

ACUSTICA

Coefficiente di trasmissione e definizione di potere fonoisolante

Potere fonoisolante: l'attitudine a ridurre la trasmissione del suono.

$$R = 10 \text{Log} \left(\frac{1}{t} \right) \quad [\text{dB}]$$

in cui t è il coefficiente di trasmissione acustica della parete definito dal rapporto

$$t = \frac{I_t}{I_i} \quad 0 \leq t \leq 1 \quad \text{in generale } t \ll 1$$

fra I_t l'energia sonora trasmessa per unità di superficie e per unità di tempo e I_i l'energia sonora incidente per unità di superficie e per unità di tempo.

Legge di massa e scostamenti per pareti reali (rappresentazione grafica qualitativa)

Il coefficiente di trasmissione acustica è:

$$t = \frac{\cos t}{(m \cdot f)^2}$$

f = della frequenza dell'onda sonora incidente [Hz]

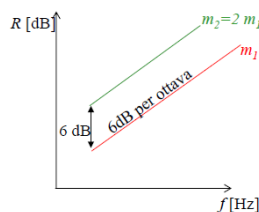
m = massa frontale del divisorio [kg/m²]

$$\Rightarrow R = 20 \text{Log}(m \cdot f) - 10 \text{Log}(\cos t) \quad [\text{dB}]$$

$$\Rightarrow R = 20 \text{Log}(m) + 20 \text{Log}(f) - 10 \text{Log}(\cos t)$$

$$10 \text{Log}(\cos t) = \text{costante} = 48 \text{ per campo sonoro mediamente diffuso}$$

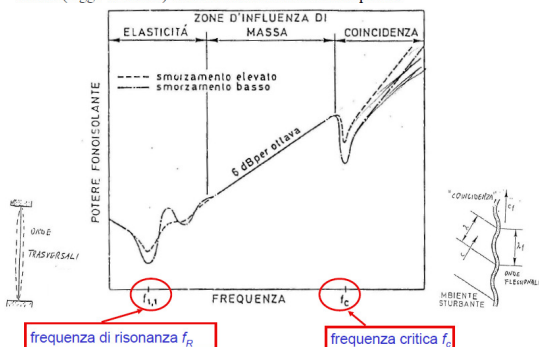
Questa relazione esprime la legge della massa che afferma che il potere fonoisolante di un divisorio ideale aumenta di 6 dB ad ogni raddoppio della massa superficiale della parete ed ad ogni raddoppio della frequenza del suono incidente.



Potere Fonoisolante

2. DIVISORIO OMOGENEO REALE (PARETE SEMPLICE)

Il potere fonoisolante di una parete semplice si discosta da quello di un divisorio ideale (legge di massa) sia alle basse sia alle alte frequenze

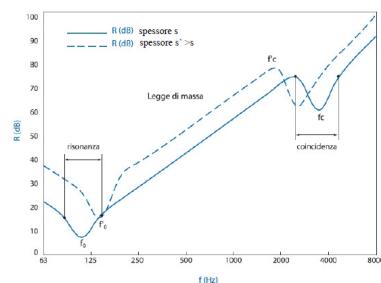


frequenza di risonanza f_R

frequenza critica f_c

Potere Fonoisolante

2. DIVISORIO OMOGENEO REALE (PARETE SEMPLICE)



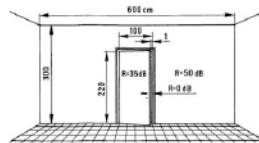
Aumentando $s \Rightarrow$ cresce R solo nella zona di validità della legge di massa; f_R aumenta; f_c diminuisce

Potere fonoisolante di pareti composte (es. parete con porta)

Nel caso di una parete composta da parti con valori di R diversi si può definire un potere fonoisolante medio R_m valutato a partire da un coefficiente di trasmissione medio t_m . Fessure e buchi peggiorano sensibilmente le caratteristiche fonoisolanti di un divisorio.

