

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### ΚΥΜΑΤΑ- DOPPLER

#### A. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ:

1. Τι ονομάζεται κύμα και τι αρμονικό κύμα; Τι ονομάζεται πηγή του κύματος;
2. Τι είναι η περίοδος και τι η συχνότητα ενός κύματος; Τι ορίζουμε ως μήκος κύματος και πως από αυτόν τον ορισμό φτάνουμε στην θεμελιώδη κυματική εξίσωση;
3. Ποια κύματα ονομάζονται διαμήκη και ποια εγκάρσια; Ποια κύματα ονομάζονται μηχανικά και ποια ηλεκτρομαγνητικά;
4. Τι μεταφέρεται και τι δεν μεταφέρεται κατά την διάδοση ενός κύματος;
5. Υποθέτουμε ότι την χρονική στιγμή  $t=0$  αρχίζει από ένα σημείο που βρίσκεται στην θέση  $x=0$  ενός γραμμικού ελαστικού μέσου μια απλή αρμονική ταλάντωση με εξίσωση  $y=A\eta\mu\omega t$ . Η διαταραχή (κύμα) που ξεκινά, διαδίδεται προς την θετική κατεύθυνση με ταχύτητα  $u$ . Αν  $\lambda$  είναι το μήκος του κύματος που διαδίδεται και  $T$  η περίοδος του, να δείξετε ότι η απομάκρυνση ενός σημείου στην θέση  $x$  δίνεται από την σχέση:

$$x = A\eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

Η παραπάνω σχέση που αποτελεί την εξίσωση του απλού αρμονικού κύματος, τι μορφή παίρνει αν το κύμα διαδίδεται προς την αρνητική κατεύθυνση;

6. Για το παραπάνω κύμα να γράψετε τις εξισώσεις της ταχύτητας και τις επιτάχυνσης σε συνάρτηση με τον χρόνο.
7. Πως μπορεί να σχεδιασθεί η γραφική παράσταση απομάκρυνσης-θέσης (στιγμιότυπο) του κύματος για δεδομένη χρονική στιγμή  $t=t_1$  και πως η γραφική παράσταση απομάκρυνσης – χρόνου (A.A.T.) για μια δεδομένη θέση  $x=x_1$ ;

8. Να αποδείξετε ότι κατά την διάδοση ενός κύματος σε ένα γραμμικό ελαστικό μέσο, δύο σημεία που απέχουν  $\Delta x$  έχουν την ίδια χρονική στιγμή διαφορά φάσης:

$$\Delta\phi = 2\pi \cdot \frac{\Delta x}{\lambda}$$

ενώ το ίδιο σημείο του μέσου μεταξύ δύο διαφορετικών χρονικών στιγμών που διαφέρουν κατά  $\Delta t$  μεταξύ τους παρουσιάζει διαφορά φάσης:

$$\Delta\phi = 2\pi \cdot \frac{\Delta t}{T}$$

9. Να κάνετε το διάγραμμα φάσης-χρόνου για ένα συγκεκριμένο σημείο ενός απλού αρμονικού κύματος που βρίσκεται στη θέση  $x=x_1$  καθώς και το διάγραμμα φάσης-θέσης για μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή  $t=t_1$ , αν το κύμα κατευθύνεται:

- α. προς την θετική κατεύθυνση
- β. προς την αρνητική κατεύθυνση

10. Πως διατυπώνεται η αρχή της επαλληλίας ή υπέρθεσης κυμάτων; Σε ποιες περιπτώσεις παραβιάζεται η αρχή αυτή;

11. Τι είναι η συμβολή κυμάτων;

12. Ποιες πηγές κυμάτων ονομάζονται σύγχρονες και ποιες σύμφωνες;

13. Σε μια επιφάνεια νερού υπάρχουν δύο σύγχρονες πηγές κυμάτων Α και Β που εκπέμπουν κύματα ίδιου πλάτους. Σε ποια σημεία της επιφάνειας του νερού τα κύματα συμβάλλουν ενισχυτικά και ποια σημεία παραμένουν συνεχώς ακίνητα;

14. Θεωρούμε δύο σύγχρονες πηγές κυμάτων  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  με το ίδιο πλάτος και την ίδια διεύθυνση ταλάντωσης, στην επιφάνεια υγρού. Τα κύματα που προέρχονται από τις πηγές συμβάλλουν και οι αντίστοιχες απομακρύνσεις που προκαλούν σ' ένα σημείο Σ του υγρού μια χρονική στιγμή  $t$  δίνονται από τις εξισώσεις:

$$y_1 = A \cdot \eta \mu 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{r_1}{\lambda} \right) \quad \text{και} \quad y_2 = A \cdot \eta \mu 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{r_2}{\lambda} \right)$$

όπου  $r_1$  και  $r_2$  οι αποστάσεις του σημείου Σ από τις πηγές  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  αντίστοιχα,  $T$  η περίοδος,  $\lambda$  το μήκος κύματος και  $A$  το πλάτος ταλάντωσης των πηγών:

α. Να βρείτε την εξίσωση που περιγράφει την μεταβολή της απομάκρυνσης με τον χρόνο για το σημείο Σ.

β. Να βρείτε την σχέση που πρέπει να συνδέει τις αποστάσεις  $r_1$  και  $r_2$  ώστε το σημείο Σ να εκτελεί ταλαντώσεις με πλάτος i) μέγιστο και ii) μηδέν.

γ. Να βρείτε τις εξισώσεις ταχύτητας – χρόνου και επιτάχυνσης – χρόνου για το σημείο Σ.

