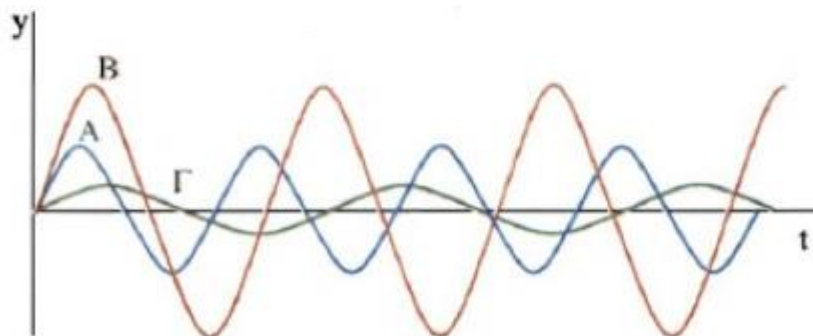


Μηχανικά κύματα

2.1 Η ταχύτητα ενός ηχητικού κύματος εξαρτάται

- α) από τη συχνότητα του ήχου.
- β) από την ένταση του ήχου.
- γ) από το υλικό στο οποίο διαδίδεται το κύμα.
- δ) από το μήκος κύματος. Επιλέξτε τη σωστή πρόταση.

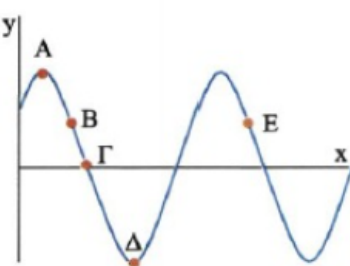
2.2 Τρεις πηγές Α, Β και Γ δημιουργούν ηχητικά κύματα στον αέρα. Το σχήμα 2.44 παριστάνει γραφικά την ταλάντωση των τριών πηγών σε συνάρτηση με το χρόνο.



- α) Ποιο κύμα έχει μεγαλύτερο πλάτος;
- β) Ποιο κύμα έχει μεγαλύτερο μήκος κύματος;

2.3 Το σχήμα 2.45 παριστάνει το στιγμιότυπο ενός αρμονικού κύματος τη χρονική στιγμή t

- 1) Ποιο από τα σημεία Α, Β, Γ έχει αυτή τη στιγμή
 - α) μεγαλύτερη ταχύτητα κατά την ταλάντωση του;
 - β) μεγαλύτερη επιτάχυνση;
- 2) Επιλέξτε από τα Α, Β, Γ, Δ και Ε δύο σημεία
 - α) που οι φάσεις τους διαφέρουν κατά π.
 - β) που οι φάσεις τους διαφέρουν κατά 2π.
 - γ) που απέχουν απόσταση λ.



Σχ. 2.45

2.4 Κατά μήκος δύο ομοίων χορδών 1 και 2, διαδίδονται δύο εγκάρσια αρμονικά κύματα. Το κύμα στη χορδή 1 έχει διπλάσια συχνότητα και το μισό πλάτος από το κύμα στη χορδή 2. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές;

- α) Η ταχύτητα διάδοσης των δύο κυμάτων στις δύο χορδές είναι ίδια.
- β) Το μήκος κύματος στη χορδή 2 είναι διπλάσιο από το μήκος κύματος στη χορδή 1.
- γ) Η μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης είναι μεγαλύτερη στα σωματίδια της χορδής 1.
- δ) Η μέγιστη επιτάχυνση ταλάντωσης είναι μεγαλύτερη στα σωματίδια της χορδής 1.

2.5 Οι εξισώσεις που ακολουθούν περιγράφουν τρία εγκάρσια αρμονικά κύματα που διαδίδονται σε διαφορετικά μέσα.

