

**1)** Αν και τα όρια συχνότητας των ήχων που αντιλαμβανόμαστε διαφέρουν ελαφρά από άνθρωπο σε άνθρωπο, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το εύρος των ακουστών συχνοτήτων από εμάς είναι από  $20\text{Hz}$  έως  $20\text{KHz}$ .

Έστω δύο ηχητικά κύματα με συχνότητες  $f_1 = 20\text{Hz}$  και  $f_2 = 20\text{KHz}$ , τα οποία διαδίδονται μέσα στον αέρα ενός δωματίου, που μπορεί να θεωρηθεί ομογενές αέριο σταθερής θερμοκρασίας. Αν  $\lambda_1$  και  $\lambda_2$  τα μήκη κύματος των ηχητικών κυμάτων με συχνότητες  $f_1, f_2$  αντίστοιχα, τότε ο λόγος  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$  είναι ίσος με:

(α) 10 ,      (β) 100 ,      (γ) 1000

**2)** Κύματα τσουνάμι που δημιουργούνται από υποθαλάσσιους σεισμούς διαδίδονται στην επιφάνεια της θάλασσας με πολύ μεγάλη ταχύτητα, που εξαρτάται από το βάθος της θάλασσας, έχουν πολύ μεγάλα μήκη κύματος και πολύ μικρό πλάτος όσο διαδίδονται σε περιοχές με μεγάλα βάθη. Σε ένα κύμα τσουνάμι μετρήθηκε το μήκος κύματος  $\lambda = 100\text{Km}$  και υπολογίστηκε η ταχύτητα διάδοσης του  $v_\delta = 720 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$ . Θεωρώντας το κύμα αυτό αρμονικό, η περίοδος του είναι:

(α)  $7,2 \text{ h}$

(β)  $500 \text{ min}$

(γ)  $500 \text{ s}$

**3)** Κύματα τσουνάμι που δημιουργούνται από υποθαλάσσιους σεισμούς διαδίδονται στην επιφάνεια της θάλασσας με πολύ μεγάλη ταχύτητα, που εξαρτάται από το βάθος της θάλασσας, έχουν πολύ μεγάλα μήκη κύματος και πολύ μικρό πλάτος, όσο διαδίδονται σε περιοχές με μεγάλα βάθη. Σε ένα κύμα τσουνάμι μετρήθηκε το μήκος κύματος  $\lambda = 100\text{Km}$  και υπολογίστηκε η ταχύτητα διάδοσης του  $v_\delta = 720 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$  σε περιοχή της θάλασσας βάθους  $h$ . Όταν το κύμα αυτό έφτασε σε περιοχή με βάθος  $h' < h$  η ταχύτητα διάδοσής του υπολογίστηκε  $v'_\delta = 252 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$ . Θεωρώντας το κύμα αυτό αρμονικό, το μήκος κύματός του στην περιοχή με βάθος  $h'$  είναι:

(α)  $285,7\text{Km}$

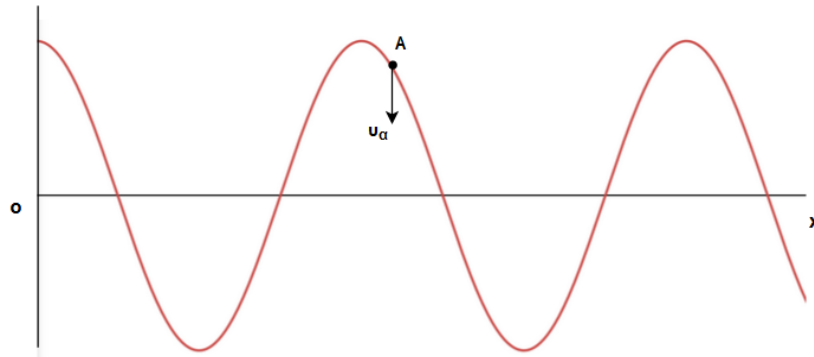
(β)  $35\text{Km}$

(γ)  $12,25\text{Km}$

**4)** Ένας σεισμός παράγει δύο είδη κυμάτων: Κύματα τύπου  $P$  που είναι διαμήκη και κύματα τύπου  $S$  που είναι εγκάρσια. Στο φλοιό της Γης τα σεισμικά κύματα τύπου  $P$  έχουν ταχύτητα  $5 \frac{\text{Km}}{\text{s}}$  περίπου. Τα κύματα τύπου  $S$  έχουν ταχύτητα  $3 \frac{\text{Km}}{\text{s}}$  περίπου. Υποθέστε ότι μετά από ένα σεισμό, ένας σειсмоγράφος τοποθετημένος σε κάποια απόσταση από την εστία του σεισμού (πηγή των κυμάτων), καταγράφει την άφιξη των κυμάτων  $P$  και,  $9 \text{ min}$  αργότερα, την άφιξη των κυμάτων  $S$ . Η απόσταση από το σειсмоγράφο ως την πηγή των κυμάτων (εστία του σεισμού) είναι:

(α)  $67,5 \cdot 10^3 \text{ Km}$  ,      (β)  $4,05 \cdot 10^3 \text{ Km}$  ,      (γ)  $675,5 \cdot 10^3 \text{ Km}$

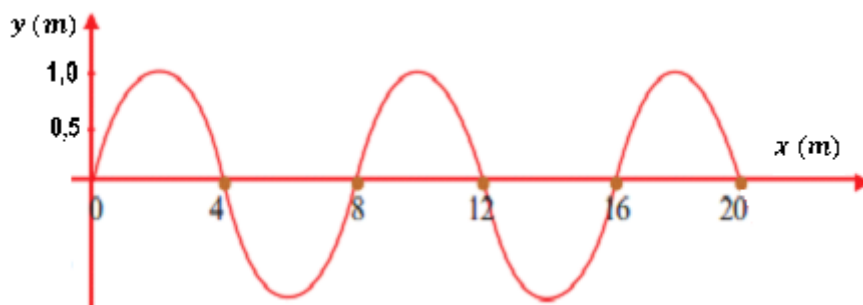
**5)** Κατά μήκος του άξονα  $Ox$  εκτείνεται ομογενής ελαστική χορδή μεγάλου μήκους. Στη χορδή διαδίδεται εγκάρσιο αρμονικό κύμα. Στο σχήμα που ακολουθεί, απεικονίζεται ένα στιγμιότυπο κύματος για συγκεκριμένη χρονική στιγμή  $t_1$ . Εκείνη τη στιγμή η φορά της ταχύτητας  $\vec{v}_A$  του σημείου Α είναι, όπως έχει σχεδιαστεί στο σχήμα, προς τα κάτω.



Ποια είναι η φορά διάδοσης του κύματος;

- (α) Προς τα αριστερά.
- (β) Προς τα δεξιά.
- (γ) Δεν επαρκούν τα δεδομένα για να δοθεί απάντηση.

**6)** Η περίοδος εγκάρσιου κύματος που διαδίδεται σε ελαστικό μέσο είναι  $2\text{ s}$  ενώ ένα στιγμιότυπο του κύματος φαίνεται παρακάτω:



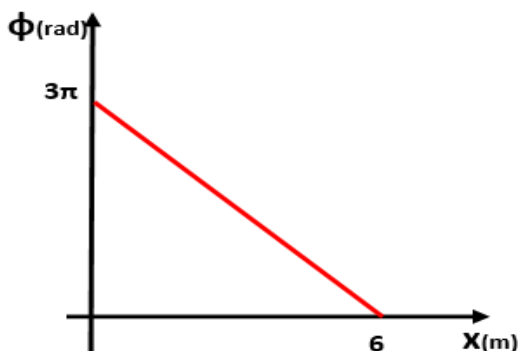
Η μέση ταχύτητα κίνησης ενός σωματιδίου του ελαστικού μέσου κατά την κίνησή του στη διάρκεια μίας περιόδου είναι

- (α)  $2\text{ m/s}$  , (β)  $4\text{ m/s}$  , (γ)  $8\text{ m/s}$

**7)** Η εξίσωση ενός κύματος είναι της μορφής :

$$y = A\eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) \quad \text{S.I.}$$

Για το κύμα αυτό δίνεται η γραφική παράσταση  $\varphi = f(x)$ , της μεταβολής της φάσης  $\varphi$  του κύματος συναρτήσει της απόστασης  $x$  από την πηγή του την χρονική στιγμή  $t_1 = 0,15 \text{ s}$  :



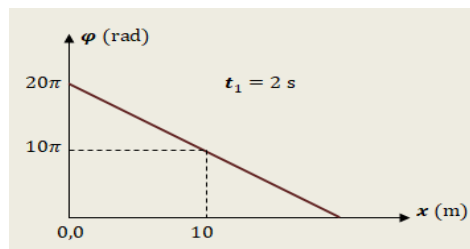
(α) το κύμα έχει μήκος κύματος  $\lambda = 6 \text{ m}$ .

(β) την  $t=0,025 \text{ s}$  η αρχή των συντεταγμένων  $x = 0$  είχε μέγιστη απομάκρυνση.