15. Να δώσετε ένα παράδειγμα δημιουργίας στάσιμου κύματος και να αναφέρεται τι χαρακτηριστικά πρέπει να έχουν δύο κύματα ώστε η συμβολή τους να δίνει στάσιμο κύμα. Τι ονομάζουμε δεσμούς και τι κοιλίες σε ένα στάσιμο κύμα;

16. Έστω ότι κατά μήκος ενός γραμμικού ελαστικού μέσου διαδίδονται προς αντίθετες διευθύνσεις δύο κύματα ίδιου πλάτους και συχνότητας με εξισώσεις:

$$y_1 = A \cdot \eta \mu 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \quad \text{και} \quad y_2 = A \cdot \eta \mu 2\pi \left( \frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right) \quad \text{αντίστοιχα.}$$

Τα κύματα συμβάλλουν και υποθέτουμε ότι στην θέση  $x=0$  έχουμε κοιλία:

α. Να βρείτε την εξίσωση της απομάκρυνσης με τον χρόνο για ένα τυχαίο σημείο του μέσου διάδοσης που βρίσκεται στην θέση  $x$  και να υπολογίσετε τις θέσεις των κοιλιών και των δεσμών.

β. Να βρείτε τις εξισώσεις ταχύτητας – χρόνου και επιτάχυνσης – χρόνου για οποιοδήποτε σημείο του στάσιμου κύματος.

17. Έστω ότι κατά μήκος ενός γραμμικού ελαστικού μέσου διαδίδονται προς αντίθετες διευθύνσεις δύο κύματα ίδιου πλάτους και συχνότητας με εξισώσεις:

$$y_1 = A \cdot \eta \mu 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} + \frac{1}{2} \right) \quad \text{και} \quad y_2 = A \cdot \eta \mu 2\pi \left( \frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right) \quad \text{αντίστοιχα.}$$

Τα κύματα συμβάλλουν. Μετά την συμβολή τους:

α. Να βρείτε την εξίσωση της απομάκρυνσης με τον χρόνο για ένα τυχαίο σημείο του μέσου διάδοσης που βρίσκεται στην θέση  $x$  και να υπολογίσετε τις θέσεις των κοιλιών και των δεσμών.

β. Να βρείτε τις εξισώσεις ταχύτητας – χρόνου και επιτάχυνσης – χρόνου για οποιοδήποτε σημείο του στάσιμου κύματος.

18. Ποιες είναι οι δυνατές διαφορές φάσης μεταξύ δύο σημείων ενός στάσιμου κύματος την ίδια χρονική στιγμή;

19. Ποιες είναι οι διαφορές μεταξύ ενός τρέχοντος και ενός στάσιμου κύματος;

20. Τι γνωρίζετε γενικά για το φαινόμενο Doppler;

21. Ακίνητη πηγή  $S$  ηχητικών κυμάτων, εκπέμπει κύματα συχνότητας  $f_s$  που διαδίδονται με ταχύτητα  $v$  ως προς το μέσο διάδοσης. Παρατηρητής  $A$  κινείται με ταχύτητα  $v_A$  ως προς το μέσο διάδοσης στην ευθεία  $A-S$ . Να αποδείξετε ότι η συχνότητα  $f_A$  που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής δίνεται, ανάλογα με το αν ο παρατηρητής πλησιάζει ή απομακρύνεται από την πηγή, από την σχέση:

$$f_A = \frac{v \pm v_A}{v} \cdot f_s$$

όπου  $+$  όταν ο παρατηρητής πλησιάζει στην πηγή και  $-$  όταν απομακρύνεται.

22. Κινούμενη πηγή  $S$  ηχητικών κυμάτων, κινείται με ταχύτητα  $v_s$  ως προς το μέσο διάδοσης στην ευθεία  $A-S$  προς ακίνητο παρατηρητή  $A$  και εκπέμπει κύματα συχνότητας  $f_s$  που διαδίδονται με ταχύτητα  $v$  ως προς το μέσο διάδοσης. Να αποδείξετε ότι η συχνότητα  $f_A$  που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής δίνεται, ανάλογα με το αν η πηγή πλησιάζει ή απομακρύνεται από τον παρατηρητή, από την σχέση:

$$f_A = \frac{v}{v \mp v_s} \cdot f_s$$

όπου  $-$  όταν πηγή πλησιάζει τον παρατηρητή και  $+$  όταν απομακρύνεται.

23. Κινούμενη πηγή  $S$  ηχητικών κυμάτων, κινείται με ταχύτητα  $v_s$  ως προς το μέσο διάδοσης στην ευθεία  $A-S$  προς κινούμενο παρατηρητή  $A$  ο οποίος έχει ταχύτητα  $v_A$  πάνω στην ίδια ευθεία και εκπέμπει κύματα συχνότητας  $f_s$  που διαδίδονται με ταχύτητα  $v$  ως προς το μέσο διάδοσης. Να αποδείξετε ότι η συχνότητα  $f_A$  που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής δίνεται, ανάλογα με το αν ο παρατηρητής και η πηγή πλησιάζουν ή απομακρύνονται σχετικά, από την σχέση:

$$f_A = \frac{v \pm v_A}{v \mp v_s} \cdot f_s$$

όπου  $-$  όταν πηγή πλησιάζει τον παρατηρητή και  $+$  όταν απομακρύνεται από αυτόν και  $+$  όταν ο παρατηρητής πλησιάζει στην πηγή και  $-$  όταν απομακρύνεται από αυτή.

