωμάτων θα πραγματοποιηθεί αριστερά της θέσης αυτής.

Β3.

Σωστή επιλογή **β.**



Η ράβδος ισορροπεί μεταφορικά και στροφικά. Οπότε:

$Σ\vec{τ}_K = 0 \Rightarrow N'L/2 + W\,L/4 = T_ν\,L/4 \Rightarrow 2\,w_1 + w = T_ν$.

Οι ροπές των δυνάμεων $\vec{F}$, $\vec{N}$ και $\vec{T}_{ολ}$ ως προς το σημείο Κ είναι μηδέν.

Για τη δύναμη $\vec{N}'$ ισχύει ότι $\vec{N}' = \vec{W}_1$

$Σ\vec{F} = 0$

$ΣF_x = 0 \Rightarrow F = T_{ολ}$ (1)

$ΣF_y = 0 \Rightarrow N' + w + T_ν = N \Rightarrow w_1 + w + 2\,w_1 + w_1 = N \Rightarrow 3\,w_1 + 2\,w = N$ (2)

Για την τριβή ολίσθησης $T_{ολ}$ μεταξύ της ράβδου και της τροχαλίας ισχύει $T_{ολ} = μN$ και από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει ότι:

$F = μN \Rightarrow F = μ\,(3\,w_1 + 2\,w) \Rightarrow F = μ\,3{,}5\,w \Rightarrow F = 1{,}4\,w$

ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Από το διάγραμμα έχουμε ότι το πλάτος ταλάντωσης μιας κοιλίας στο στάσιμο κύμα που έχει δημιουργηθεί στην χορδή είναι $A_{κοιλ}$=0,2m. Για το μήκος L της χορδής και το μήκος κύματος λ των τρεχόντων κυμάτων που δημιουργούν το στάσιμο κύμα έχουμε ότι: $L=5λ/4 \Rightarrow λ= 4\,L/5= 1{,}2$m. Για το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών μεγιστοποιήσεων της ελαστικής δυναμικής ενέργειας ισχύει ότι:

$Δt= T/2 \Rightarrow T = 0{,}5s \Rightarrow f=2$ Hz και $ω=4π$ r/s.

Η εξίσωση του στάσιμου κύματος στην χορδή έχει την μορφή

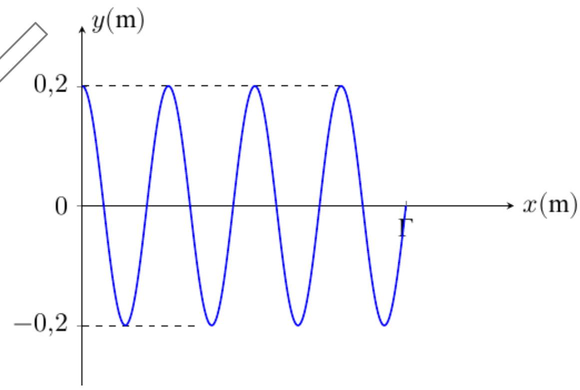
$$y= A_{κοιλ}\, συν(2πχ/λ)\, ημ(ωt) \Rightarrow y= 0{,}2\, συν(2πχ/1{,}2)\, ημ(4πt)$$

$$\Rightarrow y= 0{,}2\, συν(5πχ/3)\, ημ(4πt). \text{ (S.I)}$$

Γ2.

Για τη νέα συχνότητα ταλάντωσης και για το στάσιμο κύμα που έχει δημιουργηθεί στην χορδή έχουμε ότι: $L=7λ΄/2 + λ΄/4 =15\,λ΄/4$

$\Rightarrow λ΄ = 4L/15$



Η ταχύτητα διάδοσης των τρεχόντων κυμάτων που δημιούργησαν τα στάσιμα κύματα στην χορδή δεν μεταβάλλεται με την αλλαγή στη συχνότητα.

Οπότε ισχύει: $λ\, f = υ= λ΄\, f΄ \Rightarrow 4\,L/5\, f = 4L/15\, f΄ \Rightarrow f = f΄/3 \Rightarrow f΄ =3\, f$

Οπότε η μεταβολή στη συχνότητα μεταξύ του αρχικού και του τελικού στάσιμου κύματος στη χορδή είναι $Δf = f΄ - f = 3f - f \Rightarrow Δf = 4$ Hz.

