ΕΝΩΣΗ ΚΥΠΡΙΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ

19Η ΠΑΓΚΥΠΡΙΑ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑ ΦΥΣΙΚΗΣ – Γ΄ ΛΥΚΕΙΟΥ

Α΄ ΦΑΣΗ

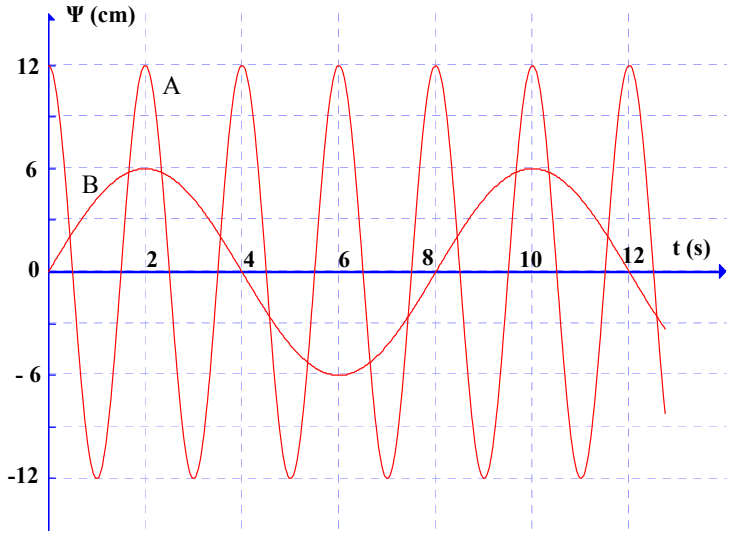
Κυριακή, 19 Δεκεμβρίου, 2004 Ώρα: 10:00 - 13:00

Σημείωση:

1) ***Όπου απαιτείται οι απαντήσεις σας να είναι με ακρίβεια 3 σημαντικών ψηφίων.***
2) ***Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας: g = 10 m/s^2.***
3) ***Επιτρέπεται η χρήση μη προγραμματισμένης υπολογιστικής μηχανής.***
4) ***Απαγορεύεται η χρήση διορθωτικού υλικού.***
5) ***Το κάθε θέμα βαθμολογείται με 20 μονάδες.***
6) ***Απαντήστε σε όλα τα θέματα.***

ΘΕΜΑ 1

Δύο σώματα Α και Β, με μάζες 0.1 Kg και 0.2 Kg αντίστοιχα, εκτελούν αρμονική ταλάντωση. Η απομάκρυνσή τους από τη θέση ισορροπίας σε συνάρτηση με το χρόνο δίνεται στο σχήμα.



Να βρείτε

(α) τη χρονική στιγμή, εκτός της χρονικής στιγμή t = 0, στην οποία το κάθε σώμα έχει για πρώτη φορά

(ι) ταχύτητα μηδέν,

(ιι) επιτάχυνση μηδέν.

(β) το λόγο της μέγιστης ταχύτητας του Α προς τη μέγιστη ταχύτητα του Β.

(γ) το λόγο της μέγιστης επιτάχυνσης του Α προς τη μέγιστη επιτάχυνση του Β.

(δ) το λόγο της ενέργειας ταλάντωσης του Α προς την ενέργεια ταλάντωσης του Β.

(ε) Να υπολογίσετε την κινητική και τη δυναμική ενέργεια του σώματος Α όταν βρίσκεται 3 cm από τη θέση ισορροπίας του.

(ζ) Να γίνουν σε βαθμολογημένους άξονες οι γραφικές παραστάσεις της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας του σώματος Α σε συνάρτηση: (ι) με το χρόνο και (ιι) με την απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας.

ΘΕΜΑ 2

Α. Τι ονομάζουμε απλή αρμονική ταλάντωση και ποια είναι η συνθήκη ένα σώμα να εκτελεί αρμονική ταλάντωση;

Β. Ένα σώμα είναι αναρτημένο από το ένα άκρο κατακόρυφου ιδανικού (αμελητέας μάζας) ελατηρίου και βρίσκεται στη θέση ισορροπίας. Το άλλο άκρο του ελατηρίου είναι στερεωμένο σε σταθερό σημείο. Το σώμα απομακρύνεται κατακόρυφα προς τα κάτω κατά 4 cm από τη θέση ισορροπίας και τη χρονική στιγμή t = 0 αφήνεται ελεύθερο, οπότε εκτελεί αρμονική ταλάντωση. Το μέτρο της επιτάχυνσης του σώματος τη χρονική στιγμή t = 0 είναι 0,16 m/s^2.

(α) Να υπολογίσετε την περίοδο της ταλάντωσης.

(β) Να γράψετε την εξίσωση της θέσης του σώματος σε συνάρτηση με το χρόνο, y= f(t), θεωρώντας τη φορά προς τα πάνω να είναι θετική.

(γ) Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας του σώματος όταν περνά από τη θέση ισορροπίας και όταν περνά από τη θέση 2 cm.

(δ) Να σχεδιάσετε τις γραφικές παραστάσεις:

(ι) της φάσης σε συνάρτηση με το χρόνο και

(ιι) της επιτάχυνσης σε συνάρτηση με το χρόνο για $0 \leq t \leq 2T$, όπου Τ η περίοδος της ταλάντωσης.

