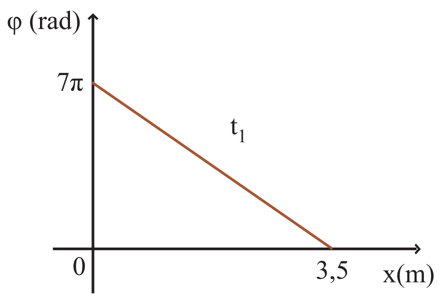
# *γραπτή εξέταση στα ΦΥΣΙΚΗ Γ' κατεύθυνσης*

| | | |
|---|---|---|
| **Τάξη: Γ΄ Λυκείου** | **Τμήμα:** | **Βαθμός:** |
| **Ημερομηνία:** | **28/12/2010** | |
| **Ύλη:** | **Ταλαντώσεις - Κύματα** | |
| **Ονοματεπώνυμο:** | | |
| **Καθηγητές:** | **Αθανασιάδης Φοίβος, Ατρείδης Γιώργος, Κόζυβα Χρύσα** | |

## ΘΕΜΑ 1ο

Στις παρακάτω ερωτήσεις να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της ερώτησης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

**1. Το άκρο Ο μιας χορδής αρχίζει να ταλαντώνεται τη χρονική στιγμή $t_o$=0 χωρίς αρχική φάση. Πάνω στη χορδή δημιουργείται αρμονικό κύμα που διαδίδεται στην κατεύθυνση του άξονα Οx. Η φάση των σημείων της χορδής τη χρονική στιγμή $t_1$ δίνεται από το παρακάτω διάγραμμα. Το μήκος κύματος του κύματος είναι.**




**α)** ☐ 3,5 m
**β)** ☐ 2 m
**γ)** ☐ 1 m
**δ)** ☐ 7 m

*(Μονάδες 5 )*

**2. Ιδανικό κύκλωμα LC εκτελεί ηλεκτρικές ταλαντώσεις. Όταν το φορτίο του πυκνωτή είναι μέγιστο,**

**α)** ☐ η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι μέγιστη.
**β)** ☐ η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι μηδέν.
**γ)** ☐ η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στα άκρα του πηνίου ισούται με μηδέν.
**δ)** ☐ η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου του πηνίου και η ενέργεια του ηλεκτρικού πεδίου του πυκνωτή είναι ίσες.

*(Μονάδες 5 )*

**3. Ηλεκτρομαγνητικό κύμα διαδίδεται στο κενό με ταχύτητα $c=3\cdot10^8$ m/s. Το ηλεκτρικό πεδίο του κύματος αποκτά τη μέγιστη τιμή του κάθε $10^{-15}$ s. Το μήκος κύματος του ηλεκτρομαγνητικού κύματος ισούται με:**

**α)** ☐ 600 nm
**β)** ☐ 300 nm
**γ)** ☐ 900 nm
**δ)** ☐ 150 nm

*(Μονάδες 5 )*

**4. Σύστημα ιδανικό ελατήριο – μάζα εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση μικρής απόσβεσης και βρίσκεται σε κατάσταση συντονισμού. Η συχνότητα του εξωτερικού διεγέρτη είναι $f_1$ και το πλάτος της ταλάντωσης είναι $A_1$.**

**α)** ☐ Η ταλάντωση του συστήματος ελατήριο – μάζα είναι φθίνουσα.
**β)** ☐ Στην ταλάντωση του συστήματος δεν υπάρχουν τριβές.
**γ)** ☐ Υπάρχει τουλάχιστον μια συχνότητα με την οποία αν ταλαντώσει ο εξωτερικός διεγέρτης το σύστημα, τότε αυτό αποκτά πλάτος μεγαλύτερο από το $A_1$.
**δ)** ☐ Το πλάτος $A_1$ της ταλάντωσης είναι το μέγιστο δυνατό.