$$t_m = \frac{\sum t_i \cdot S_i}{\sum S_i} \quad \text{dove} \quad t_i = 10^{-R_i/10}$$

$$R_m = 10 \text{Log} \left(\frac{1}{t_m} \right) \quad [\text{dB}]$$



Meccanismi di propagazione del rumore negli edifici

Il rumore si trasmette attraverso due meccanismi:

- via aerea;
 - via strutturale: I rumori impattivi negli edifici sono quelli causati da calpestio, caduta oggetti, spostamento di tavoli e sedie, lavorazioni effettuate su pareti e pavimenti, ... L'energia meccanica di urti e/o vibrazione viene trasmessa direttamente al divisorio, si propaga negli ambienti collegati rigidamente con il punto in cui si è innescato il rumore, e dalle strutture all'aria degli ambienti disturbati;
- o attraverso la loro combinazione.

Definizione di riverberazione ed effetti della riverberazione e formula di Sabine

Il fenomeno della riverberazione consiste nel protrarsi della presenza del suono nell'ambiente anche dopo che la sorgente ha cessato di emettere potenza sonora.

La causa sono le riflessioni multiple delle onde sonore sulle pareti che delimitano il locale.

Gli effetti:

- il livello sonoro è più elevato di quello imputabile al solo campo diretto prodotto dalla sorgente
- il campo sonoro diretto prevale solo nelle immediate vicinanze della sorgente mentre a una certa distanza prevale la componente riverberata (o diffusa) del campo sonoro
- suoni emessi dalla sorgente si sovrappongono a quelli emessi successivamente dalla sorgente

Tempo di riverberazione: tempo necessario perché l'energia sonora si riduca di 60 dB rispetto al valore iniziale, quando la sorgente ha cessato di emettere energia sonora

può essere misurato strumentalmente oppure stimato in maniera analitica con numerose formule sperimentali tra cui quella di Sabine

$$T_{60} = 0,163 \cdot \frac{V}{A} \quad \left| \begin{array}{l} V = \text{volume della sala (m}^3\text{)} \\ A = \text{assorbimento totale della sala (m}^2\text{)} \quad A = \sum \alpha_i S_i + \sum A_j \end{array} \right.$$

Valida nell'ipotesi di propagazione del suono prevalentemente diffusa (ambienti di forma regolare, sorgente in posizione non troppo periferica, pareti con caratteristiche di assorbimento acustico non molto diverse)

Tempo di riverberazione ottimale (parametri da cui dipende e come è possibile valutarlo)

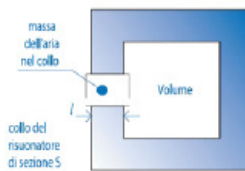
Vi sono dei valori ottimali del tempo di riverberazione in funzione della destinazione d'uso di un ambiente e delle sue dimensioni.

Suggerire alcuni interventi per ridurre il tempo di riverberazione di un locale (es. sala per conferenze) + Classificazione dei materiali e delle strutture fonoassorbenti

L'assorbimento dell'energia acustica consiste in una trasformazione irreversibile di energia meccanica di vibrazione in calore. In relazione alle diverse modalità in cui tale processo si realizza, i materiali fonoassorbenti sono classificati secondo tre categorie

1. Utilizzo di materiali fonoassorbenti per i rivestimenti:

- materiali porosi con micro-cavità aperte all'aria (es: fibre minerali, fibre vegetali, spugne poliuretatiche, fibre di poliestere, ecc) sfruttano la dissipazione viscosa: l'onda sonora fa oscillare l'aria interna ai pori e viene dissipata per attrito.
- pannelli o membrane vibranti: sono pannelli di materiale non poroso (es. legno compensato) montate su telaio che le mantiene una distanza di qualche cm dalla parete. L'onda sonora incidente fa vibrare il pannello con conseguente dissipazione di energia.
- risonatori acustici o di Helmholtz (sfruttano risonanza delle cavità)

