ΦΥΣΙΚΗ ΟΜΑΔΑΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

2ο ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑ (ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2) – ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

Α1α. (γ) **Α1β.** (γ)
Α2α. (β) **Α2β.** (β)
Α3α. (δ) **Α3β.** (β)
Α4α. (γ) **Α4β.** (β)
Α5. α. Λ β. Λ γ. Σ δ. Λ ε. Σ

ΘΕΜΑ Β

Β1. Σωστή απάντηση είναι η (α).
Το κύμα φτάνει στο σημείο Κ που βρίσκεται στη θέση x_K=0,5m τη στιγμή t=1s, επομένως η ταχύτητα του κύματος είναι

$$\upsilon=\frac{x_K}{t}=\frac{0{,}5\text{m}}{1\text{s}} \quad \text{ή} \quad \upsilon=0{,}5\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Η κλίση στο διάγραμμα φάσης - χρόνου ισούται αριθμητικά με τη γωνιακή συχνότητα.

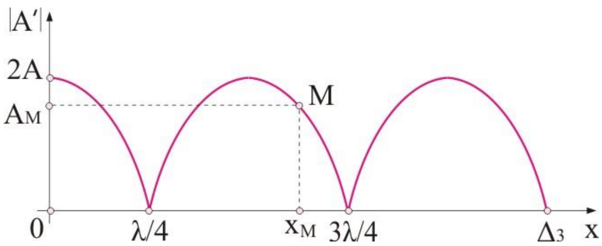
$$\omega=\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}=\frac{4\pi\,\text{rad}}{(3-1)\text{s}} \quad \text{ή} \quad \omega=2\pi\frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Η περίοδος Τ είναι $T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi}{2\pi\,\text{rad/s}}$ ή $T=1\text{s}$

Το μήκος κύματος είναι: λ=υΤ=0,5m
Η εξίσωση ταλάντωσης του Κ είναι

$$y_K=A\eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x_K}{\lambda}\right) \quad \text{ή} \quad y_K=0{,}2\eta\mu 2\pi(t-1)\ ,(\text{SI})$$

Β2. Σωστή απάντηση είναι η (α).
Οι ακραίες θέσεις της ταλάντωσης του σημείου Μ απέχουν μεταξύ τους $2|A'_M|$, όπου με $|A'_M|$ συμβολίζεται το πλάτος ταλάντωσης του σημείου Μ.



Το πλάτος ταλάντωσης του Μ δίνεται από τη σχέση

$$|A'_M|=2A\cdot\left|\sigma\upsilon\nu\frac{2\pi x_M}{\lambda}\right| \quad (1),$$

όπου το x_M δηλώνει απόσταση από κοιλία.
Ο 2ος δεσμός απέχει 3λ/4 από την αρχή της χορδής που είναι κοιλία, επομένως το σημείο Μ απέχει από την κοιλία της θέσης x=0

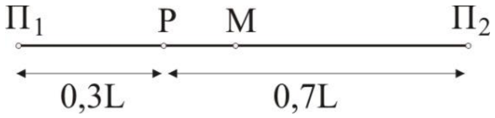
$$x_M=\frac{3\lambda}{4}-\frac{\lambda}{8}=\frac{5\lambda}{8}$$

Αντικαθιστώντας στη σχέση (1) παίρνουμε

$$|A'_M|=2A\cdot\left|\sigma\upsilon\nu\frac{2\pi}{\lambda}\frac{5\lambda}{8}\right|=2A\cdot\left|\sigma\upsilon\nu\frac{5\pi}{4}\right| \Rightarrow |A'_M|=A\sqrt{2}$$

Άρα οι ακραίες θέσεις της ταλάντωσης του σημείου Μ απέχουν μεταξύ τους $2A\sqrt{2}$

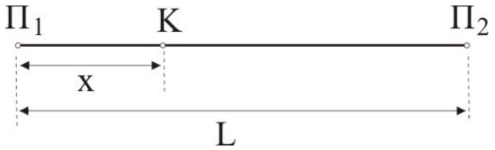
Β3. Σωστή απάντηση είναι η (β).
Το σημείο Ρ είναι το πρώτο, αριστερά του μέσου Μ, σημείο που είναι ακίνητο, επομένως:



$r_1 - r_2 = (2N+1)\dfrac{\lambda}{2}$ με N=-1, οπότε:

0,3L -(L-0,3L) = - λ/2 ή λ=0,8L

Για την θέση του τυχαίου σημείου Κ που εκτελεί ταλάντωση με μέγιστο πλάτος έχουμε

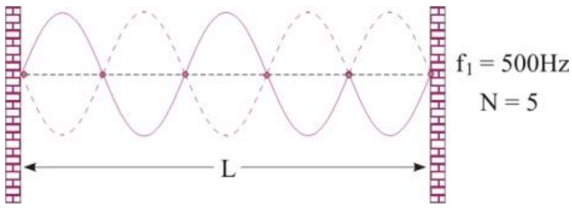


$$x-(L-x)=N\lambda \quad \text{ή} \quad x=\frac{L}{2}+\frac{N\lambda}{2} \quad \text{με } N=0,\pm1,\pm2...$$

Θα πρέπει $0<x<L \Rightarrow 0<\dfrac{L}{2}+\dfrac{N\lambda}{2}<L$ ή $0<\dfrac{L}{2}+\dfrac{N\cdot 0{,}8L}{2}<L$ ή $-1{,}25<N<1{,}25$

Επομένως, Ν = -1, 0, +1, άρα 3 σημεία.

Β4. Σωστή απάντηση είναι η (α).
Εφόσον τα άκρα της χορδής είναι ακλόνητα, ισχύει L=Nλ/2, όπου L το μήκος της χορδής , λ το μήκος κύματος των συμβαλλόμενων κυμάτων και Ν ο αριθμός των κοιλιών.
Για τη συχνότητα f_1=500Hz έχουμε:



$$L=N\frac{\lambda_1}{2}$$

Παίρνοντας υπόψη τη θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής , $\upsilon=\lambda f$, η προηγούμενη σχέση γίνεται:

$$L=N\frac{\upsilon}{2f_1}\ , \quad (1)$$

Για την επόμενη συχνότητα δημιουργίας στάσιμου στη χορδή, f_2=600Hz , έχουμε αντίστοιχα:

$$L=(N+1)\frac{\lambda_2}{2}=(N+1)\frac{\upsilon}{2f_2}\ , \quad (2)$$

Συνδυάζοντας τις σχέσεις (1),(2) έχουμε:

$$N\frac{\upsilon}{2f_1}=(N+1)\frac{\upsilon}{2f_2} \Rightarrow \frac{N}{f_1}=\frac{(N+1)}{f_2} \Rightarrow$$

$$N\cdot 600Hz=(N+1)\cdot 500Hz \Rightarrow \quad \text{ή} \quad N=5$$

ΘΕΜΑ Γ

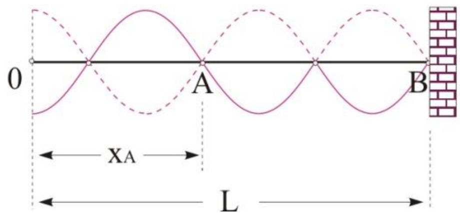
Γ1. Η συχνότητα του κύματος είναι $f=\dfrac{\omega}{2\pi}=\dfrac{5\pi rad/s}{2\pi}$ ή $f=2{,}5Hz$, $T=\dfrac{1}{f}=0{,}4s$

Επομένως το μήκος κύματος του κύματος είναι $\lambda=\dfrac{\upsilon}{f}=\dfrac{2m/s}{2{,}5Hz}$ ή $\lambda=0{,}8m$

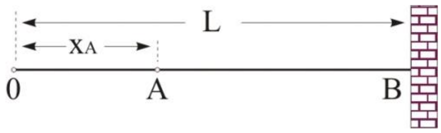
Γ2. Οι θέσεις των δεσμών δίνονται από τη σχέση

$$x_\Delta = (2\kappa+1)\frac{\lambda}{4} = (2\kappa+1)\frac{0{,}8m}{4} \quad \text{ή} \quad x_\Delta = (2\kappa+1)0{,}2 \quad , (SI)$$

Αντικαθιστώντας κ=0,1,2…. παίρνουμε
κ=0 , x_1= 0,2m
κ=1 , x_2= 0,6m
κ=2 , x_3= 1m
κ=3 , x_4= 1,4m
Άρα συνολικά δημιουργούνται 4 δεσμοί, στις θέσεις 0,2m, 0,6m, 1,0m και 1,4m.



