

I fenomeni acustici sono fenomeni oscillatori che per propagarsi richiedono un mezzo elastico.

Il suono si propaga per onde di pressione con velocità e caratteristica del mezzo elastico di trasmissione.

Le particelle del mezzo elastico oscillano attorno alla loro posizione di riposo e urtano le particelle adiacenti mettendole in movimento. Quindi, non c'è trasferimento di materia ma solo di energia.

Con l'aumentare della distanza dalla sorgente, l'energia di oscillazione si attenua a causa della viscosità del mezzo e si dissipa in calore.

La propagazione del fenomeno acustico avviene per onde di pressione sferiche le cui aree crescono con il quadrato della distanza d dalla sorgente.

GRANDEZZE ACUSTICHE

Pressione acustica: $\Delta p(t) = p(t) - p_a$

in cui p_a è la pressione statica dell'aria

Intensità acustica (I): grandezza energetica data dal rapporto tra la potenza dell'onda sonora e la sua superficie

Densità di energia sonora (D): energia che in un dato istante è localizzata in un dV (unità di volume sferico circostante un punto generico)

LIVELLI SONORI

I valori di pressione ed intensità acustica variano su campi piuttosto ampi quindi per rappresentare tali grandezze vengono considerati dei LIVELLI presi rispetto ad un valore di riferimento

I livelli sonori vengono misurati in DECIBEL e sono così definiti:

LIVELLO DI INTENSITA' ACUSTICA:

$$L_I = 10 \log_{10} \frac{J}{J_r}$$

con $J_r =$ valore di riferimento $= 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

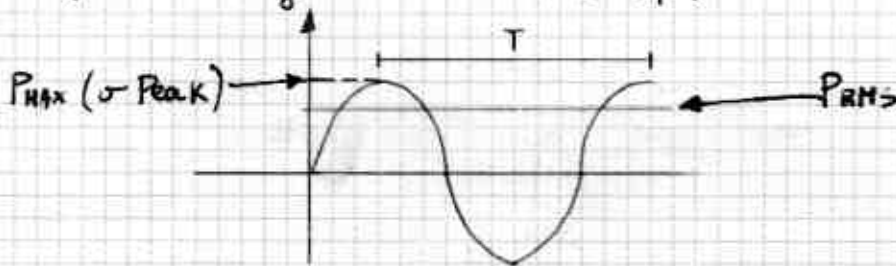
LIVELLO DI PRESSIONE ACUSTICA:

$$L_P = 10 \log_{10} \frac{P^2}{P_r^2}$$

con $P_r =$ valore di riferimento $= 20 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}$

Valore efficace della pressione acustica (RMS) è il valore quadratico medio dei livelli di pressione assunti in un certo periodo (T)

ES: (Scala logaritmica dei L_P)



$$RMS = \sqrt{\left[\frac{1}{T} \int_0^T (\Delta P(t))^2 dt \right]} \quad (\text{nelle sinusoidi, } P_{RMS} = 0,707 \times P_{MAX})$$

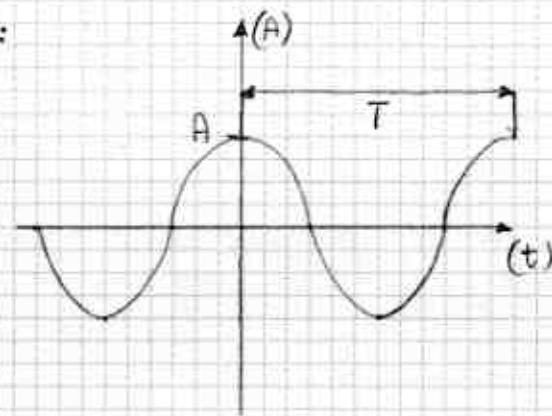
SUONI PURI E COMPLESSI

Un suono o tono puro è caratterizzato da un fenomeno oscillatorio esclusivamente sinusoidale

La quasi totalità dei suoni naturali non sono puri ma complessi ed hanno la caratteristica di essere periodici

Nel caso di un suono periodico, il suo studio è facilitato dal teorema di Fourier secondo il quale, l'oscillazione periodica complessa è formata dalla somma di una serie di oscillazioni sinusoidali semplici con frequenze in progressione aritmetica

Ogni onda sinusoidale che compone il tono complesso è detta ARMONICA ed è caratterizzata da una serie di parametri:



PERIODO T = durata di una oscillazione completa

FREQUENZA f = numero di oscillazioni nell'unità di tempo ($f = 1/T$)

LUNGHEZZA D'ONDA λ = lunghezza di una oscillazione completa es: $f = 20 \text{ Hz} \Rightarrow \lambda = 17 \text{ m}$, $f = 20 \text{ KHz} \Rightarrow \lambda = 1,7 \text{ cm}$