***(Μονάδες 5 )***

**5. Στις παρακάτω προτάσεις σημειώστε με Σ τις σωστές και με Λ τις λάθος.**

**α)** ☐ Η συχνότητα με την οποία πραγματοποιείται μια ελεύθερη ταλάντωση λέγεται ιδιοσυχνότητα της ταλάντωσης.
**β)** ☐ Στη φθίνουσα ταλάντωση η περίοδος μειώνεται ανάλογα με το πλάτος.
**γ)** ☐ Διαμήκη ονομάζονται τα κύματα στα οποία τα σημεία του ελαστικού μέσου ταλαντώνονται παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος.
**δ)** ☐ Η μετάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στις οπτικές ίνες στηρίζεται στο φαινόμενο της ολικής ανάκλασης.
**ε)** ☐ Το μήκος κύματος του ορατού φωτός κυμαίνεται από 300 nm έως 700 nm.

***(Μονάδες 5 )***

## Θ Ε Μ Α 2ο

**1.** Δυο σύγχρονες πηγές $Π_1$ και $Π_2$ βρίσκονται σε δυο σημεία Λ και Μ αντίστοιχα, της ελεύθερης επιφάνειας ενός υγρού. Οι πηγές ξεκινούν να ταλαντώνονται ταυτόχρονα χωρίς αρχική φάση και δημιουργούν αρμονικά κύματα που διαδίδονται στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού. Ένα σημείο Σ της επιφάνειας του υγρού απέχει από την πηγή $Π_1$ απόσταση $r_1 = 2\lambda$ και από την πηγή $Π_2$ απόσταση $r_2$ με $r_1 > r_2$. Τα σημεία Λ, Σ και Μ σχηματίζουν ορθογώνιο τρίγωνο με $\hat{\Sigma} = 90^o$.
Το σημείο Σ ανήκει στην πιο κοντινή στη μεσοκάθετο του ευθύγραμμου τμήματος ΛΜ υπερβολή ακυρωτικής συμβολής.

Η απόσταση ΛΜ μεταξύ των δυο πηγών είναι ίση με

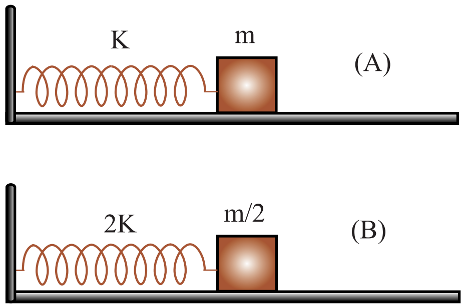
i) α. $4{,}5\lambda$ β. $3{,}5\lambda$ γ. $2{,}5\lambda$

Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.

***(Μονάδες 1 )***

ii) Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

***(Μονάδες 5 )***




**2.** Στο διπλανό σχήμα έχουμε δυο απλούς αρμονικούς ταλαντωτές (A) και (B) στους οποίους δίνουμε την ίδια ολική ενέργεια.

**A**. Οι ταλαντωτές εκτελούν απλή αρμονική ταλάντωση. Για τα πλάτη τους $A_1$ και $A_2$ ισχύει:

i) α. $A_1 = A_2$ β. $A_1 = \sqrt{2}A_2$ γ. $A_1 = 2A_2$

Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.

***(Μονάδες 1 )***

ii) Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

***(Μονάδες 4 )***

**B**. Για τη μέγιστη επιτάχυνση $\alpha_{max,1}$ και $\alpha_{max,2}$ των ταλαντώσεων ισχύει.

i) α. $\alpha_{max,1} = \alpha_{max,2}$ β. $\alpha_{max,1} = \sqrt{2}\alpha_{max,2}$ γ. $\alpha_{max,1} = \dfrac{\sqrt{2}}{4}\alpha_{max,2}$

Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.

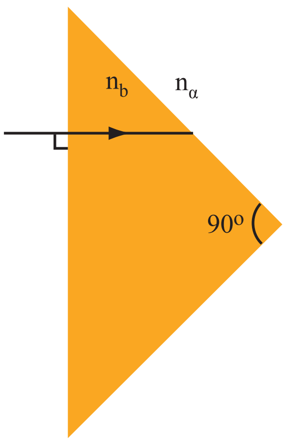
***(Μονάδες 1 )***

ii) Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

***(Μονάδες 4)***

**3. A**. Μονοχρωματική ακτίνα φωτός διέρχεται από ένα οπτικό μέσο (α) με δείκτη διάθλασης $n_\alpha$ σε ένα οπτικό μέσο (b) με δείκτη διάθλασης $n_b$ $(n_\alpha > n_b)$. Να υπολογίσετε τη σχέση που δίνει την κρίσιμη (οριακή) γωνία, πάνω από την οποία η ακτίνα παθαίνει ολική ανάκλαση.