Γ3. Από τη γραφική παράσταση απομάκρυνσης - χρόνου για το σημείο Α βλέπουμε ότι το κύμα φτάνει για πρώτη φορά στο Α τη χρονική στιγμή t_1 για την οποία ισχύει:



$$t_1 = \frac{x_A}{\upsilon} \qquad (1)$$

Μετά την ανάκλασή του στον τοίχο επιστρέφει στο σημείο Α τη χρονική στιγμή t_2 για την οποία ισχύει:

$$t_2 = \frac{L+(L-x_A)}{\upsilon} \qquad (2)$$

Επίσης, t_2-t_1= 2T όπου T η περίοδος του κύματος. Επομένως t_2-t_1=2T=0,8s
Με αφαίρεση κατά μέλη των σχέσεων (1) και (2) παίρνουμε:

$$t_2 - t_1 = \frac{L+(L-x_A)}{\upsilon} - \frac{x_A}{\upsilon} \Rightarrow 2T = \frac{2L-2x_A}{\upsilon} \Rightarrow$$

$$x_A = L - \upsilon T = 1{,}4m - 2\frac{m}{s}0{,}4s \Rightarrow x_A = 0{,}6m$$

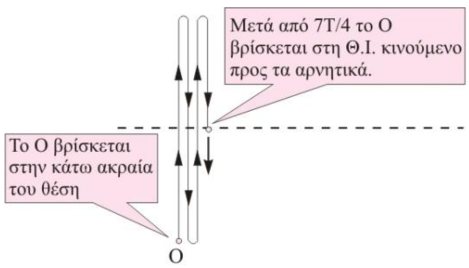
Με αντικατάσταση στη σχέση (2) βρίσκουμε τη χρονική στιγμή t_2.

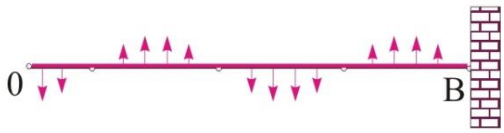
$$t_2 = \frac{2L-x_A}{\upsilon} = \frac{2\cdot 1{,}4m - 0{,}6m}{2\frac{m}{s}} \Rightarrow t_2 = 1{,}1s$$

Γ4. Το χρονικό διάστημα 0,7s αντιστοιχεί σε χρονική διάρκεια

$$0{,}4s + 0{,}3s = \frac{4}{4}T + \frac{3}{4}T \,.$$

Θεωρούμε ως νέα αρχή μέτρησης των χρόνων τη χρονική στιγμή που το Ο ταλαντευόμενο βρίσκεται στην ακραία αρνητική του απομάκρυνση. Μετά από χρονικό διάστημα 7T/4 , το σημείο Ο θα βρίσκεται στη θέση ισορροπίας, έχοντας αρνητική ταχύτητα. Επομένως όλα τα σημεία της χορδής θα διέρχονται από τη θέση ισορροπίας τους.
Τα βέλη στο στιγμιότυπο δείχνουν τις ταχύτητες των σημείων της χορδής.





Στιγμιότυπο του κύματος
Όλα τα σημεία βρίσκονται στη θέση ισορροπίας τους

ΘΕΜΑ Δ

Δ1. Το σημείο Σ που απέχει r_1=4,5m από την πηγή $Π_1$ ξεκινά να ταλαντώνεται τη στιγμή t_1=0,45s, επομένως

$$\upsilon = \frac{r_1}{t_1} = \frac{4,5\text{m}}{0,45\text{s}} \quad \text{ή} \quad \upsilon = 10\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Η συχνότητα του κύματος είναι

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{10\pi \text{rad/s}}{2\pi} \quad \text{ή} \quad f = 5\text{Hz} \quad , \quad T = \frac{1}{f} = 0,2\text{s}$$