Για το πλάτος στο στάσιμο κύμα ισχύει ότι $|A΄| = |2A\, συν(2πx/λ)|$

Για το σημείο Ν που βρίσκεται στη θέση x_N=0,4m έχουμε για το πλάτος στην ταλάντωσή του :

Στο αρχικό στάσιμο κύμα στην χορδή $|A΄_{αρχ}|=|0{,}2\, συν\, 5π\cdot0{,}4/3| = 0{,}1$ m.

Στο τελικό στάσιμο κύμα στην χορδή $|A΄_{τελ}|=|0{,}2\, συν\, 2π\cdot0{,}4/0{,}4| = 0{,}2$ m.

Οπότε η μεταβολή στο πλάτος της ταλάντωσης του σημείου Ν είναι:

$Δ|A΄|=|A΄_{τελ}|- |A΄_{αρχ}|= 0{,}1$ m.

Γ3. Τα δύο κύματα φθάνουν ταυτόχρονα στο σημείο Σ την χρονική στιγμή t_1=1 s. Για την ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων ισχύει $υ=r/t_1 = 1{,}2/1 \Rightarrow υ = 1{,}2$ m/s . Από την χρονική στιγμή t_1=1s έως την χρονική στιγμή t_2 = 2 s, δηλαδή σε χρονική διάρκεια Δt=1s το σημείο Σ έχει πραγματοποιήσει δύο πλήρεις ταλαντώσεις και η συχνότητα της ταλάντωσής του (που είναι η συχνότητα των κυμάτων) είναι f = N/Δt = 2H z. Από την θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής έχουμε ότι : $υ = λ \cdot f \Rightarrow λ = 0{,}6$ m.

Επειδή τα δύο κύματα φθάνουν ταυτόχρονα στο σημείο Σ τότε στο σημείο αυτό εκδηλώνεται ενίσχυση. Για τα σημεία ενίσχυσης στο ευθύγραμμο τμήμα ΚΛ έχουμε ότι απέχουν από τις δύο πηγές $Π_1$ και $Π_2$ αποστάσεις r_1 και r_2 έτσι ώστε:

$r_1 - r_2 = Nλ$ με N=0,±1, ±2,… (1) και $r_1 + r_2 = ΚΛ$ (2) , αθροίζοντας τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει ότι:

$2r_1 = Nλ + ΚΛ \Rightarrow r_1 = ΚΛ/2 + Nλ/2 \Rightarrow r_1 = 0{,}7 + 0{,}3N$.

Ισχύει ότι $0 < r_1 < d \Rightarrow 0 < 0{,}7+0{,}3N < d \Rightarrow -0{,}7 < 0{,}3N < 0{,}7 \Rightarrow -7/3 < N < 7/3$

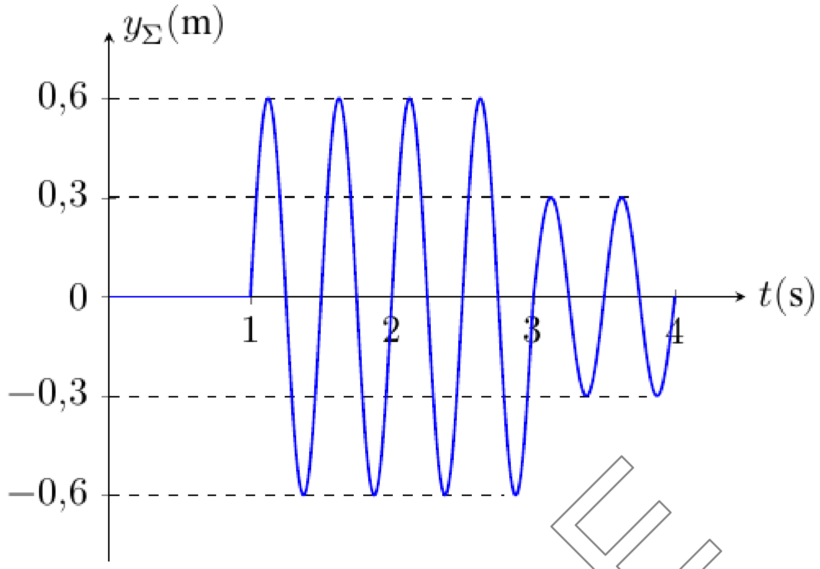
,οπότε N= -2 , -1 , 0 , +1 , +2 . Δηλαδή πέντε σημεία ενίσχυσης βρίσκονται στο ευθύγραμμο τμήμα ΚΛ μεταξύ των δύο πηγών.

