

Richiami di fisica acustica

# FISICA DEL SUONO

## Generalità

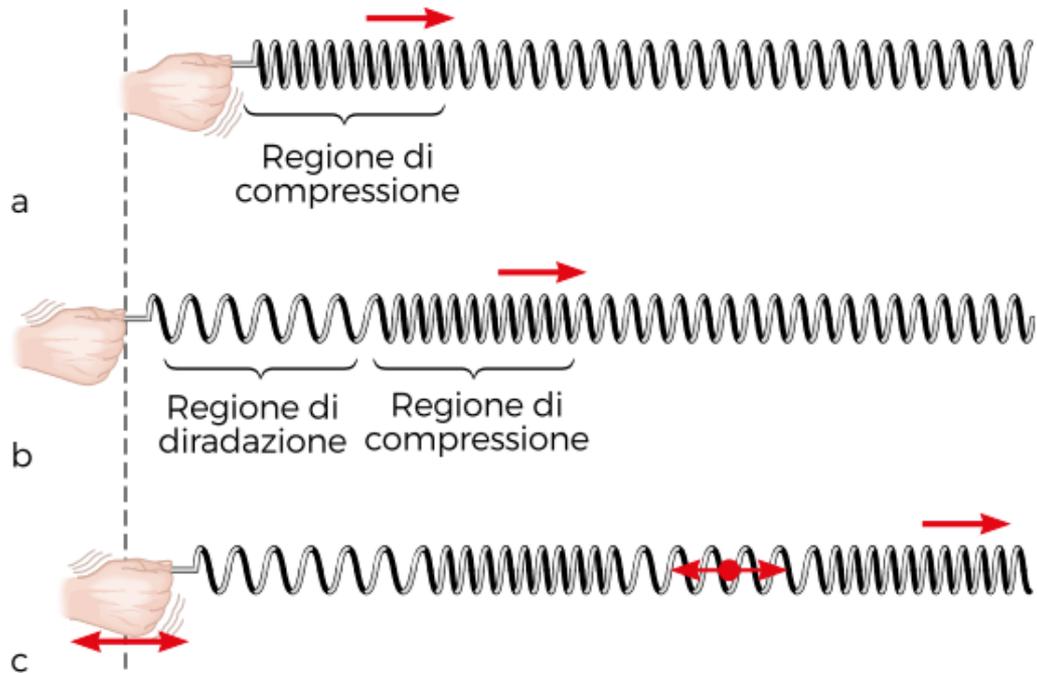
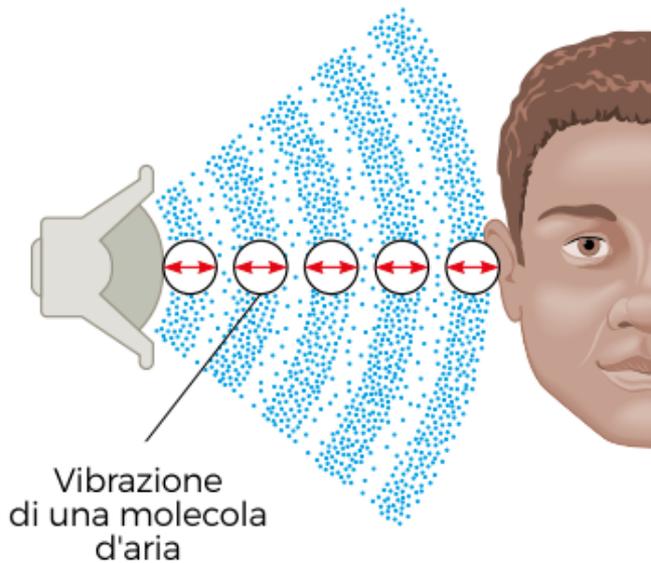
Il **SUONO** viene generato dalla **vibrazione** di un **corpo** che, spostandosi in modo **oscillatorio** attorno alla sua posizione di equilibrio, **causa** nel mezzo che lo circonda delle sollecitazioni alternativamente di compressione e depressione.

Se il mezzo è **elastico**, ipotesi considerata valida per lo studio dei fenomeni acustici, le **sollecitazioni generate si propagano per onde elastiche** e lo spazio interessato da questa propagazione si definisce **CAMPO SONORO**.



