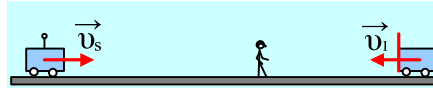


Φαινόμενο Doppler. Ανάκλαση σε κινούμενη επιφάνεια

Μια ηχητική πηγή παράγει ήχο συχνότητας $f_s=1600\text{Hz}$ και κινείται με ταχύτητα $v_s=20\text{m/s}$ πλησιάζοντας σε ακίνητο παρατηρητή Α. Σε αντίθετη κατεύθυνση πλησιάζει τον παρατηρητή μια ανακλαστική επιφάνεια κινούμενη με ταχύτητα $v_1=20\text{m/s}$.



- i) Να βρεθούν η συχνότητα του ήχου που φτάνει απευθείας στον παρατηρητή καθώς και το μήκος κύματος αυτού του ήχου.
- ii) Η συχνότητα και το μήκος κύματος του ήχου, που φτάνει στον παρατηρητή, μετά από την ανάκλαση του ήχου στην ανακλαστική επιφάνεια.

Δίνεται η ταχύτητα του ήχου $v=340\text{m/s}$.

Απάντηση:

- i) Ο παρατηρητής ακούσει έναν ήχο απευθείας από τη πηγή με συχνότητα:

$$f_A = \frac{v}{v - v_s} f_s = \frac{340}{340 - 20} 1600\text{Hz} = 1700\text{Hz}$$

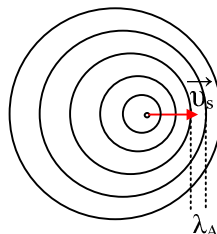
Το μήκος κύματος του παραπάνω ήχου είναι ίσο με:

$$\lambda_A = \frac{v}{f_A} = \frac{340}{1700} \text{m} = 0,2\text{m}$$

Ισοδύναμα το μήκος κύματος θα μπορούσε να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$\lambda_A = \lambda_s - v_s \cdot T = \frac{v}{f_s} - v_s \cdot \frac{1}{f_s} = 0,2\text{m}$$

αφού το μήκος κύματος μικραίνει κατά την απόσταση που διανύει η πηγή σε χρόνο μιας περιόδου, σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα.



- ii) Το μήκος κύματος του ήχου που πέφτει στην ανακλαστική επιφάνεια που είναι κινούμενη είναι ίσο με $\lambda_A=0,2\text{m}$, ενώ η συχνότητα (που θα μπορούσε να ακούσει ένας υποθετικός παρατηρητής που βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια) θα προκύψει από την εξίσωση:

$$f_{E1} = \frac{v + v_1}{\lambda_A} = \frac{360}{0,2} \text{ Hz} = 1800 \text{ Hz}$$

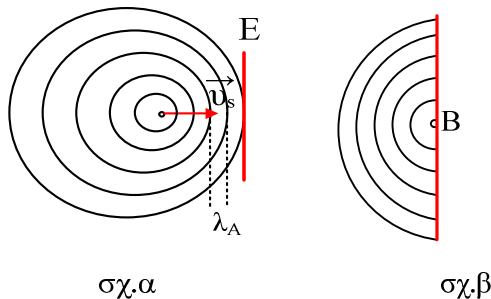
Ισοδύναμα κάποιος θα μπορούσε να έλεγε ότι θα βρούμε τη συχνότητα που ακούει ένας παρατηρητής κινούμενος προς μια ηχητική πηγή, η οποία και αυτή πλησιάζει τον παρατηρητή και να έγραφε:

$$f_{E1} = \frac{v + v_1}{v - v_s} f_s = \frac{360}{320} 1600 \text{ Hz} = 1800 \text{ Hz}$$

Οπότε θα υπολόγιζε μήκος κύματος που αντιστοιχεί σε αυτόν τον ήχο:

$$\lambda_{E1} = \frac{v + v_1}{f_{A1}} = \frac{360}{1800} = 0,2 \text{ m} = \lambda_A$$

Η ηχητική πηγή πλησιάζει την ανακλαστική επιφάνεια, βλέπε σχήμα α.