(γ) η ταχύτητα διάδοσης του κύματος είναι  $v = 0,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

**8)** Εγκάρσιο αρμονικό κύμα διαδίδεται χωρίς απώλειες ενέργειας, σε γραμμικό ελαστικό μέσο μεγάλου μήκους (τεντωμένη χορδή), που η αρχική του διεύθυνση ταυτίζεται με ημιάξονα  $Ox$ . Η πηγή του κύματος βρίσκεται στο άκρο  $O$  της χορδής και εξαναγκάζει το σημείο αυτό σε ταλάντωση κάθετα στη διεύθυνσή  $Ox$ . Η απομάκρυνση του άκρου  $O$  της χορδής από τη θέση ισορροπίας του αποδίδεται από τη σχέση  $y = A \cdot \eta\mu\omega t$ . Στο διάγραμμα παριστάνεται η φάση ταλάντωσης των υλικών σημείων του ελαστικού μέσου, σε συνάρτηση με την απόσταση  $x$  της θέσης ισορροπίας τους από την πηγή, τη χρονική στιγμή  $t_1 = 2 \text{ s}$ .



Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος είναι ίση με:

$$(\alpha) v = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad , \quad (\beta) v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad , \quad (\gamma) v = 12,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**9)** Αρμονικό κύμα συχνότητας  $f = 200 \text{ Hz}$  διαδίδεται σε ομογενές ελαστικό μέσο με ταχύτητα διάδοσης  $v = 300 \text{ m/s}$ . Δύο σημεία  $A$  και  $B$  του μέσου, συνευθειακά με την πηγή, βρίσκονται σε αποστάσεις από αυτήν  $x_A$  και  $x_B$  αντίστοιχα, με  $x_B > x_A$  και  $\Delta x = x_B - x_A = 0,75 \text{ m}$ . Η διαφορά φάσης μεταξύ τους, την ίδια χρονική στιγμή, είναι:

$$(\alpha) \frac{\pi}{2} \text{ rad} \quad , \quad (\beta) \pi \text{ rad} \quad , \quad (\gamma) \frac{3\pi}{2} \text{ rad}$$

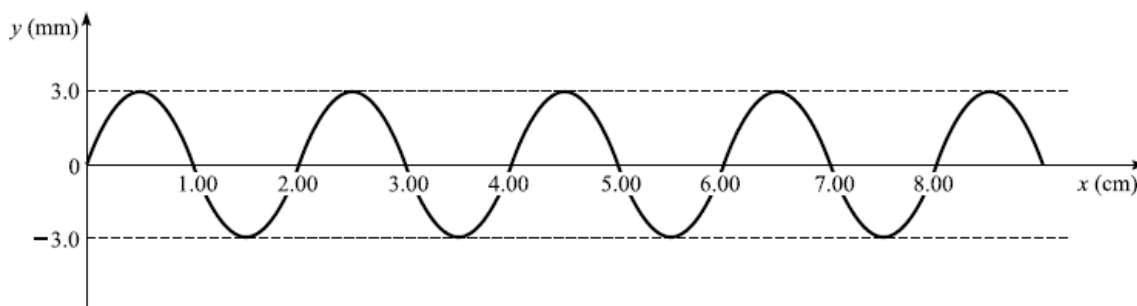
**10)** Ημιτονοειδές κύμα με μήκος κύματος  $\lambda = 24\text{cm}$  διαδίδεται σε γραμμικό ομογενές ελαστικό μέσο κατά τη θετική φορά του άξονα  $x'$ . Η εξίσωση ταλάντωσης της πηγής είναι της μορφής:  $y = A\eta\mu\left(\frac{\pi}{2}\right)t$ . Κάποια χρονική στιγμή  $t$ , δύο υλικά σημεία  $M$ ,  $N$  του μέσου τα οποία βρίσκονται στην διεύθυνση διάδοσης του κύματος, έχουν φάσεις  $\varphi_M = \frac{10\pi}{6}\text{ rad}$  και  $\varphi_N = \frac{20\pi}{3}\text{ rad}$  αντίστοιχα. Τότε το μέτωπο κύματος:

(α) θα περάσει πρώτα από το σημείο  $N$  και θα φθάσει στο  $M$  σε  $10\text{ s}$ .

(β) θα περάσει πρώτα από το σημείο  $N$  και θα φθάσει στο  $M$  σε  $30\text{ s}$ .

(γ) θα περάσει πρώτα από το σημείο  $M$  και θα φθάσει στο  $N$  σε  $20\text{ s}$ .

**11)** Μία πηγή αρμονικών κυμάτων βρίσκεται στην θέση  $x_0 = 0$  και την χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  τίθεται σε ταλάντωση κάθετη στον οριζόντιο άξονα, κινούμενη αρχικά προς την θετική κατεύθυνση του άξονα  $y$ . Την χρονική στιγμή  $t_1 = 4,5\text{s}$  το στιγμιότυπο του εγκάρσιου αρμονικού κύματος που προκαλεί η πηγή φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Η εξίσωση του αρμονικού κύματος που δημιουργεί η πηγή είναι

(α)  $y = 0,003\eta\mu 2\pi(t - 50x)$  (S.I.)

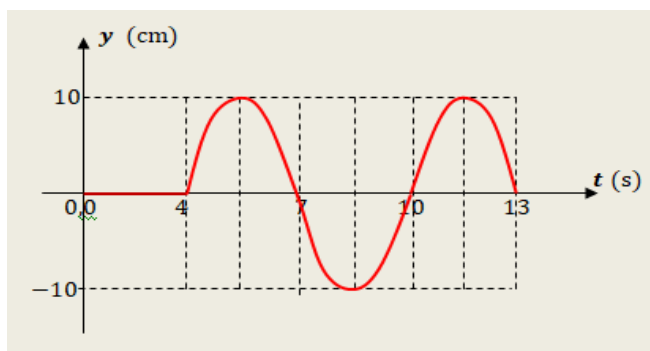
(β)  $y = 0,003\eta\mu 2\pi(2t - 50x)$  (S.I.)

(γ)  $y = 0,003\eta\mu 2\pi(t - 100x)$  (S.I.)

Να επιλέξετε την ορθή απάντηση.

**12)** Αρμονικό κύμα διαδίδεται σε γραμμικό ελαστικό μέσο, το οποίο εκτείνεται κατά μήκος θετικού ημιάξονα  $Ox$ . Η πηγή του κύματος βρίσκεται στη θέση  $x_0 = 0$ , στο άκρο του ελαστικού μέσου και αρχίζει να ταλαντώνεται τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ .

Το διάγραμμα του σχήματος, αποδίδει την



απομάκρυνση  $y$  από τη θέση ισορροπίας του, σε συνάρτηση με το χρόνο, ενός υλικού σημείου  $A$  του μέσου, του οποίου η θέση ισορροπίας βρίσκεται στη θέση  $x_A$  του ημιάξονα που ορίσαμε.

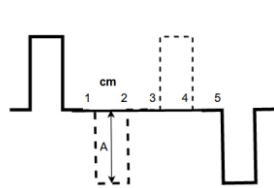
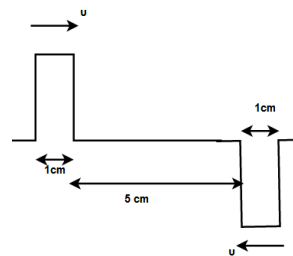
Αν το μήκος κύματος δίνεται  $\lambda = 18 \text{ m}$ , τότε είναι :

$$(\alpha) x_A = 18 \text{ m} \quad , \quad (\beta) x_A = 12 \text{ m} \quad , \quad (\gamma) x_A = 4 \text{ m}$$

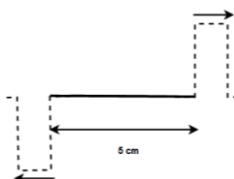
**13)** Στο εργαστήριο Φυσικής υπάρχει συσκευή μελέτης κυματισμών η οποία αποτελείται από μια λεκάνη κυκλικής οριζόντιας διατομής, που περιέχει νερό σε ηρεμία. Από μικρό ύψος αφήνουμε να πέσουν στο κέντρο της λεκάνης σταγόνες νερού με σταθερή συχνότητα. Παρατηρούμε ότι στην επιφάνεια του νερού δημιουργείται κύμα με κυκλικά μέτωπα που διαδίδονται ως το τοίχωμα της λεκάνης. Με το χρονόμετρο μετράμε το χρόνο  $t_1$  από τη στιγμή που έπεσε η πρώτη σταγόνα νερού στη λεκάνη μέχρι να φτάσει το κύμα στο τοίχωμά της. Μετράμε επίσης τον αριθμό  $N$  των κορυφών που καταφθάνουν στο τοίχωμα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα  $t_2$ . Με ένα χάρακα μετράμε την απόσταση από το κέντρο της λεκάνης μέχρι το τοίχωμα και τη βρίσκουμε ίση με  $L$ . Το μήκος κύματος  $\lambda$ , των κυμάτων είναι:

$$(\alpha) \lambda = \frac{L}{N} \cdot \frac{t_1}{t_2}, \quad (\beta) \lambda = \frac{L}{2N} \cdot \frac{t_2}{t_1}, \quad (\gamma) \lambda = \frac{L}{N} \cdot \frac{t_2}{t_1}$$

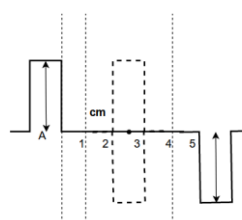
**14)** Σε γραμμικό ελαστικό μέσο διαδίδονται δύο τετραγωνικοί παλμοί σε αντίθετες κατευθύνσεις. Οι παλμοί διαδίδονται με ταχύτητα  $v = 2 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$  και έχουν το ίδιο ύψος και πλάτος όπως φαίνεται στο σχήμα. Εάν οι μπροστινές άκρες των παλμών είναι σε απόσταση  $5 \text{ cm}$  τη χρονική στιγμή  $t = 0$ , η μορφή της χορδής μετά από  $1,5 \text{ s}$  θα είναι