# FISICA DEL SUONO

Generalità



# FISICA DEL SUONO

## Generalità

Le grandezze caratterizzanti il suono sono:

- ❖ **Periodo (T)**: tempo necessario perché l'onda compia una oscillazione completa
- ❖ **Frequenza (f)**: numero di oscillazioni di un'onda sonora al secondo

$$f = \frac{1}{T} [Hz] \quad \longrightarrow \quad \text{Spettro frequenze udibili [20 Hz – 20 000 Hz]}$$

- ❖ **Lunghezza d'onda ( $\lambda$ )**: distanza tra due creste o fra due ventri della forma d'onda

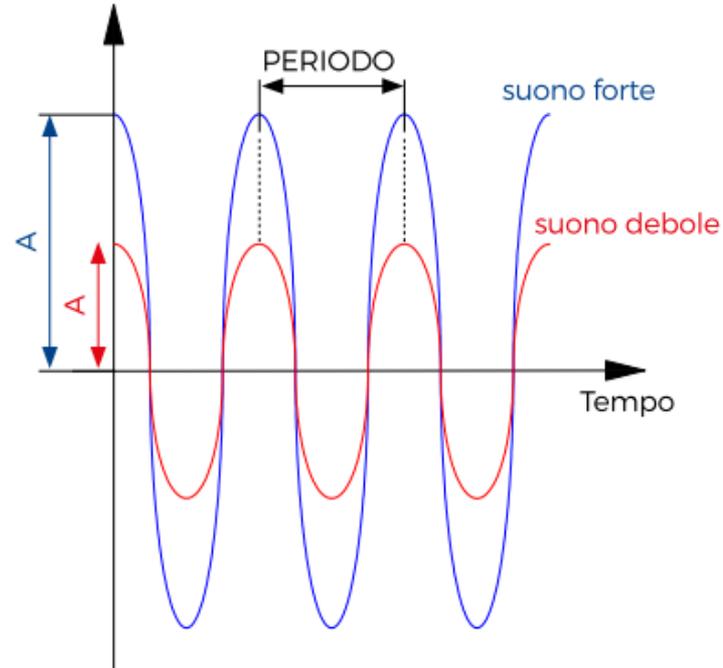
$$\lambda = \frac{c}{f} [m] \quad \text{dove «c» è la velocità del suono}$$

- ❖ **Ampiezza (A)**: massimo spostamento, rispetto alla posizione di equilibrio, che le molecole del mezzo di propagazione compiono al passaggio dell'onda

# FISICA DEL SUONO

## Generalità

- ❖ **Periodo (T):** tempo necessario perché l'onda compia una oscillazione completa



# FISICA DEL SUONO

## Generalità

- ❖ **Frequenza (f)**: numero di oscillazioni di un'onda sonora al secondo

$$f = \frac{1}{T} [Hz] \quad \longrightarrow \quad \text{Spettro frequenze udibili [20 Hz – 20 000 Hz]}$$

- ❖ La frequenza (f) misurata in Hertz [Hz] è il numero di oscillazioni effettuate in un secondo. Dire che un suono è di 300 Hz significa che il corpo che lo produce vibra 300 volte al secondo.
- ❖ L'orecchio umano riesce a percepire soltanto i suoni che hanno una frequenza compresa tra 16 e 20.000 Hz.

# FISICA DEL SUONO

## Generalità

❖ **Frequenza (f)**: numero di oscillazioni di un'onda sonora al secondo



# FISICA DEL SUONO

## Generalità

- ❖ **Lunghezza d'onda ( $\lambda$ ):** distanza tra due creste o fra due ventri della forma d'onda

$$\lambda = \frac{c}{f} [m]$$

dove « $c$ » è la velocità del suono

- ❖ **La lunghezza d'onda ( $\lambda$ ), misurata in metri [m], è lo spazio necessario per compiere un'oscillazione completa ed è pari al rapporto velocità/frequenza.**

