

## ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:  
ΔΙΟΝΥΣΗΣ ΣΥΝΟΔΙΝΟΣ  
ΓΙΑΝΝΗΣ ΑΝΔΡΙΟΠΟΥΛΟΣ  
ΠΑΝΟΣ ΠΙΣΧΙΝΑΣ  
ΓΙΩΡΓΟΣ ΚΑΤΩΠΟΔΗΣ



Αν η πηγή ενός κύματος εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση τότε τα σωματίδια του μέσου διάδοσης εκτελούν επίσης απλή αρμονική ταλάντωση και το κύμα ονομάζεται αρμονικό.

## ΦΥΣΙΚΗ

## ΑΡΜΟΝΙΚΟ ΚΥΜΑ

Θεωρούμε οριζόντια ελαστική χορδή που ταυτίζεται με το θετικό ημιάξονα  $Ox$  με αρχή το σημείο  $O$ . Μια πηγή παραγωγής αρμονικού κύματος βρίσκεται στην αρχή  $O$  της χορδής ( $x = 0$ ) και αρχίζει να ταλαντώνεται κατακόρυφα από τη θέση ισορροπίας της κινούμενη προς τη θετική κατεύθυνση τη χρονική στιγμή  $t = 0s$ . Το εγκάρσιο κύμα που παράγεται διαδίδεται κατά μήκος της χορδής με ταχύτητα  $u = 2m/s$ . Το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή  $t = t_1$  φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

α) Να γράψετε την εξίσωση του αρμονικού κύματος.

β) Να υπολογίσετε τη χρονική στιγμή  $t_1$ .

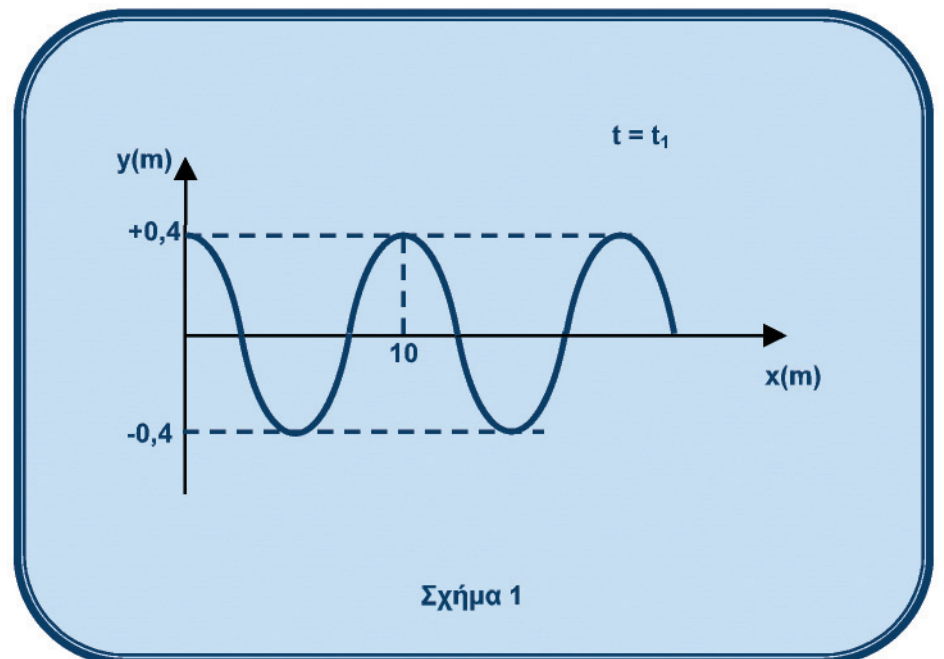
γ) Να απεικονίσετε τη μεταβολή της φάσης του κύματος σε συνάρτηση με την απόσταση  $x$

από την πηγή του κύματος για τις χρονικές στιγμές  $t_1$  και  $t_2 = t_1 + T$ , όπου  $T$  η περίοδος του κύματος.

