

Κύματα. Ερωτήσεις θεωρίας

- 1) Τι ονομάζεται μηχανικό κύμα; Να περιγράψετε το μηχανισμό διάδοσής του.
- 2) Τι χρειάζεται για να δημιουργηθεί και να διαδοθεί ένα μηχανικό κύμα; Διαδίδονται τα μηχανικά κύματα στο κενό; Να αναφέρετε μερικά παραδείγματα μηχανικών κυμάτων.
- 3) Μεταφέρεται ύλη κατά τη διάδοση ενός μηχανικού κύματος; Τι άλλο μεταφέρεται; Αφού η διάδοση του κύματος γίνεται μέσω της κίνησης των μορίων, αυτό δεν σημαίνει ότι μεταφέρεται ύλη;
- 4) Τι είναι η ταχύτητα διάδοσης ενός κύματος; Λέγοντας «ταχύτητα διάδοσης του κύματος» εννοούμε την ταχύτητα με την οποία κινούνται τα μόρια του μέσου; Πως μεταβάλλεται με το χρόνο η ταχύτητα διάδοσης;
- 5) Από τι εξαρτάται η ταχύτητα διάδοσης ενός μηχανικού κύματος; Ένα ισχυρός κυματισμός διαδίδεται στο ίδιο μέσο με διαφορετική ταχύτητα από ότι ένας ασθενής; Σε ποια υλικά διαδίδονται τα μηχανικά κύματα με μεγαλύτερη ταχύτητα: στα στερεά, στα υγρά ή στα αέρια;
- 6) Τι είναι τα εγκάρσια κύματα και τι τα διαμήκη; Πού διαδίδεται το κάθε είδος; Να αναφέρετε από ένα παράδειγμα. Σε ποια από τις δύο κατηγορίες μπορούμε να κατατάξουμε τα κύματα που διαδίδονται στην επιφάνεια των υγρών;
- 7) Κατά τη δική σας εκτίμηση, στο ίδιο μέσο ποια κύματα διαδίδονται ταχύτερα: τα εγκάρσια ή τα διαμήκη;
- 8) Πώς προκύπτει ένα περιοδικό κύμα; Πότε είναι ένα περιοδικό κύμα ημιτονοειδές (ή αρμονικό); Πώς μπορούμε με τη βοήθεια των μαθηματικών να μελετήσουμε οποιαδήποτε κυματική διαταραχή, όσο πολύπλοκη κι αν είναι;
- 9) Στη συνέχεια λέγοντας για ευκολία «κύμα» θα εννοούμε το ημιτονοειδές μηχανικό (τρέχον) κύμα. Τι είδους ταλάντωση εκτελούν τα μόρια του μέσου κατά τη διάδοση ενός τέτοιου κύματος, με ποια συχνότητα και γιατί;
- 10) Ας υποθέσουμε ότι μια σημειακή πηγή παράγει κύμα που διαδίδεται σε κάποιο (ομογενές και ισότροπο) μέσο. Αν το κύμα διαδίδεται σε μία διάσταση (π.χ. κατά μήκος τεντωμένου σκοινιού) τότε ονομάζεται γραμμικό. Σε δύο διαστάσεις (π.χ. στην επιφάνεια υγρού), επιφανειακό και, σε τρεις διαστάσεις, κύμα χώρου (π.χ. τα ηχητικά κύματα στον αέρα). Τι ονομάζουμε μέτωπο του κύματος και ποια μορφή εκτιμάτε ότι έχει το μέτωπο σε κάθε μία από τις τρεις αυτές περιπτώσεις;
- 11) Ας υποθέσουμε ότι κατά τη διάδοση του κύματος δεν υπάρχουν απώλειες ενέργειας σε θερμότητα. Σε ποια από τις τρεις προηγούμενες περιπτώσεις εκτιμάτε ότι μπορεί να διαδίδεται το κύμα χωρίς να εξασθενεί με την απόσταση (χωρίς δηλαδή να μικραίνει το πλάτος ταλάντωσης των μορίων του μέσου όσο πιο μακριά βρίσκονται από την πηγή); Σε ποια περίπτωση εκτιμάτε επίσης ότι η εξασθένηση αυτή είναι πιο σύντομη;