# FISICA DEL SUONO

## Generalità

- ❖ **Velocità di propagazione del suono ( $c$ )**
- ❖ **La velocità di propagazione del suono ( $C$ ) in un mezzo, misurata in metro al secondo [m/s], dipende dalle caratteristiche del mezzo stesso (densità e temperatura).**
- ❖ **In generale, il suono viaggia più lentamente nei gas, più velocemente nei liquidi e ancora più velocemente nei solidi.**
- ❖ **Ad esempio a 20 °C, nell'aria è di circa 340 m/s e aumenta all'aumentare della temperatura (e al diminuire della densità), mentre nell'acqua di circa 1.500 m/s e nel calcestruzzo di circa 3.350 m/s.**

# FISICA DEL SUONO

## Generalità

- ❖ **Velocità di propagazione del suono (c):**

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

- ❖ **Nei solidi, invece, la velocità dipende dal modulo elastico E (N/mq) e dalla densità  $\rho$  (kg/mc) del materiale secondo la seguente relazione:**
- ❖ **I materiali più rigidi, come acciaio e alluminio, determinano maggiore velocità di propagazione. I materiali elastici (ad esempio gomma e sughero), in grado di ridurre la trasmissione di vibrazioni,**

# FISICA DEL SUONO

## Generalità

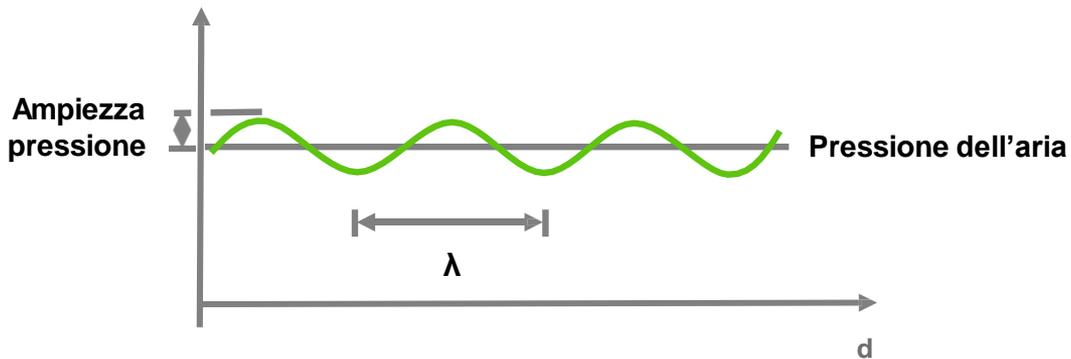
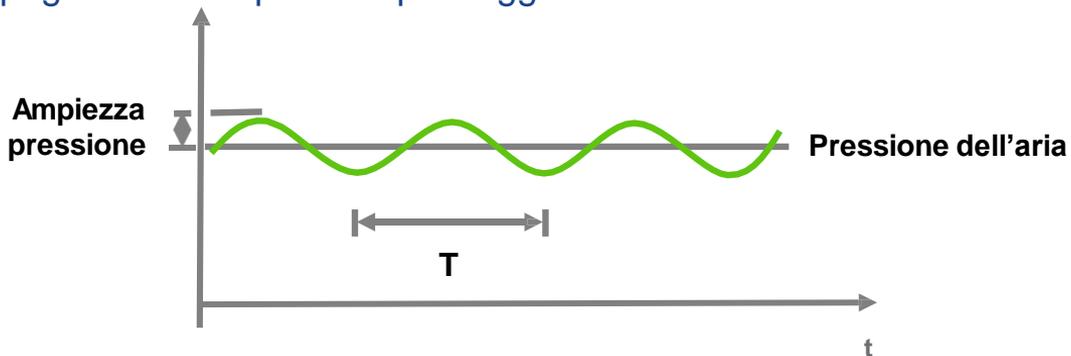
### ❖ Velocità di propagazione del suono (c):

Materiale	E (GPa = $10^9$ N/mq)	$\rho$ [kg/mc]	C [m/s]
Acciaio	200	7.800	5.000
Alluminio	70	2.700	5.820
Calcestruzzo	26	2.000 - 2.600	3.600 - 3.150
Gomma	0,002 - 0,05	1.010 - 1.250	35 - 230
Legno	8 - 12	400 - 700	3.380 - 4.140
Mattoni pieni	25	1.800	3.700
Piombo	17	11.300	1.226
Sughero	0,0555	240	480
Vetro	35 - 55	2.300 - 5.000	4.000 - 5.000

