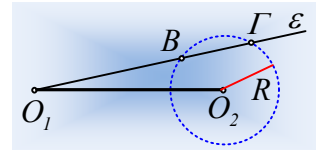


Επιφανειακή συμβολή και πλάτη ταλάντωσης.

Στην επιφάνεια ενός υγρού υπάρχουν δύο σύγχρονες πηγές εγκάρσιων κυμάτων O_1 και O_2 , οι οποίες δημιουργούν επιφανειακά κύματα, με μήκος κύματος λ_1 , τα οποία θεωρούμε ότι διαδίδονται με σταθερό πλάτος A . Στο σχήμα βλέπετε έναν κύκλο ακτίνας R με κέντρο την πηγή O_2 και μια ημιευθεία ε , με αρχή την πηγή O_1 η οποία τέμνει τον κύκλο στα σημεία B και Γ . Μετά από συμβολή των δύο κυμάτων, τα σημεία B και Γ ταλαντώνονται με μέγιστο πλάτος, χωρίς να υπάρχει άλλο σημείο μεταξύ τους πάνω στην ε , που να ταλαντώνεται με το πλάτος αυτό.



i) Η απόσταση $(B\Gamma)$ είναι ίση με:

$$\alpha) (B\Gamma)=\lambda_1/4, \quad \beta) (B\Gamma)=\lambda_1/2, \quad \gamma) (B\Gamma)=3\lambda_1/4, \quad \delta) (B\Gamma)=\lambda_1.$$

ii) Κατά την κίνησή μας κατά μήκος του τόξου $B\Gamma$, συναντάμε ένα σημείο Δ , το οποίο παραμένει ακίνητο.

Για τη διαφορά των αποστάσεων των σημείων Δ και B από την πηγή O_1 ισχύει:

$$\alpha) r_{1\Delta}-r_{1B}=\lambda_1/4, \quad \beta) r_{1\Delta}-r_{1B}=\lambda_1/2, \quad \gamma) r_{1\Delta}-r_{1B}=3\lambda_1/4, \quad \delta) r_{1\Delta}-r_{1B}=\lambda_1,$$

iii) Σταματάμε τις δυο πηγές και τις ξαναθέτουμε σε ταλάντωση, με διπλάσια συχνότητα και το ίδιο πλάτος. Μετά από την συμβολή των δύο κυμάτων:

α) Ποιο το πλάτος ταλάντωσης των σημείων B και Γ ;

β) Υπάρχουν άλλα σημεία πάνω στην χορδή $B\Gamma$ που να ταλαντώνονται με πλάτος $2A$;

Απάντηση:

i) Το σημείο B ταλαντώνεται με μέγιστο πλάτος $(2A)$ οπότε για την διαφορά των αποστάσεών του από τις δύο πηγές ισχύει:

$$r_{1B} - r_{2B} = N\lambda_1 \quad \text{όπου } N \in Z \quad (1)$$

$$\text{Όμοια για το σημείο } \Gamma, \text{ ισχύει: } r_{1\Gamma} - r_{2\Gamma} = (N+1)\lambda_1 \quad \text{με } N \in Z \quad (2)$$

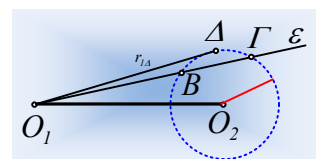
Αφού στην πραγματικότητα κρατώντας σταθερή την απόσταση από την πηγή O_2 ($r_{2B} = r_{2\Gamma} = R$), αυξάνουμε την απόσταση από την πηγή O_1 και το Γ , είναι το πρώτο σημείο στο οποίο έχουμε ξανά ενισχυτική συμβολή. Με αφαίρεση κατά μέλη των δύο παραπάνω σχέσεων παίρνουμε:

$$r_{1\Gamma} - r_{2\Gamma} - r_{1B} + r_{2B} = (N+1)\lambda_1 - N\lambda_1 \rightarrow$$

$$r_{1\Gamma} - R - r_{1B} + R = \lambda_1 \rightarrow r_{1\Gamma} - r_{1B} = \lambda_1 \rightarrow (B\Gamma)=\lambda_1.$$

Σωστό το δ).

ii) Έστω ότι το σημείο Δ του τόξου $B\Gamma$, το οποίο παραμένει ακίνητο ($A_\Delta=0$), το οποίο απέχει κατά $r_{1\Delta}$ από την πηγή O_1 . Τα δύο κύματα φτάνουν στο Δ με αντίθεση φάσης, οπότε:



$$r_{1A} - r_{2A} = (2k + 1) \frac{\lambda_1}{2} \rightarrow r_{1A} - R = (2k + 1) \frac{\lambda_1}{2} \quad (3)$$

Αν δούμε την (3) σε σύγκριση με την (1). Η απόσταση $r_2=R$ είναι ίδια, ενώ κατά την κίνησή μας από το Β προς το Δ αυξάνεται διαρκώς η απόσταση r_1 . Αλλά τότε η διαφορά θα ξεκινήσει από την τιμή $N\lambda_1$ και θα αυξάνεται μέχρι να φτάσει στην τιμή $N\lambda_1 + \frac{1}{2}\lambda_1 = (2N + 1) \frac{\lambda_1}{2}$, ή αλλιώς $k=N!$