(α)



(β)



(γ)

**15)** Δύο σύγχρονες πηγές  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  απέχουν  $4 \text{ cm}$  και δημιουργούν κύματα στην ήρεμη επιφάνεια νερού. Τα κύματα αυτά έχουν μήκος κύματος  $2 \text{ cm}$ . Όλα τα σημεία της ευθείας που ορίζουν οι πηγές εκτός από αυτά που ανήκουν στο ευθύγραμμο τμήμα που συνδέει τις πηγές

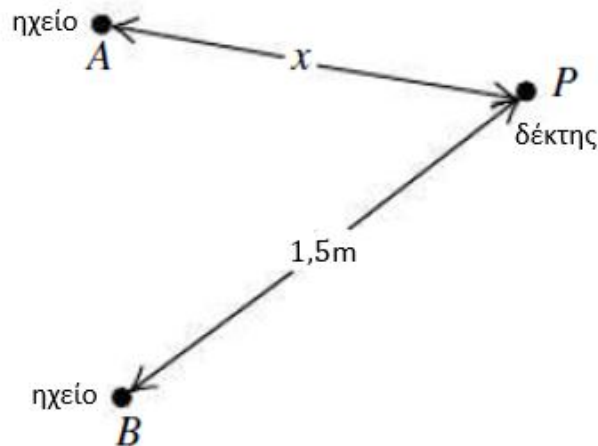
(α) είναι σημεία στα οποία έχουμε ενισχυτική συμβολή.

(β) είναι σημεία στα οποία έχουμε αποσβεστική συμβολή.

(γ) είναι σημεία που εκτελούν ταλάντωση με ενδιάμεσο πλάτος.

Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

**16)** Δύο μικρά στερεοφωνικά ηχεία A και B που απέχουν μεταξύ τους κατά  $(AB) < 1,5m$  εκπέμπουν ηχητικά κύματα με μήκος κύματος  $\lambda = 0,4m$  προς όλες τις κατευθύνσεις. Τα ηχητικά κύματα που εκπέμπουν τα ηχεία βρίσκονται σε φάση. Ένας μικρός δέκτης βρίσκεται στο σημείο P και απέχει απόσταση  $x$  από το ηχείο A και απόσταση  $1,5m$  από το ηχείο B, όπως φαίνεται στο σχήμα. Αρχίζει να κινείται με ειδικό μηχανισμό με τέτοιον τρόπο έτσι ώστε να βρίσκεται πάντα σε απόσταση  $BP = 1,5m$  από το ηχείο B.



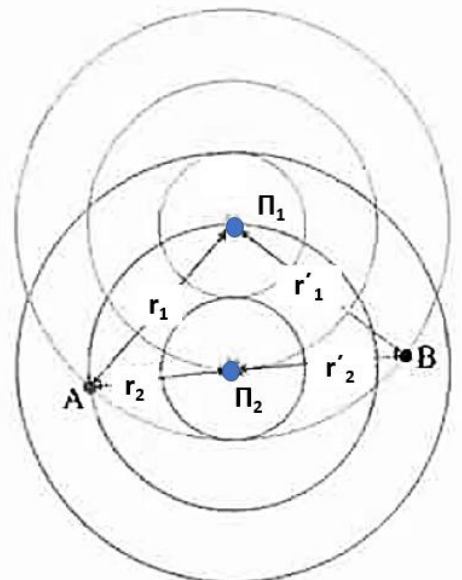
Για ποια από τις επόμενες τιμές της απόστασης  $x < 1,5m$  ο δέκτης δεν ανιχνεύει ήχο;

- (α)  $x = 1,1m$       (β)  $x = 0,9m$       (γ)  $x = 0,3m$

**17)** Στο σχήμα φαίνονται δύο επικαλυπτόμενα μοτίβα κυκλικών ή σφαιρικών κυματισμών από δύο σύγχρονες (και σύμφωνες) πηγές.

Ο πίνακας που ακολουθεί, παρέχει πληροφορίες για τις αποστάσεις των σημείων A και B από τις πηγές  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$ , αντίστοιχα.

| Απόσταση από την πηγή | Απόσταση από την πηγή σε σχέση με το μήκος κύματος |
|-----------------------|----------------------------------------------------|
| $\Pi_1 A (r_1)$       | $3 \cdot \lambda$                                  |
| $\Pi_1 B (r'_1)$      | $3 \cdot \lambda$                                  |
| $\Pi_2 A (r_2)$       | $2 \cdot \lambda$                                  |
| $\Pi_2 B (r'_2)$      | $2,5 \cdot \lambda$                                |



Από τις πληροφορίες του πίνακα προκύπτει ότι:

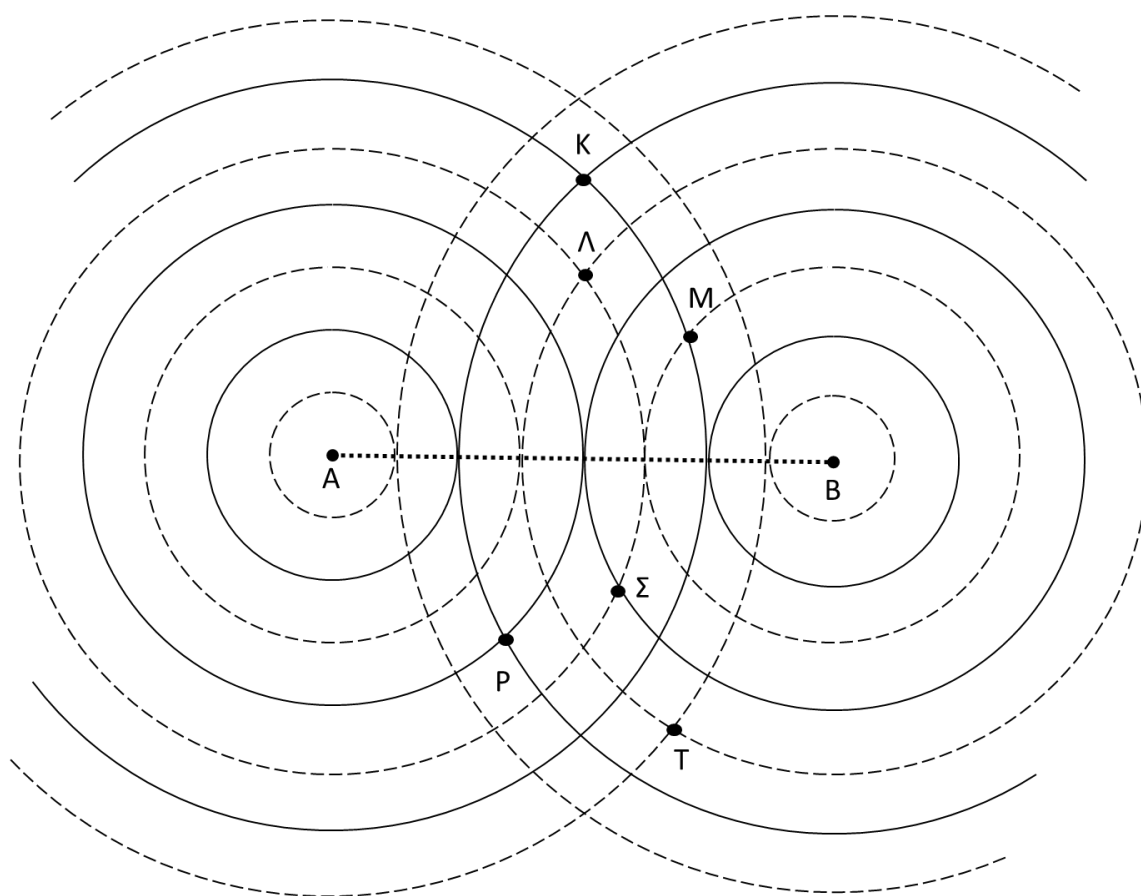
- (α) η συμβολή στο A είναι ενισχυτική και στο B καταστροφική,  
 (β) η συμβολή στο A είναι καταστροφική και στο B ενισχυτική,  
 (γ) τόσο στο A όσο και στο B η συμβολή είναι ενισχυτική.