## B. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ:

Στις ακόλουθες προτάσεις να απαντήσετε με σωστό (Σ) ή λάθος (Λ) και να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

24. Κατά μήκος γραμμικού ομογενούς ελαστικού μέσου το οποίο εκτείνεται στη διεύθυνση του  $x$ ' $x$  άξονα διαδίδεται εγκάρσιο αρμονικό κύμα, μήκους κύματος  $\lambda$ , κατά τη θετική κατεύθυνση. Θεωρούμε αρχή του άξονα το σημείο  $O$  του ελαστικού μέσου το οποίο τη χρονική στιγμή  $t=0$  αρχίζει να εκτελεί αμείωτη ταλάντωση με εξίσωση  $y=A\eta\mu\omega t$ .

Οι φάσεις της ταλάντωσης δύο σημείων  $M$  και  $N$  του ελαστικού μέσου, την ίδια χρονική

στιγμή, είναι  $\varphi_M = \frac{20\pi}{3}$  και  $\varphi_N = \frac{2\pi}{3}$  αντίστοιχα.

α. Η εξίσωση που περιγράφει το κύμα είναι  $y = A\eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right)$ .

β. Το κύμα διαδίδεται με κατεύθυνση από το σημείο Μ προς το σημείο Ν.

γ. Τα σημεία Μ, Ν απέχουν μεταξύ τους απόσταση η οποία είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του μήκους κύματος λ.

δ. Το στιγμιότυπο του μήκους κύματος δείχνει τη χωρική περιοδικότητα που παρουσιάζει το ελαστικό μέσο.

**25.** Κατά μήκος γραμμικού ομογενούς ελαστικού μέσου το οποίο εκτείνεται στη διεύθυνση του  $x$  άξονα διαδίδεται εγκάρσιο αρμονικό κύμα, μήκους κύματος λ, κατά τη αρνητική κατεύθυνση. Θεωρούμε αρχή του άξονα το σημείο Ο του ελαστικού μέσου το οποίο τη χρονική στιγμή  $t=0$  αρχίζει να εκτελεί αμείωτη ταλάντωση με εξίσωση  $y=A\eta\mu\omega t$ . Οι φάσεις της ταλάντωσης δύο σημείων Α και Β του ελαστικού μέσου, την ίδια χρονική

στιγμή, είναι  $\varphi_A = \frac{15\pi}{2}$  και  $\varphi_B = \frac{5\pi}{2}$  αντίστοιχα.

α. Η εξίσωση που περιγράφει το κύμα είναι  $y = A\eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right)$ .

β. Το κύμα διαδίδεται με κατεύθυνση από το σημείο Β προς το σημείο Α.

γ. Τα σημεία Α και Β απέχουν μεταξύ τους απόσταση η οποία είναι περιττό πολλαπλάσιο του  $\lambda/2$ .

δ. Στη γραφική παράσταση της εξίσωσης του κύματος  $y = A\eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{T} + \Lambda\right)$ , όπου  $\Lambda = x/\lambda = \text{σταθερό}$ , διαπιστώνουμε τη χρονική περιοδικότητα που παρουσιάζει η κίνηση ενός σημείου του ελαστικού μέσου.

**26.** Η πηγή ενός κύματος αρχίζει την χρονική στιγμή  $t=0$  να εκτελεί ταλάντωση και η εξίσωση του αρμονικού κύματος που παράγεται είναι:

$$y = 2\eta\mu 2\pi\left(10t - \frac{x}{2}\right) \quad (\text{S.I.})$$

i) Τη χρονική στιγμή  $t=(1/40)\text{s}$  το κύμα έχει διαδοθεί από την πηγή κατά 0,5 m.

ii) Η μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης των υλικών σημείων του μέσου είναι  $v_{\max}=4\pi\text{m/s}$ .

iii) Τη χρονική στιγμή  $t=\frac{1}{20}\text{s}$  το υλικό σημείο στη θέση  $x=+3\text{ m}$  έχει μέγιστη απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας του.

iv) Δύο υλικά σημεία που έχουν την ίδια στιγμή διαφορά φάσης  $\Delta\phi=\pi\text{ rad}$  απέχουν μεταξύ τους  $\Delta x=1\text{ m}$ .

**27.** Δύο πηγές κυμάτων βρίσκονται στα σημεία Κ και Λ της επιφάνειας υγρού και απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d=2\text{ m}$ . Η εξίσωση της ταλάντωσης που εκτελεί η κάθε πηγή είναι  $y=0,04\eta\mu 10\pi t$  (S.I.). Τα κύματα που δημιουργούν οι δύο πηγές διαδίδονται στην επιφάνεια ενός υγρού με ταχύτητα  $v=3\text{ m/s}$  και συμβάλλουν.

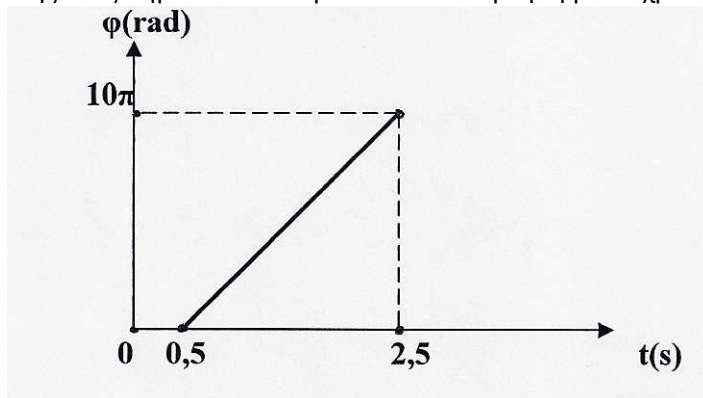
α. Ένα σημείο του ευθύγραμμου τμήματος ΚΛ που απέχει απόσταση 0,9 m από το Κ ταλαντώνεται με πλάτος 0,04 m.