(ε) Να υπολογίσετε το μικρότερο χρονικό διάστημα που χρειάζεται το σώμα να πάει από τη θέση – 2 cm στη θέση + 3 cm.

(ζ) Το σύστημα μάζα-ελατήριο στερεώνεται ακίνητο από την οροφή ανελκυστήρα, ο οποίος κινείται με σταθερή ταχύτητα μέτρου 0,5 m/s. Τη χρονική στιγμή t = 0 ο ανελκυστήρας σταματά απότομα, οπότε η μάζα εκτελεί ταλάντωση. (ι) Να υπολογίσετε το πλάτος της ταλάντωσης της μάζας και (ιι) Να γράψετε την εξίσωση της ταλάντωσης.

ΘΕΜΑ 3

Ένα σώμα μάζας 250 g βρίσκεται τοποθετημένο σε οριζόντιο δίσκο αμελητέας μάζας. Το σύστημα εκτελεί κατακόρυφη αρμονική ταλάντωση με περίοδο π/5 s και ενέργεια ταλάντωσης 0,005 J. Τη χρονική στιγμή t = 0 το σύστημα διέρχεται από τη θέση ισορροπίας με κατεύθυνση τη θετική φορά.

(α) Να υπολογίσετε την ταχύτητα του σώματος στη θέση ισορροπίας και το πλάτος της ταλάντωσης.

(β) Να βρείτε τις σχέσεις: (ι) της δυναμικής ενέργειας του συστήματος σε συνάρτηση με την απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας και (ιι) της δύναμης που ασκεί ο δίσκος στο σώμα σε συνάρτηση με το χρόνο.

(γ) Να υπολογίσετε τις τιμές της ενέργειας που μπορεί να έχει το σώμα ώστε να μη χάνει επαφή με το δίσκο.

ΘΕΜΑ 4

Μια πηγή κυμάτων Ο αρχίζει, τη χρονική στιγμή t = 0, να εκτελεί αρμονική ταλάντωση σύμφωνα με την εξίσωση y = 0,08ημπt (μονάδες στο S.I.). Το παραγόμενο κύμα διαδίδεται σε γραμμικό ελαστικό μέσο κατά τη θετική φορά του x άξονα. Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος είναι 2 m/s.

(α) Να εξηγήσετε τα εξής: (ι) εγκάρσιο κύμα, (ιι) διάμηκες κύμα και (ιιι) μήκος κύματος.

(β) Να βρείτε την περίοδο, τη συχνότητα και το μήκος κύματος του κύματος.

(γ) Να γράψετε την εξίσωση του κύματος.

(δ) Να γράψετε τις εξισώσεις που δίνουν την ταχύτητα ταλάντωσης και την επιτάχυνση σε συνάρτηση με τον χρόνο για ένα υλικό σημείο Μ που βρίσκεται στη θέση x = 2 m.

(ε) Να παραστήσετε γραφικά τη φάση Φ της ταλάντωσης για τα διάφορα υλικά σημεία του μέσου που βρίσκονται στον ημιάξονα Ox σε συνάρτηση με τη συντεταγμένη x τη χρονική στιγμή t = 5 s.

(ζ) Να παραστήσετε γραφικά τη φάση Φ του υλικού σημείου Μ σε συνάρτηση με το χρόνο.

ΘΕΜΑ 5

Α. (α) Τι ονομάζουμε συμβολή κυμάτων;
(β) Πότε δύο πηγές είναι σύμφωνες και πότε σύγχρονες;

Β. Τα $Π_1$ και $Π_2$ στο σχήμα είναι σύγχρονες σημειακές πηγές εγκάρσιων κυμάτων. Οι πηγές απέχουν μεταξύ τους απόσταση 4 m. Το μήκος κύματος των παραγόμενων κυμάτων είναι 1 m.
Ένας ανιχνευτής κυμάτων κινείται κατά μήκος του x άξονα, ξεκινώντας από την αρχή των αξόνων με κατεύθυνση προς τα δεξιά. Ο ανιχνευτής λαμβάνει διαδοχικά μέγιστα και ελάχιστα της έντασης των κυμάτων.

(α) Εξηγήστε γιατί ο ανιχνευτής ανιχνεύει διαδοχικά μέγιστα και ελάχιστα της έντασης των κυμάτων.

(β) Να βρείτε τις θέσεις του πρώτου (δηλαδή του πλησιέστερου με την αρχή των αξόνων), του δευτέρου και του τρίτου μέγιστου της έντασης των κυμάτων.

(γ) Κατά μήκος του x άξονα, στα σημεία που παρατηρείται απόσβεση των κυμάτων, η ένταση δε μηδενίζεται. Εξηγήστε την παρατήρηση αυτή.

Στη συνέχεια ο ανιχνευτής κινείται κατά μήκος του ψ άξονα μεταξύ των δύο πηγών.

(δ) Να γράψετε τρεις διαφορές μεταξύ τρέχοντος και στάσιμου κύματος.

(ε) Να εξηγήσετε το αποτέλεσμα της συμβολής των δύο κυμάτων κατά μήκος του ψ άξονα μεταξύ των δύο πηγών.

(ζ) Υπολογίστε το πλάτος ταλάντωσης ενός σημείου μεταξύ των πηγών που απέχει από την $Π_1$, 30 cm, σε σχέση με το πλάτος y_0 των κυμάτων που συμβάλουν.