δ) Να βρείτε που βρίσκεται ένα σημείο  $B$  του γραμμικού μέσου που αρχίζει να ταλαντώνεται όταν σημείο  $A$  στη θέση  $x_A = 15m$  βρίσκεται στην ακραία αρνητική θέση της ταλάντωσης του για  $2^{\text{η}}$  φορά, να γράψετε την εξίσωση της απομάκρυνσης του από τη θέση ισορροπίας του και να την παραστήσετε γραφικά σε συνάρτηση με το χρόνο.

ε) Να βρείτε ποια χρονική στιγμή η κινητική και η δυναμική ενέργεια του σημείου  $B$  είναι ίσες για πρώτη φορά.

στ) Να παραστήσετε γραφικά τον αριθμό των ταλαντώσεων σημείου  $\Gamma$  που βρίσκεται στη θέση  $x_{\Gamma} = 25m$  σε συνάρτηση με το χρόνο.



Σχήμα 1

## Λύση

α) Από το διάγραμμα του σχήματος 1 προκύπτει:

- πλάτος κύματος  $A = 0,4m$
- μήκος κύματος  $\lambda = 10m$

Από τη θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής για την περίοδο του κύματος προκύπτει:

$$u = \lambda \cdot f \text{ ή } u = \frac{\lambda}{T} \text{ ή } T = \frac{\lambda}{u} \text{ ή } T = 5s$$

Αφού η πηγή του κύματος αρχίζει να ταλαντώνεται τη χρονική στιγμή  $t = 0s$  από τη θέση ισορροπίας της, κινούμενη με θετική ταχύτητα η εξίσωση απομάκρυνσης της πηγής είναι της μορφής  $y_{x=0} = A \cdot \eta\mu\omega t$ . Επομένως το κύμα που διαδίδεται στην ελαστική χορδή περιγράφεται από εξίσωση της μορφής:

$$y = A \cdot \eta\mu 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \text{ ή } y = 0,4 \cdot \eta\mu 2\pi \left( \frac{t}{5} - \frac{x}{10} \right) \text{ (S.I.)}$$

β) Το κύμα έως τη χρονική στιγμή  $t = t_1$  έχει διαδοθεί σε απόσταση:  $x_1 = 2\lambda + \frac{\lambda}{4}$  ή  $x_1 = 25m$

$$\text{Για τη χρονική στιγμή } t_1 \text{ ισχύει: } t_1 = \frac{x_1}{u} \text{ ή } t_1 = 12,5s$$

γ) Η φάση του κύματος περιγράφεται από την εξίσωση:

$$\varphi = 2\pi \left( \frac{t}{5} - \frac{x}{10} \right) \text{ ή } \varphi = \frac{2\pi}{5} t - \frac{\pi}{5} x \text{ (S.I.)}$$

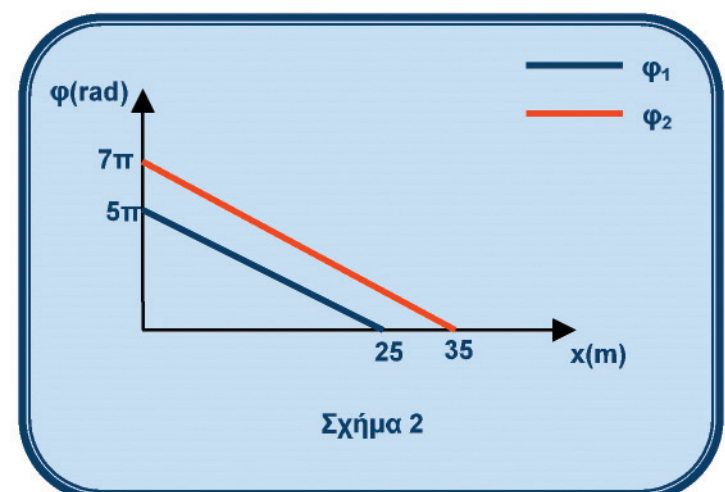
• Για  $t = t_1 = 12,5s$  προκύπτει:

$$\varphi_1 = \frac{2\pi}{5} t_1 - \frac{\pi}{5} x \text{ ή } \varphi_1 = 5\pi - \frac{\pi}{5} x \text{ (S.I.)}$$

