**ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ 2025**
Β' ΦΑΣΗ

Ε_3.Φλ3Θ(α)

ΤΑΞΗ: Γ' ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ: ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΜΑΘΗΜΑ: ΦΥΣΙΚΗ

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

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ**ΘΕΜΑ Α**

- A1. β
A2. γ
A3. α
A4. δ
A5. α. Σ
β. Λ
γ. Λ
δ. Σ
ε. Σ

ΘΕΜΑ Β**B1.**

i. Σωστή επιλογή **α.**

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

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:

$$\text{Π}\% = \frac{K_e}{\frac{hc}{\lambda}} 100\% = \frac{\frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'}}{\frac{hc}{\lambda}} 100\% = \left(1 - \frac{\lambda}{\lambda'}\right) 100\% = \left(\frac{\lambda' - \lambda}{\lambda'} 100\%\right) = \frac{\Delta\lambda}{\lambda'} 100\%$$

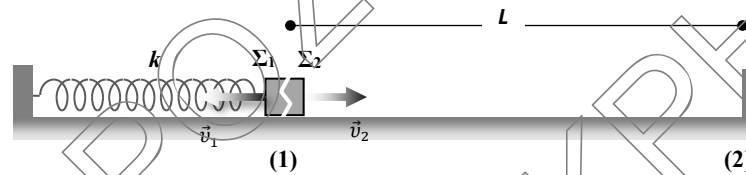
Για το μήκος κύματος λ' του φωτονίου της σκεδαζόμενης δέσμης ισχύει ότι $\lambda' = \lambda + \Delta\lambda$. Αφού $\lambda_1 > \lambda_2$ και $\Delta\lambda_1 = \Delta\lambda_2 = \Delta\lambda$, τότε $\lambda_1' > \lambda_2'$ και $\frac{\Delta\lambda_1}{\lambda_1'} < \frac{\Delta\lambda_2}{\lambda_2'}$.

Οπότε $\text{Π}_1\% < \text{Π}_2\%$

B2.

Σωστή επιλογή γ .

Περίπτωση (Α)



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

$$\vec{p}_{\text{πριν}} = \vec{p}_{\text{μετά}} \Rightarrow \vec{0} = m_2 \vec{v}_2 + m_1 \vec{v}_1 \Rightarrow \vec{v}_2 = -\vec{v}_1.$$

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 v_2 δεν μεταβάλλεται.

Επομένως $\Delta t_2 = \frac{2L}{v_2}$ και $\Delta t_1 = \Delta t_2$.

Περίπτωση (Β)

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

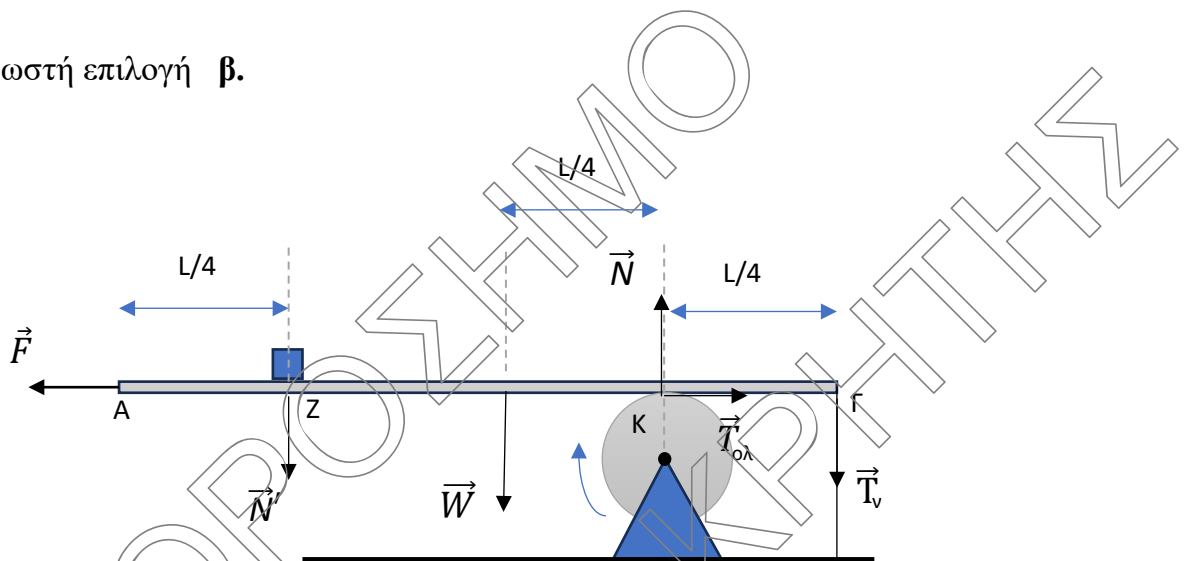
Καθώς $v_2' > v_2$ το χρονικό διάστημα $\Delta t_2'$ που απαιτείται για να διανύσει το Σ_2 απόσταση $2L$ και να επιστρέψει στο σημείο της έκρηξης είναι $\Delta t_2' = \frac{2L}{v_2'} < \Delta t_2$.