ΕΝΩΣΗ ΚΥΠΡΙΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ

19Η ΠΑΓΚΥΠΡΙΑ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑ ΦΥΣΙΚΗΣ – Γ΄ ΛΥΚΕΙΟΥ

Α΄ ΦΑΣΗ

Κυριακή, 19 Δεκεμβρίου, 2004 Ώρα: 10:00 - 13:00

Προτεινόμενες λύσεις

ΘΕΜΑ 1

(α) (ι) $\upsilon_A = 0$ όταν t = 1 s και $\upsilon_B = 0$ όταν t = 2 s. *(2 μονάδες)*

(ιι) $\gamma_A = 0$ όταν t = 0,5 s και $\gamma_B = 0$ όταν t = 4 s. *(2 μονάδες)*

(β) $\upsilon_{max} = \omega\psi_0 = (2\pi/T)\psi_0$. Άρα $\frac{\upsilon_{\max(A)}}{\upsilon_{ma(B)}} = \frac{\Psi_{0(A)}T_B}{\Psi_{0(B)}T_A} = \frac{12\times 8}{6\times 2} = \frac{8}{1}$ *(2 μονάδες)*

(γ) $\gamma_{max} = \omega^2\Psi_0 = (2\pi/T)^2\psi_0$. Άρα $\frac{\gamma_{\max(A)}}{\gamma_{ma(B)}} = \frac{\Psi_{0(A)}T_B^2}{\Psi_{0(B)}T_A^2} = \frac{12\times 64}{6\times 4} = \frac{32}{1}$ *(2 μονάδες)*

(δ) $E = \frac{1}{2}m\omega^2\psi_0^2 = 2m\pi^2\frac{\psi_0^2}{T^2}$, Άρα $\frac{E_A}{E_B} = \frac{m_A\psi_{0(A)}^2T_B^2}{m_B\psi_{0(B)}^2T_A^2} = \frac{0{,}1\times 144\times 64}{0{,}2\times 36\times 4} = \frac{32}{1}$ *(2 μονάδες)*

(ε) Η δυναμική ενέργεια είναι:

$$E_\Delta = \frac{1}{2}m\omega^2\psi^2 = 2m\pi^2\frac{\psi^2}{T^2} = 2\times 0{,}1\times(3{,}14)^2\frac{0{,}03^2}{2^2} = 4{,}44\times 10^{-4}\,J\,.$$ *(2 μονάδες)*

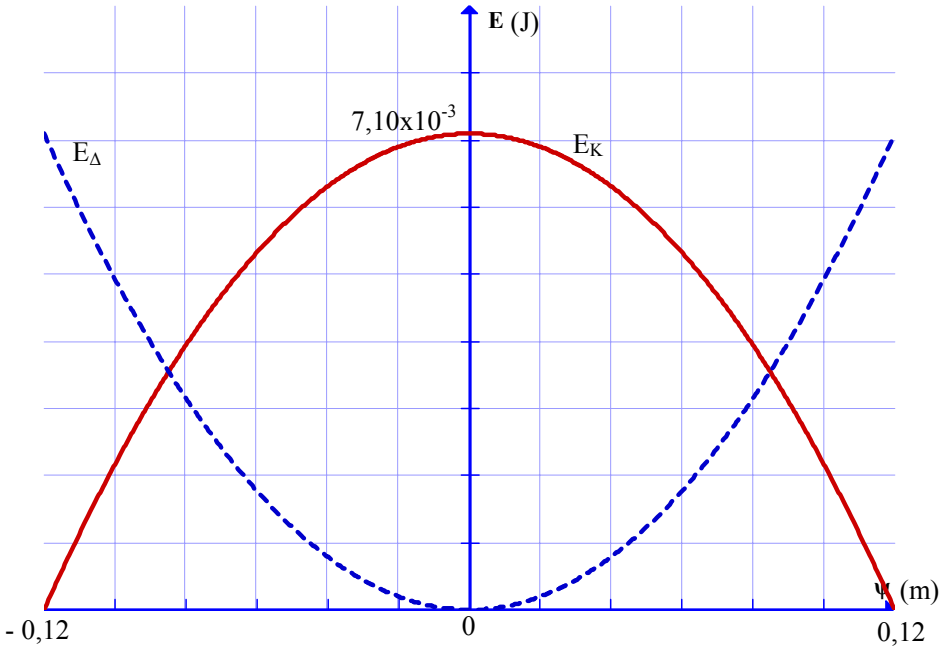
Η ολική ενέργεια είναι: $E = \frac{1}{2}m\omega^2\psi_0^2 = 2m\pi^2\frac{\psi_0^2}{T^2} = 16E_\Delta$, επειδή $\psi_0 = 4\psi$

Εφόσον $E = E_\Delta + E_K$, τότε $E_K = 15$, $E_\Delta = 6{,}66\times 10^{-3}$ J. *(2 μονάδες)*

(ζ) $E_K = E - E_\Delta = \frac{2m\pi^2}{T^2}(\psi_0^2 - \psi^2) = \frac{2\times 0{,}1\times(3{,}14)^2}{4}(0{,}12^2 - \psi^2) = 0{,}493(0{,}0144 - \psi^2)$

$$E_{\Delta} = \frac{1}{2} m\omega^2 \psi^2 = 2m\pi^2 \frac{\psi^2}{T^2} = 2 \times 0{,}1 \times (3{,}14)^2 \frac{\psi^2}{4} = 0{,}493\psi^2$$