VELOCITÀ di oscillazione = $c = \lambda \cdot f$

AMPIEZZA A = livello di pressione o altra grandezza sonora

PULSAZIONE $\omega = 2\pi \cdot f$

FASE φ

Ogni armonica può essere rappresentata graficamente da un'equazione sinusoidale della forma:

$$a = A \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

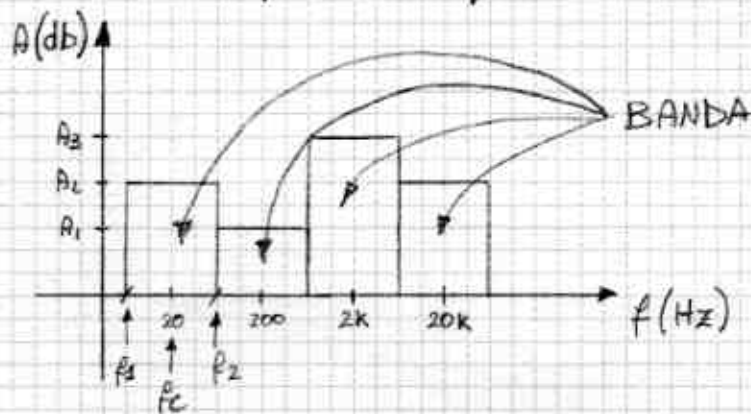
Per caratterizzare un suono complesso occorre una serie di terne (A, ω, φ)

SPETTRO DI UN SEGNALE

Un segnale, definito in precedenza come insieme di più segnali sinusoidali, ognuno con determinate caratteristiche, può essere rappresentato con un grafico che ha la frequenza nell'asse delle ascisse e una ampiezza (solitamente livello di pressione acustica) nell'asse delle ordinate

Per analizzare l'andamento del segnale in funzione della frequenza, l'asse delle ascisse viene suddiviso in intervalli di frequenze (BANDE), delle quali viene riportato il valore centrale.

Le frequenze utilizzate in acustica variano con progressione logaritmica quindi, per poterle rappresentare graficamente, l'asse delle ascisse viene diviso in scala logaritmica; in questo modo, ogni banda ha ampiezza uguale alle altre. Es:



L'esempio sopra rappresenta uno spettro di un generico segnale, nel range delle frequenze udibili dall'uomo (20-20k Hz). In questo caso la divisione dell'asse delle frequenze è troppo approssimativa per un'analisi, in acustica quindi si utilizzano le BANDE DI OTTAVA.

Detti: f_c la frequenza centrale di banda, f_1 la frequenza inferiore e f_2 quella superiore tali che

$$f_c = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$$

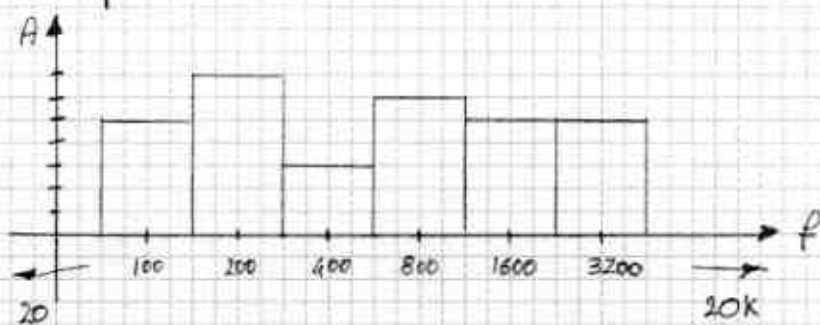
per costruire uno spettro in bande di ottava si scelgono f_1 e f_2 in modo che:

$$f_2 = 2 f_1$$

Se le bande di ottava risultano ancora troppo grandi per un'analisi si utilizzano le bande di terzi di ottava:

$$f_2 = \sqrt[3]{2} \cdot f_1$$

Esempio di spettro in bande di ottava



CAMPI SONORI

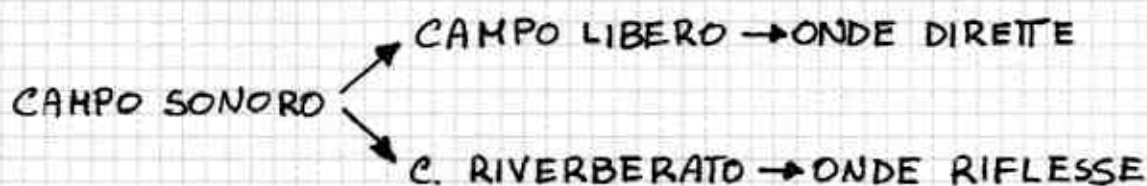
Per descrivere un fenomeno acustico occorre conoscere, in ogni istante, le grandezze acustiche che caratterizzano il segnale.

Il campo sonoro è formato da:

- 1) ONDE DIRETTE: onde che provengono direttamente dalla sorgente sonora
- 2) ONDE RIFLESSE: onde che hanno rimbalzato su una o più superfici riflettenti

Un campo composto da sole onde dirette è un caso limite dell'acustica poiché nella realtà c'è sempre una superficie che riflette le onde.

Il fenomeno della riflessione delle onde è detto RIVERBERAZIONE



PROPAGAZIONE PER ONDE PIANE

Le onde si propagano tutte nella stessa direzione con fronti di onda piana a sezione costante. Su ogni punto di ciascuna sezione, le grandezze acustiche P , J hanno valore costante e le grandezze $p(t)$ e $u(t)$ (pressione e velocità di oscillazione) sono in concordanza di fase ed hanno ovunque lo stesso valore.

