

CALCOLO DELL'INTENSITA' ACUSTICA

Tra le prime questioni che bisogna affrontare quando ci si occupa del suono come fenomeno fisico c'è quella di calcolarne l'intensità. Nel parlare quotidiano si parla in modo vago e spesso impreciso di "volume" più o meno alto, o di suoni più o meno "forti". Questo va bene sul piano intuitivo, ma noi abbiamo invece bisogno di una misura precisa con la quale confrontare i suoni. Il problema non è banale a causa del modo particolarmente complesso in cui l'essere umano percepisce il suono, e infatti questo è un argomento nel quale è facile cadere in confusione, anche per i più esperti.

Onde evitare, nel seguito, di essere poco chiaro, espongo qui alcuni punti da tenere sempre a mente.

1. Una cosa è l'intensità con la quale un suono viene emesso, un'altra l'intensità con la quale un soggetto, posto in un certo punto dello spazio, ne viene investito.
2. Ci sono vari metodi per calcolare l'intensità di un suono, in base a quali sono i dati di cui disponiamo. Le due grandezze principali sono però l'intensità sonora (potenza, espressa in Watt) o la pressione sonora (pressione, espressa in Pascal).
3. Ogni calcolo di un'intensità prevede un numero di approssimazioni inevitabili, che pregiudicano il risultato finale nella misura in cui l'approssimazione è vicina in ordine di grandezza ai valori considerati.

Cominciamo a dire che uno strumento indispensabile nel calcolo dei livelli sonori è il logaritmo. Chi non avesse praticità con i logaritmi può fare riferimento ad un manuale di matematica o cercare qualcosa in rete.

L'unità di misura fondamentale è il decibel, che si calcola mediante i logaritmi.

Diamo prima la definizione di Bel, del quale il decibel è la decima parte, e vediamo prima il caso in cui possediamo dati sulle potenze sonore (esprese in Watt).

Il livello L_1 di una potenza W_1 rispetto ad una potenza W_2 di riferimento si calcola con la semplice espressione

$$L_1 = \log \frac{W_1}{W_2} \text{ B}$$

(dove il logaritmo è quello in base 10)

Questa espressione è anche la definizione di Bel. Il livello L_1 è pari ad 1 Bel quando il logaritmo di W_1 fratto W_2 è pari ad 1, ovvero quando l'argomento del logaritmo è pari a 10, ovvero quando il rapporto tra la potenza W_1 e quella di riferimento W_2 è pari a 10, ovvero quando la potenza da calcolare è 10 volte più grande di quella di riferimento.

Da notare che il calcolo è effettuato sempre rispetto ad una certa potenza di riferimento, e questo dipende dalla natura stessa della definizione. Non è possibile calcolare altrimenti un livello acustico. Andrà perciò stabilito, di volta in volta, qual'è la potenza di riferimento, o la pressione di riferimento. Vedremo poi che nella pratica si utilizzano come potenze o pressioni di riferimento quelle relative ai suoni di minore intensità udibili dall'uomo.

Passiamo al decibel, che è l'unità di misura più largamente utilizzata. Come è risaputo, il simbolo utilizzato per il decibel è dB.

Il decibel è pari ad un decimo di Bel, per cui in decibel si ha

$$L_1 = 10 \cdot \log \frac{W_1}{W_2} \text{ dB}$$

Anche in questo caso vediamo come viene definito quindi il decibel: il livello L_1 è pari ad 1 decibel quando il logaritmo di W_1 fratto W_2 è pari ad 1/10, ovvero quando l'argomento del logaritmo è pari a 10 elevato ad 1/10, ovvero quando il rapporto tra la potenza W_1 e quella di riferimento W_2 è pari a circa 1,258925 (10 elevato ad 1/10), ovvero quando la potenza da calcolare è di poco più grande di quella di riferimento.

Vediamo ora cosa accade se invece possediamo dati sulle pressioni sonore anziché sulle potenze.

Dal fatto - noto in Fisica - che la potenza è proporzionale al quadrato della pressione sonora, si ha:

$$L_1 = 10 \cdot \log \frac{P_1^2}{P_2^2} \text{ dB} = 10 \cdot \log \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^2 \text{ dB} = 20 \cdot \log \frac{P_1}{P_2} \text{ dB}$$

dove l'ultima uguaglianza dipende dalle proprietà dei logaritmi (il logaritmo di un certo numero x, elevato alla potenza n-esima, è uguale ad n volte il logaritmo del numero x, quindi nel nostro caso il fattore 10 che moltiplica il logaritmo del numero P_1/P_2 elevato al quadrato, diventa un fattore 20 che moltiplica il logaritmo dello stesso numero senza l'elevazione al quadrato).