**18)** Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται δύο σημειακές πηγές A και B που δημιουργούν αρμονικά κύματα ίδιου πλάτους και ίδιας συχνότητας στην ελεύθερη επιφάνεια υγρού που ηρεμεί. Κατά τη διάδοση των δύο κυμάτων δημιουργούνται «όρη» και «κοιλιάδες». Οι συνεχόμενοι κύκλοι αντιστοιχούν σε σημεία που τη δεδομένη χρονική στιγμή είναι «όρη» και οι διακεκομμένοι κύκλοι αντιστοιχούν σε σημεία που την ίδια χρονική στιγμή είναι «κοιλιάδες». Τα δύο κύματα συμβάλουν στην επιφάνεια του υγρού. Αποσβεστική συμβολή έχουμε στα σημεία:

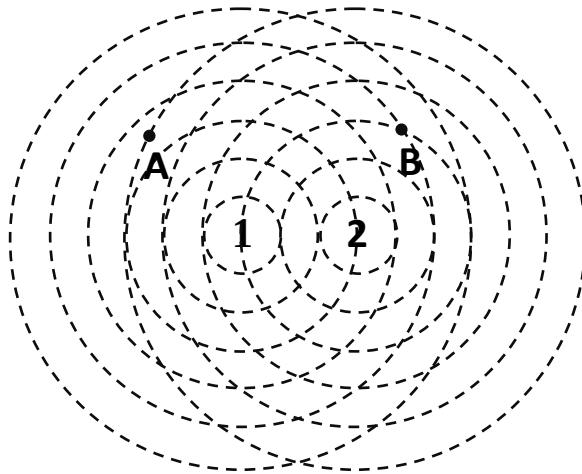
(α) Κ και Ρ

(β) Λ και Τ

(γ) Μ και Σ



**19)** Στην επιφάνεια νερού υπάρχουν δύο σύμφωνες πηγές 1 και 2 οι οποίες δημιουργούν επιφανειακά κύματα. Στο σχήμα που ακολουθεί κάθε κύκλος αποτελείται από όλα τα σημεία του επίπεδου ελαστικού μέσου, στα οποία η κυματική διαταραχή από την πηγή που βρίσκεται στο κέντρο του φτάνει την ίδια στιγμή (μέτωπα των κυμάτων). Το σημείο A βρίσκεται στο μέσο της απόστασης ανάμεσα σε δύο διαδοχικούς κύκλους με κέντρο την πηγή 1 (όπως φαίνεται στο σχήμα).



Στα σημεία A και B, το πλάτος του κύματος που είναι αποτέλεσμα της συμβολής θα είναι αντίστοιχα

(α) μέγιστο και ελάχιστο , (β) μέγιστο και μέγιστο , (γ) ελάχιστο και μέγιστο

**20)** Δύο σύγχρονες πηγές κυμάτων  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  ταλαντώνονται με βάση την εξίσωση απομάκρυνσης – χρόνου  $y = A\eta\mu\omega t$  και παράγουν στην επιφάνεια υγρού αρμονικά εγκάρσια κύματα, τα οποία διαδίδονται χωρίς απώλειες ενέργειας. Η κυματική διαταραχή που προέρχεται από την πηγή  $\Pi_2$  φτάνει στο σημείο Σ της επιφάνειας του υγρού τη χρονική στιγμή  $t_1$  και ενώ η πηγή  $\Pi_2$  έχει εκτελέσει  $N_2 = 4$  ταλαντώσεις, ενώ η κυματική διαταραχή που προέρχεται από την πηγή  $\Pi_1$  φτάνει στο ίδιο σημείο, τη χρονική στιγμή  $t_2 = t_1 + \frac{3T}{2}$  όπου  $T$ , η περίοδος του κύματος. Μετά τη συμβολή των κυμάτων το πλάτος της ταλάντωσης του σημείου Σ θα είναι

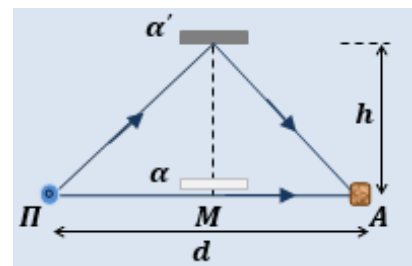
(α) ίσο με  $A$ .

(β) μεγαλύτερο του  $A$ .

(γ) μικρότερο του  $A$ .

Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

**21)** Στην επιφάνεια υγρού που ηρεμεί, σε ορισμένο σημείο  $\Pi$ , δημιουργούμε με τη βοήθεια σημειακής πηγής, αρμονικά εγκάρσια κύματα συχνότητας  $f$ . Τα κύματα αυτά, φτάνουν σε ακίνητο ανιχνευτή  $A$  απευθείας, με διάδοση στη διεύθυνση  $\Pi A$ , αλλά και μετά από ανάκλαση σε ανακλαστήρα  $\alpha$ . Ο



ανακλαστήρας, είναι μια μικρή μεταλλική επιφάνεια, που μπορούμε να την μετακινούμε πάνω στη μεσοκάθετο του ευθύγραμμου τμήματος  $\Pi A$ . Για τις διαστάσεις του πειράματος, μπορούμε να

θεωρήσουμε ότι, τα κύματα που φτάνουν στον ανιχνευτή  $A$ , έχουν ίσα πλάτη. Η απόσταση του σημείου  $\Pi$  από τον ανιχνευτή  $A$  είναι  $d = 6 \cdot \lambda$ , όπου  $\lambda$  το μήκος κύματος των κυμάτων που παράγει η πηγή, στην επιφάνεια του υγρού.

Αρχίζουμε να μετακινούμε αργά τον ανακλαστήρα πάνω στη μεσοκάθετο του  $\Pi A$ , ξεκινώντας από μια θέση  $\alpha$  πολύ κοντά στο μέσο  $M$  του  $\Pi A$ , όπως στο σχήμα. Κατά τη μετακίνηση αυτή, παρατηρούμε στον ανιχνευτή  $A$ , ταλαντώσεις με πλάτος που μεταβάλλεται.

Το πλάτος ταλαντώσεων στον ανιχνευτή, μεγιστοποιείται για τέταρτη φορά μετά την έναρξη της μετακίνησης του ανακλαστήρα, όταν τον έχουμε μετατοπίσει πάνω στη μεσοκάθετο κατά  $h$ .

Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων στην επιφάνεια του υγρού είναι:

$$\alpha. v_{\delta} = \frac{h \cdot f}{4} \quad , \quad \beta. v_{\delta} = h \cdot f \quad , \quad \gamma. v_{\delta} = 4 \cdot h \cdot f$$

**22)** Με κατάλληλη μηχανική διαδικασία δύο κύματα διαδίδονται προς αντίθετες κατευθύνσεις σε τεντωμένη χορδή, η οποία συμπίπτει με τον άξονα  $x'x$ . Προκύπτει στάσιμο κύμα με περισσότερους από 200 δεσμούς. Στο σημείο  $x = 0$  εμφανίζεται κοιλία. Το συγκεκριμένο σημείο απέχει κατά  $0,01 \text{ m}$  από τον πλησιέστερο δεσμό. Η απόσταση του σημείου αυτού από τον  $200^{\circ}$  δεσμό είναι:

$$(\alpha) \ 3,99 \text{ m} \quad , \quad (\beta) \ 3,10 \text{ m} \quad , \quad (\gamma) \ 4 \text{ m}$$

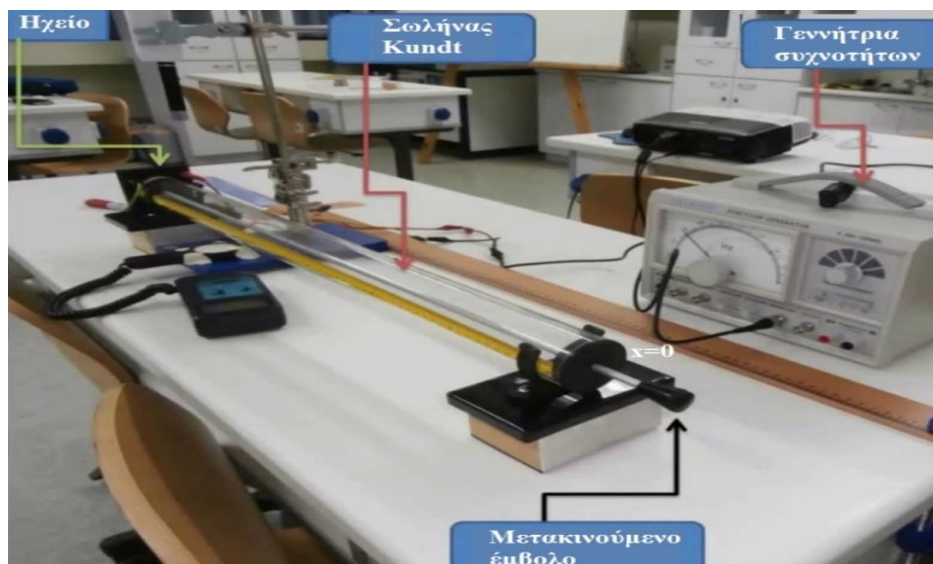
**23)** Σε χορδή κιθάρας σχηματίζονται στάσιμα κύματα, σε κάθε άκρο των οποίων υπάρχει δεσμός.