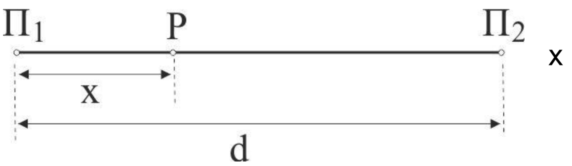
Το μήκος κύματος του κύματος είναι

$$\lambda = \frac{\upsilon}{f} = \frac{10\text{m/s}}{5\text{Hz}} \quad \text{ή} \quad \lambda = 2\text{m}$$

Δ2. Το κύμα θέλει χρόνο 0,7s για να μεταβεί από την $Π_1$ στην $Π_2$. Επομένως η απόσταση μεταξύ των πηγών είναι

$$(\Pi_1\Pi_2) = d = \upsilon \cdot t = 10\text{m/s} \cdot 0,7\text{s} \quad \text{ή} \quad d = 7\text{m}$$

Για το τυχαίο σημείο Ρ στο οποίο συμβαίνει αναιρετική συμβολή και απέχει από την πηγή $Π_1$ ισχύει:



$$x - (d - x) = (2N+1)\frac{\lambda}{2} \quad \text{ή}$$

$$x = \frac{d}{2} + \frac{N\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4} \quad \text{ή} \quad x = 4m + N \quad , \quad (1)$$

Θα πρέπει $0\text{m} < x < 7\text{m} \;\Rightarrow\; 0 < 4\text{m} + N < 7\text{m}$ ή $-4 < N < 3$

Οι αποδεκτές λύσεις είναι N=-3,-2,-1,0,+1,+2, , άρα 6 σημεία.
Επομένως, μεταξύ των δύο πηγών υπάρχουν 6 σημεία απόσβεσης.

Δ3. Μέχρι τη χρονική στιγμή t_1=0,45s το σημείο Σ παραμένει ακίνητο. Το Σ θα αρχίσει να ταλαντώνεται τη χρονική στιγμή t_1=0,45s με πλάτος Α μέχρι τη στιγμή t_2 , όταν φτάνει το κύμα από την $Π_2$ και ξεκινά η συμβολή.
Η χρονική στιγμή t_2 είναι

$$t_2 = \frac{r_2}{\upsilon} = \frac{7,5\text{m}}{10\text{m/s}} \quad \text{ή} \quad t_2 = 0,75\text{s}$$

Για το χρονικό διάστημα $0,45\text{s} \le t < 0,75\text{s}$, η απομάκρυνση του Σ από τη θέση ισορροπίας του δίνεται από τη σχέση: $y_\Sigma = 0,4\eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{r_1}{\lambda}\right) \Rightarrow y_\Sigma = 0,4\eta\mu 2\pi(5t - 2,25)$, (SI)

Και η ταχύτητα ταλάντωσης του Σ από τη σχέση:

$$\upsilon_\Sigma = \omega A\sigma\upsilon\nu 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{r_1}{\lambda}\right) \Rightarrow \upsilon_\Sigma = 4\pi\sigma\upsilon\nu 2\pi(5t - 2,25) \text{ , (SI)}$$

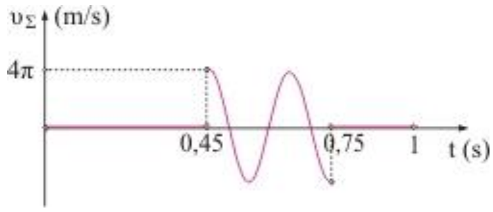
Για t > 0,75s έχουμε συμβολή.
Ισχύει $r_1 - r_2 = 4,5\text{m} - 7,5\text{m} = -3\text{m}$

και ικανοποιείται η συνθήκη $r_1 - r_2 = (2N+1)\frac{\lambda}{2}$ για N=-2

Άρα, μετά τη συμβολή στο σημείο Σ έχουμε απόσβεση και το Σ ακινητοποιείται.
Συνολικά έχουμε:

$$\upsilon_\Sigma = \begin{cases} 0\,,\ (SI) & \gamma\iota\alpha\ \ 0s \le t < 0{,}45s \\ 4\pi\sigma\upsilon\nu 2\pi(5t - 2{,}25)\,,\ (SI) & \gamma\iota\alpha\ \ 0{,}45s \le t < 0{,}75s \\ 0\,,\ (SI) & \gamma\iota\alpha\ \ 0{,}75s \le t \le 1s \end{cases}$$

Το διάγραμμα ταχύτητας του Σ σε συνάρτηση με το χρόνο δείχνεται στο διπλανό σχήμα.