***(Μονάδες 4 )***




**B**. Στο διπλανό σχήμα η μονοχρωματική ακτίνα φωτός εισέρχεται κάθετα στο πρίσμα που είναι ορθογώνιο και ισοσκελές τρίγωνο. Ο δείκτης διάθλασης του πρίσματος είναι $n_b = 2$ και ο δείκτης διάθλασης του αέρα είναι $n_\alpha = 1$.

i) Να σχεδιάσετε την πορεία της ακτίνας μέχρι να βγει αυτή από το πρίσμα.

***(Μονάδες 1)***

ii) Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

***(Μονάδες 4)***

## ΘΕΜΑ 3ο

Ένα σώμα μάζας $m = 0{,}1\,kg$ εκτελεί ταυτόχρονα δυο απλές αρμονικές ταλαντώσεις με ίσα πλάτη, οι οποίες γίνονται πάνω στην ίδια διεύθυνση και γύρω από την ίδια θέση ισορροπίας. Οι χρονικές εξισώσεις των δυο ταλαντώσεων είναι: $x_1 = A\eta\mu 2\pi t$ και $x_2 = A\eta\mu\left(2\pi t + \dfrac{\pi}{3}\right)$. Ο μέγιστος ρυθμός μεταβολής της ορμής του σώματος κατά τη διάρκεια της συνισταμένης ταλάντωσης είναι ίσος με $0{,}4\sqrt{3}\,N$.

**α.** Να υπολογίσετε τα πλάτη των αρχικών ταλαντώσεων.

***(Μονάδες 6 )***

**β.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση της απομάκρυνσης του σώματος από τη θέση ισορροπίας του.

***(Μονάδες 5 )***

**γ.** Να κάνετε τη γραφική παράσταση της απομάκρυνσης του σώματος από τη θέση ισορροπίας του σε συνάρτηση με το χρόνο.

***(Μονάδες 6 )***

**δ.** Να γράψετε τη χρονική εξίσωση του ρυθμού μεταβολής της δυναμικής ενέργειας της ταλάντωσης.

***(Μονάδες 8 )***

Δίνεται $\pi^2 = 10$

## ΘΕΜΑ 4ο

Μια χορδή ΟΚ μήκους $L = 7{,}25\,m$ έχει το άκρο της Ο ελεύθερο ενώ το άκρο της Κ είναι στερεωμένο σταθερά. Τη χρονική στιγμή $t_o = 0$ το άκρο Ο της χορδής ξεκινάει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση χωρίς αρχική φάση. Η πρώτη ταλάντωση του σημείου Ο ολοκληρώνεται σε χρόνο 2 s και σε αυτόν τον χρόνο το σημείο Ο έχει διανύσει συνολικά διάστημα 1,6 m.

**Α. i)** Να υπολογίσετε ποια χρονική στιγμή $t_1$ το σημείο Ο θα βρίσκεται σε απομάκρυνση -0,4 m για πρώτη φορά.

***(Μονάδες 4)***

**ii)** Να υπολογίσετε το ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας του σημείου Ο όταν αυτό βρίσκεται σε απομάκρυνση 0,15 m.

***(Μονάδες 4)***

**Β.** Η ταλάντωση του σημείου Ο δημιουργεί αρμονικό κύμα το οποίο διαδίδεται πάνω στη χορδή με ταχύτητα $\upsilon = 0{,}5\,m/s$.

**i)** Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση της απομάκρυνσης όλων των σημείων της χορδής σε συνάρτηση με την απόστασή τους x από την αρχή Ο της χορδής τη χρονική στιγμή $t_2 = 4{,}5\,s$