Υποθέτουμε πως τα

ακραία σημεία της χορδής βρίσκονται στις θέσεις  $x = 0$  και  $x = L$ . Έστω πως η συχνότητα της νότας που παίζουμε είναι  $f$  και πως η ταχύτητα των κυμάτων που μπορούν να διαδοθούν στην χορδή είναι  $v$ . Δεσμοί θα σχηματιστούν στις θέσεις

$$(\alpha) \ x = 0, \frac{v}{2f}, \frac{v}{f}, \frac{3v}{2f}, \dots, L \quad , \quad (\beta) \ x = \frac{v}{4f}, \frac{3v}{4f}, \frac{5v}{4f}, \dots \quad , \quad (\gamma) \ x = 0, \frac{v}{4f}, \frac{v}{2f}, \frac{2v}{4f}, \dots, L$$



24)

Στον ηχητικό

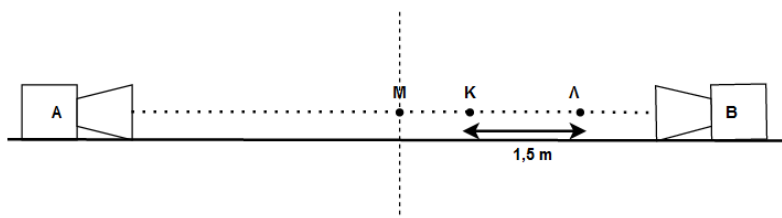
σωλήνα του Kundt της παραπάνω εικόνας δημιουργούμε στάσιμα κύματα με τη βοήθεια γεννήτριας συχνοτήτων που παράγει ήχο συχνότητας  $1\text{KHz}$ . Μετακινώντας αργά τη θέση του εμβόλου ακούμε σταδιακή αύξηση της έντασης του ήχου. Σε μια συγκεκριμένη θέση του εμβόλου  $x_1 = 5,2\text{cm}$ , εντοπίζουμε το πρώτο μέγιστο της έντασης του ήχου και αντίστοιχα το δεύτερο μέγιστο της έντασης του ήχου στην θέση  $x_2 = 22,3\text{cm}$ . Η τιμή της ταχύτητας του ήχου  $v_{\eta\chi}$  στον αέρα υπολογίζεται

(α)  $v_{\eta\chi} = 171\text{ m/s}$ ,

(β)  $v_{\eta\chi} = 325\text{ m/s}$ ,

(γ)  $v_{\eta\chi} = 342\text{ m/s}$

25) Δύο μεγάφωνα  $A$  και  $B$  τροφοδοτούνται από τον ίδιο ενισχυτή και εκπέμπουν ημιτονοειδή κύματα σε φάση. Το μεγάφωνο  $B$  είναι δεξιά του μεγαφώνου  $A$ .



Δίνεται ότι η απόσταση  $K\Lambda$  είναι  $1,5\text{m}$  και ότι τα σημεία  $K$  και  $\Lambda$  είναι σημεία απόσβεσης.

Το μέσο του τμήματος  $AB$  είναι το σημείο  $M$  και βρίσκεται μεταξύ των μεγαφώνων και κατά μήκος της γραμμής που τα συνδέει.

Μεταξύ των  $K$  και  $\Lambda$  υπάρχουν δύο σημεία ενίσχυσης. Η συχνότητα των ηχητικών κυμάτων που παράγονται από τα μεγάφωνα είναι  $f = 4\text{ Hz}$ .

Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων είναι:

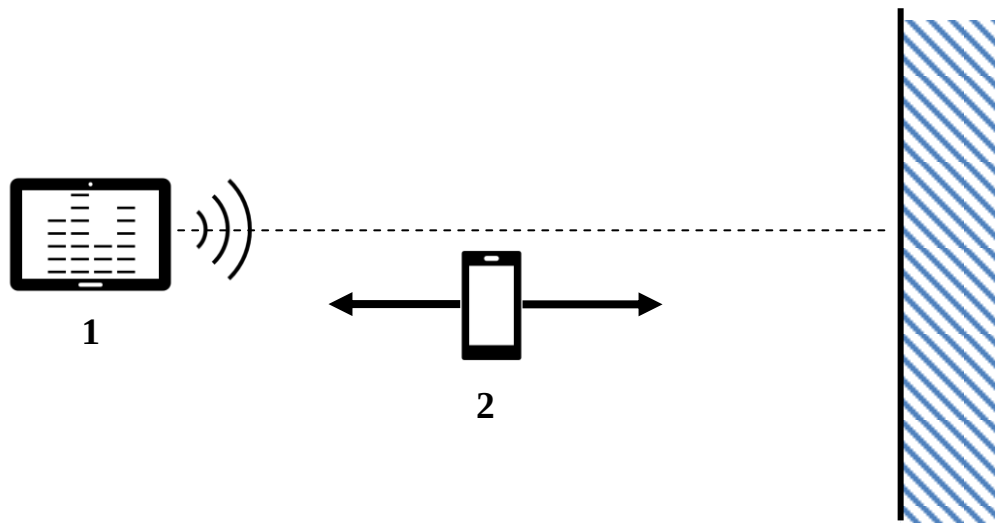
(α)  $2\frac{\text{m}}{\text{s}}$

, (β)  $4\frac{\text{m}}{\text{s}}$

, (γ)  $6\frac{\text{m}}{\text{s}}$

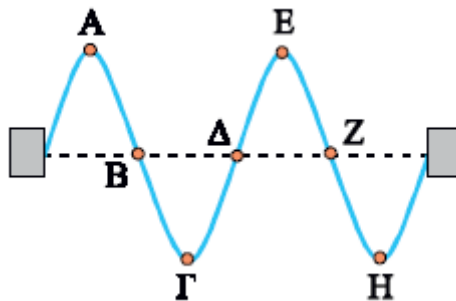
26) Συσσκευή 1 συγκρατείται σε απόσταση  $L$  από τοίχο. Η συσκευή, με τη χρήση κατάλληλης εφαρμογής, παράγει ήχο συχνότητας  $170\text{ Hz}$ . Κατά μήκος της απόστασης  $L$ , μετακινούμε δεύτερη

συσκευή (συσκευή 2), η οποία χρησιμοποιώντας το μικρόφωνό της και άλλη κατάλληλη εφαρμογή μπορεί να μετράει την ένταση του ήχου σε κάθε σημείο.



Η ταχύτητα του ήχου είναι  $340 \text{ m/s}$ . Η συσκευή 2 καταγράφει πως, εκτός από σημείο του τοίχου, υπάρχει μόνο ένα ελάχιστο στην ένταση του ήχου, σε απόσταση  $1 \text{ m}$  από τον τοίχο. Η απόσταση  $L$  είναι ίση με  
**(α)**  $2,25 \text{ m}$  , **(β)**  $1,50 \text{ m}$  , **(γ)**  $1,25 \text{ m}$

**27)** Το σχήμα που ακολουθεί παριστάνει ένα στιγμιότυπο ενός στάσιμου κύματος που έχει δημιουργηθεί σε μια χορδή μήκους  $d$ .



Τα αρμονικά κύματα που δημιουργούν το στάσιμο κύμα έχουν ταχύτητα μέτρου  $v = 6 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ . Αν το χρονικό διάστημα που διαρκεί η κίνηση του σημείου Α από την θέση ισορροπίας μέχρι την θέση που ακινητοποιείται στιγμιαία για πρώτη φορά είναι  $\Delta t = 0,5 \text{ s}$ , τότε:

**(α)** το ευθύγραμμο τμήμα ΒΖ έχει μήκος  $\Delta x_{\text{BZ}} = 6 \text{ cm}$ .

**(β)** η οριζόντια απόσταση των σημείων Γ και Ε είναι  $\Delta x_{\text{ΓΕ}} = 12 \text{ cm}$ .

**(γ)** το μήκος της χορδής είναι  $d = 24 \text{ cm}$ .

Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

**28)** Μια χορδή βιολιού με τα δύο άκρα της στερεωμένα, ταλαντώνεται με συχνότητα  $f = 12 \text{ Hz}$ . Στο σχήμα φαίνονται δύο στιγμιότυπα του στάσιμου κύματος. Η θεμελιώδης συχνότητα της χορδής  $f_0$ ,

δηλαδή η μικρότερη συχνότητα για την οποία σχηματίζεται στάσιμο κύμα είναι



(α) μικρότερη των  $4 \text{ Hz}$ .

(β) ίση με  $4 \text{ Hz}$ .

(γ) μεγαλύτερη των  $4 \text{ Hz}$ .

**29)** Πηγή παραγωγής αρμονικών κυμάτων αρχίζει να ταλαντώνεται τη χρονική στιγμή  $t = 0$  στη θέση  $x = 0$ , με ταχύτητα προς τη θετική φορά του ημιάξονα  $Oy$ . Η εξίσωση ταλάντωσης της πηγής δίνεται από την σχέση  $y = 10\eta\mu 2\pi t$  ( $t$  σε  $s$  και  $y$  σε  $\text{cm}$ ). Το παραγόμενο κύμα διαδίδεται προς τη θετική φορά του ημιάξονα  $Ox$  με ταχύτητα  $v_1 = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

**4.1.** Να υπολογίσετε τη χρονική στιγμή που θα αρχίσει να ταλαντώνεται ένα σημείο  $\Sigma$  του ελαστικού μέσου το οποίο βρίσκεται στη θέση  $x_\Sigma = 2,3 \text{ m}$ .

**4.2.** Ποια είναι η φάση της πηγής όταν το σημείο  $\Sigma$  φτάσει για πρώτη φορά σε ακραία θέση ταλάντωσης;

**4.3.** Να γράψετε την χρονική εξίσωση της απομάκρυνσης του σημείου  $\Sigma$  από την θέση ισορροπίας στο χρονικό διάστημα  $t \geq 0$ .

**4.4.** Να απεικονίσετε γραφικά την φάση του σημείου  $\Sigma$  σε συνάρτηση με τον χρόνο  $t$ .

**30)** Υλικό σημείο  $O$  ομογενούς ελαστικής χορδής, που έχει επιλεγεί ως αρχή των αξόνων ( $x = 0$ ), αρχίζει τη χρονική στιγμή  $t = 0$  να ταλαντώνεται σύμφωνα με την εξίσωση  $y = A\eta\mu(\omega t)$  και κάθετα στη διεύθυνση της χορδής. Η κινητική ενέργεια της ταλάντωσης του υλικού σημείου  $O$  μηδενίζεται 20 φορές σε κάθε χρονικό διάστημα  $\Delta t = 5 \text{ s}$ . Το κύμα που παράγεται διαδίδεται κατά την αρνητική φορά του άξονα  $x'Ox$  κατά μήκος της χορδής που διέρχεται από το σημείο  $O$  με ταχύτητα  $v = 2 \text{ m/s}$ . Στη διάρκεια μιας περιόδου της ταλάντωσής του το υλικό σημείο  $O$  διανύει διάστημα  $s = 0,2 \text{ m}$ .

