

Acustica per l'edilizia

Intensità acustica e potenza sonora. Additività dei livelli sonori. Audiogramma normale Iso 226 e curve di ponderazione. Questi i temi trattati nell'articolo.

Suono: definizioni e variabili caratteristiche

Intensità acustica e potenza sonora

L'intensità acustica (I) è definita come la quantità di energia che attraversa, secondo una direzione normale, una superficie unitaria di riferimento.

Introducendo i valori efficaci di pressione, si ha, per un fronte d'onda piano, la seguente relazione:

$$I = \frac{P_{eff}^2}{\rho c}$$

con ρ che rappresenta la densità del fluido attraverso cui avviene il fenomeno e c la velocità di propagazione.

L'intensità acustica rappresenta una misura della magnitudo del fenomeno sonoro, ovvero è indice di ciò che ci fa percepire un suono come debole o forte.

La quantità di energia irradiata da una sorgente sonora e trasmessa al mezzo elastico, relativamente alla singola unità di tempo ed espressa in Watt, è denominata **potenza sonora W**. L'energia è funzione della superficie **S** che racchiude la sorgente e attraverso cui si sviluppa il fronte d'onda, oltre al lavoro dovuto al prodotto tra la variazione delle forze di pressione e la velocità di spostamento delle particelle del mezzo intorno alla propria posizione di equilibrio.

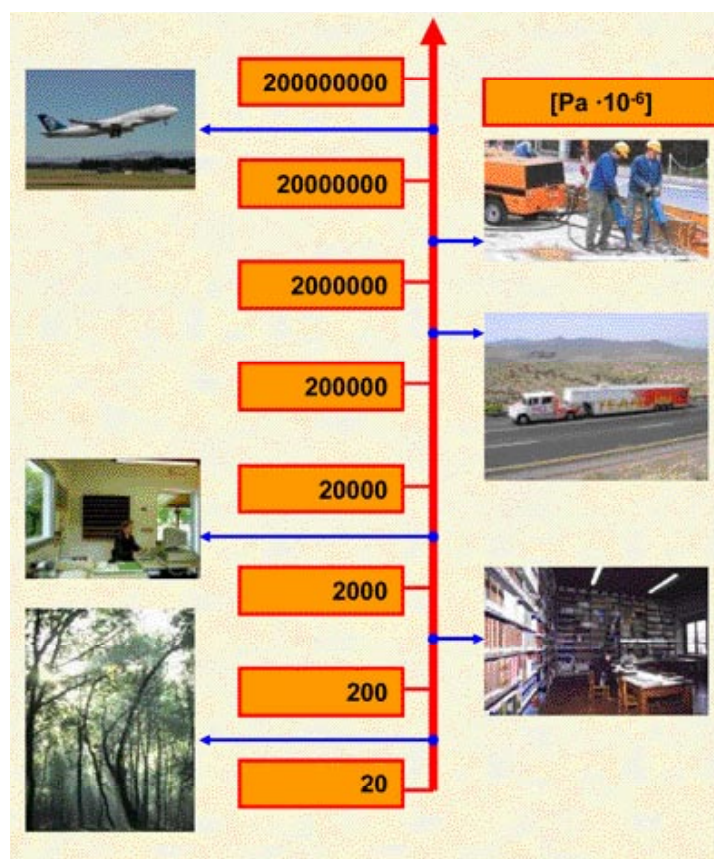
Considerando fronti d'onda piani, è possibile esprimere un legame diretto tra intensità acustica e potenza sonora:

$$W = IS \quad [W]$$

I valori tipici di potenza sonora delle sor-

Fig. 2 - Scala dei decibel.

(Doc. "Misure di acustica in edilizia", Roberto Baruffa e Andrea Bruschi, Istituto Giordano, Sezione Acustica)



genti sono estremamente variabili tra loro e dipendono strettamente dal tipo di fenomeno che sono in grado di generare. Per citare un campo di variabilità, si può considerare che la voce umana in una conversazione media ha una potenza sonora pari a 10^{-5} W, mentre un aereo a reazione emette una potenza sonora di 10^4 W.

Con riferimento alla equazione della potenza sonora e considerando una superficie S di riferimento non più piana ma sferica pari a $4\pi r^2$, si nota come:

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

La relazione permette di evincere che, in campo libero, l'intensità acustica e la potenza sonora diminuiscono in funzione del quadrato della distanza r dalla sorgente: se la distanza raddoppia, l'intensità si riduce a 1/4; se triplica, l'intensità si riduce a 1/9 ecc.

Le grandezze acustiche sono caratterizzate da un ampio campo di variabilità che non

rende conveniente l'uso di espressioni per l'intensità, la potenza e la pressione in termini di valori assoluti. Convenzionalmente, esse sono definite attraverso l'uso della scala logaritmica espressa in Decibel [dB], che associa al valore della grandezza il logaritmo in base dieci del rapporto della stessa rispetto a un valore di riferimento noto. Questo sistema risulta utile non solo per comprimere i valori numerici, ma anche perché, secondo la legge di Fechner, l'intensità delle sensazioni uditive è direttamente proporzionale al valore dello stimolo e non al valore assoluto dello stesso. Le relazioni diventano quindi:

Livello di Intensità acustica:

$$L_I = 10 \cdot \log \frac{I}{I_{rif}}$$

Livello di Potenza sonora:

$$L_W = 10 \cdot \log \frac{W}{W_{rif}}$$

Livello di Pressione sonora:

$$L_p = 10 \cdot \log \frac{P_{eff}^2}{P_{rif}^2} = 20 \cdot \log \frac{P_{eff}}{P_{rif}}$$