Έτσι με αφαίρεση των (3) και (1) κατά μέλη παίρνουμε:

$$r_{1A} - r_{2A} - r_{1B} + r_{2B} = (2N + 1) \frac{\lambda_1}{2} - N\lambda_1 \rightarrow$$

$$r_{1A} - R - r_{1B} + R = \frac{\lambda_1}{2} \rightarrow r_{1A} - r_{1B} = \frac{\lambda_1}{2}$$

Σωστό το β).

iii) Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων είναι ανεξάρτητη της συχνότητας της πηγής και από τη θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής έχουμε:

$$v = \lambda_1 f_1 \quad \text{και} \quad v = \lambda_2 f_2 \rightarrow \lambda_2 = \lambda_1 \frac{f_1}{f_2} = \lambda_1 \frac{f_1}{2f_1} = \frac{\lambda_1}{2}$$

α) Αλλά τότε οι εξισώσεις (1) και (2) γίνονται:

$$r_{1B} - r_{2B} = N\lambda_1 = N \cdot 2\lambda_2 = (2N) \cdot \lambda_2 \quad \text{με} \quad N \in Z \quad (1^a) \quad \text{και}$$

$$r_{1\Gamma} - r_{2\Gamma} = (N + 1)\lambda_1 = (N + 1) \cdot 2\lambda_2 = (2N + 2) \cdot \lambda_2 \quad \text{με} \quad N \in Z \quad (2^a)$$

Οι σχέσεις αυτές μας λένε ότι και για τα δύο σημεία (Β και Γ) η διαφορά των αποστάσεών τους από τις πηγές είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του μήκους κύματος, οπότε βρίσκονται πάνω σε υπερβολές ενισχυτικής συμβολής και το πλάτος ταλάντωσης είναι $2A$.

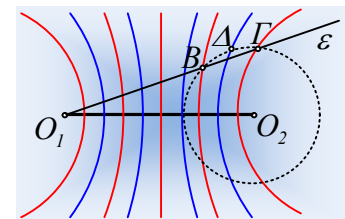
β) Η σχέση (2^α) μας δείχνει ότι η διαφορά των αποστάσεων του σημείου Γ από τις πηγές, είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη διαφορά για το σημείο Β κατά $2\lambda_2$. Αλλά τότε υπάρχει και κάποιο άλλο σημείο της ημιευθείας ε , μεταξύ Β και Γ, έστω το σημείο Ρ, για το οποίο $r_{1P} - r_{2P} = (2N + 1) \cdot \lambda_1$ και το οποίο θα ταλαντώνεται με πλάτος $2A$.

Σχόλιο.

Στην επιφάνεια του υγρού υπάρχουν σημεία τα οποία ταλαντώνονται με μέγιστο πλάτος. Τα σημεία αυτά είναι τα σημεία της μεσοκαθέτου και τα σημεία τόξα υπερβολών, τα οποία ικανοποιούν την εξίσωση $r_1 - r_2 = N\lambda$ και εμφανίζονται με κόκκινες γραμμές στο διπλανό σχήμα.

Αντίθετα μεταξύ δύο τέτοιων υπερβολών, υπάρχουν υπερβολές απόσβεσης,

τα σημεία των οποίων ικανοποιούν την εξίσωση $r_1 - r_2 = (2N + 1) \frac{\lambda}{2}$ όπου στο σχήμα εμφανίζονται με



μπλε χρώμα. Αν πάνω στο σχήμα αυτό χαράξουμε την ημιευθεία ε , μπορούμε να βρούμε τα σημεία Β και Γ του κύκλου που τέμνουν τις υπερβολές ενίσχυσης.

Αν μεταξύ Β και Γ πάνω στην ε , δεν υπάρχουν άλλα σημεία που να ταλαντώνονται με μέγιστο πλάτος, αυτό σημαίνει ότι τα σημεία αυτά, βρίσκονται σε διαδοχικές υπερβολές ενίσχυσης, στο σχήμα το Β στην $1^{\text{η}}$ και το Γ στη $2^{\text{η}}$ υπερβολή δεξιά της μεσοκάθετης. Αλλά τότε η χορδή ΒΓ τέμνεται από μία υπερβολή απόσβεσης και υπάρχει ένα σημείο Δ του κύκλου το οποίο παραμένει ακίνητο.

Αντίθετα στο iii) ερώτημα η διαφορά των αποστάσεων για τα σημεία Β και Γ είναι ίση με $2\lambda_2$, οπότε υπάρχει μια ενδιάμεση υπερβολή ενίσχυσης, μεταξύ των δύο αντίστοιχα υπερβολών, οπότε υπάρχει και ένα σημείο της χορδής που ταλαντώνεται με πλάτος $2A$.

Υλικό Φυσικής-Χημείας

Γιατί το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους...

Επιμέλεια:

Διονόσης Μάργαρης