• Για  $t = t_2 = t_1 + T = 17,5s$  προκύπτει:

$$\varphi_2 = \frac{2\pi}{5} t_2 - \frac{\pi}{5} x \text{ ή } \varphi_2 = 7\pi - \frac{\pi}{5} x \text{ (S.I.)}$$

Οι γραφικές παραστάσεις των φάσεων  $\varphi_1$  και  $\varphi_2$  σε συνάρτηση με την απόσταση  $x$  από την πηγή φαίνονται στο σχήμα 2.



Σχήμα 2

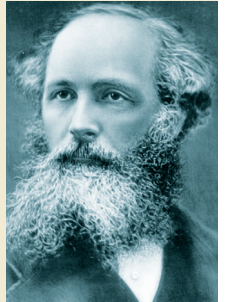


## Ο υπεύθυνος καθηγητής τμήματος:

- υποδέχεται το μαθητή με την εγγραφή του, ώστε να διαπιστωθούν οι ανάγκες και οι ιδιαιτερότητές του
- μέσα στον πρώτο μήνα από την έναρξη των μαθημάτων πραγματοποιεί συνάντηση με κάθε μαθητή
- συνεργάζεται καθημερινά με τους καθηγητές του τμήματος, αναλύει στοιχεία των βαθμολογικών επιδόσεων των μαθητών και παρακολουθεί την πορεία κάθε μαθητή
- μεταφέρει την εικόνα της προόδου του τμήματος, καθώς και κάθε μαθητή χωριστά στο Δ/ντή Σπουδών
- αναλαμβάνει τη συστηματική ενημέρωση των γονέων και των κηδεμόνων για την πρόοδο των μαθητών

ΒΙΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΤΖΕΙΜΣ ΚΛΕΡΚ ΜΑΞΓΟΥΕΛ (1831-1879)



Σκότος φυσικός από οικογένεια ευγενών, ο θεμελιωτής της κλασικής ηλεκτροδυναμικής και ένας από τους πρωτοπόρους της κινητικής θεωρίας των αερίων και της μακροσκοπικής θερμοδυναμικής. Τα πειράματα ήταν η κύρια απασχόλησή του και κατά δεύτερο λόγο η διδακτική και η εξεταστική δραστηριότητα σε διάφορα πανεπιστήμια της Σκωτίας και της Αγγλίας... Πειραματιζόμενος κυρίως πάνω στις εργασίες των Έρστεντ, Αμπέρ και Φαραντέι για τον ηλεκτρισμό ο Μάξγουελ ολοκλήρωσε τη δική του ηλεκτρομαγνητική θεωρία την οποία παρουσίασε στο μνημειώδες δίτομο έργο του «Πραγματεία για τον ηλεκτρισμό και το μαγνητισμό». Εκεί ο Μάξγουελ εισήγαγε το «ρεύμα μετατόπισης» που όπως το συνηθισμένο δημιουργεί δικό του μαγνητικό πεδίο. Διατύπωσε δε τους νόμους του πεδίου αυτού με τέσσερις εξισώσεις τις γνωστές «εξισώσεις Μάξγουελ». Φαινόμενα γύρω από τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα αυτού του πεδίου ανακάλυψε αργότερα ο Γερμανός Χερτζ. Ένα σημαντικό συμπέρασμα των πειραμάτων του Μάξγουελ είναι ότι το φως αποτελεί ηλεκτρομαγνητικό φαινόμενο: «Το φως είναι εγκάρσιες ταλαντώσεις του ίδιου μέσου, που αποτελεί την αιτία των ηλεκτρικών και μαγνητικών φαινομένων». Υποστήριξε επίσης ότι η ταχύτητα οποιασδήποτε ηλεκτρομαγνητικής διαταραχής είναι ίση με την ταχύτητα του φωτός στο κενό. Προς τιμή του η ηλεκτρομαγνητική μονάδα μαγνητικής ροής πήρε το όνομά του.