Επομένως οι γραφικές παραστάσεις είναι όπως στο σχήμα. *(3 μονάδες)*



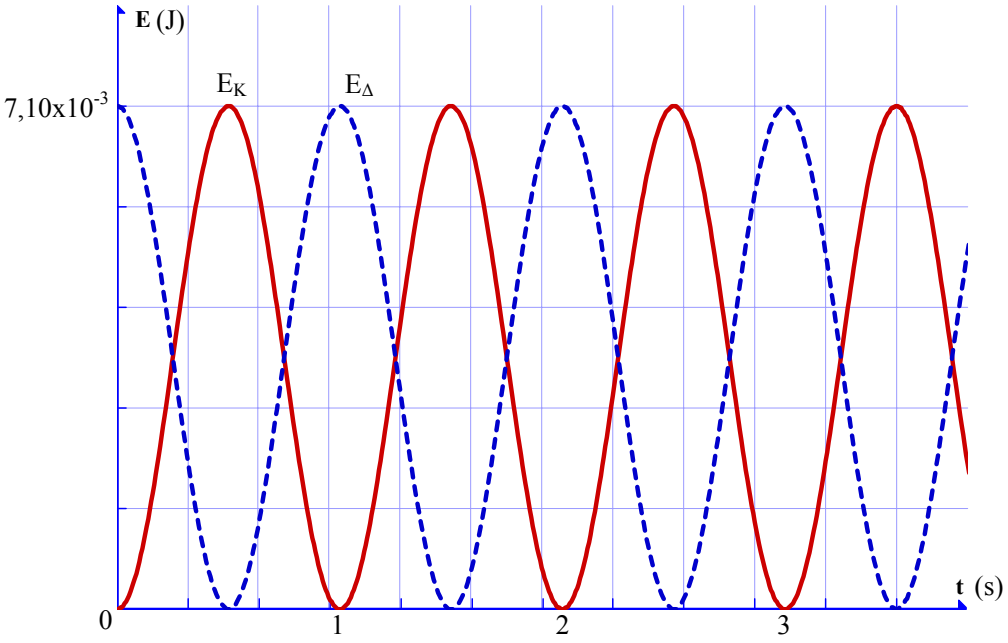
Είναι $\psi = \psi_0 \sigma\upsilon\nu[(2\pi/T)t] = 0{,}12\sigma\upsilon\nu 3{,}14t$

Άρα,

$E_K = 7{,}10\text{x}10^{-3}(1 - \sigma\upsilon\nu^2(3{,}14t)$

$E_{\Delta} = 7{,}10\text{x}10^{-3}\sigma\upsilon\nu^2(3{,}14t)$

Επομένως οι γραφικές παραστάσεις είναι όπως στο σχήμα. *(3 μονάδες)*



ΘΕΜΑ 2

Α. Απλή αρμονική ταλάντωση ονομάζεται η ταλάντωση ενός σώματος (περιοδική κίνηση μεταξύ δύο ακραίων θέσεων) στην οποία η θέση ως προς ένα σημείο αναφοράς είναι ημιτονοειδής ή συνημιτονοειδής συνάρτηση του χρόνου. *(1 μονάδα)*

Η συνθήκη ένα σώμα να εκτελεί αρμονική ταλάντωση είναι να υπάρχει συνισταμένη δύναμη στο σώμα ανάλογη του διανύσματος θέσης και αντίθετης φοράς. Δηλαδή $\Sigma F = -Kx$. *(1 μονάδα)*

Β. (α) Είναι τη στιγμή t = 0, $\gamma_{max} = (2\pi/T)^2\psi_0$. Άρα $T = 2\pi(\psi_0/\gamma_{max})^{1/2}$. Αντικαθιστούμε:

$T = 2\pi(0,04/0,16)^{1/2} = \pi = 3,14$ s *(2 μονάδες)*

(β) $y = y_0 \eta\mu[(\frac{2\pi}{T}t + \frac{3\pi}{2})] = -0,04\sigma\upsilon\nu(2t)$ *(2 μονάδες)*

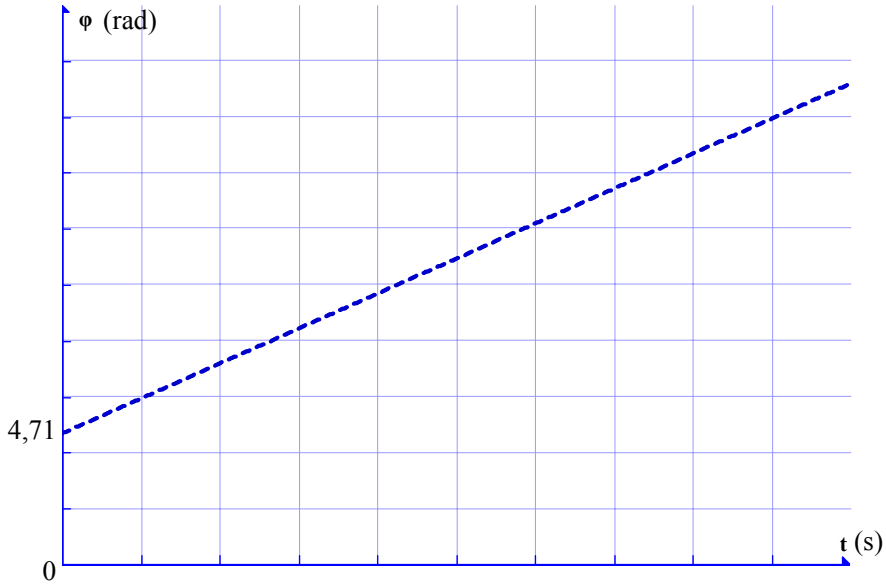
(γ) Στη θέση ισορροπίας: $\upsilon_{max} = \frac{2\pi}{T} y_0 = 2 \times 0,04 = 0,08 \frac{m}{s}$ *(1 μονάδα)*