***(Μονάδες 4)***

**ii)** Να υπολογίσετε την απομάκρυνση του σημείου Ο όταν το κύμα έχει φτάσει στο άκρο Κ της χορδής.

***(Μονάδες 4)***

**Γ.** Το κύμα ανακλάται στο σημείο Κ και συμβάλλοντας με το αρχικό κύμα δημιουργεί στη χορδή στάσιμο κύμα.

**i)** Ποια χρονική στιγμή έχει δημιουργηθεί το στάσιμο κύμα σε ολόκληρη τη χορδή.

***(Μονάδες 4)***

**ii)** Πόσοι δεσμοί και πόσες κοιλίες δημιουργούνται στη χορδή (συμπεριλαμβανομένων και των άκρων της).

***(Μονάδες 5)***

Δίνεται $\pi^2 = 10$

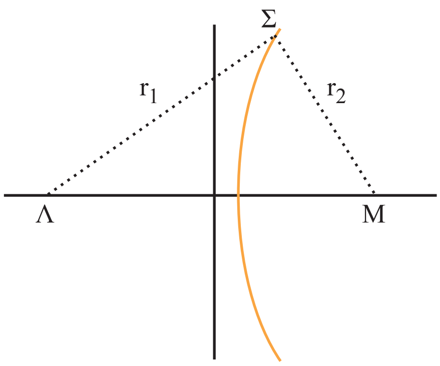
***Καλή επιτυχία***

# ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ Γ' κατεύθυνσης

## ΘΕΜΑ 1ο

**1.** → γ **2.** → β **3.** → α **4.** → δ **5.** → Σ, Λ, Σ, Σ, Λ

## ΘΕΜΑ 2ο




**1.** i) Σωστή η γ.

ii) Από τη συνθήκη της ακυρωτικής συμβολής παίρνουμε.

$$r_1 - r_2 = (2N+1)\frac{\lambda}{2} \xrightarrow{N=0} r_1 - r_2 = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow r_2 = r_1 - \frac{\lambda}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow r_2 = 2\lambda - \frac{\lambda}{2} \Rightarrow r_2 = \frac{3\lambda}{2}$$

Πήραμε N=0 επειδή το σημείο Σ ανήκει στην πιο κοντινή στη μεσοκάθετο του ευθύγραμμου τμήματος ΛΜ υπερβολή ακυρωτικής συμβολής.

Από το πυθαγόρειο θεώρημα παίρνουμε.

$$(\Lambda M)^2 = r_1^2 + r_2^2 \Rightarrow (\Lambda M)^2 = (2\lambda)^2 + \left(\frac{3\lambda}{2}\right)^2 \Rightarrow (\Lambda M)^2 = 4\lambda^2 + \frac{9\lambda^2}{4} \Rightarrow (\Lambda M)^2 = \frac{25\lambda^2}{4} \Rightarrow \Lambda M = \frac{5\lambda}{2} = 2{,}5\lambda$$

**2. Α.** i) Σωστή η β.

ii) Η ολική ενέργεια κάθε ταλαντωτή είναι.

$$E = \frac{1}{2}KA_1^2 \qquad (1)$$

$$E = \frac{1}{2}2KA_2^2 \qquad (2)$$

Από τις (1) και (2) παίρνουμε.

$$\frac{1}{2}KA_1^2 = \frac{1}{2}2KA_2^2 \Rightarrow A_1^2 = 2A_2^2 \Rightarrow A_1 = \sqrt{2}A_2$$

**Β.** i) Σωστή η γ.

ii) Υπολογίζουμε τη γωνιακή συχνότητα κάθε ταλάντωσης.

$$K = m\omega_1^2 \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{K}{m}} \qquad (3)$$

$$2K = \frac{m}{2}\omega_2^2 \Rightarrow \omega_2 = 2\sqrt{\frac{K}{m}} \qquad (4)$$

Από τις (3) και (4) παίρνουμε.

$$\omega_2 = 2\omega_1 \qquad (5)$$

Η μέγιστη επιτάχυνση για κάθε ταλάντωση είναι.

$$\alpha_{max,1} = A_1\omega_1^2 \qquad (6)$$

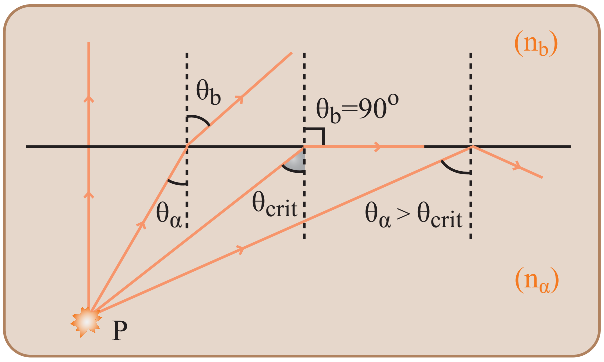
$$\alpha_{max,2} = A_2\omega_2^2 \qquad (7)$$