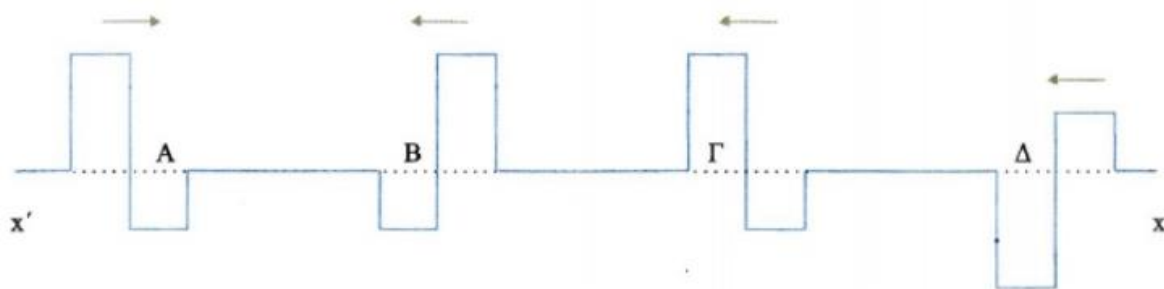
- α) $y = 10^{-2} \eta\mu 2\pi(2t - 4x)$
- β) $y = 5 \times 10^{-3} \eta\mu 2\pi(4t - 2x)$
- γ) $y = 2 \times 10^{-2} \eta\mu 2\pi(2t - 3x)$

Τα μεγέθη είναι μετρούμενα στο SI.

- 1. Ποιο κύμα διαδίδεται με μεγαλύτερη ταχύτητα;
- 2. Σε ποια περίπτωση τα μόρια του μέσου ταλαντώνονται με μεγαλύτερη μέγιστη ταχύτητα;

Συμβολή - στάσιμα κύματα

2.6 Στο σχήμα 2.46 φαίνονται οι κυματικοί παλμοί Α, Β, Γ και Δ που διαδίδονται στο ίδιο υλικό κατά τη διεύθυνση x'x.



Σχ. 2.46

Με ποιον από τους παλμούς Β, Γ και Δ πρέπει να συναντηθεί ο παλμός Α ώστε να έχουμε απόσβεση.

2.7 Ποιες πηγές ονομάζονται σύγχρονες;

2.8 Συμπληρώστε τα κενά:

Στάσιμο κύμα ονομάζεται το αποτέλεσμα της συμβολής δύο κυμάτων με ίδιο πλάτος και ίδια συχνότητα που διαδίδονται στο ελαστικό μέσο σε..... κατευθύνσεις. Το στάσιμο κύμα δεν είναι κύμα αλλά μια ιδιόμορφη ταλάντωση του μέσου. Κατά τη δημιουργία ενός στάσιμου κύματος σε ένα υλικό υπάρχουν σημεία που.....και ονομάζονται δεσμοί και σημεία που ταλαντώνονται με.....και ονομάζονται.....Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών είναι.....

2.9 Οι εξισώσεις

α) $y = 5 \sin 4\pi x \mu 10t$

β) $y = 2 \sin 2\pi x \mu 20t$

γ) $y = 1 \sin 8\pi x \mu 5t$

περιγράφουν στάσιμα κύματα. Τα x και y είναι μετρημένα σε cm και το t σε s.

1) Σε ποιο από τα τρία, η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών είναι μεγαλύτερη;

2) Σε ποια από τις περιπτώσεις αυτές η μέγιστη ταχύτητα των σωματιδίων που βρίσκονται στις κοιλίες έχει μεγαλύτερη τιμή;

2.10 Δύο σύγχρονες σημειακές πηγές 1 και 2 δημιουργούν στο ίδιο υλικό εγκάρσια κύματα με μήκος κύματος $\lambda=3\text{cm}$. Τα σημεία Α, Β και Γ απέχουν από τις δύο πηγές: Το Α, $d_1=18\text{cm}$, και $d_2=16\text{cm}$. Το Β, $r_1=19,5\text{cm}$ και $r_2=16,2\text{cm}$ και το Γ, $l_1=20\text{cm}$ και $l_2=15,5\text{cm}$.

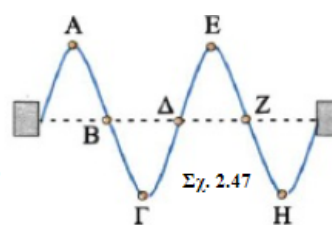
Με το δείκτη 1 συμβολίζονται οι αποστάσεις τους από την πηγή 1 και με το δείκτη 2 οι αποστάσεις από την πηγή 2.

α) Εκτελεί κάποιο από τα σημεία ταλάντωση με μέγιστο πλάτος;

β) Παραμένει κάποιο από αυτά διαρκώς ακίνητο;

2.11 Το σχήμα 2.47 παριστάνει ένα στιγμιότυπο ενός στάσιμου κύματος που έχει δημιουργηθεί σε μια χορδή.