β. Η εξίσωση ταλάντωσης του μέσου Μ του ευθύγραμμου τμήματος ΚΛ είναι της μορφής  $y=0,08\eta\mu(10\pi t - 10\pi/3)$  (S.I.).

γ. Υπάρχουν χρονικές στιγμές όπου όλα τα σημεία του ευθύγραμμου τμήματος ΚΛ είναι ακίνητα.

δ. Κατά μήκος του ευθύγραμμου τμήματος ΚΛ υπάρχουν 5 σημεία τα οποία παραμένουν συνεχώς ακίνητα.

28. Ένα αρμονικό κύμα διαδίδεται με ταχύτητα  $u=20 \text{ cm/s}$  σ' ένα γραμμικό ελαστικό μέσο που ταυτίζεται με το θετικό ημιάξονα  $Ox$ . Η αρχή  $O$  του άξονα ταλαντώνεται με εξίσωση  $y=A\cdot\eta\mu\omega t$ . Στο διάγραμμα που ακολουθεί παριστάνεται η φάση της ταλάντωσης ενός σημείου  $M$  του μέσου σε συνάρτηση με το χρόνο.



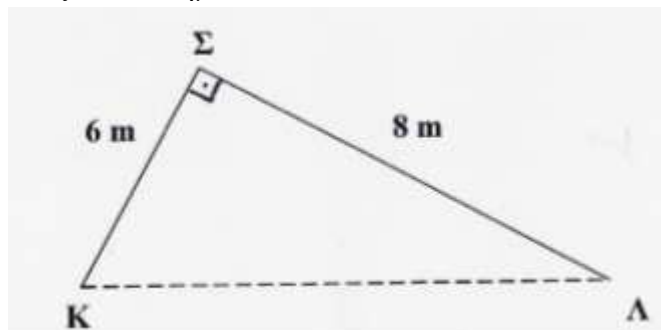
- Η γωνιακή συχνότητα του κύματος ισούται με  $5\pi \text{ rad/s}$ .
- Η απόσταση του σημείου  $M$  από την αρχή  $O$  του άξονα ισούται με  $20 \text{ cm}$ .
- Το μήκος κύματος του αρμονικού κύματος ισούται με  $8 \text{ cm}$ .
- Τη στιγμή που αρχίζει η ταλάντωση του σημείου  $M$ , το σημείο  $O$  ολοκληρώνει μία πλήρη ταλάντωση.

29. Δύο σύγχρονες πηγές δημιουργούν στην επιφάνεια ενός υγρού αρμονικά κύματα που έχουν πλάτος  $A=0,01 \text{ m}$  και μήκος κύματος  $\lambda=0,1 \text{ m}$ . Τα κύματα αυτά διαδίδονται με ταχύτητα  $u=2 \text{ m/s}$  και συμβάλλουν. Σε σημείο  $\Sigma$  της επιφάνειας του υγρού που απέχει από την πηγή  $\Pi_1$  απόσταση  $x_1=1 \text{ m}$  τα δύο κύματα φτάνουν με χρονική διαφορά  $\Delta t=0,5 \text{ s}$ .

- Το πλάτος της ταλάντωσης του σημείου  $\Sigma$  ισούται με  $0,01 \text{ m}$ .
- Η συχνότητα της ταλάντωσης του σημείου  $\Sigma$  ισούται με  $40 \text{ Hz}$ .
- Η φάση της ταλάντωσης του σημείου  $\Sigma$  μεταβάλλεται με ρυθμό  $40\pi \text{ rad/s}$ .
- Η εξίσωση της ταλάντωσης του σημείου  $\Sigma$  είναι  $y=0,02\cdot\eta\mu(40\pi t-60\pi)$  (S.I.)

30. Δύο σύγχρονες πηγές κυμάτων  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  βρίσκονται στα σημεία  $K$  και  $\Lambda$  της επιφάνειας ενός υγρού, ταλαντώνονται με μηδενική αρχική φάση και δημιουργούν κύματα ίδιου πλάτους και ίδιας συχνότητας. Το σημείο  $\Sigma$  της επιφάνειας του υγρού που φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα εκτελεί ταλάντωση εξαιτίας της συμβολής των δύο κυμάτων με εξίσωση:

$$y = -0,8\cdot\eta\mu 2\pi(5t - 17,5) \quad (\text{S.I.})$$



- Το μήκος κύματος των κυμάτων ισούται με  $\lambda=40 \text{ cm}$ .
- Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων στην επιφάνεια του υγρού ισούται με  $4 \text{ m/s}$ .
- Το πλάτος των κυμάτων που δημιουργούν οι δύο πηγές ισούται με  $0,4 \text{ m}$ .
- Στο ευθύγραμμο τμήμα  $KL$  υπάρχουν 4 σημεία ενισχυτικής συμβολής.

31. Σε γραμμικό ελαστικό μέσο δημιουργείται εγκάρσιο αρμονικό στάσιμο κύμα. Δύο σημεία Κ και Λ του ελαστικού μέσου, απέχουν το καθένα από τον ίδιο δεσμό, απόσταση ίση με  $\lambda/3$ .

