

## 1 Il suono

Il suono è caratterizzato dalla propagazione di onde di pressione in un mezzo elastico, che può essere solido, liquido o gassoso, dovute alla perturbazione di carattere oscillatorio, nel segmento delle frequenze comprese tra i 20 Hz ed i 20000 Hz, che corrisponde, statisticamente, alla gamma di frequenze udibili dall'uomo.

Tale oscillazione, caratterizzata dalla rapida successione di compressioni ed espansioni del mezzo stesso, e che è descrivibile con una funzione di tipo sinusoidale, non comporta il trasporto di materia ma di energia meccanica.

Affinché il fenomeno nasca e si propaghi è necessaria la presenza di una sorgente sonora e di un mezzo elastico che ne consenta la propagazione. La sorgente sonora è costituita da un elemento vibrante che trasmette il suo movimento alle particelle del mezzo circostante, le quali oscillando attorno alla loro posizione di equilibrio, propagano la perturbazione agli strati via, via, successivi, generando un treno d'onde longitudinale. Il mezzo elastico nel quale il suono si propaga, che si sottolinea non può essere il vuoto, ne condiziona invece la sua celerità di propagazione che è ottenibile dalle seguenti relazioni:

per i materiali solidi e liquidi:

$$c = \sqrt{E_v / \rho}$$

dove:

$E_v$  è il modulo di elasticità volumetrica del mezzo;

$\rho$  è la massa volumica del mezzo.

Ad esempio:

per l'acciaio ( $E_v = 2,1 \cdot 10^{11}$  Pa;  $\rho = 7800$  kg/m<sup>3</sup>); si ottiene  $c = 5176$  m/s

per l'acqua ( $E_v = 2 \cdot 10^9$  Pa;  $\rho = 1000$  kg/m<sup>3</sup>); si ottiene  $c = 1414$  m/s

per i gas ideali:

$$c = \sqrt{k R T}$$

dove:

$k$  è il rapporto tra i calori specifici a pressione e volume costante;

$R$  è la costante elastica del gas

$T$  è la temperatura assoluta del gas.

Ad esempio:

per l'aria ( $k = 1,4$ ;  $R = 287$  J/kg K); a 0 °C si ottiene  $c = 331$  m/s

per l'aria è utile tener presente che la relazione che intercorre tra la celerità e la temperatura è data dalla seguente formula:

$$c = 331 + 0,6t$$

dove  $t$  è la temperatura in °C.

Nella tabella 1.1 vengono sintetizzate le celerità di propagazione del suono in alcuni mezzi trasmissivi

<b>materiale</b>	<b>celerità del suono (m/sec)</b>
acciaio dolce	5000
acciaio legato	5000 - 5900
acqua	1414
alluminio	5100
aria (a 0°C)	331
aria (alla temperatura $t$ )	$331 + 0,6 t$
calcestruzzo	4500
granito	6000
legno di pino	3313
legno di quercia	3837
marmo	3800
mattoni pieni	3650
piombo	1300
plexiglas	2700
polistirene	2400
poliuretano	1900
rame	3570
sughero	500
vetro	5000

Tabella 1.1 – celerità del suono in alcuni mezzi trasmissivi

L'orecchio coglie tre caratteristiche del suono:

**ALTEZZA:** (tonale, o acutezza) che è la caratteristica fondamentale del suono legata alla frequenza. I suoni sono gravi (bassi), medi, o acuti (alti), proprio in funzione della loro altezza, legata alla frequenza di emissione.

Le altezze percepibili dall'apparato uditivo umano medio sono quelle comprese nel campo di frequenze 20÷20.000 Hz, con un massimo della sensibilità intorno ai 3.000÷4.000 Hz. Le altezze del parlato sono quelle comprese nel campo di frequenze 500÷4000 Hz.

Al di sotto del limite dei 20 Hz si è nel campo degli infrasuoni. Al di sopra del limite dei 20.000 Hz in quello degli ultrasuoni.

