

# Il suono PCTO

Alessandro Farini  
alessandro.farini@ino.it

Istituto Nazionale di Ottica-CNR

31 marzo 2021



- 1 Cosa è il suono
- 2 Grandezze tipiche del suono
- 3 Il decibel

# Come nasce il suono

Il suono deriva dalle vibrazioni degli oggetti. È quindi di un'onda meccanica

Le vibrazioni di oggetti producono vibrazioni nelle molecole in prossimità degli oggetti stessi (ad esempio nell'atmosfera) e così via. Questo causa differenze di pressione nell'aria che si propagano in ogni direzione

# Differenza tra onda meccanica e onda elettromagnetica

IL suono (come tutte le onde meccaniche) necessita di un mezzo per essere trasmesso. Le onde elettromagnetiche possono invece propagarsi anche nel vuoto.

Un classico errore dei film di fantascienza è quello per cui l'astronave che esplode nello spazio genera un immenso fragore.

<https://www.physicscentral.com/experiment/physicsathome/space-sound.cfm>

# Velocità del suono

La velocità del suono dipende dal mezzo in cui si trasmette.

La velocità del suono nell'aria a  $0^\circ$  e  $1 \text{ atm}$  vale  $331 \text{ m/s}$

Se la temperatura aumenta, aumenta anche la velocità secondo la formula

$$v(t) = 331 + 0.60 \circ t$$

dove  $t$  è la temperatura dell'aria

Da qui segue che  $v(20^\circ) \approx 343 \text{ m/s}$ .

# Alcune velocità del suono

Materiale	Velocità (m/s)
aria a 20° e 1 atm	343
aria a 0° e 1 atm	331
acqua	1440
ferro	≈ 5000

# Esercizio

Sento un tuono circa 5 secondi dopo aver visto un lampo. Quanto dista il punto in cui è caduto il lampo?

# L'eco

Si ha eco quando la riflessione di un suono arriva all'ascoltatore con un ritardo percepibile rispetto al suono originale. Il ritardo sarà proporzionale alla distanza della superficie riflettente dall'ascoltatore e dalla sorgente del suono.



## Condizioni per avere l'eco

Perché si possa parlare di eco è necessario un ritardo di almeno  $1/10$  di secondo rispetto al suono originario.

Dato che il suono viaggia (in aria secca a  $25^\circ$ ) a  $343 \text{ m/s}$  è necessario che la parete riflettente si trovi a più di  $17 \text{ m}$  per avvertire l'eco.

La percezione dell'eco dipende anche da quanto la superficie riflette il suono.

Quando il ritardo è inferiore a  $1/10$  di secondo non si parla di eco, ma di riverbero.

# Un'eco famosa

Un luogo famoso per il fenomeno dell'eco assai evidente è il battistero di Pisa.



# Intensità di un'onda sonora

L'intensità  $I$  di un'onda sonora è l'energia trasportata da un'onda sonora per unità di tempo su un'area perpendicolare al flusso di energia.

$$[I] = \frac{W}{m^2}$$

# Cosa sente l'orecchio umano

L'orecchio umano è in grado di sentire da  $10^{-12} \text{ W/m}^2$  a  $1 \text{ W/m}^2$   
È un intervallo enorme che l'orecchio non può sentire in maniera lineare.  
Per questa ragione si distingue tra l'intensità del suono (che è una grandezza fisica misurabile dagli strumenti) e il volume del suono che è l'aspetto psicologico del suono correlato, in maniera non lineare alla intensità percepita.

# La frequenza

Per i suoni è il numero di cicli (in termini di variazione di pressione) che si ripetono in un secondo.

L'orecchio umano è in grado di sentire suoni che vanno da circa 20 Hz a 20000 Hz. I cani possono arrivare a 50000 Hz, i pipistrelli a 100000 Hz. Invecchiando l'orecchio umano taglia le alte frequenze, in genere sopra i 10000 Hz.