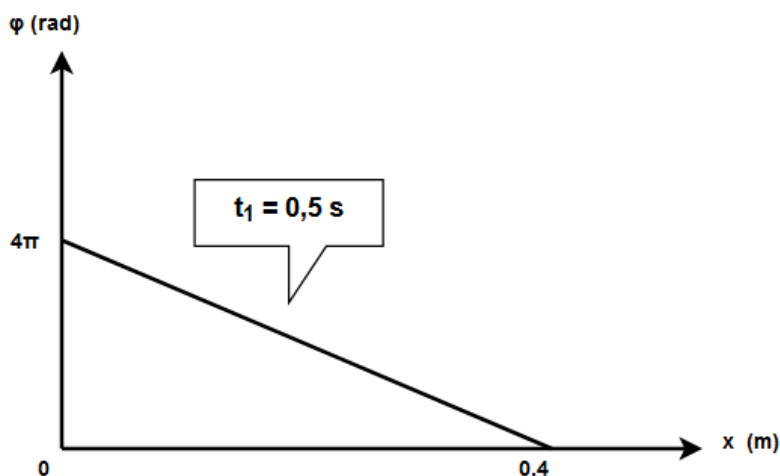
**4.1.** Να γράψετε την εξίσωση του κύματος που παράγεται.

**4.2.** Να υπολογίσετε τη χρονική στιγμή που αρχίζει να κινείται ένα σημείο  $M$ , που βρίσκεται στη θέση  $x_M = -1 \text{ m}$  της χορδής όπως επίσης και την απομάκρυνση  $y_M$ , από τη θέση ισορροπίας του σημείου  $M$ , τη χρονική στιγμή  $t = \frac{13}{24} \text{ s}$ .

**4.3.** Να σχεδιάσετε το διάγραμμα της φάσης του κύματος σε συνάρτηση με τη συντεταγμένη της θέσης ( $\varphi - x$ ), τη χρονική στιγμή  $t = 2 \text{ s}$ .

**4.4.** Να βρείτε τις συντεταγμένες θέσης των σημείων της χορδής, τα οποία βρίσκονται στον αρνητικό ημιάξονα, σε απόσταση μικρότερη από  $2 \text{ m}$  από την αρχή των αξόνων  $O$  και τη χρονική στιγμή  $t = 1 \text{ s}$ , έχουν απομάκρυνση  $y = -5 \text{ cm}$ .

Η πηγή κύματος  $O$  αρχίζει τη χρονική στιγμή  $t = 0$  να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση, που περιγράφεται από την εξίσωση  $\psi = A\eta\mu\omega t$ . Το εγκάρσιο αρμονικό κύμα πλάτους  $A = 0,05\text{ m}$  διαδίδεται κατά τη θετική φορά σε οριζόντια ελαστική χορδή που εκτείνεται κατά τη διεύθυνση του άξονα  $x'x$ . Θεωρούμε ότι το σημείο της χορδής στη θέση  $x = 0$  τη χρονική στιγμή  $t = 0$  έχει μηδενική απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας του και θετική ταχύτητα. Η γραφική παράσταση της φάσης του κύματος  $\varphi$ , την χρονική στιγμή  $t_1 = 0,5\text{ s}$ , σε σχέση με την απόσταση  $x$  από την αρχή του άξονα ( $x = 0$ ) παριστάνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



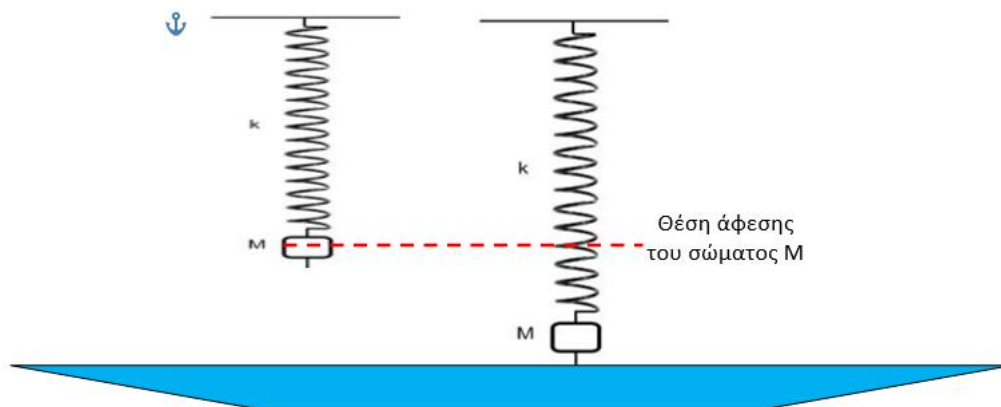
**4.1.** Να γράψετε την εξίσωση του αρμονικού κύματος ( $S.I$ ) που δημιουργείται.

**4.2.** Να υπολογίσετε την απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας του ενός σημείου του ελαστικού μέσου, που βρίσκεται στη θέση  $x = 0,4\text{ m}$  τη χρονική στιγμή  $0,5625\text{ s}$ .

**4.3.** Να υπολογίσετε την ταχύτητα ταλάντωσης και την επιτάχυνση ενός υλικού σημείου της χορδής που βρίσκεται στη θέση  $x = 0,2\text{ m}$  τη χρονική στιγμή  $0,5\text{ s}$ .

**4.4.** Να απεικονίσετε το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή  $T + \frac{T}{4} = 0,3125\text{ s}$

**31)** Ιδανικό ελατήριο σταθεράς  $k = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$  και φυσικού μήκους (Φ.Μ.)  $l_0 = 1,2\text{ m}$ , κρέμεται από οροφή. Στο ελεύθερο άκρο του ελατηρίου που βρίσκεται στο φυσικό του μήκος, κρεμάμε σώμα αμελητέων διαστάσεων, μάζας  $M = 2,5\text{ kg}$  και την χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  αφήνουμε το σύστημα ελεύθερο. Το σώμα εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση. Θεωρούμε θετική φορά προς τα πάνω.



**4.1.** Να προσδιορίσετε την χρονική εξίσωση της ταχύτητας του ταλαντωτή και την εξίσωση της συνισταμένης δύναμης που δέχεται ο ταλαντωτής σε συνάρτηση με την απομάκρυνσή του.

**Μονάδες 7**

**4.2.** Στο κάτω μέρος του σώματος που ταλαντώνεται, υπάρχει πολύ μικρή ακίδα, αμελητέας μάζας, ενώ χαμηλότερα υπάρχει δοχείο με υγρό που ηρεμεί. Πόση πρέπει να είναι η απόσταση της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού από την οροφή, ώστε η ακίδα μόλις να την αγγίζει και να δημιουργεί κύματα στην επιφάνεια του υγρού.

**Μονάδες 4**

**4.3.** Να υπολογίσετε το μήκος κύματος  $\lambda$  του κύματος που διαδίδεται στην επιφάνεια του υγρού, αν γνωρίζουμε ότι από την στιγμή που αφήσαμε ελεύθερο το σύστημα να ταλαντωθεί, το κύμα έφτασε σε ένα σημείο  $\Lambda$  στην επιφάνεια του υγρού που απέχει από την πηγή του  $x_\Lambda = 1,5\text{m}$  σε χρόνο  $t_\Lambda = 5,5\text{s}$ .

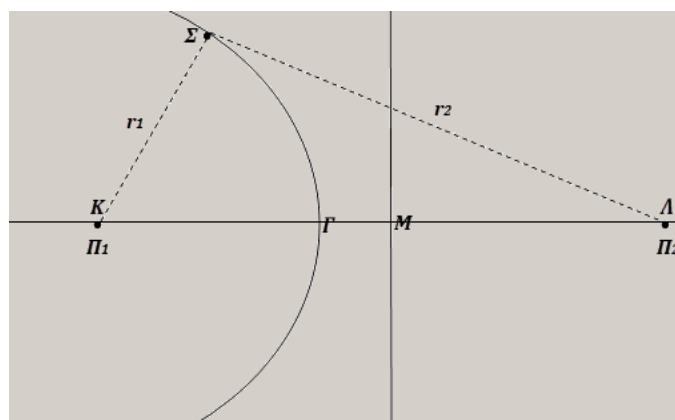
**Μονάδες 7**

**4.4.** Να υπολογίσετε την απόλυτη τιμή της διαφοράς φάσης δύο σημείων της επιφάνειας του υγρού που απέχουν απόσταση  $|\Delta x_{AB}| = 1,2\text{m}$  και είναι συνευθειακά με την πηγή του κύματος.