- 12) Τι είναι η περίοδος του κύματος και τι η συχνότητα; Εξαρτώνται από το μέσο διάδοσης;
- 13) Στιγμιότυπο κύματος είναι η απεικόνιση των θέσεων όλων των μορίων του μέσου μια δεδομένη στιγμή (μια «φωτογραφία» του κύματος). Ή αλλιώς, η *κυματική εικόνα* τη δεδομένη στιγμή. Με τη βοήθεια της κυματικής εικόνας, να δώσετε έναν εναλλακτικό ορισμό για την περίοδο του κύματος.
- 14) Παρατηρώντας ένα στιγμιότυπο εγκάρσιου κύματος, βλέπουμε ότι υπάρχουν *όρη* (*κορυφές*) και *κοιλιάδες*, που εναλλάσσονται διαδοχικά. Τι είναι αυτά τα όρη και οι κοιλιάδες και πώς δημιουργούνται; Συμβαίνει και με τα διαμήκη κύματα το ίδιο; Αν όχι, τι ακριβώς συμβαίνει;
- 15) Ας υποθέσουμε ότι ηχητικό κύμα διαδίδεται στον αέρα. Θα πρόκειται βέβαια για διάμηκες κύμα, αλλά τα πυκνώματα και τα αραιώματα δεν είναι τώρα ορατά. Το αυτί μας όμως, ή ένα μικρόφωνο «αντιλαμβάνεται» τον ήχο αυτό. Μέσω ποιιάς φυσικής ιδιότητας του αέρα γίνεται αντιληπτός ο ήχος; Πώς σχετίζεται αυτή η ιδιότητα με τα πυκνώματα και τα αραιώματα;
- 16) Πώς σχετίζεται η συχνότητα του κύματος με τις κορυφές (στο εγκάρσιο) ή με τα πυκνώματα (στο διάμηκες κύμα);
- 17) Τι είναι το μήκος κύματος; Αν αυξήσουμε τη συχνότητα της πηγής πώς θα επηρεαστεί (στο ίδιο μέσο) το μήκος κύματος; Αν το κύμα αυτό περάσει σε διαφορετικό μέσο θα αλλάξει η συχνότητά του και το μήκος κύματος;
- 18) Να αποδείξετε τη σχέση που συνδέει το μήκος κύματος σε κάποιο μέσο με τη συχνότητα του κύματος και την ταχύτητα διάδοσής του στο μέσο αυτό (θεμελιώδης εξίσωση της κυματικής).
- 19) Κατά τη διάδοση κύματος σε κάποιο μέσο, τα σημεία του μέσου εκτελούν όπως είπαμε αρμονικές ταλαντώσεις. Οι ταλαντώσεις αυτές έχουν όλες την ίδια φάση ή διαφορετικές φάσεις; Πως το αντιλαμβανόμαστε στην πράξη αυτό; Να δώσετε ποιοτική εξήγηση.
- 20) Στη συνέχεια θα ασχοληθούμε με γραμμικά αρμονικά κύματα (διάδοση σε μία διάσταση). Τι έχετε να παρατηρήσετε για τις κινήσεις δύο σημείων του μέσου που η απόστασή τους είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του μήκους κύματος; Μπορείτε με τη βοήθεια της παρατήρησης αυτής να δώσετε έναν εναλλακτικό ορισμό για το μήκος κύματος;
- 21) Να δείξετε πώς προκύπτει η εξίσωση του τρέχοντος κύματος. Να την γράψετε σε όσες διαφορετικές μορφές μπορείτε. Τι μας δίνει η εξίσωση του κύματος; Τι ονομάζεται πλάτος του κύματος;
- 22) Ένα κύμα διαδίδεται κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου κατά τη θετική φορά και περιγράφεται από την εξίσωση $y = A \cdot \eta \mu(\omega t - 2\pi x / \lambda)$. Ας υποθέσουμε ότι το σημείο O του μέσου που βρίσκεται στη θέση $x = 0$ είναι η πηγή του κύματος που εκτελεί ταλάντωση με εξίσωση $y_0 = A \cdot \eta \mu(\omega t)$ με $t \geq 0$ και ότι το κύμα διαδίδεται μόνο κατά τη θετική φορά, ισχύει δηλαδή $x \geq 0$. Ποια είναι η φάση τυχαίου σημείου M του μέσου που βρίσκεται στη θέση x ; Τι εκφράζει η παράσταση $2\pi x / \lambda$;
- 23) Ας θεωρήσουμε δύο σημεία A, B του προηγούμενου κύματος σε θέσεις x_1, x_2 . Ποιο από τα δύο έχει, την ίδια στιγμή, μεγαλύτερη φάση; Αν γνωρίζετε ότι το A βρίσκεται πιο κοντά στην πηγή, να υπολογίσετε

τη διαφορά φάσης $\Delta\Phi_{21}$ του B ως προς το A.