Δ4. Για το Κ ικανοποιείται η συνθήκη

$$r_{K1} - r_{K2} = N\lambda \quad ή \quad 6m - 10m = N \cdot 2m \quad ή \quad N = -2$$

Επομένως το Κ βρίσκεται πάνω σε υπερβολή ενίσχυσης.

Μας δίνεται ότι το σημείο Λ βρίσκεται στην ίδια υπερβολή με το Κ, άρα και το Λ είναι σημείο ενίσχυσης. Αν το Λ απέχει από τις πηγές $r_{\Lambda 1}$ και $r_{\Lambda 2}$ αντίστοιχα, ισχύει

$$r_{\Lambda 1} - r_{\Lambda 2} = -2\lambda \quad ή \quad r_{\Lambda 1} - r_{\Lambda 2} = -4m\ , \quad (2)$$

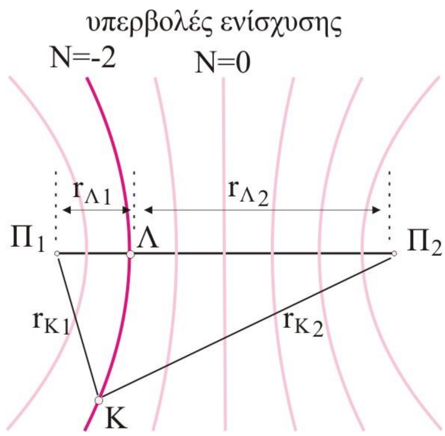
Επειδή το Λ ανήκει στο $\Pi_1\Pi_2$, επίσης ισχύει

$$r_{\Lambda 1} + r_{\Lambda 2} = d \quad ή \quad r_{\Lambda 1} + r_{\Lambda 2} = 7m\ , \quad (3)$$

Από τις (2), (3) παίρνουμε

$$r_{\Lambda 1} = 1{,}5m\ , \quad r_{\Lambda 2} = 5{,}5m$$

Επομένως το Λ απέχει 1,5m από την πηγή Π_1.



Δ5. Για να έχουμε ενισχυτική συμβολή στο σημείο Σ πρέπει $r_1 - r_2 = N\lambda'$ άρα

$$r_1 - r_2 = N\frac{\upsilon}{f'} \quad ή \quad f' = \frac{N\upsilon}{r_1 - r_2} \quad ή \quad f' = -N\frac{10}{3}\ \ (SI)\ \ , (2)\ \ \mu\varepsilon\ \ f' > 5Hz$$

Για N=-1, η (2) δίνει f΄=10/3 Hz , που είναι f΄<5Hz , απορρίπτεται.

Για N=-2, η (2) δίνει f΄=20/3 Hz, που είναι f΄> 5Hz και είναι δεκτή.

Επομένως για να έχουμε στο Σ ενίσχυση θα πρέπει να αυξήσουμε τη συχνότητα στην τιμή f΄=20/3Hz και η επί τοις εκατό αύξηση της συχνότητας είναι

$$\Pi\% = \frac{f' - f}{f}100\% = \frac{\frac{20}{3}\text{Hz} - 5\text{Hz}}{5\text{Hz}}100\% \quad \text{ή} \quad \Pi\% = \frac{100}{3}\%$$

Η εκπόνηση του διαγωνίσματος έγινε με τη βοήθεια Εθελοντών Εκπαιδευτικών.

Τα θέματα επιμελήθηκαν οι **Ιωάννης Σδρίμας** και **Ηλίας Ποντικός, φυσικοί.**

Ο επιστημονικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε από τον **Αντώνιο Παλόγο,** φυσικό