- α. Τα σημεία Κ και Λ έχουν το ίδιο πλάτος ταλάντωσης.
- β. Τα σημεία Κ και Λ διέρχονται από την θέση ισορροπίας τους με την ίδια κατά μέτρο ταχύτητα.
- γ. Τα σημεία Κ και Λ έχουν κάθε χρονική στιγμή αντίθετες απομακρύνσεις.
- δ. Η διαφορά φάσης μεταξύ των σημείων Κ και Λ είναι ίση με  $2\pi/3$  rad.

32. Το φαινόμενο Doppler εμφανίζεται και στις περιπτώσεις που η ηχητική πηγή και ο παρατηρητής:

- α. κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση,
- β. κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις και πλησιάζουν μεταξύ τους,
- γ. είναι ακίνητοι,
- δ. κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις και απομακρύνονται μεταξύ τους.

33. α. Ένας κινούμενος παρατηρητής που πλησιάζει προς ακίνητη πηγή αρμονικού ήχου, ακούει ήχο οξύτερο από αυτόν που παράγει η πηγή.

β. Το μήκος κύματος του ήχου που αντιλαμβάνεται ένας ακίνητος παρατηρητής είναι το ίδιο, ανεξάρτητα από το αν η πηγή του ήχου πλησιάζει ή απομακρύνεται από αυτόν.

γ. Ένας παρατηρητής ακούει ήχο με συχνότητα μικρότερη από τη συχνότητα της πηγής, όταν η μεταξύ τους απόσταση αυξάνεται.

δ. Το φαινόμενο Doppler ισχύει μόνο για τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

**Στις ακόλουθες προτάσεις να διαλέξετε την σωστή απάντηση και να την δικαιολογήσετε:**

34. Ένα αρμονικό κύμα περιγράφεται από την εξίσωση  $y = A \cdot \eta \mu 2\pi \left( \frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right)$ . Αν η μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης των σημείων του ελαστικού μέσου στο οποίο διαδίδεται το κύμα είναι ίση με την ταχύτητα διάδοσης του κύματος, τότε το μήκος κύματος θα είναι:

- α.  $\lambda = 2\pi A$
- β.  $\lambda = A/2\pi$
- γ.  $\lambda = \pi A/3$
- δ.  $\lambda = \pi A/2$

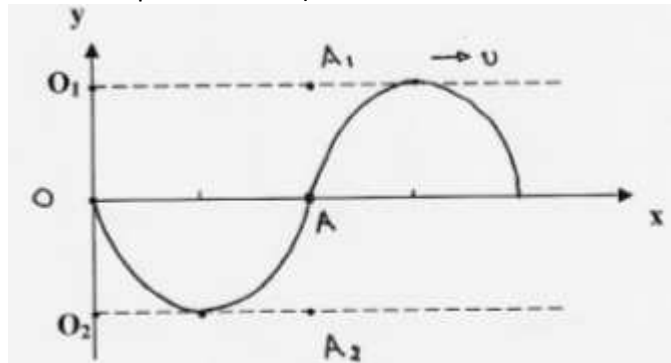
35. Πηγή αρμονικών κυμάτων βρίσκεται στην αρχή Ο του άξονα Οx και δημιουργεί κύματα σε γραμμικό ελαστικό μέσο το οποίο ταυτίζεται με τον ημιάξονα Οx. Η εξίσωση των αρμονικών κυμάτων είναι  $y = 0,5 \cdot \eta \mu 2\pi(20t - 2x)$  (S.I.). Διπλασιάζουμε την συχνότητα ταλάντωσης της πηγής χωρίς να μεταβάλλουμε το πλάτος της. Η εξίσωση των αρμονικών κυμάτων που δημιουργούνται στο ελαστικό μέσο μετά την μεταβολή της συχνότητας της πηγής είναι:

- α.  $y = 0,5 \cdot \eta \mu 2\pi(40t - 2x)$  (S.I.)
- β.  $y = 0,5 \cdot \eta \mu \pi(10t - 2x)$  (S.I.)
- γ.  $y = 0,5 \cdot \eta \mu(20\pi t - 2\pi x)$  (S.I.)
- δ.  $y = 0,5 \cdot \eta \mu 2\pi(40t - 4x)$  (S.I.)

36. Αρμονικό κύμα διαδίδεται κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου και οι φάσεις των ταλαντώσεων δύο υλικών σημείων Μ και Κ τη χρονική στιγμή  $t_1$  είναι  $\phi_M = (7\pi/4)$  rad και  $\phi_K$  αντίστοιχα. Τα δύο σημεία απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $d = (3\lambda/4)$  με το σημείο Κ να βρίσκεται πιο κοντά στην πηγή των κυμάτων. Η φάση της ταλάντωσης του σημείου Κ τη χρονική στιγμή  $t_1$  είναι ίση με:

- α.  $(\pi/4)$  rad
- β.  $(5\pi/2)$  rad
- γ.  $\pi$  rad
- δ.  $(13\pi/4)$  rad

37. Το ακόλουθο διάγραμμα παριστάνει το στιγμιότυπο ενός εγκάρσιου κύματος, που διαδίδεται με ταχύτητα  $υ$ , τη χρονική στιγμή  $t=T$ . Την αμέσως επόμενη χρονική στιγμή τα υλικά σημεία  $O$  και  $A$  του μέσου θα κινηθούν:



- α. το  $O$  προς το  $O_1$  και το  $A$  προς το  $A_1$ ,
- β. το  $O$  προς το  $O_2$  και το  $A$  προς το  $A_1$ ,
- γ. το  $O$  προς το  $O_1$  και το  $A$  προς το  $A_2$ ,
- δ. το  $O$  προς το  $A$  και το  $A$  προς το  $O$ .