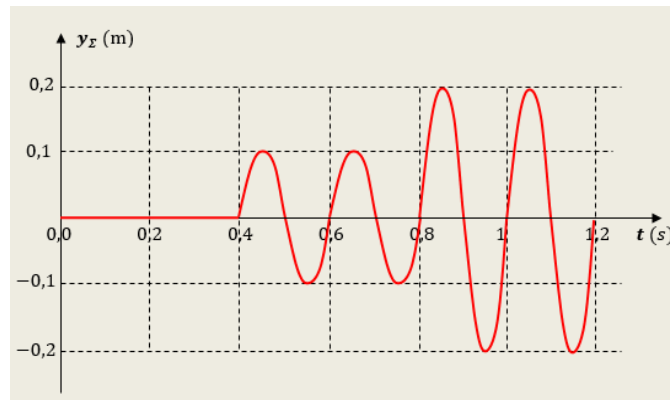
**Μονάδες 7**

Δίνονται  $\pi^2 \simeq 10 \rightarrow \sqrt{10} \simeq \pi$  και  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

**32)** Δύο σύγχρονες πηγές αρμονικών κυμάτων  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$ , εκτελούν αρμονικές ταλαντώσεις ίδιου πλάτους και παράγουν εγκάρσια κύματα στην ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού. Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων στην επιφάνεια του υγρού, δίνεται  $v_\delta = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Ένα υλικό σημείο  $\Sigma$ , της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού, απέχει αποστάσεις  $r_1$ ,  $r_2$  αντίστοιχα, από τις δύο πηγές, για τις οποίες ισχύει  $r_2 > r_1$ , όπως φαίνεται στο σχήμα.



Οι δύο πηγές ξεκινούν ταυτόχρονα τις αρμονικές ταλαντώσεις τους, τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  και η απομάκρυνση του σημείου  $\Sigma$  από τη θέση ισορροπίας του, μεταβάλλεται με το χρόνο όπως φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα.



Να υποθέσετε ότι για τις διαστάσεις αυτού του πειράματος, τα κύματα από τις δύο πηγές φτάνουν στο  $\Sigma$  με ίσα πλάτη.

Να υπολογίσετε:

**4.1.** το μήκος κύματος, των κυμάτων που παράγουν οι δύο πηγές, στην επιφάνεια του υγρού,

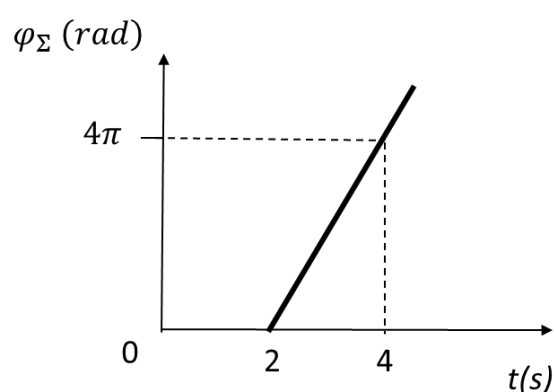
**4.2.** τις αποστάσεις  $r_1$  και  $r_2$  αντίστοιχα, των δύο πηγών, από το σημείο  $\Sigma$ .

Το σημείο  $\Sigma$ , ανήκει σε μια ενισχυτική υπερβολή, της οποίας όλα τα σημεία απέχουν από τις δύο πηγές αποστάσεις με την ίδια διαφορά, η οποία τέμνει το ευθύγραμμο τμήμα  $K\Lambda$  στο σημείο  $\Gamma$ .

**4.3.** Να υπολογίσετε την απόσταση  $\Gamma M$ , του σημείου αυτού, από το μέσον  $M$  του  $K\Lambda$ .

**4.4.** Αν δίνεται ότι τα ευθύγραμμα τμήματα  $K\Sigma$  και  $\Lambda\Sigma$  είναι κάθετα μεταξύ τους, να βρείτε πόσα υλικά σημεία της επιφάνειας του υγρού, των οποίων οι θέσεις ισορροπίας ανήκουν στο ευθύγραμμο τμήμα  $K\Lambda$ , ταλαντώνονται με μέγιστο πλάτος και είναι σημεία ενισχυτικής συμβολής.

**33)** Κατά μήκος ενός γραμμικού, ομογενούς, ελαστικού μέσου διαδίδεται στη θετική κατεύθυνση του άξονα  $x'Ox$  ένα αρμονικό κύμα. Το σημείο  $O$  της θέσης  $x_O = 0$  εκτελεί αρμονική ταλάντωση που περιγράφεται από την εξίσωση  $y = 0,5\eta\mu\omega t$  (SI). Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η γραφική παράσταση της φάσης  $\varphi_\Sigma$  του σημείου  $\Sigma$  του ελαστικού μέσου που βρίσκεται



στη θέση  $x_S = 8m$ , συναρτήσει του χρόνου.

4.1. Να υπολογίσετε το μήκος κύματος, την περίοδο και την ταχύτητα διάδοσης του κύματος.

4.2. Να γράψετε την εξίσωση του αρμονικού κύματος και να παραστήσετε γραφικά σε βαθμολογημένους άξονες το στιγμιότυπο του τη χρονική στιγμή  $t_1 = 2,5s$ .

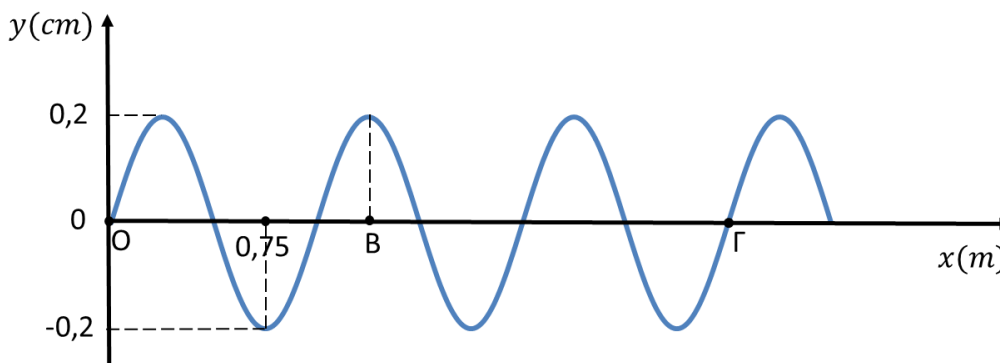
4.3. Να υπολογίσετε την ταχύτητα ταλάντωσης του σημείου Σ τη χρονική στιγμή  $t_1$ .

4.4. Να γράψετε την εξίσωση ενός άλλου αρμονικού κύματος που πρέπει να συμβάλει με αυτό το αρμονικό κύμα για να δημιουργηθεί στάσιμο κύμα στο γραμμικό ελαστικό μέσο.

**34)** Το σημείο Ο ενός γραμμικού ελαστικού μέσου αποτελεί πηγή αρμονικής διαταραχής και αρχίζει να ταλαντώνεται τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  σύμφωνα με την εξίσωση:

$$y = A \cdot \eta \mu 10\pi t \text{ (SI)}$$

Το στιγμιότυπο του κύματος που διαδίδεται στο γραμμικό ελαστικό μέσο, τη χρονική στιγμή  $t_1$  φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.

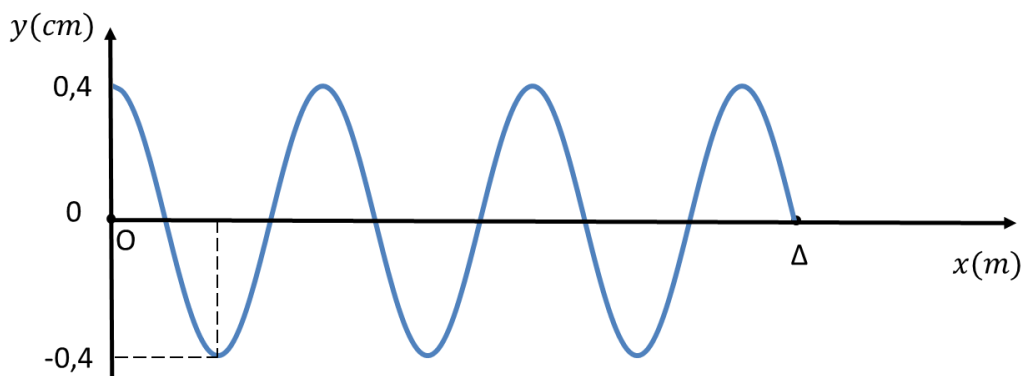


4.1. Να υπολογίσετε το μήκος κύματος και το μέτρο της ταχύτητας διάδοσης του κύματος.

4.2. Να υπολογίσετε τη διαφορά φάσης των σημείων Β και Γ τη χρονική στιγμή  $t_1$ . Να εξηγήσετε αν η διαφορά φάσης των σημείων Β και Γ εξαρτάται από τη χρονική στιγμή υπολογισμού της.

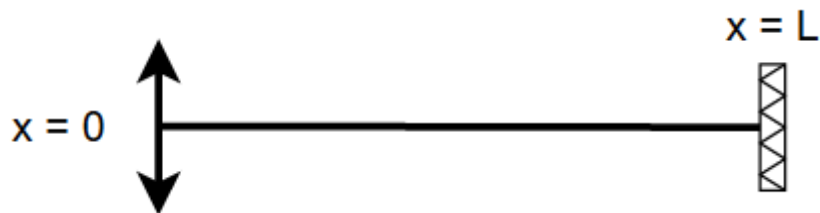
4.3. Να παραστήσετε γραφικά σε σύστημα ορθογώνιων βαθμολογημένων αξόνων την απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας του σημείου Β συναρτήσει του χρόνου μέχρι τη χρονική στιγμή  $t = \frac{10}{20} s$ .