# FISICA DEL SUONO

## Generalità

- ❖ **Ampiezza (A)**: massimo spostamento, rispetto alla posizione di equilibrio, che le molecole del mezzo di propagazione compiono al passaggio dell'onda

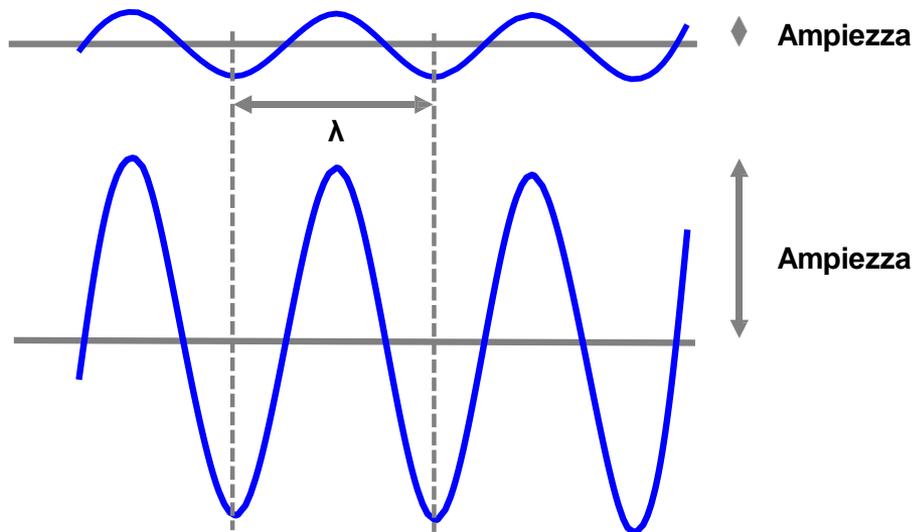


# FISICA DEL SUONO

## Intensità del suono e ampiezza

Suoni aventi la medesima lunghezza d'onda possono avere ampiezza diversa:

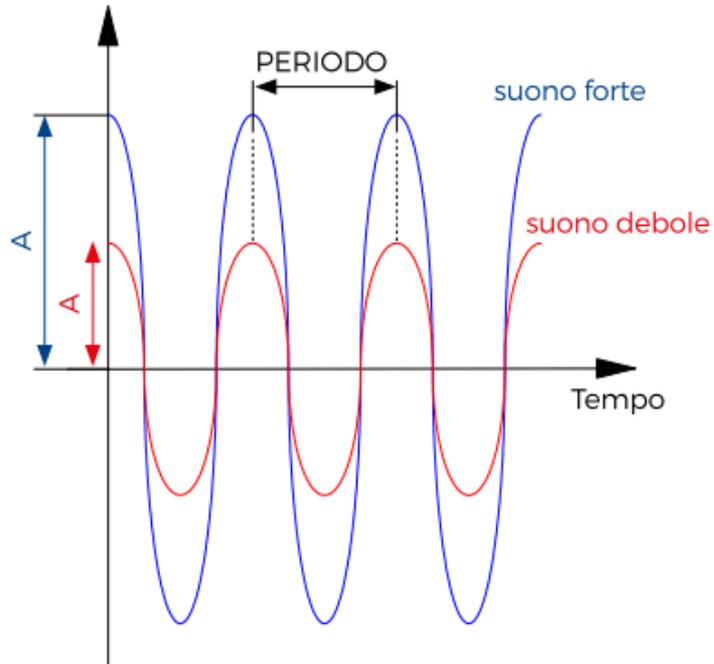
- ❖ **Piccola ampiezza:** suono di intensità ridotta
- ❖ **Grande ampiezza:** suono di elevata intensità



# FISICA DEL SUONO

## Intensità del suono e ampiezza

L'ampiezza delle fluttuazioni permette di distinguere i suoni forti da quelli deboli. In pratica è quello che comunemente chiamiamo il "volume" del suono.