Στη θέση y = 0,02 m, η ταχύτητα έχει μέτρο:

$$\upsilon = \frac{2\pi}{\mathrm{T}}\sqrt{y_0^2 - y^2} = 2\sqrt{0{,}04^2 - 0{,}02^2} = 0{,}069\frac{m}{s}$$ *(1 μονάδα)*

(δ) (ι) Η φάση της ταλάντωσης είναι: $\phi = \frac{2\pi}{\mathrm{T}}t + \frac{3\pi}{2} = 2t + 4{,}71rad$

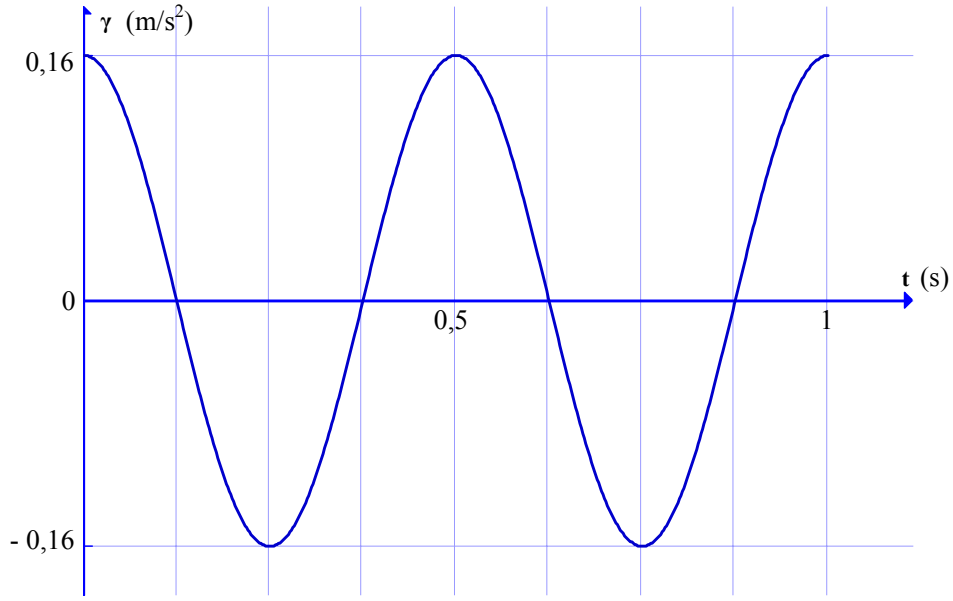
Άρα η γραφική παράσταση είναι: *(2 μονάδες)*



(ιι) Η επιτάχυνση σε σχέση με το χρόνο είναι:

$$\gamma = -\frac{4\pi^2}{\mathrm{T}^2}y = \frac{4\pi^2}{\mathrm{T}^2}y_0\sigma\upsilon\nu(2t) = 0{,}16\sigma\upsilon\nu(2t)$$

Άρα η γραφική παράσταση για 0 ≤ t ≤ 2T είναι: *(2 μονάδες)*



(ε) Για y = - 0,02 m έχουμε: - 0,02 = - 0,04συν(2t) ⇒ 0,5 = συν($2t_1$)
⇒ $2t_1$ = 1,047 ⇒ t_1 = 0,523 s.
Για y = 0,03 m έχουμε: 0,03 = - 0,04συν($2t_2$) ⇒ - 0,75 = συν($2t_2$)
⇒ $2t_2$ = 2,4189 ⇒ t_2 = 1,209 s.
Άρα ο χρόνος που χρειάζεται το σώμα να πάει από τη θέση – 0,02m στη θέση 0,03 m είναι: $\Delta t = t_2 - t_1$ = 1,209 - 0,523 = 0,686 s *(3 μονάδες)*

(ζ) (i) Τη στιγμή t = 0 το σώμα βρίσκεται στη θέση ισορροπίας και έχει την ίδια ταχύτητα με τον ανελκυστήρα. Είναι $u = (2\pi/T)y_0 = 2y_0 \Rightarrow y_0 = u/2$,όπου u είναι το μέτρο της ταχύτητας του ανελκυστήρα. Άρα y_0 = 0,25 m. *(3 μονάδες)*
(ii) Η εξίσωση για την ταλάντωση της μάζας είναι: y = ± 0,25ημ(2t) (Το θετικό ή αρνητικό πρόσημο στην εξίσωση ανάλογα αν ο ανελκυστήρας κινείται προς τα πάνω ή προς τα κάτω αντίστοιχα). *(2 μονάδες)*