Το Σ_1 αποκτώντας ταχύτητα μέτρου $v'_1 > v_1$ θα εκτελέσει γ.α.τ. μεγαλύτερου πλάτους από πριν. Όμως το χρονικό διάστημα $\Delta t'_1$ που απαιτείται για να επιστρέψει στο σημείο της έκρηξης δεν μεταβάλλεται καθώς $\Delta t'_1 = \frac{T_1}{2}$ και η περίοδος ταλάντωσης 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.

B3.

Σωστή επιλογή **β**.



Η ράβδος ισορροπεί μεταφορικά και στροφικά. Οπότε:

$$\sum \vec{\tau}_K = 0 \Rightarrow N' L/2 + W L/4 = T_v L/4 \Rightarrow 2w_1 + w = T_v$$

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

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

$$\sum \vec{F} = 0$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F = T_{ολ} \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow N' + w + T_v = N \Rightarrow w_1 + w + 2w_1 + w_1 = N \Rightarrow 3w_1 + 2w = N \quad (2)$$

Για την τριβή ολίσθησης $T_{ολ}$ μεταξύ της ράβδου και της τροχαλίας ισχύει

$T_{ολ} = \mu N$ και από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει ότι:

$$F = \mu N \Rightarrow F = \mu (3w_1 + 2w) \Rightarrow F = \mu 3,5w \Rightarrow F = 1,4w$$

ΘΕΜΑ Γ

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

$$\Delta t = T/2 \Rightarrow T = 0,5\text{s} \Rightarrow f = 2\text{ Hz και } \omega = 4\pi \text{ r/s.}$$

Η εξίσωση του στάσιμου κύματος στην χορδή έχει την μορφή

$$y = A_{\text{κοιλ}} \sin(2\pi x/\lambda) \eta\mu(\omega t) \Rightarrow y = 0,2 \sin(2\pi x/1,2) \eta\mu(4\pi t)$$

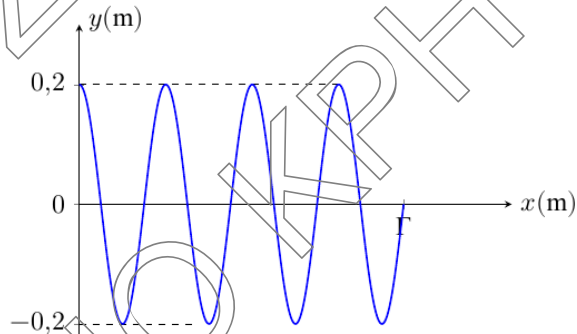
$$\Rightarrow y = 0,2 \sin(5\pi x/3) \eta\mu(4\pi t). \text{ (S.I)}$$

Γ2.

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

$$\Rightarrow \lambda' = 4L/15$$

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



Οπότε ισχύει: $\lambda f = v = \lambda' f' \Rightarrow 4L/5 f = 4L/15 f' \Rightarrow f = f'/3 \Rightarrow f' = 3f$

Οπότε η μεταβολή στη συχνότητα μεταξύ του αρχικού και του τελικού στάσιμου κύματος στη χορδή είναι $\Delta f = f' - f = 3f - f \Rightarrow \Delta f = 4\text{ Hz}$.

Για το πλάτος στο στάσιμο κύμα ισχύει ότι $|A'| = |2A \sin(2\pi x/\lambda)|$

Για το σημείο N που βρίσκεται στη θέση $x_N=0,4\text{m}$ έχουμε για το πλάτος στην ταλάντωσή του :

Στο αρχικό στάσιμο κύμα στην χορδή $|A'_{\text{αρχ}}| = |0,2 \sin 5\pi \cdot 0,4/3| = 0,1\text{ m}$.