**TIMBRO:** che è la caratteristica legata alla struttura spettrale del suono.

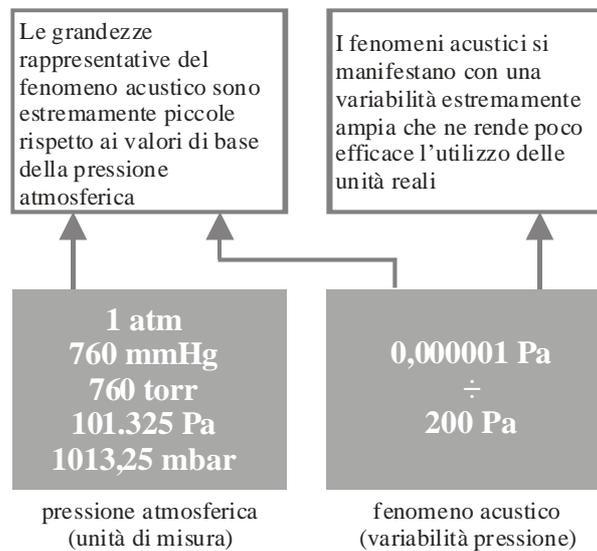
E' comune esperienza che la stessa nota musicale può essere emessa con uguale intensità da due diversi strumenti ed essere percepita come diversa sensazione

**LIVELLO:** che è la caratteristica legata a potenza sonora e distanza sorgente-ricevitore.

Il livello di un fenomeno acustico si misura in relazione alla pressione indotta dalla sorgente sonora. I valori della pressione acustica, che variano da un centomillesimo di Pascal a 200 Pascal, sono

notevolmente inferiori ai valori della pressione atmosferica che è quantificabile in oltre 100.000 Pascal. Le grandezze alla base del fenomeno acustico sono sintetizzate nella figura 1.1

figura 1.1 – grandezze alla base del fenomeno acustico



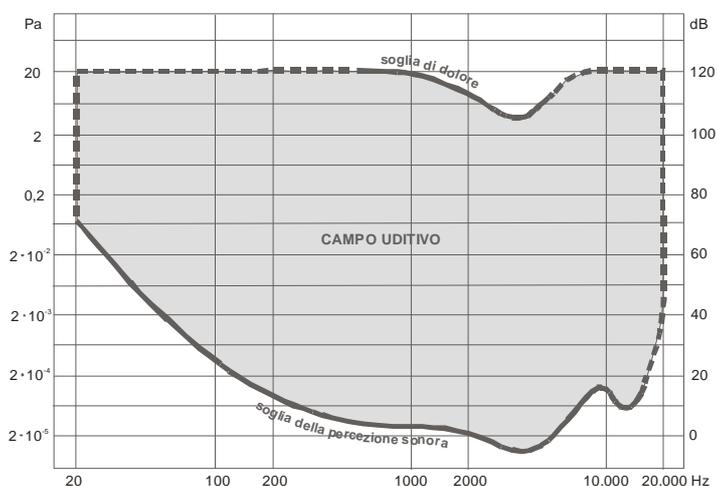
Si rammenta a tal proposito che la pressione atmosferica normale, o standard, che è quella misurata alla latitudine di 45°, al livello del mare e ad una temperatura di 15 °C, corrisponde ad una colonna di mercurio di 760 mm. Nelle altre unità di misura risultano le seguenti corrispondenze:

$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 760 \text{ torr} = 101\,325 \text{ Pa} = 1\,013,25 \text{ mbar}$ .

In considerazione della notevole escursione fra valori minimi (soglia di percezione) e massimi (soglia del dolore), che rendono il fenomeno non rappresentabile utilizzando le unità reali, e della circostanza che l'orecchio umano non è sensibile alla pressione in modo lineare, sicchè ad una pressione doppia non corrisponde una sensazione uditiva doppia, si fa efficacemente ricorso ad una unità di misura convenzionale: il decibel (dB).

Il campo uditivo umano, delimitato dalle soglie di livello di percezione sonora e di dolore, e dalle frequenze minima e massima percepibili, rispettivamente di 20 e 20.000 Hz, è rappresentato nella figura 1.2.

figura 1.2 – campo uditivo



Dal punto di vista scientifico: il suono è caratterizzato da segnali sonori composti da frequenze fisse ben definite e da un insieme di onde sinusoidali con periodicità ben definita; il rumore è caratterizzato da segnali sonori completamente casuali costituiti da infinite componenti con fase e ampiezza aleatorie.

Invece, in relazione alla percezione degli individui: il suono è caratterizzato da segnali sonori piacevoli per una percentuale significativa di soggetti ricettori (la gradevolezza del suono dipende da gusti personali e dalla partecipazione attiva e favorevole del ricettore); il rumore è caratterizzato da segnali sonori sgradevoli, anche se col concorso della soggettività individuale e di concomitanze casuali (carica emotiva, stress, condizione fisica, interferenza psicologica, etc).