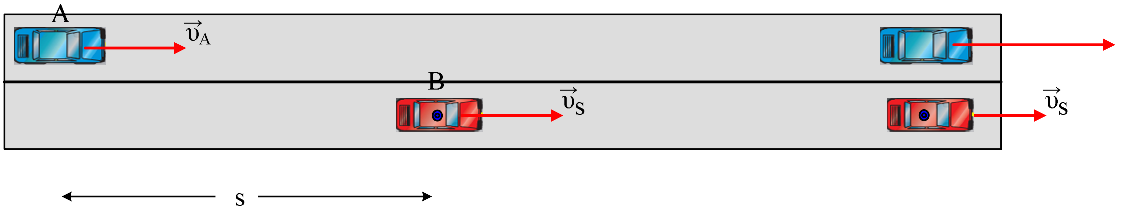
Doppler. Μεταβολή συχνότητας και μήκους κύματος.



Σε ένα ευθύγραμμο δρόμο κινούνται με σταθερές ταχύτητες $\upsilon_A=\upsilon_s=10m/s$ δυο αυτοκίνητα Α και Β, όπως στο σχήμα. Το προπορευόμενο όχημα Β, έχει σειρήνα που παράγει αρμονικό ήχο συχνότητας $f_s=700Hz$.

i) Να βρεθεί το μήκος κύματος του ήχου που παράγει η σειρήνα, όταν είναι ακίνητη.

ii) Να βρεθεί η συχνότητα και το μήκος κύματος του ήχου που ακούει ο οδηγός του αυτοκινήτου Α.

iii) Σε μια στιγμή και ενώ η απόσταση των δύο οχημάτων είναι s=100m, ο οδηγός του Α προσδίδει σταθερή επιτάχυνση στο αυτοκίνητό του, με αποτέλεσμα να φτάσει το Β μέσα σε 10s. Να βρεθεί η σχέση που δίνει τη συχνότητα του ήχου που ακούει ο οδηγός του Α σε συνάρτηση με το χρόνο και να γίνει η γραφική της παράσταση, στη διάρκεια της επιτάχυνσης.

iv) Πόσα πυκνώματα του ήχου συναντά ο οδηγός του Α αυτοκινήτου στη διάρκεια της επιτάχυνσής του;

Δίνεται ότι η ταχύτητα του ήχου είναι υ=340m/s και τα δύο οχήματα κινούνται πάνω στην ίδια ευθεία (σχεδόν….).

Απάντηση:

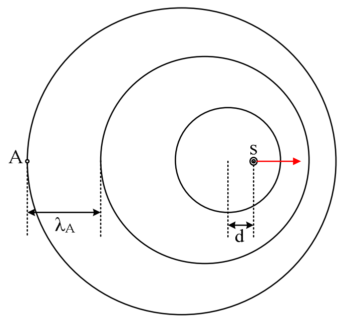
i) Για τον ήχο που παράγει η ακίνητη πηγή ισχύει $\upsilon=\lambda\cdot f \rightarrow \lambda_s=\dfrac{\upsilon}{f_s}=\dfrac{340}{700}m=\dfrac{17}{35}m$

ii) Για τη συχνότητα έχουμε:

$$f_A=\frac{\upsilon+\upsilon_A}{\upsilon+\upsilon_s}f_s=f_s=700Hz$$

πράγμα λογικό αφού δεν υπάρχει σχετική κίνηση μεταξύ των δύο κινητών, τα οποία κινούνται με την ίδια ταχύτητα.

Στο διπλανό σχήμα βλέπετε τα μέτωπα κύματος που δημιουργεί η κινούμενη πηγή, συνεπώς το μήκος κύματος του ήχου που ακούει ο παρατηρητής, που ακολουθεί, θα είναι μεγαλύτερο από αυτό που υπολογίσθηκε στο i) ερώτημα:



$$\lambda_A=\lambda_s+d=\lambda_s+\upsilon_s\cdot T \rightarrow$$

$$\lambda_A=\lambda_s+\frac{\upsilon_s}{f_s}=\frac{17}{35}m+\frac{10}{700}m=0,5m$$

iii) Έστω ένας άξονας x πάνω στον οποίο πραγματοποιούνται οι δυο κινήσεις (παρότι στο σχήμα βλέπουμε ότι τα οχήματα κινούνται σε διαφορετικές λωρίδες κυκλοφορίας, δεχόμαστε ότι κινούνται στην ίδια διεύθυνση) με x=0 τη θέση του Α αυτοκινήτου τη στιγμή που αρχίζει να επιταχύνεται.

Για το Α έχουμε: $\upsilon_A=\upsilon_{0A}+\alpha t$ (1) και $x=\upsilon_{0A}\cdot t+½\,\alpha\cdot t^2$ (2)

Για το Β: $x=s+\upsilon_s\cdot t$ (3)

Τη στιγμή που τα οχήματα είναι δίπλα - δίπλα, $x_A = x_B$ άρα:

$$\upsilon_{0A} \cdot t + ½\, \alpha \cdot t^2 = s + \upsilon_s \cdot t \quad ή$$

$$½\, \alpha t^2 = s$$

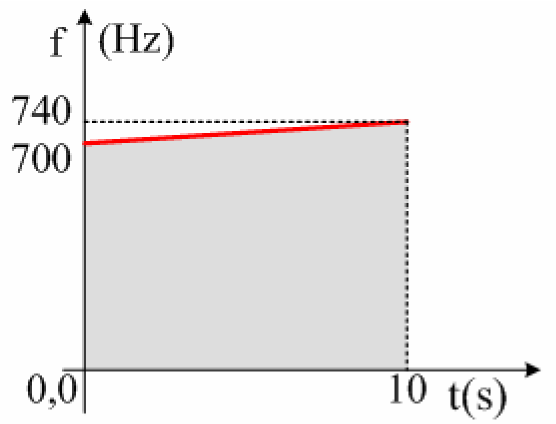
$$a = \frac{2s)}{t^2} = \frac{2 \cdot 100}{10^2} m/s^2 = 2m/s^2$$

Και από την σχέση (1) $\upsilon_A = 10 + 2t$ (S.I.)

Συνεπώς η συχνότητα του ήχου που φτάνει στον οδηγό του Α αυτοκινήτου είναι:

$$f_A = \frac{\upsilon + \upsilon_A}{\upsilon + \upsilon_s} f_s = \frac{340 + 10 + 2t}{340 + 10} 700Hz = 700 + 4t \quad \text{(Hz)}$$

και η γραφική παράσταση είναι όπως στο διάγραμμα.



iv) Στο παραπάνω διάγραμμα το εμβαδόν του γκριζαρισμένου τραπεζίου, μας δίνει το πλήθος ταλαντώσεων που θα εκτελέσει το τύμπανο του αυτιού του οδηγού, άρα το πλήθος των πυκνωμάτων που θα συναντήσει ή αν θέλετε το πλήθος μετώπων πίεσης στη διάρκεια της επιτάχυνσης.

$$N = \frac{B + \beta}{2} \upsilon = \frac{740 + 700}{2} 10 = 7200$$

dmargaris@sch.gr