Στο τελικό στάσιμο κύμα στην χορδή $|A'_{\text{τελ}}| = |0,2 \sin 2\pi \cdot 0,4/0,4| = 0,2\text{ m}$.

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

$$\Delta|A'| = |A'_{\text{τελ}}| - |A'_{\text{αρχ}}| = 0,1\text{ m}$$

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

$r_1 - r_2 = N\lambda$ με $N=0, \pm 1, \pm 2, \dots$ (1) και $r_1 + r_2 = \text{ΚΛ}$ (2), αθροίζοντας τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει ότι:

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

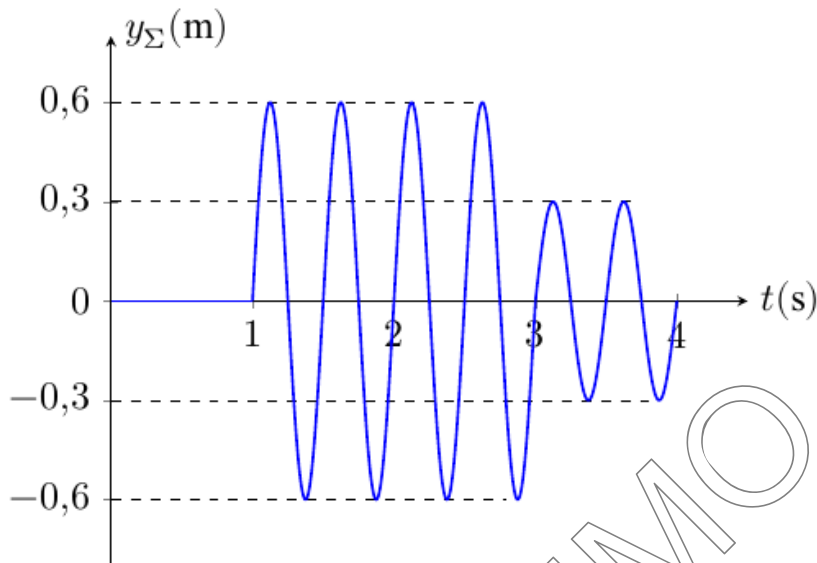
Ισχύει ότι $0 < r_1 < d \Rightarrow 0 < 0,7 + 0,3N \leq d \Rightarrow -0,7 < 0,3N < 0,7 \Rightarrow -7/3 < N < 7/3$

,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 $\Delta t' = 1$ s, τότε το σημείο Σ παύει να ταλαντώνεται λόγω του κύματος που προέρχεται από την πηγή Π_2 την χρονική στιγμή $t_4 = t_3 + \Delta t' \Rightarrow t_4 = 3$ s.

Το σημείο Σ μέχρι την χρονική στιγμή $t_1=1$ s 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 $t' = 73/24\text{s} > t_1$, το σημείο Σ ταλαντώνεται λόγω του κύματος που προέρχεται από την πηγή Π_1 , οπότε η απομάκρυνσή του θα είναι

$$y = A \eta\mu 2\pi(ft - x/\lambda) \Rightarrow y = 0,3\eta\mu 2\pi(2 \cdot 73/24 - 2) = 0,3 \eta\mu(98\pi/12) = 0,3 \eta\mu(8\pi + \pi/6)$$

$$\Rightarrow y = 0,3 \eta\mu(\pi/6) = 0,15 \text{ m}.$$

ΘΕΜΑ Δ

Δ1.

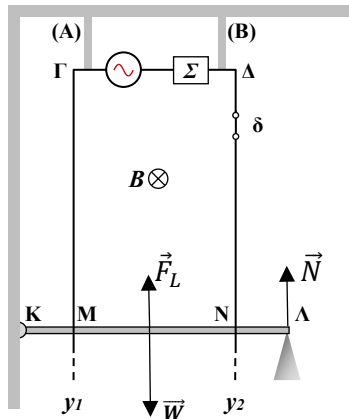
i) Η αντίσταση της συσκευής υπολογίζεται με την βοήθεια των ενδείξεων σωστής λειτουργίας της,

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

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

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

$I_{εν} = \frac{I}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} A \neq 1 A$. Επομένως η συσκευή (Σ) δεν λειτουργεί κανονικά.



ii) Η δύναμη \vec{F}_L ασκείται στο τμήμα (MN) 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 :

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

Το βάρος της ράβδου έχει μέτρο $w = mg = 5 \text{ N}$.