Considerando i seguenti valori di riferimento:

$$I_{rif} = 10^{-12} W/m^2$$

$$W_{rif} = 10^{-12} W$$

$$p_{rif} = 2 \cdot 10^{-5} Pa$$

Additività dei livelli sonori

L'uso dei livelli richiede particolare attenzione nella analisi dei dati numerici. E' possibile sommare l'intensità acustica dei due livelli sonori di due sorgenti differenti, ma non è possibile fare lo stesso con i livelli sonori. Il procedimento adeguato prevede di trasformarli in intensità, di sommarle e di trovare il livello di intensità sonora equivalente. E' oltremodo importante notare come il raddoppio o il dimezzamento dell'energia attribuibile a un fenomeno sonoro non determini il raddoppio o il dimezzamento dei livelli sonori, ma solo un loro aumento o decremento di 3 dB

Audiogramma normale Iso 226 e curve di ponderazione

La sensibilità dell'orecchio umano non risulta essere ugualmente distribuita in relazione ai

differenti spettri di frequenze sonore. Essa risulta essere elevata in corrispondenza di frequenze medio-alte, mentre tende a perdere di efficacia verso quelle basse o molto alte.

Per poter studiare l'andamento della percezione soggettiva, e il disturbo dei suoni, in funzione della variazione della frequenza e dei livelli, è stato studiato, rappresentato e infine proposto dalla norma Uni EN Iso 226 **l'audiogramma normale medio.**

In esso sono riportate curve isofoniche che rappresentano i livelli di pressione sonora in grado di produrre la stessa sensazione uditiva (curve di isosensazione), in funzione della frequenza (Fig. 3). Data l'infinita variabilità delle combinazioni sonore, l'analisi è stata effettuata solo relativamente ai suoni puri.

1000 e i 6000 Hz, con un picco massimo intorno ai 4000 Hz.

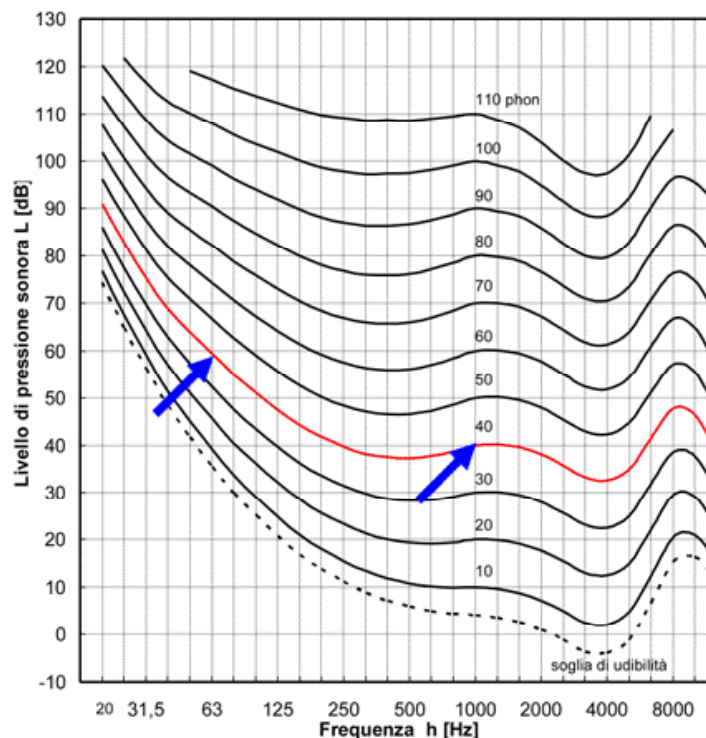
L'audiogramma risulta essere delimitato, superiormente, dal livello di 120 dB, che corrisponde al livello di pressione sonora equivalente alla soglia del dolore e, inferiormente, dalla curva isofonica a 4 Phon, che rappresenta il minimo livello di pressione in grado di garantire l'udibilità di un suono.

Al fine di tenere in considerazione la differenti capacità dell'orecchio umano nella valutazione del disturbo o del danno da rumore, si sono sviluppati dei metodi basati sull'impiego di curve di ponderazione in frequenza. Ne sono state definite quattro, denominate "A", "B", "C" e "D"

Nello specifico, la curva "A" ha permesso

Fig. 3 - Audiogramma normale medio per toni puri (Uni EN Iso 226).

In rosso, è evidenziata la curva di ponderazione "A". (Doc. "Misure di acustica in edilizia", Roberto Baruffa e Andrea Bruschi, Istituto Giordano, Sezione Acustica)



La costruzione sperimentale dell'audiogramma è stata effettuata prendendo come riferimento un suono puro a 1000 Hz che è stato confrontato, da un campione di uditori, con suoni puri a differenti frequenze. In questo modo, è stato possibile verificare quando i due differenti suoni procuravano la medesima sensazione sonora e tracciare le curve corrispondenti. La valutazione numerica di questa coincidenza viene espressa in Phon (livello di sensazione sonora), che corrispondono al valore della pressione in dB del suono di riferimento a 1000 Hz.

Analizzando il diagramma, si può notare come la sensibilità dell'orecchio umano sia maggiore nell'intervallo di frequenze tra i

di determinare il livello di pressione sonora pesato in dB(A) che, attualmente, è utilizzato come grandezza psicoacustica di riferimento e che può essere rilevato comunemente da un fonometro per rilevazioni acustiche.

La curva di ponderazione "A" riproduce l'andamento rovesciato della isofonica a 40 phon. In questo modo, il fattore di correzione penalizza i contributi energetici alle basse frequenze, zona in cui l'orecchio umano è meno sensibile, lasciando invariato il contributo alle frequenze medio-alte.

La curva di ponderazione "B" è stata abbandonata, mentre le curve "C" e "D" risultano essere impiegate per l'analisi di rumori impattivi o aeronautici.