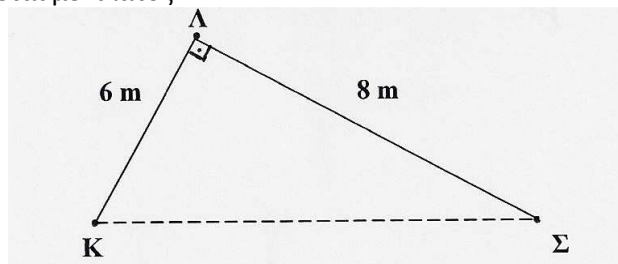
38. Η εξίσωση:

$$y = 0,02 \cdot \sin(4\pi x) \cdot \eta\mu(5\pi t) \quad (\text{S.I.})$$

περιγράφει ένα εγκάρσιο στάσιμο κύμα. Ο αριθμός των δεσμών που δημιουργούνται μεταξύ των σημείων  $K$  ( $x_K = -0,5 \text{ m}$ ) και  $\Lambda$  ( $x_\Lambda = +0,5 \text{ m}$ ) είναι ίσος με:

- α. 6
- β. 5
- γ. 4
- δ. 3

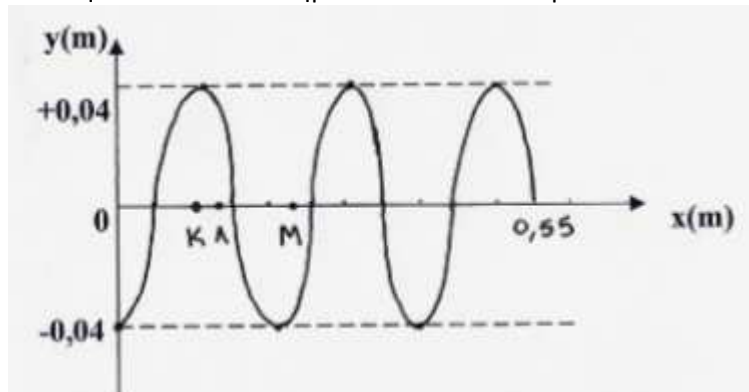
39. Στα σημεία  $K$  και  $\Lambda$  της επιφάνειας ενός υγρού βρίσκονται δύο σύγχρονες πηγές, οι οποίες δημιουργούν επιφανειακά κύματα ίδιου πλάτους και ίδιας συχνότητας. Το σημείο  $\Sigma$  ταλαντώνεται με πλάτος  $2A$ .



Το μήκος κύματος των κυμάτων μπορεί να είναι:

- α. 0,3 m
- β. 0,8 m
- γ. 1,2 m
- δ. 0,5 m

40. Στο ακόλουθο σχήμα φαίνεται το στιγμιότυπο ενός στάσιμου κύματος μία χρονική στιγμή κατά την οποία όλα τα σημεία του ελαστικού μέσου είναι ακίνητα.



α. Το μήκος κύματος των τρεχόντων κυμάτων που συμβάλλουν και δημιουργούν το στάσιμο κύμα είναι ίσο με 10 cm.

β. Το πλάτος των τρεχόντων κυμάτων που συμβάλλουν και δημιουργούν το στάσιμο κύμα είναι ίσο με 0,04 m.

γ. Η ενέργεια ταλάντωσης ενός υλικού σημείου μάζας  $m$  που βρίσκεται στη θέση  $K$  είναι μεγαλύτερη από την ενέργεια ταλάντωσης υλικού σημείου ίδιας μάζας που βρίσκεται στη θέση  $\Lambda$ .

δ. Τα σημεία  $K$ ,  $\Lambda$  και  $M$  είναι δυνατόν κάποια χρονική στιγμή κατά την διάρκεια της ταλάντωσής τους να έχουν την ίδια απομάκρυνση  $y$  με  $y \neq 0$ .

41. Σε γραμμικό ελαστικό μέσο που ταυτίζεται με τον άξονα  $x'Ox$  δημιουργείται στάσιμο κύμα με εξίσωση:

$$y = 4 \cdot \sigma \nu \nu (2\pi x) \cdot \eta \mu (10\pi t) \quad (S.I.)$$

Τα τρέχοντα κύματα που δημιουργούν το στάσιμο κύμα:

α. έχουν πλάτος ίσο με 4 m,

β. έχουν συχνότητα ίση με 5 Hz,

γ. διαδίδονται με ταχύτητα  $v=10$  m/s,

δ. εξαναγκάζουν το σημείο  $O$  να παραμένει συνεχώς ακίνητο.

42. Κατά μήκος ενός γραμμικού ελαστικού μέσου έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα. Το μήκος κύματος των κυμάτων που συμβάλλουν και δημιουργούν το στάσιμο κύμα είναι ίσο με  $\lambda$ . Μεταξύ δύο σημείων  $A$  και  $B$  του ελαστικού μέσου υπάρχουν τρεις δεσμοί. Η διαφορά φάσης των σημείων  $A$  και  $B$  είναι ίση με:

α.  $(\pi/2)$  rad

β.  $3\pi$  rad

γ.  $\pi$  rad

δ. μηδέν

43. Σε γραμμικό ελαστικό μέσο που ταυτίζεται με τον άξονα  $x'Ox$  έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα εξαιτίας της συμβολής δύο αρμονικών κυμάτων που έχουν μήκος κύματος  $\lambda=0,2$  m. Δύο σημεία  $K$  και  $\Lambda$  του ελαστικού μέσου που βρίσκονται στον θετικό ημιάξονα είναι κοιλίες και μεταξύ τους υπάρχουν πέντε δεσμοί. Αν το σημείο  $K$  βρίσκεται στη θέση  $x_1=+0,1$  m, τότε το υλικό σημείο  $\Lambda$  βρίσκεται στη θέση:

α.  $x_2=+0,3$  m

β.  $x_2=+0,5$  m

γ.  $x_2=+0,4$  m

δ.  $x_2=+0,6$  m

44. Ένας παρατηρητής κινείται με ταχύτητα ίση με το  $(1/10)$  της ταχύτητας του ήχου, στην ίδια ευθεία με μια ακίνητη ηχητική πηγή και απομακρύνεται από αυτή. Το πηλίκο της συχνότητας του ήχου που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής προς την συχνότητα

του ήχου που εκπέμπει η πηγή  $\left(\frac{f_A}{f_s}\right)$  ισούται με:

α.  $\frac{1}{10}$

β.  $\frac{10}{9}$

γ.  $\frac{9}{10}$

δ.  $\frac{19}{10}$

45. Μια ηχητική πηγή κινείται με σταθερή ταχύτητα  $v_s=34$  m/s στην ευθεία που διέρχεται από έναν ακίνητο παρατηρητή και απομακρύνεται από αυτόν. Η πηγή παράγει κύματα συχνότητας  $f_s=850$  Hz, τα οποία διαδίδονται στον αέρα με ταχύτητα μέτρου  $v=340$  m/s. Το μήκος κύματος των ηχητικών κυμάτων που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής ισούται με:

α. 0,4 m

β. 0,44 m

γ. 0,36 m

δ. 0,04 m



**ΘΕΜΑΤΑ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ**

**Θέματα Β (Κλειστού τύπου με δικαιολόγηση): Στις ακόλουθες προτάσεις να επιλέξετε την σωστή απάντηση και να την δικαιολογήσετε.**

**46.** Δύο σύμφωνες πηγές (1) και (2) δημιουργούν στην επιφάνεια υγρού εγκάρσια αρμονικά κύματα με πλάτος  $A$  και μήκος κύματος  $\lambda=4 \text{ cm}$ . Σημείο  $M$  της επιφάνειας του υγρού απέχει  $r_1 = 17 \text{ cm}$  από την πηγή (1) και  $r_2 = 9 \text{ cm}$  από την πηγή (2). Το πλάτος της ταλάντωσης στο σημείο  $M$  λόγω συμβολής είναι ίσο με

α. 0.

β.  $\sqrt{2}A$

γ.  $2A$

**47.** Δύο σύγχρονες σημειακές πηγές  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  δημιουργούν εγκάρσια αρμονικά κύματα πλάτους  $A$  και συχνότητας  $4 \text{ Hz}$ , τα οποία διαδίδονται στην επιφάνεια ενός υγρού με ταχύτητα  $20 \text{ cm/s}$ . Ένα σημείο που απέχει από τις δύο πηγές αποστάσεις  $r_1=17 \text{ cm}$  και  $r_2=12 \text{ cm}$  αντίστοιχα:

α. ταλαντώνεται με πλάτος  $A$ .

β. ταλαντώνεται με πλάτος  $2A$ .

γ. παραμένει ακίνητο.

**48.** Στην επιφάνεια υγρού συμβάλλουν δύο όμοια κύματα που δημιουργούνται από δύο σύγχρονες αρμονικές πηγές. Σε σημείο  $\Phi$  που απέχει από τις δύο πηγές αποστάσεις  $r_1$  και  $r_2$  έχουμε ενίσχυση όταν:

α.  $|r_1 - r_2| = (2N + \frac{1}{2})\lambda$

β.  $|r_1 - r_2| = N\lambda$

γ.  $|r_1 - r_2| = (2N + 1)\frac{\lambda}{2}$

όπου  $N = 0, 1, 2, \dots$ ,  $\lambda$  το μήκος κύματος.

**49.** Στην ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού δύο σύγχρονες πηγές αρμονικών κυμάτων εκτελούν κατακόρυφες ταλαντώσεις με συχνότητα  $f$  και δημιουργούν εγκάρσια κύματα ίδιου πλάτους  $A$ . Ένα σημείο  $\Sigma$  της επιφάνειας του υγρού ταλαντώνεται εξ αιτίας της συμβολής των δύο κυμάτων με πλάτος  $2A$ . Αν οι δύο πηγές εκτελέσουν ταλάντωση με συχνότητα  $2f$  και με το ίδιο πλάτος  $A$ , τότε το σημείο  $\Sigma$  θα:

α. θα ταλαντωθεί με πλάτος  $2A$ , β. θα ταλαντωθεί με πλάτος  $4A$ , γ. θα παραμείνει ακίνητο

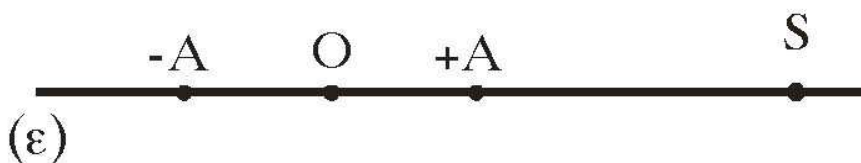
**50.** Ένα τρένο εκπέμπει ήχο και κατευθύνεται προς τούνελ που βρίσκεται σε κατακόρυφο βράχο. Ο ήχος που εκπέμπεται από το τρένο ανακλάται στο βράχο αυτό. Ένας παρατηρητής που βρίσκεται κοντά στις γραμμές και πίσω από το τρένο ακούει τον ήχο που προέρχεται από το τρένο με συχνότητα  $f_1$  και τον εξ' ανακλάσεως ήχο από το βράχο με συχνότητα  $f_2$ . Τότε ισχύει ότι:

α.  $f_1 < f_2$ ,

β.  $f_1 = f_2$ ,

γ.  $f_1 > f_2$ .