- α) Ποια σημεία στο σχήμα αντιστοιχούν σε δεσμούς και ποια σε κοιλίες;
 β) Πόσο διαφέρουν οι φάσεις των σημείων Α και Γ;
 γ) Πόσο διαφέρουν οι φάσεις των σημείων Α και Ε;
 δ) Αν το μήκος κύματος των κυμάτων από τα οποία δημιουργήθηκε το στάσιμο είναι λ , ποια η οριζόντια απόσταση των σημείων Α και Β;



2.12 Σε ένα στάσιμο κύμα, τα σημεία που βρίσκονται μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών έχουν

- α) την ίδια φάση.
 β) φάσεις που διαφέρουν κατά $\pi/2$.
 γ) φάσεις που διαφέρουν κατά π .
 δ) φάσεις που διαφέρουν κατά 2π .
 Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Μηχανικά κύματα

2.29 Ένα αρμονικό κύμα διαδίδεται κατά μήκος μιας χορδής. Ο χρόνος που χρειάζεται ένα σημείο της χορδής για να μετατοπιστεί από τη θέση μέγιστης απομάκρυνσης στη θέση ισορροπίας του είναι 0,15 s. Ποια είναι η συχνότητα του κύματος; Αν το μήκος κύματος είναι $\lambda = 1,2$ m ποια είναι η ταχύτητα διάδοσης του κύματος;

[Απ: 10/6 Hz , 2 m/s]

2.30 Η εξίσωση ενός γραμμικού αρμονικού κύματος είναι

$y = 3 \times 10^{-2} \eta \mu(1320t - 4x)$. Να υπολογίσετε:

- α) το μήκος κύματος (λ).
 β) την ταχύτητα του κύματος v .
 γ) τη μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης των σημείων του ελαστικού μέσου.
 δ) την απόσταση μεταξύ δύο σημείων του ελαστικού μέσου τα οποία παρουσιάζουν διαφορά φάσης 120° .

[Απ: 1,57 m, 330 m/s, 39,6 m/s, 0,523 m]

2.31 Η πηγή κυμάτων Ο αρχίζει τη χρονική στιγμή μηδέν να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση πλάτους $A = 10$ cm και συχνότητας $f = 0,25$ Hz. Το κύμα που δημιουργεί διαδίδεται κατά μήκος γραμμικού ομογενούς ελαστικού μέσου με ταχύτητα $v = 3$ m/s. Να υπολογίσετε:

- α) μετά από πόσο χρόνο θα αρχίσει να κινείται κάποιο σημείο Β του μέσου, που απέχει $x = 60$ m από την πηγή Ο.
 β) την απομάκρυνση του σημείου Β, από τη θέση ισορροπίας του, τη στιγμή $t = 21,5$ s.

[Απ: 20s, $5\sqrt{2}$ cm]

Στάσιμο κύμα

2.32 Ένα στάσιμο κύμα περιγράφεται από την εξίσωση:

$y = 0,5 \text{ συν} \frac{\pi x}{3} \eta \mu 40\pi t$ όπου τα x και y είναι σε cm και το t σε s.

α) Να γράψετε τις εξισώσεις των δύο κυμάτων που συμβάλλουν για να δημιουργήσουν το στάσιμο κύμα.

β) Πόσο απέχουν δύο διαδοχικοί δεσμοί;

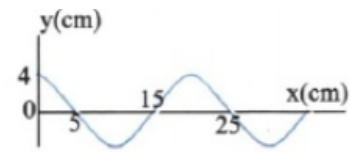
γ) Τι ταχύτητα έχει τη χρονική στιγμή $t = 9/8$ s ένα σημείο του μέσου το οποίο απέχει 1cm από τη θέση $x = 0$;

δ) Με τι ταχύτητα διαδίδονται τα κύματα που δημιουργούν το στάσιμο;

[Απ: $y_1 = 0,25 \eta\mu 2\pi(20t - \frac{x}{6})$, $y_2 = 0,25 \eta\mu 2\pi(20t + \frac{x}{6})$, 3cm, -31,4cm/s,

1,2m/s]

2.33 Στο σχήμα απεικονίζεται το στιγμιότυπο ενός στάσιμου κύματος, κάποια στιγμή κατά την οποία όλα τα σημεία του ελαστικού μέσου έχουν μηδενική ταχύτητα. Τα κύματα που συμβάλλουν για να δώσουν το στάσιμο κύμα έχουν περίοδο $T = 2$ s.