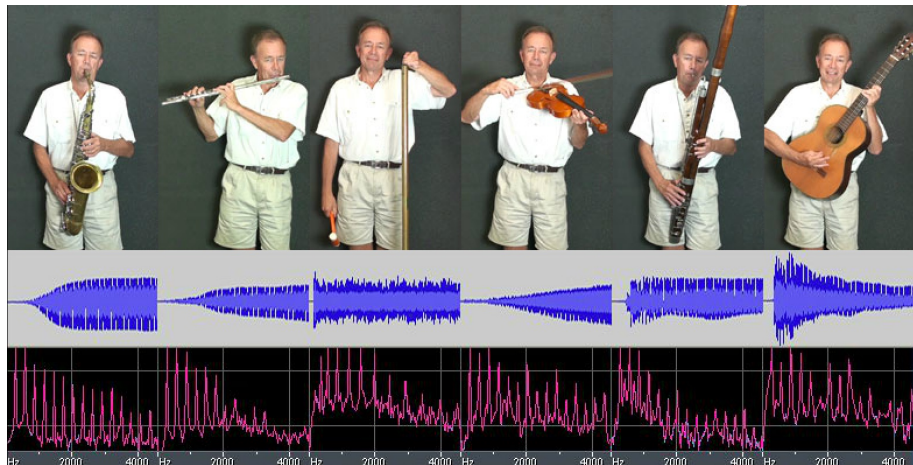
<https://www.youtube.com/watch?v=qNf9nzzvnd1k>

<https://www.youtube.com/watch?v=VxcbppCX6Rk>

# l'altezza

L'altezza è il corrispettivo psicologico della frequenza. Suoni con frequenza bassa saranno percepiti come gravi (le note basse di un trombone), suoni con frequenza alta come acuti (un fischietto).

# Forma d'onda e timbro



<http://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/sound-pitch-loudness-timbre.htm>

# Il decibel

Proprio perché la relazione tra intensità e volume non è lineare si è introdotta una specifica grandezza che usa una scala logaritmica, il bel. In realtà più comunemente si usa il decibel (dB) che corrisponde a un decimo di bel.

Il livello sonoro  $\beta$  di un suono si definisce, in funzione della sua intensità  $I$ , come

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

dove  $I_0$  è un'intensità scelta di riferimento e il logaritmo è calcolato in base 10.



## Intensità di riferimento

$I_0$  è generalmente considerata come la minima intensità udibile per un orecchio umano,  $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ .

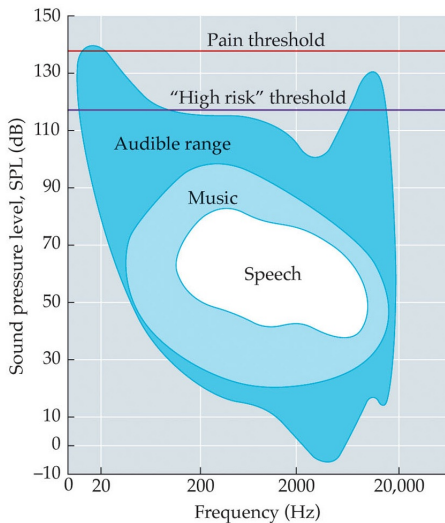
Se si ha un suono con  $I = 10^{-10} \text{ W/m}^2$  avremo che

$$\beta = 10 \log \frac{10^{-10} \text{ W/m}^2}{10^{-12} \text{ W/m}^2} = 10 \log 100 = 20 \text{ dB}$$

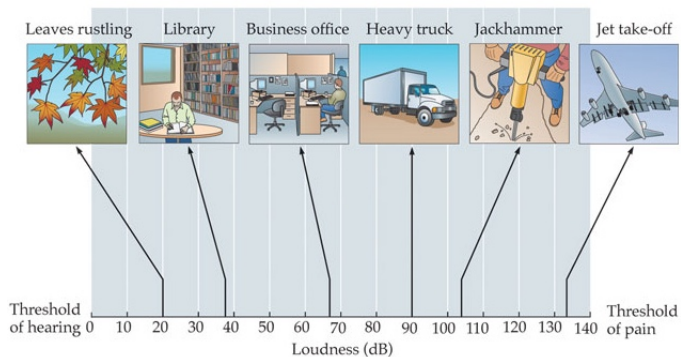
# Scala dei decibel

Un suono appena percepibile avrà per definizione un valore di  $0 \text{ dB}$ . Un aumento di intensità di un fattore 10 corrisponde quindi a un aumento nel livello del suono di  $10 \text{ dB}$ , mentre un aumento di intensità di un fattore 100 provoca un aumento di  $20 \text{ dB}$ .

# Cosa sente l'orecchio umano



# Livelli di rumore



# Riferimenti

Per domande e chiarimenti

alessandro.farini@ino.it

Pagina Ufficiale <http://viola.ino.cnr.it>

Blog <http://www.riflessioniottiche.it>

Facebook <http://www.facebook.com/alessandro.farini>

Twitter <http://twitter.com/alefarini>

Instagram <http://www.instagram.com/opticalreader/>