ΘΕΜΑ 3

(α) Η ενέργεια ταλάντωσης του σώματος στη θέση ισορροπίας είναι μόνο κινητική. Άρα

$$E = \frac{1}{2} m \upsilon_{\max}^2 \Rightarrow 0{,}005 = 0{,}5 \times 0{,}25 \upsilon_{\max}^2 \Rightarrow 0{,}125 = \upsilon_{\max}^2 \Rightarrow \upsilon_{\max} = 0{,}354 m/s$$ *(3 μονάδες)*

Στο πλάτος της ταλάντωσης η ενέργεια είναι μόνο δυναμική. Άρα

$E = \frac{1}{2} K y_0^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 y_0^2 = 2m\pi^2 (\frac{y_0}{T})^2$. Επομένως:

$$y_0 = \frac{\mathrm{T}}{\pi} \sqrt{\frac{\mathrm{E}}{2m}} = \frac{1}{5} \sqrt{\frac{0{,}005}{2 \times 0{,}25}} = 0{,}2 \times 0{,}1 = 0{,}02 m$$ *(3 μονάδες)*

(β) (ι) $E_\Delta = \frac{1}{2} K y^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 y^2 = \frac{2m\pi^2}{\mathrm{T}^2} y^2 = \frac{2 \times 0{,}25 \pi^2}{\frac{\pi^2}{25}} y^2 = 2 \times 0{,}25 \times 25 y^2 = 12{,}5 y^2$

(4 μονάδες)

(ιι) Το σώμα δέχεται τη δύναμη του βάρους Β από τη γη και την κάθετη αντίδραση Ν από το δίσκο. Είναι για κάθε στιγμή ΣF = - Ky ή N - B = - Ky, όπου
y = y_0ημ[(2π/T)t] = 0,02ημ(10t) και K = m(2π/T)^2 = 0,25(10)^2 = 25 N/m. (Θεωρήσαμε τη φορά προς τα πάνω θετική).
Το βάρος του σώματος είναι B = mg = 2,5 N
Άρα η σχέση N - B = - Ky γίνεται: N - 0,25 = -25x0,02ημ(10t) ή

N = 2,5 – 0,5ημ(10t). *(4 μονάδες)*

(γ) Στην οριακή περίπτωση που το σώμα μόλις χάνει επαφή, N = 0. Τότε από τη σχέση N - B = - Ky έχουμε: y = B/K = 0,1 m που είναι το μέγιστο πλάτος ταλάντωσης ώστε το σώμα μόλις και χάνει επαφή στη θέση 0,1 m. Η ενέργεια στην οριακή αυτή περίπτωση είναι: E = 1/2Ky^2 = 0,5(25)(0,1)^2 = 0,125 J. Επομένως το σώμα παραμένει συνεχώς σε επαφή με το δίσκο όταν έχει ενέργεια: 0 < E < 0,125 J. *(6 μονάδες)*

ΘΕΜΑ 4

(α) (ι) Εγκάρσιο είναι το κύμα στο οποίο οι ταλαντώσεις των μορίων για μηχανικά κύματα ή του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου για ηλεκτρομαγνητικά κύματα γίνονται κάθετα στην ευθεία διάδοσης του κύματος. *(2 μονάδες)*

(ιι) Στο διάμηκες κύμα, αντίστοιχα, οι ταλαντώσεις γίνονται παράλληλα με τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. *(2 μονάδες)*

(ιιι) μήκος κύματος είναι η απόσταση που διανύει το κύμα (ή που μεταφέρεται η κυματική ενέργεια) σε χρόνο ίσο με την περίοδο του κύματος. *(2 μονάδες)*

(β) Από την εξίσωση $y = 0,08\eta\mu\pi t$, προκύπτει ότι $\omega = \pi$ rad/s. Είναι $\omega = 2\pi/T$. Άρα
$T = 2\pi/\omega = 2\pi/\pi \Rightarrow T = 2$ s. *(2 μονάδες)*
Η συχνότητα είναι $f = 1/T = 0,5$ Hz. Η σχέση για την ταχύτητα διάδοσης: $u = \lambda f$ δίνει για το μήκος κύματος, $\lambda = u/f = 2/0,5 \Rightarrow \lambda = 4$ m. *(2 μονάδες)*

(γ) Η εξίσωση του κύματος είναι: $y = 0,08\eta\mu(\pi t - 2\pi x/\lambda)$, όπου $2\pi x/\lambda$ είναι η διαφορά φάσης της πηγής (στη θέση $x = 0$) από ένα τυχαίο σημείο του ελαστικού μέσου που βρίσκεται στη θέση x. Άρα,

$y = 0,08\eta\mu(\pi t - \pi x/2) = 0,08\eta\mu[\pi(t - x/2)]$ *(2 μονάδες)*

(δ) Για $x = 2$ m η εξίσωση του κύματος γίνεται: $y = 0,08\eta\mu[\pi(t - 1)]$
Η ταχύτητα ταλάντωσης του σημείου Μ στη θέση 2 m είναι $\Omega = dy/dt$. Άρα