Γ4. Η πηγή $Π_2$ σταματά την χρονική στιγμή t_3 = 2 s. Επειδή μεταξύ της πηγής $Π_2$ και του σημείου Σ υπάρχει χρονική διαφορά κατά Δt΄= 1 s, τότε το σημείο Σ παύει να ταλαντώνεται λόγω του κύματος που προέρχεται από την πηγή $Π_2$ την χρονική στιγμή $t_4 = t_3 + Δt΄ \Rightarrow t_4 = 3$s.

Το σημείο Σ μέχρι την χρονική στιγμή t_1=1s είναι ακίνητο. Από την χρονική στιγμή

t_1 =1 s έως την χρονική στιγμή t_4 = 3 s ταλαντώνεται λόγω συμβολής των κυμάτων από τις πηγές $Π_1$ και $Π_2$ και εκδηλώνεται ενίσχυση. Από την χρονική στιγμή t_4 =3 s και στη συνέχεια το σημείο Σ ταλαντώνεται λόγω του κύματος που προέρχεται από την πηγή $Π_1$.

Το διάγραμμα απομάκρυνσης – χρόνου (y-t) για το σημείο Σ φαίνεται στο διάγραμμα.



Την χρονική στιγμή t΄= 73/24s $> t_4$, το σημείο Σ ταλαντώνεται λόγω του κύματος που προέρχεται από την πηγή $Π_1$, οπότε η απομάκρυνσή του θα είναι

y = A ημ2π(ft – x/λ) ⇒ y = 0,3ημ 2π(2·73/24 -2) = 0,3 ημ(98π/12) = 0,3 ημ (8π+π/6)
⇒ y = 0,3 ημ (π/6) = 0,15 m .

<u>ΘΕΜΑ Δ</u>

Δ1.

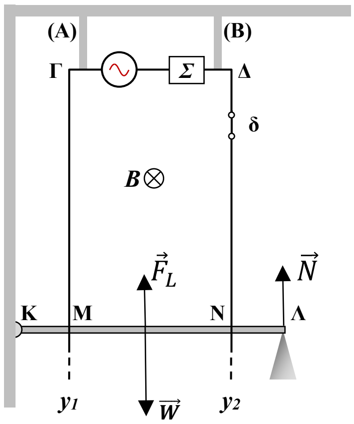
i) Η αντίσταση της συσκευής υπολογίζεται με την βοήθεια των ενδείξεων σωστής λειτουργίας της,

$P_\Sigma = 8$ W , $V_\Sigma = 8$ V. Επομένως $P_\Sigma = \frac{V_\Sigma^2}{R_\Sigma} \Rightarrow R_\Sigma = 8\ \Omega$.

Για να λειτουργήσει κανονικά η συσκευή σε κύκλωμα εναλλασσόμενης τάσης, απαιτείται να διαρρέεται από ρεύμα ενεργού έντασης $I\varepsilon\nu_\Sigma = \frac{V_\Sigma}{R_\Sigma} = 1\ A$.

Στο κύκλωμα του σχήματος έχουμε V = 16 V. Το πλάτος της εναλλασσόμενης έντασης που διαρρέει την συσκευή είναι $I = \frac{V}{R_\Sigma} = 2\ A$, και η ενεργός του τιμή:

$\boldsymbol{I_{\varepsilon\nu} = \frac{I}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}\,A \neq 1}$ **Α .** Επομένως η συσκευή (Σ) δεν λειτουργεί κανονικά.



ii) Η δύναμη $\vec{F}_L$ ασκείται στο τμήμα (ΜΝ) του αγωγού που διαρρέεται από το εναλλασσόμενο ρεύμα i . Καθώς το ρεύμα i είναι αρμονικά εναλλασσόμενο , η τιμή και η φορά της $\vec{F}_L$ μεταβάλλονται ημιτονοειδώς με τον χρόνο. Θα εξετάσουμε την περίπτωση που η $\vec{F}_L$ έχει φορά προς τα πάνω και μέγιστο μέτρο :

$$F_L = B\,I\,(MN) = 0{,}5 \cdot 2 \cdot 0{,}6 = 0{,}6\,N.$$

Το βάρος της ράβδου έχει μέτρο w = mg = 5 N.

