

Applicazione dell'effetto Doppler

Sorgente sonora ferma e osservatore in moto

Problema

La sirena dell'impianto di allarme installato in un palazzo è scattata in seguito ad un corto circuito ed emette un suono di frequenza $4,0 \cdot 10^3 \text{ Hz}$.

Q1) Nelle vicinanze passa un'auto A che viaggia alla velocità di 50 Km/h. Determinare le frequenze del suono della sirena percepito dal conducente dell'auto quando è in avvicinamento al palazzo e quando è in allontanamento.

Q2) Una persona a bordo di una seconda auto (B), che transita nelle vicinanze del suddetto palazzo su una strada a scorrimento veloce, dotata di apposito fonometro con frequenzimetro rileva le frequenze dei suoni delle sirene percepiti nella fase di avvicinamento e nella fase di allontanamento dalla zona interessata dal suono della sirena e confrontando i valori osserva che il rapporto tra la frequenza più alta percepita e la frequenza più bassa del suono è 1,5. Determinare la velocità alla quale procede la seconda auto.

Elaborazioni

Q1) Indichiamo con $f_0 = 4,0 \cdot 10^3 \text{ Hz}$ la frequenza del suono emesso dalla sirena.

Quando la macchina si avvicina alla sorgente sonora l'autista percepisce il suono con frequenza $f'_{avv.}$ maggiore di quella f_0 con cui lo stesso è emesso (il suono sembra più acuto), mentre quando si allontana percepisce un suono di frequenza $f'_{all.}$ minore di f_0 (il suono sembra più grave).

Le relazioni tra le frequenze dei suoni percepiti dall'autista nei due casi e la frequenza f_0 , indicando con V_s la velocità di propagazione del suono nell'aria, che supponiamo essere di 340m/s, e con V il modulo della velocità dell'auto rispetto alla terra ferma (quindi anche rispetto alla sorgente sonora) sono

$$f'_{avv.} = f_0 \cdot \frac{V_s + V}{V_s}, \text{ e } f'_{all.} = f_0 \cdot \frac{V_s - V}{V_s}.$$

Sostituendo i valori noti delle grandezze, dopo aver espresso la velocità dell'auto in m/s,

$$V = 50 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = 50 \cdot \frac{1000\text{m}}{3600\text{s}} \approx 13,89 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

si ricavano valori delle due frequenze:

$$f'_{avv.} = f_0 \cdot \frac{V_s + V}{V_s} = 4,0 \cdot 10^3 \text{ Hz} \cdot \frac{340\text{ms}^{-1} + 13,89\text{ms}^{-1}}{340\text{ms}^{-1}} = 4,16 \cdot 10^3 \text{ Hz};$$

$$f'_{all.} = f_0 \cdot \frac{V_s - V}{V_s} = 4,0 \cdot 10^3 \text{ Hz} \cdot \frac{340\text{ms}^{-1} - 13,89\text{ms}^{-1}}{340\text{ms}^{-1}} = 3,84 \cdot 10^3 \text{ Hz}.$$

Q2) Utilizziamo gli stessi simboli dichiarati nella risoluzione del precedente quesito, allorché abbiamo visto che la frequenza del suono percepito dall'ascoltatore nella fase di avvicinamento alla sorgente sonora

(ferma) è maggiore del valore della frequenza del suono percepito quando l'ascoltatore è in allontanamento dalla stessa sorgente sonora, dunque, per i valori forniti sulle frequenze dei suoni percepiti, sussiste il rapporto

$$\frac{f'_{avv.}}{f'_{all.}} = 1,5, \text{ equivalente all'uguaglianza}$$

$$f'_{avv.} = 1,5 f'_{all.}$$

Dobbiamo determinare la velocità V dell'auto rispetto alla sorgente sonora e sussiste dunque l'uguaglianza

$$f_0 \cdot \frac{V_s + V}{V_s} = 1,5 \cdot f_0 \cdot \frac{V_s - V}{V_s},$$

dalla quale, eliminando il fattore f_0 della frequenza di emissione del suono, si ottiene l'equazione nell'incognita V :

$$\begin{aligned} \frac{V_s + V}{V_s} &= 1,5 \cdot \frac{V_s - V}{V_s} \rightarrow (1 + 1,5)V = (1,5 - 1)V_s \rightarrow V = \frac{(1,5 - 1)V_s}{2,5} \\ &= 0,2 \cdot 340 \text{ ms}^{-1} = 68 \cdot 3,6 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = 244,8 \frac{\text{Km}}{\text{h}} \end{aligned}$$



Figura 1- Modello di fonometro-frequenzimetro con accessori, capace di rilevare suoni di intensità compresa nell'intervallo da 30 a 130 dB (decibel) e la cui frequenza sia compresa tra 31,5Hz e 8KHz. (Fonometro professionale Steinberg. Immagine reperita in Internet).