$\Omega = 0,08\pi\sigma\upsilon\nu[\pi(t - 1)]$ *(2 μονάδες)*

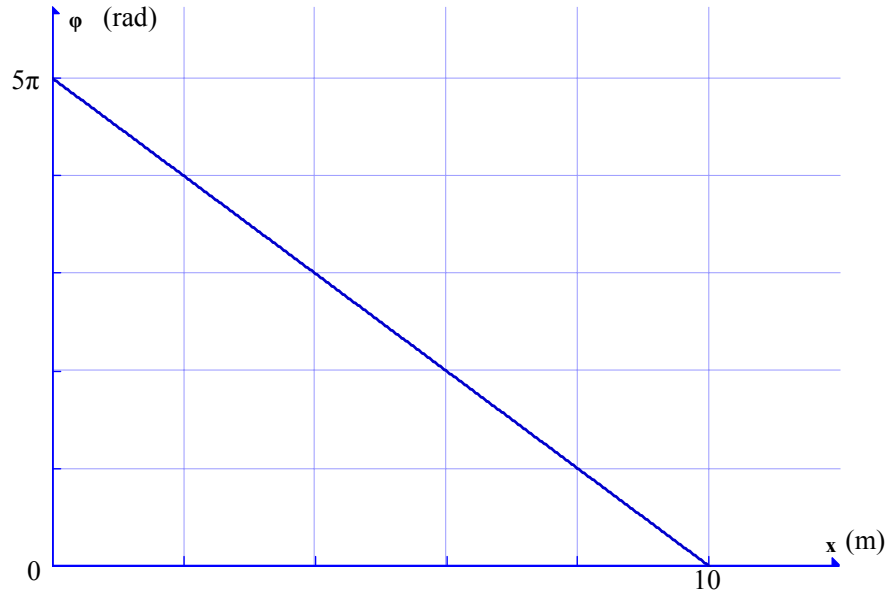
Η επιτάχυνση του σημείου Μ είναι: $\gamma = d\Omega/dt$. Άρα,

$\gamma = - 0,08\pi^2\eta\mu[\pi(t - 1)]$ *(2 μονάδες)*

(ε) Η φάση του κύματος είναι η συνάρτηση: $\varphi = \pi(t - x/2)$. Για $t = 5$ s έχουμε:

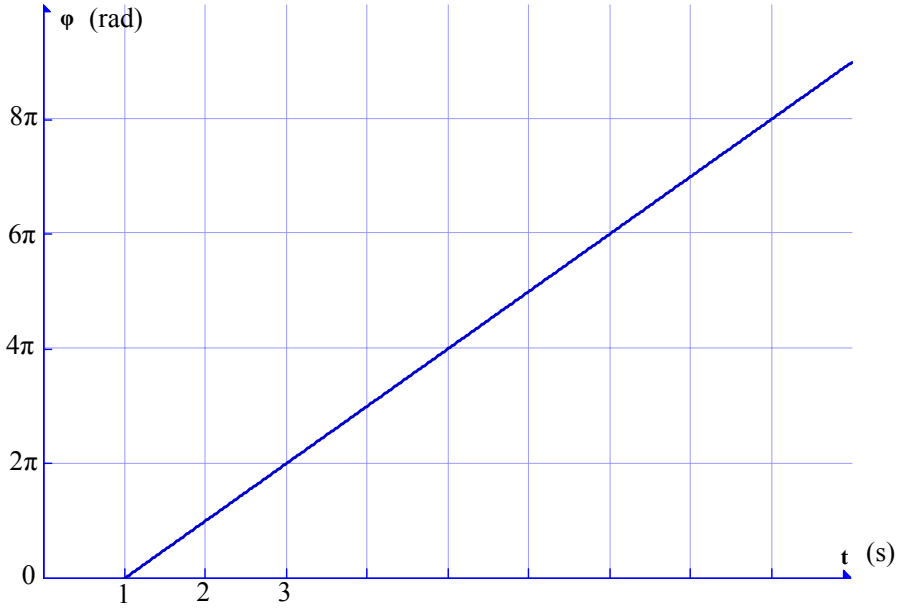
$\varphi = \pi(5 - x/2)$.

Η γραφική παράσταση φαίνεται στο επόμενο σχήμα. *(2 μονάδες)*



(ζ) Για το σημείο Μ, x = 2 m. Άρα η εξίσωση της φάσης για το Μ σε συνάρτηση με το χρόνο είναι:

φ = π(t – 1). Το κύμα φτάνει στο σημείο Μ τη χρονική στιγμή t = 1 s.
Άρα η γραφική παράσταση της φ = f(t) είναι ως εξής: *(2 μονάδες)*



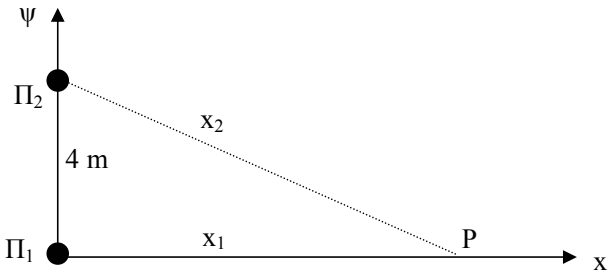
ΘΕΜΑ 5

Α. (α) Συμβολή είναι το φαινόμενο της συνάντησης δύο ή περισσοτέρων κυμάτων στο ίδιο σημείο του χώρου την ίδια στιγμή. *(2 μονάδες)*

(β) Δύο πηγές κυμάτων είναι σύμφωνες αν εκπέμπουν κύματα με την ίδια συχνότητα και μήκος κύματος και η διαφορά φάσης των κυμάτων κατά την εκπομπή τους να παραμένει χρονικά σταθερή. *(1 μονάδα)*

Σύγχρονες πηγές είναι εκείνες που εκπέμπουν κύματα με την ίδια συχνότητα και μήκος κύματος και η διαφορά φάσης των κυμάτων κατά την εκπομπή τους είναι συνεχώς μηδέν. *(1 μονάδα)*

Β. (α) Τα κύματα συμβάλουν σε σημεία του x άξονα κατά μήκος του οποίου κινείται ο ανιχνευτής. Αν η διαφορά δρόμου που διανύουν τα κύματα, $x_2 - x_1$, είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του μήκους κύματος τότε τα κύματα φτάνουν σε φάση και ο ανιχνευτής ανιχνεύει μέγιστο της έντασης των κυμάτων, εφόσον έχουμε ενισχυτική συμβολή.



