

Onde

Eugenio Barbieri Viale

January 5, 2025

Introduzione

Cos'è un'onda?

Un'onda è una perturbazione che si propaga nello spazio e trasporta energia senza che ci sia un trasporto di materia

Diversi tipi di onda

- **onda trasversale:** le particelle del mezzo in cui si propaga l'onda oscillano perpendicolarmente alla direzione di propagazione
- **onda longitudinale:** in un solido elastico, le particelle del mezzo in cui si propaga l'onda oscillano lungo la direzione di propagazione (*come il suono*)

Caratteristiche

λ = lunghezza d'onda = distanza tra due creste

T = periodo = Δt in cui viene compiuta un'oscillazione completa

f = frequenza = $\frac{1}{T}$

v = velocità di propagazione = $\frac{\lambda}{T} = \lambda f$

$v = \sqrt{\frac{F_t}{\mu}}$ con $\mu = \frac{m}{L}$ = densità lineare

Descrizione matematica di un'onda

$$y = A \sin(\omega t \pm kx)$$

$$\text{dove } \omega = \frac{2\pi}{T} \text{ e } k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

- + onda si propaga verso sinistra (*direzione $-x$*)
- - onda si propaga verso destra (*direzione $+x$*)

Teorema di Fourier

enunciato: *Qualsiasi funzione periodica con frequenza f può essere scritta come somma di funzioni sinusoidali con frequenze che sono multipli di f*

Il suono

L'ampiezza massima

$$\Delta p_{max} = 2\pi f d v A$$

in cui f è la frequenza, d è la densità del mezzo, v è la velocità di propagazione dell'onda

Velocità del suono in un gas

$$v_{suono} = \sqrt{\gamma k_b \frac{T}{m}}$$

$$\text{dove } \gamma = \frac{c_p}{c_v}$$

- γ è il rapporto tra il calore specifico molare a pressione costante (c_p) e a volume costante (c_v)
- **gas monoatomico** $\rightarrow \gamma = \frac{5}{3}$
- **gas biatomico** $\rightarrow \gamma = \frac{7}{5}$

Intensità del suono

$$I = \frac{P}{A} = \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

dove P è la potenza sonora che attraversa perpendicolarmente una data superficie, A è l'area della superficie

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

se la sorgente emette onde sonore in maniera isotropa vale questa relazione. La superficie A è quella di una sfera e r è il raggio di essa, ovvero la distanza dalla sorgente

Livello di intensità sonora

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

con I_0 la soglia minima di intensità sonora udibile

Effetto Doppler

$$f_r = f_s \frac{1}{1 - \frac{v_s}{v}} \rightarrow \text{sorgente si avvicina a ricevitore fermo } (f_r \text{ aumenta})$$

$$f_r = f_s \frac{1}{1 + \frac{v_s}{v}} \rightarrow \text{sorgente si allontana da ricevitore fermo } (f_r \text{ diminuisce})$$

$$f_r = f_s \left(1 + \frac{v_r}{v}\right) \rightarrow \text{ricevitore si avvicina a sorgente ferma } (f_r \text{ aumenta})$$

$$f_r = f_s \left(1 - \frac{v_r}{v}\right) \rightarrow \text{ricevitore si allontana da sorgente ferma } (f_r \text{ diminuisce})$$

Caso generale:

$$f_r = f_s \left(\frac{1 \pm \frac{v_r}{v}}{1 \pm \frac{v_s}{v}} \right)$$

Diffrazione

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{D}$$

dove θ è l'angolo di diffrazione, D è la larghezza della fenditura attraverso la quale il suono passa

Onde stazionarie

Le onde stazionarie sono onde che non si propagano ma rimangono confinate in una regione

Trasversali

$$f_n = n \frac{v}{2L} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Queste frequenze costituiscono la serie armonica. Le onde hanno n ventri

Longitudinali

$$f_n = n \frac{v}{2L} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

il tubo ha lunghezza L e ha le estremità aperte

$$f_n = (2n - 1) \frac{v}{4L} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

il tubo ha lunghezza L e ha un'estremità aperta