δ) Το σημείο Α ( $x_A = 15\text{m}$ ) αρχίζει να ταλαντώνεται τη χρονική στιγμή  $t_A = \frac{x_A}{u}$  ή  $t_A = 7,5\text{s}$ .

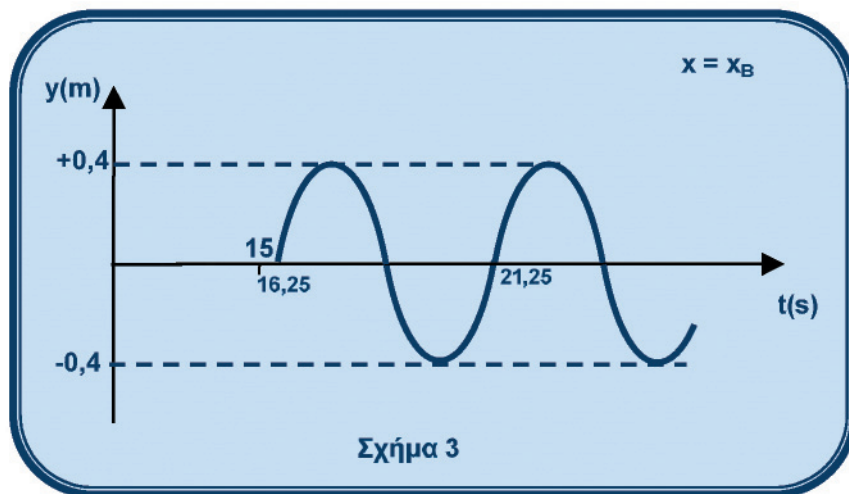
Όταν βρεθεί στην ακραία αρνητική θέση της ταλάντωσης του για 2<sup>η</sup> φορά θα έχει περάσει επιπλέον χρονικό διάστημα  $\Delta t_A = T + \frac{3T}{4}$  ή  $\Delta t_A = 8,75\text{s}$ .

Άρα το σημείο Β αρχίζει να ταλαντώνεται τη χρονική στιγμή  $t_B = t_A + \Delta t_A$  ή  $t_B = 16,25\text{s}$  και βρίσκεται σε απόσταση:  $x_B = u \cdot t_B$  ή  $x_B = 32,5\text{m}$ .

Η εξίσωση απομάκρυνσης του σημείου Β προκύπτει:

$$y_B = 0,4 \cdot \eta \mu 2\pi \left( \frac{t}{5} - \frac{x_B}{10} \right) \text{ ή } y_B = 0,4 \cdot \eta \mu 2\pi \left( \frac{t}{5} - \frac{32,5}{10} \right) \text{ ή } y_B = 0,4 \cdot \eta \mu \left( \frac{2\pi}{5} t - 6,5\pi \right) \text{ (S.I.)}$$

Η γραφική παράσταση της απομάκρυνσης του σημείου Β από τη θέση ισορροπίας του σε συνάρτηση με το χρόνο φαίνεται στο σχήμα 3.