Από όλα τα κύματα που προσπίπτουν στην ανακλαστική επιφάνεια μας ενδιαφέρει μόνο εκείνο που προσπίπτει στο σημείο B που βρίσκεται πάνω στην ευθεία που συνδέει πηγή-παρατηρητή-επιφάνεια.

Αν η επιφάνεια ήταν ακίνητη θα είχαμε ανάκλαση του ήχου, χωρίς να μεταβληθεί η συχνότητα αλλά με μήκος κύματος όχι $\lambda_{E1} = 0,2 \text{ m}$ αλλά:

$$\lambda_{E2} = \frac{v}{f_{E1}} = \frac{340}{1800} \text{ m} = \frac{17}{90} \text{ m}$$

αφού θα είχαμε να εκπέμπεται ήχος συχνότητας 1800Hz και η ταχύτητα του ήχου θα ήταν $v = 340 \text{ m/s}$ και η εικόνα για το κύμα που ανακλάται στο σημείο B, θα ήταν αυτή του σχήματος β. Τώρα όμως η πηγή κινείται, οπότε μειώνεται ξανά το μήκος κύματος εξαιτίας της ταχύτητας της πηγής (επιφάνειας E) κατά $v_1 \cdot T_{E1}$:

$$\lambda_{A, \text{ανακλ}} = \lambda_{E2} - v_1 \cdot T_{E1} = \frac{17}{90} \text{ m} - \frac{20}{1800} \text{ m} = \frac{16}{90} \text{ m}$$

Κατά συνέπεια ο παρατηρητής A θα άκουγε ήχο συχνότητας:

$$f_{A, \text{ανακλ}} = \frac{v}{\lambda_{A, \text{ανακλ}}} = \frac{340}{16/90} = 1912,5 \text{ Hz}$$

Το ίδιο θα μπορούσαμε να βρούμε, αν σκεφτόμαστε ως εξής:

Θεωρούμε υποθετική πηγή S_1 στην ανακλαστική επιφάνεια, στο σημείο B, που εκπέμπει κύματα με συχνότητα:

$$f_{S_1}=f_{E1}=1800\text{Hz}$$

Ο παρατηρητής A ακούει τα ανακλώμενα κύματα από την πηγή S_1 με συχνότητα

$$f_{A,\text{ανακλ.}} = f_{A1} \cdot \frac{v}{v - v_1} = 1800 \cdot \frac{340}{320} = 1912,5\text{Hz}$$

και συνεπώς το μήκος κύματος του ήχου που φτάνει στον παρατηρητή A θα είναι:

$$\lambda_{A,\text{ανακ.}} = \frac{v}{f_{A,\text{ανακλ.}}} = \frac{340}{1912,5} = \frac{16}{90} \text{ m}$$

Συμπέρασμα:

Όταν έχουμε ανάκλαση ενός ήχου πάνω σε μια επιφάνεια, μπορούμε να θεωρούμε ότι η επιφάνεια είναι μια δευτερογενής πηγή ήχου και να εφαρμόζουμε τις εξισώσεις του σχολικού βιβλίου για τη συχνότητα του ήχου που ακούει κάποιος παρατηρητής, είτε ακίνητος είτε κινούμενος, θεωρώντας ότι:

- 1) Κατά τη διάδοση ενός κύματος, κάθε σημείο του κύματος μπορεί να θεωρηθεί μια δευτερεύουσα πηγή του κύματος (αρχή του Huygens).
- 2) Κατά την ανάκλαση σε ακίνητη επιφάνεια δεν μεταβάλλεται η συχνότητα του ήχου.
- 3) Αν η ανάκλαση γίνει πάνω σε κινούμενη επιφάνεια το πρόβλημα θα αντιμετωπίζεται ως εάν, η επιφάνεια ήταν μια δευτερεύουσα κινούμενη πηγή κύματος.

Υλικό Φυσικής - Χημείας.

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

Επιμέλεια

Διονύσης Μάργαρης