Διαιρώντας τις (6) και (7) κατά μέλη παίρνουμε.

$$\frac{\alpha_{max,1}}{\alpha_{max,2}}=\frac{A_1\omega_1^2}{A_2\omega_2^2}\Rightarrow\frac{\alpha_{max,1}}{\alpha_{max,2}}=\frac{\sqrt{2}A_2\omega_1^2}{A_2 4\omega_1^2}\Rightarrow\frac{\alpha_{max,1}}{\alpha_{max,2}}=\frac{\sqrt{2}}{4}\Rightarrow\alpha_{max,1}=\frac{\sqrt{2}}{4}\alpha_{max,2}$$

**3.** Α.

Έστω μια σημειακή φωτεινή πηγή P σε υλικό μέσο α με δείκτη διάθλασης $n_\alpha$.




Ακτίνες φωτός μεταβαίνουν από το μέσο α στο αραιότερο μέσο b που έχει δείκτη διάθλασης $n_b$ $(n_\alpha>n_b)$

Από το νόμο του Snell παίρνουμε:

$$n_\alpha\,\eta\mu\theta_\alpha=n_b\,\eta\mu\theta_b \qquad (1)$$

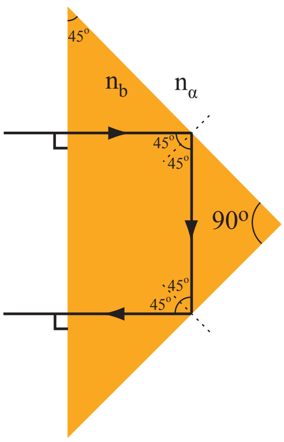
Αφού η ακτίνα φωτός πηγαίνει από πυκνότερο μέσο σε αραιότερο, η διαθλώμενη θα απομακρύνεται από την κάθετο στην διαχωριστική επιφάνεια.

Όπως φαίνεται από το σχήμα για κάποια γωνία πρόσπτωσης η γωνία διάθλασης γίνεται $\theta_b=90^o$. Αυτή η γωνία πρόσπτωσης για την οποία ισχύει το παραπάνω ονομάζεται **κρίσιμη γωνία (ή οριακή γωνία)** και συμβολίζεται με $\theta_{crit}$.

Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ολική ανάκλαση.

Όταν είμαστε στην κρίσιμη γωνία η σχέση (1) γίνεται:

$$n_\alpha\,\eta\mu\theta_\alpha=n_b\,\eta\mu\theta_b\xrightarrow{\theta_b=90^o}\eta\mu\theta_{crit}=\frac{n_b}{n_\alpha}$$




Β. i) Η πορεία της ακτίνας φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

ii) Η γωνία πρόσπτωσης είναι $45^o$ επειδή είναι ίση με τη γωνία της βάσης του ισοσκελούς τριγώνου (οξείες γωνίες με πλευρές κάθετες).

Η κρίσιμη γωνία του πρίσματος είναι.

$$\eta\mu\theta_{crit}=\frac{n_\alpha}{n_b}=\frac{1}{2}\Rightarrow\theta_{crit}=30^o$$

Αφού η γωνία πρόσπτωσης είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη, η ακτίνα παθαίνει ολική ανάκλαση. Η γωνία ανάκλασης είναι και αυτή $45^o$ (ίση με τη γωνία πρόσπτωσης). Επομένως στην πρώτη ανάκλαση η ακτίνα ανακλάται κάθετα στην αρχική της διεύθυνση.

Στη συνέχεια το ίδιο συμβαίνει και στη δεύτερη επιφάνεια και η ακτίνα εξέρχεται κάθετα από το πρίσμα, παράλληλα προς την αρχική της διεύθυνση όπως φαίνεται στο σχήμα.

## ΘΕΜΑ 3ο

**α.** Υπολογίζουμε τη σταθερά της ταλάντωσης.

$$D=m\omega^2=0{,}1\cdot(2\pi)^2=4\,N/m$$

Από το μέγιστο ρυθμό μεταβολής της ορμής του σώματος στη συνισταμένη ταλάντωση υπολογίζουμε το συνολικό πλάτος.

