Συμβολή και στάσιμο κύμα. Ερωτήσεις θεωρίας

1) Πότε λέμε ότι δύο ή περισσότερα κύματα *συμβάλλουν*; (Τι ονομάζεται δηλαδή *συμβολή* κυμάτων;) Τι λέει η αρχή της *επαλληλίας* (ή *υπέρθεσης*) για το αποτέλεσμα της συμβολής των κυμάτων αυτών;

2) Αλληλεπιδρούν μεταξύ τους δύο κύματα που διαδίδονται στο ίδιο μέσο; (Επηρεάζεται δηλαδή το κάθε κύμα από την ύπαρξη του άλλου;) Τι ισχύει για την συνεισφορά κάθε κύματος στην απομάκρυνση ενός σημείου του μέσου;

3) Υπάρχουν περιπτώσεις που να παραβιάζεται η αρχή της επαλληλίας; Να αναφέρετε παραδείγματα.

4) Πώς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την αρχή της επαλληλίας, προκειμένου να διευκολυνθούμε στη μελέτη ενός σύνθετου κυματικού φαινομένου;

5) Πότε ονομάζονται δύο πηγές κυμάτων *σύγχρονες*; (Αν η διαφορά φάσης τους $|\Delta\Phi|$ είναι σταθερή άλλα όχι μηδενική τότε λέγονται *σύμφωνες*).

6) Δύο σύγχρονες πηγές δημιουργούν κύματα ίδιου πλάτους που συμβάλλουν στην επιφάνεια υγρού. Θεωρώντας ασήμαντη την εξασθένηση των κυμάτων κατά τη διάδοσή τους στην επιφάνεια του υγρού (θεωρώντας δηλαδή σταθερό το πλάτος τους), να βρείτε την εξίσωση που περιγράφει το αποτέλεσμα της συμβολής των δύο κυμάτων, τη συνισταμένη κίνηση δηλαδή οποιουδήποτε σημείου της επιφάνειας του υγρού.

7) Σύμφωνα με την εξίσωση που βρήκατε προηγουμένως, τι κίνηση κάνουν τα διάφορα σημεία της επιφάνειας του υγρού; Πρόκειται για αρμονική ταλάντωση; Ποια είναι η συχνότητά της; Είναι το πλάτος της ίδιο για όλα τα σημεία της επιφάνειας του υγρού;

8) Πότε λέμε ότι έχουμε ενίσχυση και πότε απόσβεση στην προηγούμενη περίπτωση της συμβολής των δύο κυμάτων στην επιφάνεια του υγρού; Ποια συνθήκη πρέπει να ικανοποιείται σε κάθε περίπτωση;

9) Οι συνθήκες $\mathbf{r_1 - r_2 = N\cdot\lambda = 2N\cdot\lambda/2}$ και $\mathbf{r_1 - r_2 = (2N+1)\cdot\lambda/2}$ με $\mathbf{N = 0, \pm1, \pm2, \pm3, \dots}$ που γράψατε πιο πάνω, για την περίπτωση της ενίσχυσης και της απόσβεσης αντίστοιχα, είναι γεωμετρικοί τόποι σημείων. Τι μορφή έχουν οι γεωμετρικοί αυτοί τόποι; Να σχεδιάσετε σχήμα όπου να φαίνεται η θέση τους σε σχέση με τις πηγές και να το περιγράψετε αναλυτικά. Μπορείτε να συμπτύξετε τις δύο αυτές σχέσεις σε μία, με κοινή αρίθμηση $\mathbf{k = 0, \pm1, \pm2, \dots}$ (όπου οι άρτιες ή περιττές τιμές να αντιστοιχούν σε ενίσχυση ή απόσβεση);

10) Δύο σύγχρονες πηγές Π_1, Π_2 βρίσκονται στην επιφάνεια ενός υγρού, σε απόσταση **D** και εκτελούν ταλαντώσεις της μορφής $\mathbf{y_{\Pi,1}=y_{\Pi,2}=A\eta\mu(\omega t)}$, δημιουργώντας στην επιφάνεια του υγρού αρμονικά κύματα μήκους κύματος $\boldsymbol{\lambda}$ που συμβάλλουν και σχηματίζονται *κροσσοί* συμβολής (υπερβολές ενίσχυσης και απόσβεσης). Να δείξετε ότι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών υπερβολών πάνω στην ευθεία $\Pi_1\Pi_2$ είναι $\mathbf{d=\lambda/4}$.

