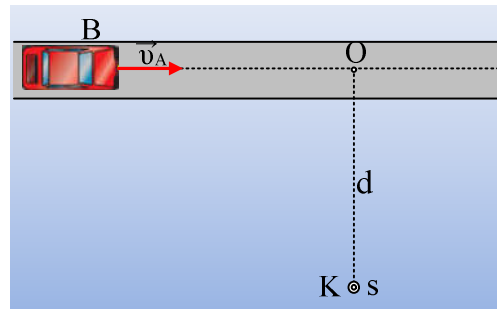


Φαινόμενο Doppler σε μια ευθύγραμμη κίνηση.



Ένα αυτοκίνητο κινείται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα. Ο συνοδηγός του αυτοκινήτου κρατά στο χέρι του ένα ευαίσθητο μικρόφωνο, με την βοήθεια του οποίου μπορεί να μετρά τη συχνότητα του ήχου. Μια πηγή s αρμονικού ήχου, απέχει κατά $(KO) = d = 30\text{m}$ από τον δρόμο και κάποια στιγμή εκπέμπει έναν απλό ήχο, ορισμένης διάρκειας. Το μικρόφωνο αρχίζει να καταμετρά τον ήχο τη στιγμή, που απέχει απόσταση $(BO) = d_1 = 40\text{m}$ από το O με αρχική ένδειξη 7.120Hz , ενώ η ένδειξη αυτή ελαττώνεται, φτάνοντας σε ελάχιστη τιμή 6.800Hz , τη στιγμή που φτάνει στο σημείο O , όπου και σταματά να ακούγεται ήχος.

- i) Να ερμηνεύσετε την μείωση της συχνότητας του ήχου που μετράει ο συνοδηγός.
- ii) Ποια η συχνότητα του ήχου που παράγει η πηγή s ;
- iii) Να υπολογιστεί η ταχύτητα του αυτοκινήτου.
- iv) Να βρεθεί ο αριθμός των ταλαντώσεων που εκτέλεσε η πηγή του ήχου.

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

Απάντηση:

- i) Η συχνότητα του ήχου που μετράει το μικρόφωνο, στο εξής συχνότητα του παρατηρητή A , δεν είναι η ίδια με τη συχνότητα που εκπέμπει η πηγή, αφού υπάρχει σχετική κίνηση μεταξύ τους. Έτσι αν πάρουμε σε μια τυχαία θέση το αυτοκίνητο, η συχνότητα του ήχου θα δίνεται από τη σχέση:

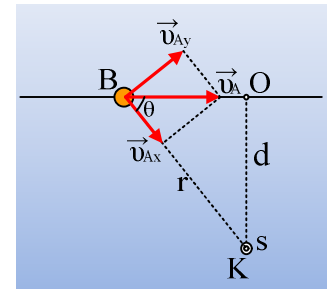
$$f_A = \frac{v + v_{Ax}}{v} f_s$$

Όπου v_{Ax} η συνιστώσα της ταχύτητας του αυτοκινήτου, πάνω στην ευθεία που συνδέει τον παρατηρητή με τη πηγή. Η άλλη συνιστώσα v_{Ay} , δεν προκαλεί καμιά μεταβολή στην συχνότητα του ήχου, αφού εξαιτίας της, δεν υπάρχει μεταβολή στην απόσταση πηγή – παρατηρητής. Αλλά $v_{Ax} = v_A \cdot \sin\theta$, οπότε:

$$f_A = \frac{v + v_A \cdot \sin\theta}{v} f_s \quad (1)$$

Αλλά καθώς κινείται το αυτοκίνητο πλησιάζοντας προς το σημείο O , η γωνία θ αυξάνεται και το $\sin\theta$ μειώνεται, οπότε μειώνεται και η συχνότητα που καταγράφεται. Τη στιγμή δε, που φτάνει στο σημείο O η παραπάνω συνιστώσα μηδενίζεται και η συχνότητα που μετρείται στο μικρόφωνο γίνεται ίση με τη συχνότητα που εκπέμπει η πηγή s .

- ii) Με βάση τα παραπάνω η συχνότητα που μετράται στη θέση O , είναι ίση με την συχνότητα ταλάντωσης



της πηγής, άρα $f_s = 6.800\text{Hz}$

iii) Για τη στιγμή που αρχίζει το μικρόφωνο να μετρά ήχο:

$$\sigma\upsilon\nu\theta = \frac{(BO)}{(BK)} = \frac{d_1}{\sqrt{d^2 + d_1^2}} = \frac{40}{\sqrt{30^2 + 40^2}} = 0,8$$

ενώ από την σχέση (1) παίρνουμε:

$$f_A = \frac{v + v_A \cdot \sigma\upsilon\nu\theta}{v} f_s \rightarrow v_A = \left(\frac{f_A}{f_s} - 1 \right) \frac{v}{\sigma\upsilon\nu\theta} = \left(\frac{7.120}{6800} - 1 \right) \cdot \frac{340}{0,8} \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$$

iv) Το χρονικό διάστημα που κινήθηκε το αυτοκίνητο από τη στιγμή που έφτασε ο ήχος στο μικρόφωνο

$$\text{μέχρι τη στιγμή που έπαψε να καταγράφει ήχο, στη θέση O είναι } \Delta t = \frac{(BO)}{v_A} = \frac{40\text{m}}{20\text{m/s}} = 2\text{s}.$$

Όμως ο ήχος για να φτάσει από την πηγή στο σημείο B χρειάστηκε χρονικό διάστημα

$$t_1 = \frac{(BK)}{v} = \frac{50\text{m}}{340\text{m/s}} = \frac{5}{34}\text{s}, \text{ συνεπώς η πηγή είχε αρχίζει να ταλαντώνεται χρονικό διάστημα } t_1 \text{ πριν}$$

τη στιγμή που το αυτοκίνητο έφτασε στο B. Εξάλλου το αντίστοιχο χρονικό διάστημα για να φτάσει ο

$$\text{ήχος από την πηγή στο σημείο O, χρειάζεται χρονικό διάστημα } t_2 = \frac{(KO)}{v} = \frac{30\text{m}}{340\text{m/s}} = \frac{3}{34}\text{s}, \text{ πράγμα}$$

που σημαίνει ότι η πηγή είχε σταματήσει να ταλαντώνεται πριν τη στιγμή που το αυτοκίνητο έφτασε στο O, κατά χρονικό διάστημα t_2 . Άρα το χρονικό διάστημα που εξέπεμψε η πηγή του κύματος είναι:

$$t = \Delta t + t_1 - t_2 = 2\text{s} + \frac{5}{34}\text{s} - \frac{3}{34}\text{s} = \frac{35}{17}\text{s}$$

Οπότε εκτέλεσε $N = f_s t = 6.800 \cdot \frac{35}{17} = 14.000$ ταλαντώσεις.

Υλικό Φυσικής-Χημείας

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

Επιμέλεια:

Διονύσης Μάργαρης