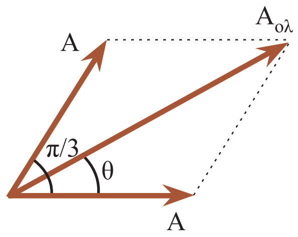
$$\left(\frac{\Delta p}{\Delta t}\right)_{max}=F_{max}=DA_{ολ}\Rightarrow 0{,}4\sqrt{3}=4A_{ολ}\Rightarrow A_{ολ}=0{,}1\sqrt{3}m$$

Και το πλάτος κάθε ταλάντωσης είναι.

$$A_{ολ} = \sqrt{A^2 + A^2 + 2A \cdot Aσυν\frac{\pi}{3}} \Rightarrow A_{ολ} = \sqrt{2A^2 + 2A^2\frac{1}{2}} \Rightarrow A_{ολ} = \sqrt{3A^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_{ολ} = A\sqrt{3} \Rightarrow 0{,}1\sqrt{3} = A\sqrt{3} \Rightarrow A = 0{,}1\,\text{m}$$

**β.** Υπολογίζουμε την φάση της συνισταμένης ταλάντωσης.

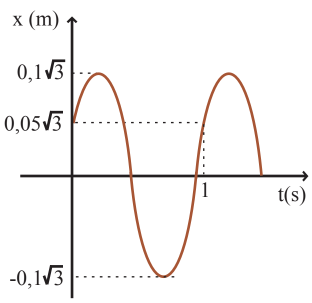



Επειδή τα πλάτη είναι ίσα το παραλληλόγραμμο του σχήματος είναι ρόμβος. Επομένως η διαγώνιός του είναι και διχοτόμος.
Άρα η γωνία θ είναι.

$$\theta = \frac{\frac{\pi}{3}}{2} = \frac{\pi}{6}\,\text{rad}$$

Και η εξίσωση της συνισταμένης ταλάντωσης είναι.

$$x = A_{ολ}ημ(\omega t + \theta) \Rightarrow x = 0{,}1\sqrt{3}ημ\left(2\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$$




**γ.** Η απομάκρυνση του σώματος για t=0 είναι.

$$x = 0{,}1\sqrt{3}ημ\left(2\pi t + \frac{\pi}{6}\right) \xrightarrow{t=0} x = 0{,}1\sqrt{3}ημ\frac{\pi}{6} = 0{,}1\sqrt{3}\frac{1}{2} = 0{,}05\sqrt{3}\,\text{m}$$

Και η γραφική παράσταση x-t φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

**δ.** Από τη διατήρηση της ενέργειας στον ταλαντωτή παίρνουμε.

$$K + U = E \Rightarrow \Delta K + \Delta U = \Delta E \xrightarrow{\Delta E = 0} \frac{\Delta K}{\Delta t} + \frac{\Delta U}{\Delta t} = 0 \Rightarrow \frac{\Delta U}{\Delta t} = -\frac{\Delta K}{\Delta t} \quad (1)$$

Όμως από το Θ.Μ.Κ.Ε. παίρνουμε.

$$\Sigma W = \Delta K \Rightarrow \frac{\Sigma W}{\Delta t} = \frac{\Delta K}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta K}{\Delta t} = \Sigma F \cdot \upsilon \quad (2)$$

Από τις (1) και (2) παίρνουμε.

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = -\Sigma F \cdot \upsilon = -(-Dx) \cdot \upsilon = 4 \cdot 0{,}1\sqrt{3}ημ\left(2\pi t + \frac{\pi}{6}\right) \cdot 0{,}1\sqrt{3} \cdot 2\pi συν\left(2\pi t + \frac{\pi}{6}\right) \Rightarrow$$

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = 0{,}24\pi\, ημ\left(2\pi t + \frac{\pi}{6}\right) \cdot συν\left(2\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$$

Και αν χρησιμοποιήσουμε τη σχέση $ημ2x = 2ημx \cdot συνx$ παίρνουμε.