11) Στην προηγούμενη περίπτωση, να δείξετε ότι οι θέσεις των υπερβολών, αν θεωρήσουμε ως αρχή του άξονα την πηγή Π_1, προσδιορίζονται: Για υπερβολές ενίσχυσης από τη σχέση $\mathbf{x = D/2 + N\cdot\lambda/2}$, όπου

$-D/λ \le N \le +D/λ$. Για υπερβολές απόσβεσης από τη σχέση **$x = D/2 + (2N+1)\cdot λ/4$**, όπου **$-D/λ - ½ \le N \le +D/λ - ½$**.

12) Εναλλακτικά, να δείξετε ότι οι θέσεις των υπερβολών μπορούν να προσδιοριστούν από τη σχέση **$x = D/2 + k\cdot λ/4$**, όπου **$-2D/λ \le k \le +2D/λ$** και αν **k** άρτιος (ή μηδέν) έχουμε ενίσχυση, ενώ αν **k** περιττός έχουμε απόσβεση.

13) Σε συνέχεια της προηγούμενης ερώτησης, αν **λ=80cm**, να σχεδιάσετε το σύστημα κροσσών, ώστε να φαίνονται όλες οι υπερβολές και να διακρίνονται οι ενισχυτικές από τις αποσβεστικές, στις εξής τρεις περιπτώσεις: **D=120cm**, **D=140cm** και **D=160cm**. Με τι πλάτος ταλαντώνονται, σε κάθε μία από τις τρεις αυτές περιπτώσεις τα σημεία που βρίσκονται πάνω στην ευθεία των δύο πηγών αλλά εκτός του τμήματος $Π_1Π_2$;

14) Τι ονομάζουμε *στάσιμο* κύμα; Γιατί ονομάστηκε έτσι; Τι είναι οι δεσμοί και τι οι κοιλίες σε ένα στάσιμο κύμα;

15) Πώς μπορούμε να δημιουργήσουμε στάσιμο κύμα σε ένα σκοινί στερεωμένο στο ένα του άκρο, που το κρατάμε τεντωμένο από το άλλο άκρο;

16) Ποιο γενικότερο συμπέρασμα μπορούμε να βγάλουμε για τις φάσεις του προσπίπτοντος και του ανακλώμενου κύματος στο ακλόνητο άκρο του σκοινιού; Πώς προκύπτει αυτό το συμπέρασμα; Θα συνέβαινε το ίδιο αν το άκρο του σκοινιού ήταν ελεύθερο να κινηθεί;

17) Υποθέτουμε ότι σε ένα γραμμικό ελαστικό μέσο μεγάλου μήκους, που συμπίπτει με τον προσανατολισμένο άξονα x΄x, διαδίδονται με αντίθετες κατευθύνσεις δύο κύματα που περιγράφονται από τις εξισώσεις **$y_1 = A\cdot ημ(ωt - 2πx/λ)$** και **$y_2 = A\cdot ημ(ωt + 2πx/λ)$**. Να βρείτε την εξίσωση του στάσιμου κύματος που δημιουργείται από τη συμβολή των δύο αυτών κυμάτων.

18) Τι κίνηση κάνουν τα σημεία του μέσου, σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση; Πρόκειται για αρμονική ταλάντωση; Ποια η συχνότητά της; Ταλαντώνονται όλα τα σημεία με την ίδια φάση; Με το ίδιο πλάτος; Πως σχετίζεται το πλάτος αυτό με το αρχικό πλάτος **A** των δύο κυμάτων που δημιούργησαν το στάσιμο και από τι εξαρτάται;

19) Στο στάσιμο της πιο πάνω ερώτησης, στο σημείο O που βρίσκεται στην αρχή του άξονα x΄x (δηλ. **x=0**), οι εξισώσεις των δύο αρχικών κυμάτων είχαν τις μορφές **$y_{O,1} = A\cdot ημ(ωt)$** και **$y_{O,2} = A\cdot ημ(ωt)$**. Μπορείτε να συμπεράνετε αν στο σημείο αυτό δημιουργείται δεσμός, κοιλία ή κάτι ενδιάμεσο;