Sarà molto importante quindi badare al tipo di informazioni che abbiamo sul suono di cui vogliamo calcolare il livello, ovvero se abbiamo dati in potenza o in pressione, al fine di stabilire quale formula dobbiamo utilizzare, quella con il fattore 10 che moltiplica il logaritmo o quella con il fattore 20.

Andiamo ora a vedere quali sono i famosi valori di riferimento, sia in potenza che in pressione.

Ricordiamo innanzi tutto che nel sistema internazionale (SI) la potenza si misura in Watt (W) e la pressione in Pascal (Pa).

Il livello di riferimento per la potenza è di $W_2 = 10^{-12}$ Watt, mentre quello per la pressione è $p_2 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pascal. Si tratta di una pressione estremamente piccola, che coincide con la soglia di udibilità dell'orecchio umano.

In pratica, suoni di pressione inferiore non sono neppure udibili.

Vediamo alcuni semplici esempi di applicazione di queste formule.

Es.1 Poniamoci nel caso più elementare: quello in cui misuriamo la pressione sonora esercitata da una certa sorgente in un punto, e vogliamo stabilire quale sia il valore in dB.

Poniamo allora di aver fatto la misurazione e di aver trovato una pressione di 0,02 Pa.

Andiamo a sostituire questo valore nella nostra formula per le pressioni. Si ha:

$$L = 20 \cdot \log \frac{0,02 \text{ Pa}}{2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}} \text{ dB} = 20 \cdot \log \frac{2000 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}}{2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}} \text{ dB} = 20 \cdot \log 1000 \text{ dB} = 20 \cdot 3 \text{ dB} = 60 \text{ dB}$$

da cui vediamo che a 0,02 Pa di pressione corrispondono 60dB di livello sonoro.

Es.2 Poniamo ora invece di essere nel caso inverso: sappiamo qual'è il livello in dB e vogliamo ricavare la pressione sonora. Ad esempio, sia 80dB il valore calcolato in decibel. Avremo

$$80 \text{ dB} = 20 \cdot \log \frac{p}{2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}} \text{ dB}$$

da cui

$$\log \frac{p}{2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}} \text{ dB} = \frac{80}{20} = 4$$

e quindi

$$10^{\log \frac{p}{2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}} \text{ dB}} = 10^4 = 10000$$

da cui infine

$$p = 10000 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} = 20000 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} = 0,2 \text{ Pa}$$

per cui vediamo che a 80 dB corrispondono 0,2 Pa di pressione.

Confrontando questo risultato con quello dell'esempio precedente, emerge anche un dato molto importante: che i decibel non sono espressi in scala lineare, ma in scala, appunto, logaritmica, e non bisogna quindi pensare, ad esempio, che raddoppiando la pressione raddoppi anche il valore in dB.

Anzi, abbiamo visto che, ad un incremento del 1000% della pressione (da 0,02 Pa a 0,2 Pa) è corrisposto un incremento del 25% del valore in dB (da 60dB a 80dB). Per cui: attenzione ai calcoli!

Concludiamo con un paio di informazioni utili.

La prima è che nella maggior parte dei casi i calcoli si effettuano con le pressioni, perchè è questo il modo in cui in genere vengono rilevate informazioni sulle onde sonore.

La seconda riguarda la sigla SPL (Sound Pressure Level) che spesso si incontra seguita da un valore in dB. Questa non è altro che un livello sonoro calcolato con le pressioni, tanto è vero che (più o meno impropriamente) si scrive anche

$$\text{SPL} = 20 \cdot \log \frac{p_1}{p_2} \text{ dB}$$

e ci si riferisce spesso a livelli sonori come dB SPL o dB_{SPL}, intendendo con ciò che sono decibel calcolati in pressione.

Analogamente - ma più raramente - si può incontrare la sigla SIL (Sound Intensity Level) per un livello in decibel calcolato mediante la formula col fattore 10.

Rinviamo ad un prossimo tutorial una serie di formule utili per il calcolo dei livelli sonori in svariate situazioni pratiche (*formule in campo libero*) e per il calcolo della somma di più livelli sonori (*somma di livelli in potenza e somma di livelli in pressione*).