Σχ. 2.53

α) Να σχεδιάσετε τα στιγμιότυπα του στάσιμου κύματος μετά από 0,5 s και μετά από 1 s.

β) Να υπολογίσετε το πλάτος της ταλάντωσης ενός σημείου που βρίσκεται στη θέση $x = 12,5$ cm.

[Απ: $2\sqrt{2}$ cm]

2.34 Διαπασών συχνότητας 340 Hz ηχεί μπροστά σε λείο κατακόρυφο τοίχο. Ανάμεσα στο διαπασών και στον τοίχο, στην ευθεία που είναι κάθετη στον τοίχο, μετακινείται ευαίσθητος δέκτης. Παρατηρούμε ότι σε δύο διαδοχικές θέσεις του δέκτη, που απέχουν μεταξύ τους 0,5 m, η ένδειξή του μηδενίζεται.

α) Ποια είναι η ταχύτητα διάδοσης του ήχου; Αντικαθιστούμε το διαπασών με άλλο άγνωστης συχνότητας.

β) Διαπιστώνουμε δύο διαδοχικά μέγιστα έντασης σε θέσεις που απέχουν μεταξύ τους 0,2 m. Ποια είναι η συχνότητα του δεύτερου διαπασών;

[Απ: 340m/s, 850Hz]

2.35 Δύο κύματα διαδίδονται ταυτόχρονα κατά μήκος του ίδιου σχοινιού.

Οι εξισώσεις των κυμάτων είναι:

$y_1 = 5\eta\mu\pi(5t - x)$ και $y_2 = 5\eta\mu\pi(5t + x)$ όπου τα y και x είναι μετρημένα σε cm και το t σε s.

α) Υπολογίστε την ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων.

β) Βρείτε τη θέση τριών σημείων του σχοινιού τα οποία παραμένουν ακίνητα και τριών σημείων των οποίων το πλάτος της ταλάντωσης είναι μέγιστο.

γ) Ποιο είναι το μέγιστο πλάτος της ταλάντωσης;

[Απ: α) 5cm/s β) 0,1cm, 2cm, ...και 0,5cm, 1,5cm, 2,5cm,... γ) 10cm]

2.36 Δύο κύματα ίδιου πλάτους, συχνότητας 60Hz, διαδίδονται αντίθετα σε χορδή της οποίας τα άκρα είναι στερεωμένα σε ακλόνητα σημεία. Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων είναι 120m/s. Το στάσιμο κύμα που δημιουργείται στη χορδή έχει τρεις δεσμούς. Βρείτε το μήκος της χορδής.

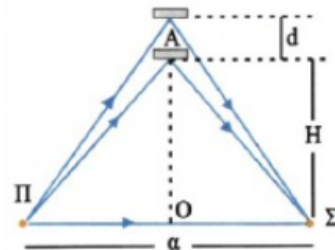
[Απ: 2m]

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

2.46 Δύο σύγχρονες πηγές Π_1 και Π_2 δημιουργούν στην επιφάνεια ενός υγρού κύματα, με πλάτος $A=3$ mm και περίοδο $T = 0,4$ s. Η ταχύτητα των κυμάτων είναι $v = 5$ m/s. Ένα μικρό κομμάτι φελλού βρίσκεται σε κάποιο σημείο της επιφάνειας, σε αποστάσεις $r_1 = 6$ m και $r_2 = 5,5$ m από τις πηγές. Η κίνηση του φελλού είναι αποτέλεσμα της συμβολής των δύο κυμάτων. Να περιγράψετε την κίνηση του.