Καθώς $KM = N\Lambda$ το σημείο εφαρμογής της \vec{F}_L και του βάρους \vec{W} είναι το μέσο O 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 K :

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

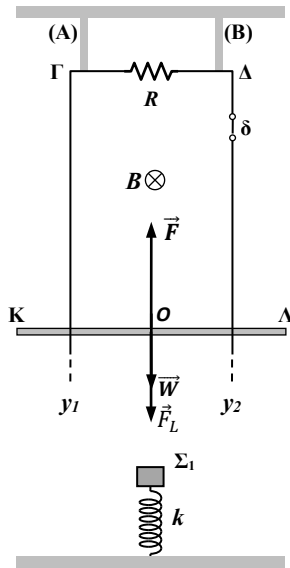
Καθώς $w > F_L$, ισχύει $\tau_w > \tau_{FL}$. Προκειμένου η ράβδος (ΚΛ) να ισορροπεί, απαιτείται η ύπαρξη δύναμης \vec{N} από την προεξοχή στο σημείο Λ . Επομένως ακόμη και στην περίπτωση που η \vec{F}_L έχει φορά προς τα πάνω και το μέγιστο μέτρο η ράβδος διατηρεί την επαφή της με την προεξοχή στο σημείο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

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

$$v = at = 2t \text{ (S.I.)}$$

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

$$I = \frac{E_{επ}}{R} = \frac{Bv(MN)}{R} = \frac{0,5 \cdot 2t \cdot 0,6}{3} = 0,2 t \text{ (S.I.)}$$



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 ταχύτητάς του, (κατακόρυφη με φορά προς τα κάτω) σύμφωνα με τον κανόνα Lenz.

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

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

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

$$\text{και } v = at = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

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

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

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

- α) Αύξηση της κινητικής της ενέργειας ΔK .
- β) Αύξηση της βαρυτικής δυναμικής της ενέργειας ΔU .
- γ) Ηλεκτρική ενέργεια στο τμήμα της ράβδου MN η οποία θα μετατραπεί σε θερμική στον αντιστάτη R.

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

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 $t = 0\text{ s}$ έως $t = 1\text{ s}$:

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

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

Δ4.

i) **Σωστό το γ.**

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

$$K = \frac{1}{2}(m + M)u_k^2 = 4,5\text{ J}.$$

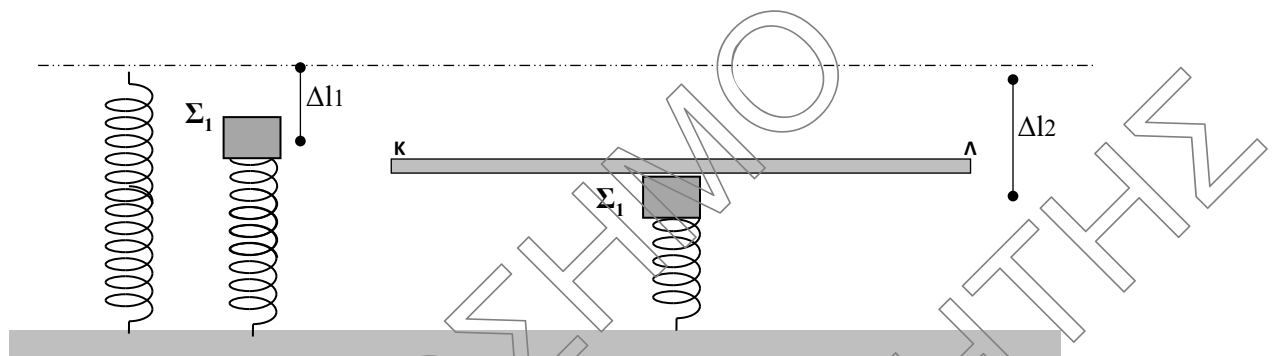
Το σημείο ισορροπίας της ταλάντωσης που θα εκτελέσει στη συνέχεια το συσσωμάτωμα είναι σε διαφορετικό σημείο από το σημείο αρχικά ηρεμούσε το σώμα Σ_1 πριν την κρούση, καθώς το συσσωμάτωμα έχει μεγαλύτερο βάρος. Επομένως αμέσως μετά την κρούση το παραπάνω σύστημα σωμάτων αποκτά και δυναμική ενέργεια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

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

$$\text{Επομένως για το } \Sigma_1 : \Sigma \vec{F} = 0 \Rightarrow Mg = k\Delta l_1 \Rightarrow \Delta l_1 = \frac{Mg}{k}.$$

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

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



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

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

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

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