Καθώς ΚΜ=ΝΛ το σημείο εφαρμογής της $\vec{F}_L$ και του βάρους $\vec{W}$ είναι το μέσο Ο της ράβδου. Το σημείο εφαρμογής της δύναμης που ασκεί η προεξοχή στην ράβδο είναι το Λ.

Υπολογίζουμε τις ροπές του βάρους $\vec{W}$ και της $\vec{F}_L$ ως προς το σημείο Κ:

$\tau_W = W\frac{l}{2}, \tau_{F_L} = F_L\frac{l}{2}.$

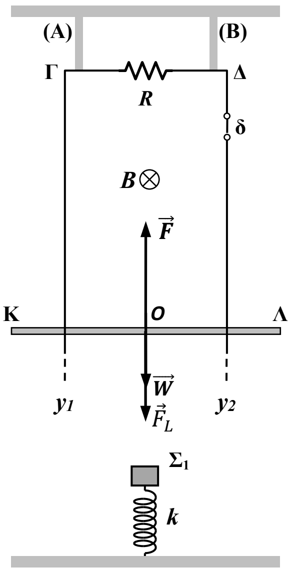
Καθώς w > F_L, ισχύει $\tau_W > \tau_{FL}$. Προκειμένου η ράβδος (ΚΛ) να ισορροπεί, απαιτείται η ύπαρξη δύναμης $\vec{N}$ από την προεξοχή στο σημείο Λ. Επομένως ακόμη και στην περίπτωση που η $\vec{F}_L$ έχει φορά προς τα πάνω και το μέγιστο μέτρο η ράβδος διατηρεί την επαφή της με την προεξοχή στο σημείο Ν και δεν θα αναπηδήσει.

Δ2. Η ράβδος ΚΛ εκτελεί ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση , κινούμενη προς τα πάνω, χωρίς αρχική ταχύτητα , με σταθερή επιτάχυνση μέτρου $\alpha = 2\,\frac{m}{s^2}$. Το μέτρο της ταχύτητας του αγωγού δίνεται από την σχέση:

$\upsilon = at = 2t\;(S.I.)$

Το ρεύμα που διαρρέει τον αγωγό ΚΛ μεταβάλλεται με τον χρόνο σύμφωνα με την σχέση:

$I = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R} = \frac{B\upsilon(MN)}{R} = \frac{0{,}5\cdot 2t\cdot 0{,}6}{3} = 0{,}2\,t\;(S.I)$



Η δύναμη $\vec{F}_L$ που ασκείται στον αγωγό έχει μέτρο:

$F_L = BI(MN) = 0{,}5 \cdot 0{,}2t \cdot 0{,}6 = 6 \cdot 10^{-2} t\ (S.I)$ και φορά αντίρροπη της ταχύτητας του, (κατακόρυφη με φορά προς τα κάτω) σύμφωνα με τον κανόνα Lenz.

Από τον 2ο νόμο του Νεύτωνα (θεωρώντας ως θετική την φορά κίνησης):

$\Sigma F = ma \Rightarrow F - F_L - W = ma \Rightarrow F = 6 \cdot 10^{-2} t + 6\ \ (S.I)$

Την χρονική στιγμή $t = 1s : F = 6 \cdot 10^{-2} + 6 = 6{,}12\ N$

$και\ \upsilon = at = 2\frac{m}{s}$.

Επομένως ο ρυθμός προσφοράς ενέργειας στην ράβδο μέσω της εξωτερικής δύναμης F την χρονική στιγμή t =1 s είναι:

$\frac{dW_F}{dt} = P_F = F \cdot \upsilon = 6{,}06 \cdot 2\ \frac{J}{s} \Rightarrow \boldsymbol{\frac{dW_F}{dt} = 12{,}12\ \frac{J}{s}}$.

Δ3. Η ενέργεια που προσφέρουμε στην ράβδο μέσω του έργου της $\vec{F}$ μετατρέπεται σε:

α) Αύξηση της κινητικής της ενέργειας ΔΚ.

β) Αύξηση της βαρυτικής δύναμικής της ενέργειας ΔU.

γ) Ηλεκτρική ενέργεια στο τμήμα της ράβδου ΜΝ η οποία θα μετατραπεί σε θερμική στον αντιστάτη R.