[Απ : απλή αρμονική ταλάντωση, με πλάτος $A' = 3\sqrt{2}$ mm και περίοδο 0,4s]

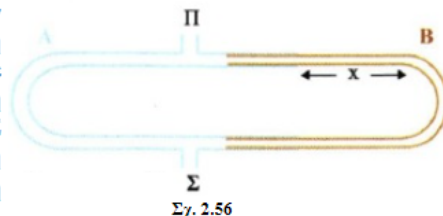
2.47 Σε κάποιο σημείο στην επιφάνεια ενός υγρού δημιουργούμε κύματα με την πηγή Π. Στο σημείο Σ της επιφάνειας, σε απόσταση a από την πηγή, τα κύματα μπορούν να φτάσουν ή απευθείας (ακολουθώντας τη διαδρομή ΠΣ) ή αφού ανακλαστούν στον ανακλαστήρα Α που βρίσκεται στην επιφάνεια του υγρού και πάνω στη μεσοκάθετο του τμήματος ΠΣ. Αν μετακινήσουμε τον ανακλαστήρα παρατηρούμε ότι όταν απέχει απόσταση H από το O , το σημείο Σ παραμένει συνέχεια ακίνητο, ενώ, για πρώτη φορά, κάνει ταλάντωση με μέγιστο πλάτος, όταν ο ανακλαστήρας μετακινείται κατά d . Να βρείτε το μήκος λ του κύματος.



Σχ. 2.56

[Απ: $2\sqrt{4(H+d)^2 + a^2} - 2\sqrt{4H^2 + a^2}$]

2.51 Η διάταξη του σχήματος 2.59 αποτελείται από δύο σωλήνες Α και Β. Ο σωλήνας Β μπορεί να μετακινείται. Με τον τρόπο αυτό μεταβάλλεται το μήκος χ . Μια ηχητική πηγή Π δημιουργεί στο ανοιχτό άκρο του σωλήνα ήχο συχνότητας 1,25 kHz . Στο άλλο άκρο (Σ) του σωλήνα φτάνουν ταυτόχρονα δύο ηχητικά κύματα. Τα κύματα δημιουργούνται από την πηγή και διαδίδονται μέσω του αέρα στους σωλήνες Α και Β. Όταν μετακινούμε το σωλήνα Β (μεταβάλλεται τότε η απόσταση x) παρατηρούμε ότι η ένταση του ήχου στο σημείο Σ αυξομειώνεται. Η ένταση του ήχου στο σημείο Σ είναι μηδέν όταν η απόσταση x είναι $x_0 = 0,408$ m. Ποια είναι η επόμενη τιμή της απόστασης x ($x > 0,408$ m) για την οποία μηδενίζεται ξανά η ένταση του ήχου; Δίνεται η ταχύτητα του ήχου στον αέρα $v = 340$ m/s.
[Απ: 0,544 m]



Σχ. 2.56

2.53 Το άκρο Ο, γραμμικού ομογενούς ελαστικού μέσου που εκτείνεται κατά τη διεύθυνση του ημιάξονα Οχ αρχίζει, τη χρονική στιγμή $t = 0$, να ταλαντώνεται σύμφωνα με την εξίσωση:

$$y = 5\eta\mu 10\pi t. \text{ (το } y \text{ σε cm το } t \text{ σε s)}$$

Η ταλάντωση του σημείου Ο διαδίδεται στο μέσο με ταχύτητα $v=20$ cm/s.

α) Να γράψετε την εξίσωση του κύματος.

β) Να παραστήσετε γραφικά τις φάσεις των σημείων του μέσου στο οποίο διαδίδεται το κύμα σε συνάρτηση με την απόσταση(χ) από την πηγή Ο, τη χρονική στιγμή $t_1 = 1$ s.

γ) Να σχεδιάσετε το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή t_1

[Απ: $y = 5\eta\mu 2\pi(5t - \frac{x}{4})$.(τα x, y σε cm το t σε s)

2.54 Σε γραμμικό ελαστικό μέσον που εκτείνεται κατά μήκος του άξονα $x'x$ έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα που περιγράφεται από την εξίσωση $y=8\sigma\eta\mu\frac{\pi x}{2}\eta\mu 10\pi t$.(τα x, y σε cm το t σε s)

α) Ποια είναι η ταχύτητα των κυμάτων η συμβολή των οποίων έδωσε αυτό το στάσιμο κύμα;

β) Ποια είναι, τη χρονική στιγμή $t=1/40$ s, η απομάκρυνση και η ταχύτητα του σημείου Μ του υλικού που βρίσκεται στη θέση $x_M = 0,5$ cm;

γ) Πόσοι δεσμοί υπάρχουν μεταξύ των σημείων Α και Β του υλικού που βρίσκονται στις θέσεις $x_A=-4$ cm και $x_B=10$ cm;

[Απ: α)20cm/s, $y_M=4$ cm $v_M=40\pi$ cm/s γ) επτά]