Αν όμως η διαφορά δρόμου που διανύουν τα κύματα, $x_2 - x_1$, είναι περιττό πολλαπλάσιο του μισού μήκους κύματος τότε τα κύματα φτάνουν με αντίθετη φάση και ο ανιχνευτής ανιχνεύει ελάχιστο της έντασης των κυμάτων εφόσον έχουμε αποσβεστική συμβολή.
(2 μονάδες)

(β) Για τις θέσεις των μεγίστων της έντασης των κυμάτων λόγω συμβολής έχουμε:
$x_2 - x_1 = K\lambda$, K = ακέραιος.

Από το σχήμα παίρνουμε τη σχέση: $x_2^2 = x_1^2 + 16$

Αντικαθιστώντας το $x_2 = x_1 + K\lambda$, παίρνουμε,

$$(x_1 + K\lambda)^2 = x_1^2 + 16 \Rightarrow 2K\lambda x_1 + K^2\lambda^2 = 16 \Rightarrow x_1 = \frac{16 - K^2\lambda^2}{2K\lambda}$$

Για λ = 1 m η σχέση αυτή γίνεται:

$$x_1 = \frac{16 - K^2}{2K}$$, όπου K = 1, 2, 3.

Formatted: Greek

Για Κ = 3, x_1 = 1,17 m (Η θέση του πλησιέστερου στην αρχή των αξόνων μεγίστου)
Για Κ =2, x_1 = 3 m (Η θέση του δεύτερου μεγίστου)
Για Κ = 1, 7,5 m (Η θέση του τρίτου μεγίστου)
(4 μονάδες)

(γ) Επειδή οι πηγές είναι σημειακές εκπέμπουν σφαιρικά κύματα τα οποία παραμένουν σφαιρικά εφόσον οι αποστάσεις που συμβάλλουν στο x άξονα είναι σχετικά μικρές, σύμφωνα με τις τιμές του προηγούμενου ερωτήματος. Στα σφαιρικά κύματα η ένταση μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα του τετραγώνου της απόστασης από την πηγή. Επίσης η ένταση είναι ανάλογη του τετραγώνου του πλάτους των κυμάτων. Επομένως το πλάτος στα σφαιρικά κύματα μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα με την απόσταση από την πηγή.
Κατά μήκος του x άξονα τα κύματα συμβάλλουν διανύοντας διαφορετικές αποστάσεις. Η μείωση του πλάτους επομένως για το κύμα που διανύει μικρότερη απόσταση είναι μικρότερη από τη μείωση του πλάτους του δεύτερου κύματος που διανύει μεγαλύτερη απόσταση. Αυτό σημαίνει ότι στα σημεία που φτάνουν τα κύματα με αντίθετη φάση αυτά δεν έχουν και το ίδιο ακριβώς πλάτος. Επομένως η απόσβεση δεν είναι μηδέν και άρα ούτε και η ένταση του αντίστοιχου σημείου στο οποίο συμβάλλουν τα κύματα.
(3 μονάδες)
(δ) 1. Στα στάσιμο κύμα δε μεταφέρεται ενέργεια στο χώρο ενώ στο τρέχον κύμα μεταφέρεται.
2. Στο στάσιμο κύμα υπάρχουν σημεία μόνιμα ακίνητα, ενώ στο τρέχων κύμα δεν υπάρχουν τέτοια σημεία.
3. Το πλάτος ταλάντωσης των σημείων στο στάσιμο κύμα εξαρτάται από τη σχετική θέση τους, ενώ στο τρέχων κύμα όλα τα σημεία, αν δεν υπάρχει απώλεια ενέργειας, εκτελούν ταλάντωση με το ίδιο πλάτος.
(3 μονάδες)
(ε) Κατά μήκος του ψ άξονα και μεταξύ των δύο πηγών τα κύματα συμβάλλουν και δημιουργούν στάσιμο κύμα με τα χαρακτηριστικά που αναφέραμε πιο πάνω.
(2 μονάδες)
(ζ) Το πλάτος ταλάντωσης των σημείων κατά μήκος των δύο πηγών δίνεται από την απόλυτη τιμή του Α στη σχέση:

$$A = 2y_0 \sigma\upsilon\nu(\frac{2\pi x}{\lambda})$$

Αντικαθιστούμε:

$A = 2y_0 \sigma\upsilon\nu(\frac{2\times\pi\times 0,3}{1})$ = - 0,618y_0, όπου y_0 είναι το πλάτος των κυμάτων που συμβάλλουν.
Άρα το πλάτος ταλάντωσης του σημείου είναι 0,618y_0 *(2 μονάδες)*