Καθώς ο αγωγός είναι αρχικά ακίνητος: $\Delta K = \frac{1}{2} m\upsilon^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}5 \cdot 2^2 = 1\,J$.

Θεωρούμε ως οριζόντιο επίπεδο μηδενικής βαρυτικής δυναμικής ενέργειας το επίπεδο όπου βρισκόταν η ράβδος τη χρονική στιγμή t = 0. Αν Δh η κατακόρυφη ανύψωση της ράβδου στο χρονικό διάστημα από t = 0 s έως t = 1 s:

$\Delta h = \frac{1}{2} at^2 = 1\ m\ και\ \ \Delta U = mg\Delta h = 5\,J$.

Επομένως $W_F = \Delta K + \Delta U + Q = 6{,}04\,J$.

Δ4.

i) Σωστό το γ.

Η κινητική ενέργεια των δύο σωμάτων αμέσως μετά την κρούση είναι :

$$K = \frac{1}{2}(m + M)\, \mathrm{u}_{\mathrm{k}}^2 = \ 4{,}5\,J.$$

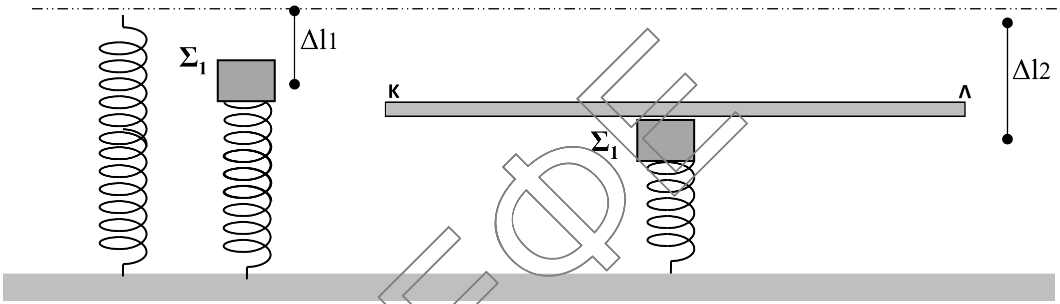
Το σημείο ισορροπίας της ταλάντωσης που θα εκτελέσει στη συνέχεια το συσσωμάτωμα είναι σε διαφορετικό σημείο από το σημείο αρχικά ηρεμούσε το σώμα Σ_1 πριν την κρούση, καθώς το συσσωμάτωμα έχει μεγαλύτερο βάρος. Επομένως αμέσως μετά την κρούση το παραπάνω σύστημα σωμάτων αποκτά και δυναμική ενέργεια ταλάντωσης με αποτέλεσμα η ενέργεια ταλάντωσης να είναι ίση με: $E = U_\Delta + K\ > 4{,}5\,J$.

ii) Το σώμα $Σ_1$ αρχικά ηρεμούσε έχοντας συσπειρώσει το ελατήριο κατακόρυφα κατά Δl_1.

Επομένως για το $Σ_1$: $\Sigma\vec{F} = 0 \Rightarrow Mg = k\Delta l_1 \Rightarrow \Delta l_1 = \frac{Mg}{k}$.

Το συσσωμάτωμα της ράβδου και του $Σ_1$ ισορροπεί σε σημείο όπου συσπειρώνει το ελατήριο κατακόρυφα κατά Δl_2.

Επομένως για το συσσωμάτωμα : $\Sigma\vec{F} = 0 \Rightarrow (M+m)g = k\Delta l_2 \Rightarrow \Delta l_2 = \frac{(M+m)g}{k}$.



Το σημείο κρούσης με το σημείο ισορροπίας της ταλάντωσης του συσσωματώματος απέχουν κατακόρυφα:

Δy = $\Delta l_2 - \Delta l_1 = \frac{mg}{k}$.

Από την απάντηση του Δ4(i) το συσσωμάτωμα των (ράβδος ΚΛ- σώμα $Σ_1$) αμέσως μετά την κρούση έχει δυναμική ενέργεια ταλάντωσης: $U_\Delta = (5-4{,}5)J = 0{,}5\,J$.

Επομένως $U_\Delta = \frac{1}{2}k \cdot \Delta y^2 \Rightarrow U_\Delta = \frac{1}{2}k \cdot \frac{m^2 g^2}{K^2} \Rightarrow \boldsymbol{k = 25\ N/m}$.