**51.** Σε σημείο ευθείας  $\epsilon$  βρίσκεται ακίνητη ηχητική πηγή  $S$  που εκπέμπει ήχο σταθερής συχνότητας. Πάνω στην ίδια ευθεία  $\epsilon$  παρατηρητής κινείται εκτελώντας απλή αρμονική ταλάντωση πλάτους  $A$ , όπως φαίνεται στο σχήμα.



Η συχνότητα του ήχου που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής θα είναι μέγιστη, όταν αυτός βρίσκεται:

- α. στη θέση ισοροπίας Ο της ταλάντωσής του κινούμενος προς την πηγή.
- β. σε τυχαία θέση της ταλάντωσής του απομακρυνόμενος από την πηγή.
- γ. σε μία από τις ακραίες θέσεις της απλής αρμονικής ταλάντωσης.

**52.** Μεταξύ δύο ακίνητων παρατηρητών Β και Α κινείται πηγή S με σταθερή ταχύτητα  $u_s$  πλησιάζοντας προς τον Α. Οι παρατηρητές και η πηγή βρίσκονται στην ίδια ευθεία. Η πηγή εκπέμπει ήχο μήκους κύματος  $\lambda$ , ενώ οι παρατηρητές Α και Β αντιλαμβάνονται μήκη κύματος  $\lambda_1$  και  $\lambda_2$  αντίστοιχα. Τότε για το μήκος κύματος του ήχου που εκπέμπει η πηγή θα ισχύει:

$$\alpha. \lambda = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} \quad \beta. \lambda = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{2} \quad \gamma. \lambda = \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

**53.** Πηγή ηχητικών κυμάτων κινείται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα μέτρου  $u_s = \frac{u}{10}$ , όπου  $u$  το μέτρο της ταχύτητας του ήχου στον αέρα. Ακίνητος παρατηρητής βρίσκεται στην ευθεία κίνησης της πηγής. Όταν η πηγή πλησιάζει τον παρατηρητή, αυτός αντιλαμβάνεται ήχο συχνότητας  $f_1$ , και όταν η πηγή απομακρύνεται απ' αυτόν, ο παρατηρητής αντιλαμβάνεται ήχο συχνότητας  $f_2$ . Ο λόγος  $f_1/f_2$  ισούται με:

- α. 9/11
- β. 11/10
- γ. 11/9

**54.** Ηχητική πηγή S εκπέμπει ήχο σταθερής συχνότητας  $f_s$ . Όταν η πηγή πλησιάζει με ταχύτητα μέτρου  $u$  ακίνητο παρατηρητή Α, κινούμενη στην ευθεία «πηγής-παρατηρητή», ο παρατηρητής Α αντιλαμβάνεται ήχο συχνότητας  $f_1$ . Όταν ο παρατηρητής Α, κινούμενος με ταχύτητα μέτρου  $u$ , πλησιάζει την ακίνητη πηγή S, κινούμενος στην ευθεία «πηγής-παρατηρητή», αντιλαμβάνεται ήχο συχνότητας  $f_2$ . Τότε είναι :

- α.  $f_1 > f_2$
- β.  $f_1 = f_2$
- γ.  $f_1 < f_2$

**55.** Μια ηχητική πηγή εκπέμπει ήχο σταθερής συχνότητας και κινείται με σταθερή ταχύτητα. Στην ευθεία που κινείται η πηγή βρίσκεται ακίνητος παρατηρητής. Η συχνότητα του ήχου που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής όταν τον έχει προσπεράσει είναι κατά 30% μικρότερη από τη συχνότητα που αντιλαμβανόταν, όταν τον πλησίαζε η πηγή. Αν η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι  $u$ , τότε η ταχύτητα της πηγής είναι:

- α.  $2u/17$
- β.  $3u/17$
- γ.  $4u/17$

**56.** Μια ηχητική πηγή κινείται με ταχύτητα  $U_s$  ίση με το μισό της ταχύτητας του ήχου, πάνω σε μια ευθεία  $\epsilon$  πλησιάζοντας ακίνητο παρατηρητή  $\Pi_1$  ενώ απομακρύνεται από άλλο ακίνητο παρατηρητή  $\Pi_2$ . Οι παρατηρητές βρίσκονται στην ίδια ευθεία με την ηχητική πηγή. Ο λόγος της συχνότητας του ήχου που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής  $\Pi_1$  προς την αντίστοιχη συχνότητα που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής  $\Pi_2$  είναι:

- α. 2
- β. 1
- γ. 3

**57.** Παρατηρητής Α κινείται προς την ηχητική πηγή S με ταχύτητα  $u_A$ , όπως φαίνεται στο σχήμα. Η ηχητική πηγή S κινείται ομόρροπα με τον παρατηρητή Α με ταχύτητα  $u_S = 2u_A$  και εκπέμπει ήχο συχνότητας  $f_s$ .

Η συχνότητα του ήχου που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής Α είναι:

- α. μικρότερη της  $f_s$
- β. ίση με την  $f_s$
- γ. μεγαλύτερη από την  $f_s$ .