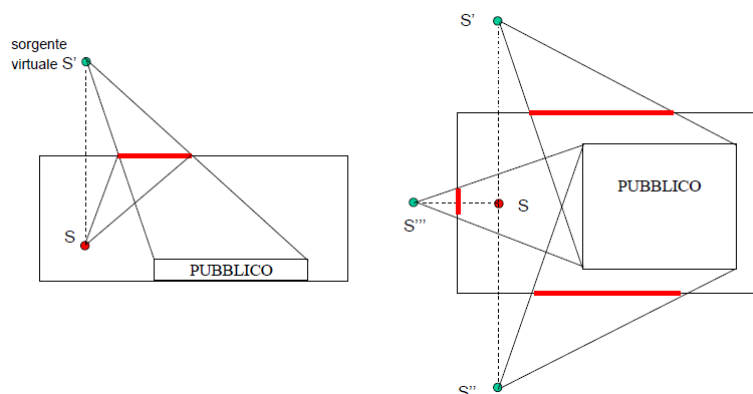


Ciascuno è maggiormente efficiente in un determinato campo di frequenze.

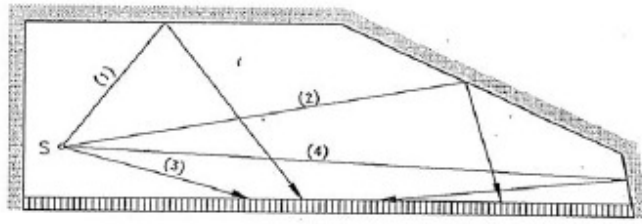
2. Pannelli forati con fori, spessori e intercapedini opportunamente dimensionate ed eventualmente riempite con materiale poroso.
3. Corretto dimensionamento dei locali: il tempo di riverberazione è direttamente proporzionale alla dimensione volumetrica della stanza oggetto della progettazione.

Riflessioni utili al livello sonoro

Le superfici che producono riflessioni utili possono essere individuate con il metodo delle sorgenti virtuali



Sale di grandi dimensioni assumono forme tali da favorire le prime riflessioni e distribuirle uniformemente su tutto il pubblico



Difetti acustici

L'ascoltatore deve essere interessato dalla stessa intensità sonora indipendentemente dal posto occupato.

Per una buona diffusione è importante prevedere l'irregolarità del profilo e nell'orientamento delle pareti perimetrali.

ECO: se le onde sonore riflesse arrivano all'ascoltatore con ritardo rispetto al suono diretto $\Delta t > 50\text{ms}$ vengono percepite come suono distinto -

$50 < \Delta t < 100\text{ms}$: eco ravvicinato

$\Delta t > 100\text{ms}$: eco

FLUTTER: riflessioni ripetute del suono fra 2 superfici riflettenti parallele (soffitto-pavimento, pareti laterali) - Accorgimento: aumentare α e assegnare leggera divergenza alle superfici

DISTORSIONE DEI SUONI: causata da un diverso assorbimento delle superfici nello spettro sonoro
Accorgimento: assorbimento selettivo come orecchio umano

OMBRE ACUSTICHE: provocate da ostacoli o da superfici concave e convesse che causano concentrazioni di suono in certe zone e deficienze in altre
Accorgimenti: -evitare superfici concave e piante a base circolare o ellittica-e/o migliorare la diffusione del suono movimentando le superfici e adottando rivestimenti di materiale fonoassorbente sagomato

Composizione di livelli

possono essere sommati direttamente tra loro gli argomenti dei logaritmi in quanto proporzionali alle densità di energia sonora in gioco

$$\begin{aligned}
 p_t^2 &= (p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2) \\
 L_{pt} &= 10 \log \left(\frac{p_t^2}{p_0^2} \right) = 10 \log \left(\frac{p_1^2}{p_0^2} + \frac{p_2^2}{p_0^2} + \dots + \frac{p_n^2}{p_0^2} \right) = \\
 &= 10 \log (10^{L_{p1}/10} + 10^{L_{p2}/10} + \dots + 10^{L_{pn}/10})
 \end{aligned}$$

Definizione di livello di pressione sonora

$$L_p = 10 \log \frac{p_e^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p_e}{p_0} \quad [\text{misurato in decibel}]$$

Si preferisce fare riferimento al quadrato della pressione stessa, in quanto tale parametro è legato all'intensità sonora in moltissime situazioni d'interesse pratico. Pertanto esso rappresenta un effetto

energetico che, come si è detto, può essere sommato in modo scalare ad effetti analoghi prodotti da altre sorgenti.