# FISICA DEL SUONO

Livello di pressione sonora

La **variazione della pressione** attorno al suo valore di equilibrio viene detta **pressione acustica**.

**L'orecchio umano è sostanzialmente un sensore di pressione.**

Il suono più debole in grado di percepire è assimilabile a una variazione di pressione pari a 20 milionesimi di Pascal ( $2 \times 10^{-5}$  [Pa]).

# FISICA DEL SUONO

Livello di pressione sonora

Tuttavia, se si dovesse misurare il suono in Pascal si troverebbero molte difficoltà dovute al fatto di dover operare con molte cifre decimali. **Per tale motivo è stata introdotta la scala logaritmica dei Decibel [dB]:** il “livello di pressione sonora ( $L_p$ )” è dato dal logaritmo del rapporto tra la pressione e un determinato valore di riferimento, la soglia dell’udito assunto come livello “zero”:

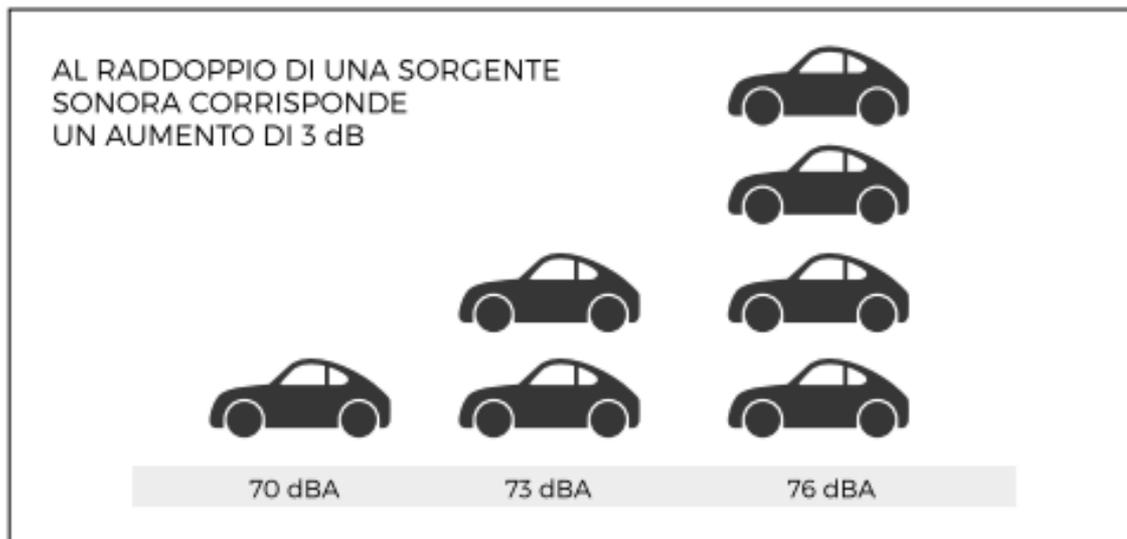
$$L_p = 20 \cdot \log \left( \frac{P}{P_0} \right)$$

$$P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ [Pa]}$$

# FISICA DEL SUONO

Livello di pressione sonora

Al raddoppio delle sorgenti sonore corrisponde un aumento di 3 dB (in quanto si tratta di una somma logaritmica).



# FISICA DEL SUONO

Livello di pressione sonora

**CAMPO DI UDIBILITÀ UMANO** espresso in decibel



# FISICA DEL SUONO

Livello di pressione sonora – Più sorgenti

Con più sorgenti sonore:

$$L_{TOT} = L_1 + L_2 = 10 \log(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}})$$

**NON APPLICABILE LA SOMMA  
ARITMETICA**

Esempi:

❖  $40 \text{ dB} + 40 \text{ dB} = \mathbf{43 \text{ dB}}$

❖  $50 \text{ dB} + 50 \text{ dB} + 50 \text{ dB} + 50 \text{ dB} = \mathbf{56 \text{ dB}}$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{53 \text{ dB}} \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{53 \text{ dB}}$

❖  $40 \text{ dB} + 50 \text{ dB} = \mathbf{50.4 \text{ dB}}$