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = 0{,}12\pi\, ημ\left(4\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$$

## ΘΕΜΑ 4ο

**Α.** Η περίοδος της ταλάντωσης του σημείου Ο είναι.

$$T = 2\,\text{s}$$

Από το συνολικό διάστημα κίνησης του σημείου Ο στο χρονικό διάστημα της μιας περιόδου υπολογίζουμε το πλάτος της ταλάντωσης.

$$4A = 1{,}6 \Rightarrow A = \frac{1{,}6}{4} = 0{,}4\,\text{m}$$

i) Το σημείο O θα βρίσκεται σε απομάκρυνση -0,4m για πρώτη φορά τη χρονική στιγμή.

$$t_1 = \frac{3T}{4} = \frac{3 \cdot 2}{4} = 1{,}5\,s$$

ii) Υπολογίζουμε τη γωνιακή συχνότητα της ταλάντωσης.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2} = \pi\,rad/s$$

O ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας του σημείου O ισούται με την επιτάχυνσή του.

$$\frac{d\upsilon}{dt} = \alpha = -\omega^2 x = -\pi^2 0{,}15 = -1{,}5\,m/s^2$$

**B.** i) Υπολογίζουμε το μήκος κύματος του κύματος.

$$\upsilon = \lambda f \Rightarrow \upsilon = \lambda \frac{1}{T} \Rightarrow \lambda = \upsilon T = 0{,}5 \cdot 2 = 1\,m$$

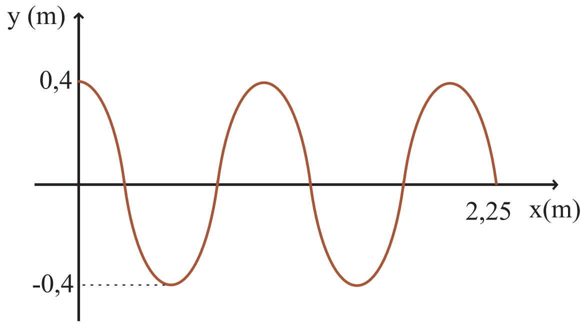
Τη χρονική στιγμή $t_2$ το κύμα θα έχει διαδοθεί απόσταση d.

$$d = \upsilon t_2 = 0{,}5 \cdot 4{,}5 = 2{,}25\,m$$

Σε μήκη κύματος.

$$N = \frac{d}{\lambda} = \frac{2{,}25}{1} = 2{,}25 \text{ μήκη κύματος}$$

Το στιγμιότυπο φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.




ii) Υπολογίζουμε τη χρονική στιγμή στην οποία το κύμα φτάνει στο άκρο K της χορδής.

$$L = \upsilon t_3 \Rightarrow t_3 = \frac{L}{\upsilon} = \frac{7{,}25}{0{,}5} = 14{,}5\,s$$

Η απομάκρυνση του σημείου O την παραπάνω χρονική στιγμή είναι.

$$y_O = A\eta\mu\omega t = 0{,}4\,\eta\mu 14{,}5\pi = 0{,}4\eta\mu\left(14\pi + \frac{\pi}{2}\right) = 0{,}4\eta\mu\frac{\pi}{2} = 0{,}4\,m$$

**Γ.** i) Για να δημιουργηθεί στάσιμο κύμα κατά μήκος όλης της χορδής πρέπει το ανακλώμενο κύμα να φτάσει στο σημείο O.

Αυτό συμβαίνει τη χρονική στιγμή $t_4 = 29\,s$.

ii) O αριθμός των δεσμών που δημιουργούνται πάνω στη χορδή είναι.

$$0 \le x_\delta \le 7{,}25 \Rightarrow 0 \le (2K+1)\frac{\lambda}{4} \le 7{,}25 \Rightarrow 0 \le (2K+1)\frac{1}{4} \le 7{,}25 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow 0 \le 2K+1 \le 29 \Rightarrow -1 \le 2K \le 28 \Rightarrow -0{,}5 \le K \le 14$$

Άρα το K παίρνει τις ακέραιες τιμές K=0, 1, 2, 3, 4, . . . . . . . 14

Επομένως στη χορδή δημιουργούνται 15 δεσμοί.

O αριθμός των κοιλιών που δημιουργούνται πάνω στη χορδή είναι.

$$0 \le x_\kappa \le 7{,}25 \Rightarrow 0 \le K\frac{\lambda}{2} \le 7{,}25 \Rightarrow 0 \le K\frac{1}{2} \le 7{,}25 \Rightarrow 0 \le K \le 14{,}5$$

Άρα το K παίρνει τις ακέραιες τιμές K=0, 1, 2, 3, 4, . . . . . . . 14

Επομένως στη χορδή δημιουργούνται 15 κοιλίες.