

# 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

$\lambda$  = lunghezza d'onda = distanza tra due creste

$T$  = periodo =  $\Delta t$  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,  $A$  è lo spostamento massimo di una molecola dalla posizione di equilibrio

### Velocità del suono in un gas

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

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

- $\gamma$  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

$$I = \frac{\Delta p_{max}^2}{2d v}$$

$$I = 2\pi^2 f^2 d v A^2$$

### 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  $\theta$  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