- 24) Η διαφορά φάσης δύο σημείων του μέσου κατά τη διάδοση ενός κύματος, οποιαδήποτε χρονική στιγμή, είναι $\Delta\Phi_{21}=2\pi d/\lambda$ όπου d η μεταξύ τους απόσταση. Πότε λέμε ότι τα δύο αυτά σημεία βρίσκονται σε συμφωνία φάσης και πότε σε αντίθεση φάσης; Πόσο απέχουν δύο τέτοια σημεία; Ποια είναι η μικρότερη δυνατή απόσταση μεταξύ δύο συμφασικών ή αντιφασικών σημείων;
- 25) Από τι εξαρτάται η φάση ενός σημείου του τρέχοντος κύματος; Δύο σημεία A, B του μέσου βρίσκονται πάνω στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος και απέχουν απόσταση d . Αν η φάση Φ_A παίρνει ίδιες τιμές με τη φάση Φ_B με καθυστέρηση χρόνου $\Delta t=0,75T$ (T η περίοδος του κύματος), να βρείτε (α) πόσο απέχουν τα δύο σημεία και (β) προς ποια κατεύθυνση διαδίδεται το κύμα ($A \rightarrow B$ ή $B \rightarrow A$).
- 26) Τι είναι αυτό που προκύπτει από την εξίσωση του κύματος, αν θεωρήσουμε (α) μια δεδομένη χρονική στιγμή $t=t_1=\sigma t\theta$, ή (β) μια ορισμένη θέση πάνω στη διεύθυνση διάδοσης, $x=x_1=\sigma t\theta$;
- 27) Ένα κύμα διαδίδεται κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου κατά τη θετική φορά, έστω προς τα δεξιά, με μήκος κύματος λ . Τη στιγμή που το κύμα έφτασε στο σημείο O του μέσου που βρίσκεται στη θέση $x=0$ μηδενίσαμε το χρονόμετρο και άρχισε η μέτρηση του χρόνου. Η ταλάντωση του σημείου O περιγράφεται επομένως από την εξίσωση $y_o=A\cdot\eta\mu(\omega t)$. Να γράψετε την εξίσωση της ταλάντωσης δύο τυχαίων σημείων M και N που το πρώτο βρίσκεται δεξιά από το O ($x>0$) και το δεύτερο αριστερά ($x<0$). Τι συμπέρασμα βγάζετε; Υπάρχουν σημεία του μέσου με φάση μεγαλύτερη από τη φάση ωt του σημείου O; Αν κάποιο σημείο A αρχίσει να ταλαντώνεται τη στιγμή $t=2\text{sec}$, μπορείτε να συμπεράνετε αν το σημείο αυτό βρίσκεται δεξιά ή αριστερά από το O; Ποια στιγμή άρχισε να κινείται το συμμετρικό σημείο A' του A ως προς O; Έχουν ίδια φάση τα συμμετρικά ως προς το O σημεία A και A';
- 28) Τι θα άλλαζε στην εξίσωση του προηγούμενου κύματος αν η διάδοσή του γινόταν κατά την αρνητική φορά του άξονα;
- 29) Ας υποθέσουμε τώρα πάλι ότι το σημείο O που βρίσκεται στην αρχή ($x=0$) του προσανατολισμένου άξονα $x'x$ είναι πηγή αρμονικού κύματος και αρχίζει τη στιγμή $t=0$ να ταλαντώνεται με εξίσωση $y_o=A\cdot\eta\mu(\omega t)$ (με $t \geq 0$). Το παραγόμενο γραμμικό κύμα διαδίδεται και προς τις δύο κατευθύνσεις του άξονα. Να γράψετε πάλι τις εξισώσεις κίνησης δύο τυχαίων σημείων A και B του αρνητικού Ox' και του θετικού Ox ημιάξονα αντίστοιχα. Αν τα δύο αυτά σημεία είναι συμμετρικά ως προς O, τι σχέση έχουν οι φάσεις τους;
- 30) Σημειακή πηγή βρίσκεται στην αρχή O του άξονα ($x=0$) και τη στιγμή $t=0$ αρχίζει να ταλαντώνεται παράγοντας εγκάρσιο κύμα που διαδίδεται κατά τη θετική φορά του άξονα. Να σχεδιάσετε το στιγμιότυπο του κύματος τη στιγμή $t=5T/2$, αν η εξίσωση της ταλάντωσης του σημείου O είναι: (α) $y_o=A\cdot\eta\mu(\omega t)$, (β) $y_o=-A\cdot\eta\mu(\omega t)$, (γ) $y_o=A\cdot\eta\mu(\omega t+\pi/2)$. Να απεικονίσετε επίσης γραφικά από 0 έως $5T/2$, για κάθε μία από τις πιο πάνω περιπτώσεις, την απομάκρυνση $y(t)$ του σημείου που βρίσκεται στη θέση $x=+\lambda$.