Σε ένα όμοιο γραμμικό ελαστικό μέσο μήκους  $L$ , ένα αρμονικό κύμα πλάτους  $A$  και συχνότητας  $f = 5Hz$  που διαδίδεται κατά τη θετική φορά, συμβάλει με ένα αρμονικό κύμα ίδιου πλάτους και συχνότητας που διαδίδεται κατά την αντίθετη φορά. Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  αποκαθίσταται στάσιμο κύμα στο γραμμικό ελαστικό μέσο. Το στιγμιότυπο του στάσιμου κύματος τη χρονική στιγμή  $t_2 = 0,85s$ , κατά την οποία όλα τα σημεία του γραμμικού ελαστικού μέσου έχουν μηδενική ταχύτητα φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



**4.4.** Να γράψετε την εξίσωση του στάσιμου κύματος και να σχεδιάσετε το στιγμιότυπο του σε σύστημα ορθογώνιων βαθμολογημένων αξόνων τη χρονική στιγμή  $t_3 = 0,95s$ .

**35)** Λεπτή ατσάλινη χορδή έχει μήκος  $L = \frac{7}{4} m$  και έχει τη διεύθυνση του οριζόντιου άξονα  $x$ . Η χορδή διεγείρεται με κατάλληλη διάταξη σε ταλάντωση με το ένα της άκρο σταθερό στο σημείο  $x = L$  ενώ το άλλο άκρο είναι ελεύθερο στο  $x = 0$ .



**4.1.** Να δείξετε ότι οι συχνότητες των τρόπων ταλάντωσης της χορδής που μπορούμε να πετύχουμε με την κατάλληλη διάταξη κάθε φορά για να δημιουργηθεί στάσιμο κύμα είναι:

$$f = \frac{v}{4L} (2n + 1)$$

Όπου  $v$  είναι η ταχύτητα διάδοσης των εγκάρσιων κυμάτων στη χορδή, και  $n$  ακέραιος αριθμός. Δηλαδή οι τιμές των συχνοτήτων θα είναι:

$$f_1, \quad 3 \cdot f_1, \quad 5 \cdot f_1, \quad 7 \cdot f_1, \quad \dots \quad \text{όπου } f_1 = \frac{v}{4L}$$

**4.2.** Αν δίνεται ότι  $f_1 = 50 \text{ Hz}$ , να βρείτε το αντίστοιχο μήκος κύματος  $\lambda_1$  του εγκάρσιου κύματος το οποίο όταν διαδίδεται στην χορδή, δημιουργεί, λόγω της ανάκλασής του στο δεσμευμένο άκρο, στάσιμο κύμα.

**4.3.** Να υπολογίσετε την σταθερή ταχύτητα διάδοσης των εγκάρσιων κυμάτων στα οποία οφείλεται το στάσιμο κύμα.

Στη συνέχεια, με την κατάλληλη διάταξη, στην χορδή διαδίδεται κύμα με συχνότητα  $f_7 = 7 \cdot f_1 = 350 \text{ Hz}$ .

**4.4.** Να γράψετε (στο *S.I.*) την εξίσωση του στάσιμου κύματος για συχνότητα πηγής ίση με  $f_7$ . Δίνεται ότι η μέγιστη απομάκρυνση ενός σημείου της χορδής που βρίσκεται στη θέση  $x = \frac{\lambda}{8}$  είναι  $2\sqrt{2} \text{ cm}$ .

**36)** Το άκρο  $\Lambda$  οριζόντιου σχοινιού είναι ακλόνητα στερεωμένο, ενώ το άκρο  $K$  ταλαντώνεται αρμονικά με εξίσωση  $y = 0,2 \eta\mu 5\pi t$  (SI), σε διεύθυνση κάθετη στο μήκος του σχοινιού. Το μήκος του σχοινιού είναι  $5,2 \text{ m}$  και η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων σε αυτό είναι  $4 \text{ m/s}$ .

**4.1.** Να γράψετε την εξίσωση απομάκρυνσης του κύματος που δημιουργείται από την ταλάντωση του σημείου  $K$ , θεωρώντας ως θετική τη φορά από το  $K$  προς το  $\Lambda$ .

**4.2.** Να περιγράψετε τη δημιουργία στάσιμου κύματος στο σχοινί και να αποδείξετε πως πράγματι μπορεί αυτό το στάσιμο κύμα να δημιουργηθεί.

**4.3.** Να υπολογίσετε τη μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης που θα μπορεί να έχει κάποιο σημείο (στοιχειώδης μάζα) του σχοινιού.

**4.4.** Η συχνότητα της ταλάντωσης του σημείου  $K$  υποδιπλασιάζεται. Να διερευνήσετε αν μπορεί να σχηματιστεί στάσιμο κύμα στο σχοινί.

**37)** Κατά μήκος μιας χορδής μεγάλου μήκους, η οποία ταυτίζεται με τον άξονα  $x'Ox$ , διαδίδονται ταυτόχρονα δύο αρμονικά κύματα που έχουν εξισώσεις

$$y_1 = 0,2 \eta\mu 2\pi(10t - 5x) \text{ (S.I.) και } y_2 = 0,2 \eta\mu 2\pi(10t + 5x) \text{ (S.I.)}$$

Τα δύο κύματα συμβάλλουν δημιουργώντας στο ελαστικό μέσο στάσιμο κύμα.

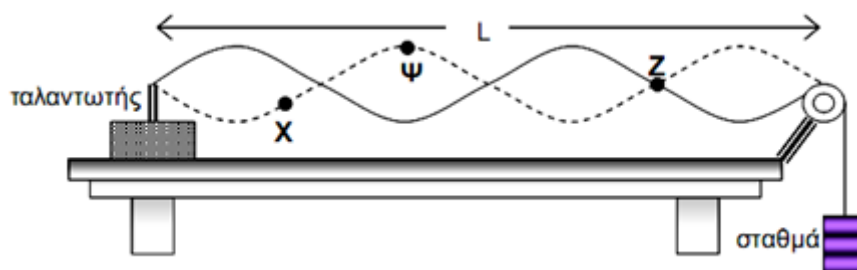
**4.1.** Να γράψετε την εξίσωση του στάσιμου κύματος που δημιουργείται στη χορδή.

**4.2.** Να αποδείξετε ότι στην αρχή  $O(x = 0)$  του άξονα δημιουργείται κοιλία.

**4.3.** Να διερευνήσετε αν στο σημείο  $B(x_B = 0,25 \text{ m})$  σχηματίζεται δεσμός ή κοιλία.

**4.4.** Να υπολογίσετε το πλάτος της ταλάντωσης καθώς και τη μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης του υλικού σημείου  $M$  της χορδής που έχει τετμημένη  $x_M = 0,025 \text{ m}$ .

**38)** Για τη μελέτη των στάσιμων κυμάτων κατά μήκος τεντωμένης χορδής δημιουργήθηκε στο εργαστήριο η πειραματική διάταξη του παρακάτω σχήματος. Αποτελείται από έναν ταλαντωτή, μία τροχαλία, μία αβαρή ελαστική χορδή και διάφορα σταθμά. Ο ταλαντωτής συνδέεται με μία γεννήτρια συχνοτήτων. Όταν η χορδή ηρεμεί έχει μήκος  $L = 1,6 \text{ m}$ . Η γεννήτρια τίθεται σε λειτουργία και ρυθμίζουμε την συχνότητά της ώστε να σχηματιστεί το στάσιμο κύμα του παρακάτω σχήματος.



Τα σημεία που συνδέεται η χορδή με τον ταλαντωτή και την τροχαλία, μετά τον σχηματισμό του στάσιμου κύματος θεωρούνται ακίνητα, δηλαδή συμπεριφέρονται όπως το σημείο Z. Η μέγιστη απομάκρυνση από την θέση ισορροπίας των σημείων που βρίσκονται στις κοιλίες π.χ. το Ψ, είναι 4cm. Το ελάχιστο χρονικό διάστημα που χρειάζεται το σημείο X για να κινηθεί από την μία ακραία θέση ταλάντωσης στην άλλη είναι  $\Delta t = 0,1\text{s}$ .

**4.1.** Να βρεθεί το μήκος κύματος των αρμονικών κυμάτων που δημιουργούν το στάσιμο κύμα στην χορδή καθώς και η ταχύτητα διάδοσης του αρμονικού κύματος στην χορδή.

**4.2.** Να υπολογίσετε πόσο πρέπει να μεταβληθεί η συχνότητα της γεννήτριας ώστε να σχηματιστεί στην χορδή ένα ακόμη σημείο δεσμού.

**4.3.** Για την αρχική συχνότητα του ταλαντωτή να γραφεί η εξίσωση του στάσιμου κύματος του παραπάνω σχήματος, καθώς και η εξίσωση που δίνει την επιτάχυνση ταλάντωσης των μορίων της χορδής σε συνάρτηση με τον χρόνο. Θεωρούμε ως  $t = 0$  τη στιγμή που όλα τα μόρια της χορδής διέρχονται από την θέση ισορροπίας τους και η ταχύτητα του σημείου στην θέση Ψ είναι  $u > 0$ . Ορίζουμε την θέση του σημείου Ψ ως την αρχή του οριζοντίου άξονα με  $x = 0$ . Να θεωρήσετε ότι  $\pi^2 = 10$ .

**4.4.** Για την αρχική συχνότητα του ταλαντωτή να βρεθεί το μέτρο της ταχύτητας ταλάντωσης των μορίων της χορδής του παραπάνω σχήματος τα οποία βρίσκονται στις θέσεις των κοιλιών, όταν βρεθούν σε απομάκρυνση  $y = \sqrt{7}\text{ cm}$  από την θέση ισορροπίας.