Il valore di riferimento della pressione sonora p_0 è convenzionalmente assunto pari a $20 \mu\text{Pa}$, cioè pari al valore medio di soglia uditiva per l'ascolto in cuffia di un tono puro alla frequenza di 1 kHz.

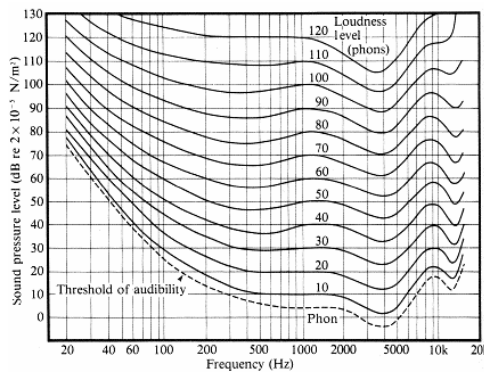
la pressione sonora efficace si ricava:

$$p_e = p_0 10^{L_p/20}$$

Calcolare il livello di pressione sonora ottenuto dalla composizione di due livelli L_1 e L_2 tali che $L_1=L_2=70\text{dB}$

-//-/-

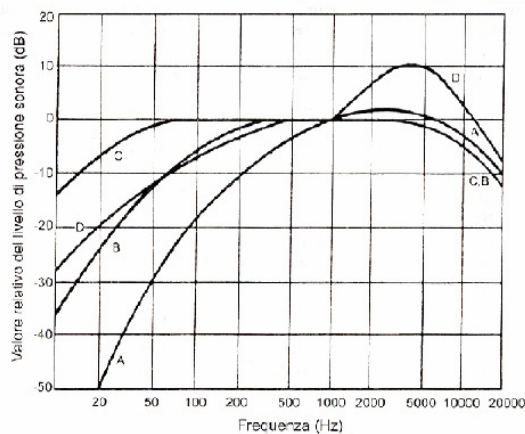
Che differenza c'è fra un livello di pressione sonora espresso in dB e in dB(A)?



Non solo l'orecchio umano reagisce alle varie frequenze in modo diverso, ma la risposta ampiezza verso frequenza non è lineare e varia in funzione del valore medio di rumorosità dell'ambiente.

Per tenere conto di questa relazione, sono state realizzate le curve isofoniche: luoghi di punti (livelli di pressione, frequenza) che producono la stessa sensazione uditiva nell'ascoltatore, misurata in phon.

Si è deciso, inoltre, di uniformare gli standard di misura approssimando la risposta dell'orecchio umano con un filtro di compensazione che tenga conto delle differenze tra le varie frequenze.



- Filtro A: corrisponde alla curva isofonica a 40 phons
- Filtro B: corrisponde alla curva isofonica a 70 phons
- Filtro C: corrisponde alla curva isofonica a 100 phons
- Filtro D: adibito a misure di pressioni sonore molto elevate

Un valore espresso in dB(A) indica che il valore in dB è stato corretto utilizzando un filtro di ponderazione agente in accordo alla curva A (isofonica di 40 phons).

Definizione di isolamento acustico ed identificazione delle grandezze da cui dipende

L'isolamento acustico è definito come differenza: $L_{p1} - L_{p2}$ con:

L_{p1} = livello di pressione sonora dell'ambiente disturbante;

L_{p2} = livello di pressione sonora dell'ambiente disturbato.

$$L_{p1} - L_{p2} = R - 10 \log \left(\frac{S_d}{A_2} \right) \quad [\text{dB}]$$

R = potere fonoisolante del divisorio

S_d = superficie del divisorio [m²]

A_2 = assorbimento acustico del locale disturbato [m²]

L'isolamento acustico dipende non solo dalle caratteristiche di isolamento acustico dell'elemento di separazione, ma anche dalle caratteristiche di assorbimento acustico dell'ambiente disturbato.