20) Σε συνέχεια του προηγούμενου να προσδιορίσετε, με τη βοήθεια της εξίσωσης του στάσιμου, τις θέσεις των κοιλιών (**x_K**) και των δεσμών (**$x_Λ$**) κατά μήκος του μέσου. Ποια είναι η απόσταση μεταξύ: ***(α)*** ενός δεσμού και της πλησιέστερης κοιλίας, ***(β)*** δύο διαδοχικών δεσμών, ***(γ)*** δύο διαδοχικών κοιλιών;

21) Να περιγράψετε αναλυτικά τον τρόπο με τον οποίο ταλαντώνονται τα σημεία που βρίσκονται μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών (τα σημεία μιας ατράκτου). Τι παρατηρείτε για τη φάση και για το πλάτος της ταλάντωσής τους;

22) Τι γνωρίζετε για τη φάση των σημείων που βρίσκονται εκατέρωθεν ενός δεσμού, σε αποστάσεις μικρότερες του **$\lambda/2$** από αυτόν; Πόσες διαφορετικές φάσεις συναντάμε σε ένα στάσιμο;

23) Σε γραμμικό μέσο έχει δημιουργηθεί στάσιμο, και δύο σημεία Α, Β που βρίσκονται στις θέσεις **$x_1=1m$** και **$x_2=7m$** ταλαντώνονται με μέγιστο πλάτος. Αν τα κύματα που δημιούργησαν το στάσιμο είχαν στο μέσο αυτό μήκος κύματος **$\lambda=4m$**, να βρείτε ποια σημεία του μέσου, μεταξύ των Α και Β, ταλαντώνονται σε συμφωνία φάσης με το Α.

24) Ένα οριζόντιο τεντωμένο σκοινί μήκους **L** είναι στερεωμένο στη δεξιά του άκρη Μ. Τη στιγμή **$t=0$** αρχίζουμε να κινούμε την αριστερή άκρη Ο, ώστε να εκτελεί αρμονική ταλάντωση με εξίσωση **$y_{1,O}=A\eta\mu(\omega t)$**. Το κύμα που διαδίδεται στο σκοινί, σε τυχαίο σημείο Α που απέχει απόσταση **x** από το Ο, περιγράφεται από την εξίσωση **$y_1=A\eta\mu(\omega t-2\pi x/\lambda)$** με **$0 \leq x \leq L$**. ***(α)*** Να γράψετε την εξίσωση του κύματος στο σημείο στήριξης (**$y_{1,M}$**), δηλαδή στη θέση **$x=L$**, καθώς και την εξίσωση του ανακλώμενου κύματος στην ίδια θέση (**$y_{2,M}$**). ***(β)*** Να γράψετε επίσης την εξίσωση **y_2** του ανακλώμενου κύματος στο προηγούμενο σημείο Α, όπου φτάνει το κύμα αφού διατρέξει απόσταση **L-x**. ***(γ)*** Να δείξετε τέλος ότι αν για το μήκος **L** του σκοινιού ικανοποιείται η συνθήκη **$L = (2k+1)\cdot\lambda/4$**, τότε το ανακλώμενο κύμα παίρνει τη μορφή **$y_2=A\eta\mu(\omega t+2\pi x/\lambda)$**, με αποτέλεσμα να σχηματίζεται στάσιμο με κοιλία στο άκρο Ο του σκοινιού.

25) Ποια συνθήκη πρέπει να ικανοποιεί το μήκος **L** μιας τεντωμένης χορδής στερεωμένης και στα δύο άκρα, προκειμένου να δημιουργηθεί επάνω της στάσιμο κύμα με μήκος κύματος **λ**;

26) Η εξίσωση **$y=2A\cdot\sigma\upsilon\nu(2\pi x/\lambda)\cdot\eta\mu(\omega t)$** περιγράφει στάσιμο κύμα με κοιλία στη θέση **$x=0$**. Στην περίπτωση του προηγούμενου ερωτήματος, όπου η τεντωμένη χορδή έχει και τα δύο άκρα της ακλόνητα, τι μπορούμε να κάνουμε ώστε να χρησιμοποιήσουμε την ίδια εξίσωση χωρίς τροποποίηση για την περιγραφή του στάσιμου που σχηματίζεται πάνω της;

27) Σε τι διαφέρει ενεργειακά το στάσιμο από το τρέχον κύμα;

Υλικό Φυσικής - Χημείας.
Επειδή το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους....

Επιμέλεια
Διονύσης Μητρόπουλος