Σχήμα 3

ε) Εφαρμόζοντας Α.Δ.Ε. για την ταλάντωση του σημείου Β προκύπτει:  $K + U = E$  ή  $2U = E$  (αφού  $K = U$ ) ή

$$2 \cdot \frac{1}{2} D y^2 = \frac{1}{2} D A^2 \text{ ή } y = \pm \frac{\sqrt{2}}{2} A \text{ ή } y = \pm 0,2\sqrt{2} \text{ m}$$

Όμως το σημείο Β ( $x_B = 32,5\text{m}$ ) πρώτα βρίσκεται σε απομάκρυνση  $y = +0,2\sqrt{2} \text{ m}$  από τη θέση ισορροπίας του.

$$\text{Επομένως προκύπτει: } +0,2\sqrt{2} = 0,4 \cdot \eta \mu \left( \frac{2\pi}{5} t - 6,5\pi \right) \text{ ή } \eta \mu \left( \frac{2\pi}{5} t - 6,5\pi \right) = \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

Άρα

$$\begin{cases} \frac{2\pi}{5} t - 6,5\pi = 2k\pi + \frac{\pi}{4} \text{ ή } t = 16,875\text{s} \text{ (} k=0 \text{)} \\ \text{ή} \\ \frac{2\pi}{5} t - 6,5\pi = 2k\pi + \frac{3\pi}{4} \text{ ή } t = 18,125\text{s} \text{ (} k=0 \text{)} \end{cases}$$

Συνεπώς η ζητούμενη χρονική στιγμή είναι η:  $t = 16,875\text{s}$

στ) Το σημείο Γ ( $x_\Gamma = 25\text{m}$ ) αρχίζει να ταλαντώνεται τη χρονική

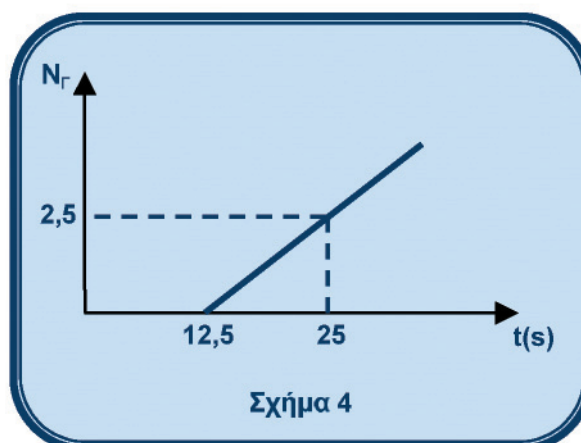
$$\text{στιγμή } t_\Gamma = \frac{x_\Gamma}{u} \text{ ή } t_\Gamma = 12,5\text{s}.$$

Το πλήθος των ταλαντώσεων του σημείου Γ σε συνάρτηση με το χρόνο δίνεται από τη σχέση:

$$N_\Gamma = \frac{\Delta t}{T} \text{ ή } N_\Gamma = \frac{t - t_\Gamma}{T} \text{ ή } N_\Gamma = \frac{1}{T} t - \frac{t_\Gamma}{T} \text{ ή}$$

$$N_\Gamma = 0,2t - 2,5 \text{ (S.I.)}$$

Η γραφική παράσταση του πλήθους των ταλαντώσεων που εκτελεί το σημείο  $x_\Gamma$  σε συνάρτηση με το χρόνο φαίνεται στο σχήμα 4.



Σχήμα 4



εστιάζουμε στο μείζον ζήτημα του επαγγελματικού προσανατολισμού

Τα Φροντιστήρια Πουκαμισιάς, σε συνεργασία με εξειδικευμένα κέντρα συμβουλευτικής, εφαρμόζουν ένα ειδικό σύστημα επιλογής κατεύθυνσης και σπουδών των μαθητών στο σημαντικό και ευαίσθητο ζήτημα του Επαγγελματικού Προσανατολισμού. Το πρόγραμμα Επαγγελματικού Προσανατολισμού που προσφέρουμε, αποτελείται από δύο βασικά μέρη: την αντικειμενική καταγραφή των ατομικών χαρακτηριστικών και την ανάλυσή τους, καθώς και την παροχή Συμβουλευτικής σε σχέση με τις κατευθύνσεις που ταιριάζουν στο συγκεκριμένο μαθητή.