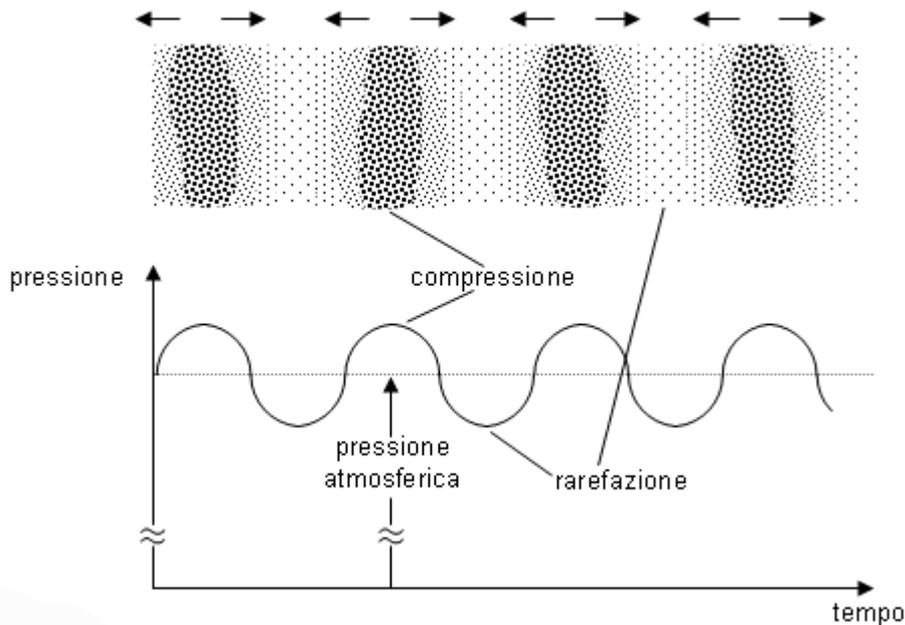


Onda sonora

Quando parliamo di onde sonore dobbiamo distinguere tra caratteristiche *fisiche* e caratteristiche *psicofisiche*; le prime descrivono come avviene il fenomeno ondulatorio nel mezzo di propagazione (frequenza, lunghezza d'onda, periodo, ecc.), le seconde descrivono l'elaborazione a livello neurale dei segnali provenienti dall'apparato uditivo che ha come conseguenza la percezione acustica (altezza, volume, timbro, ecc.).

Per la fisica, il suono è un'oscillazione (un movimento nello spazio) compiuta dalle particelle (atomi e molecole) in un mezzo. Quando una sorgente sonora inizia a vibrare tenderà a spingere lontano le particelle che ha intorno, che quindi lasceranno più "vuoto" lo spazio dove si trovavano precedentemente (rarefazione), e si addenseranno in un uovo punto nel quale spingeranno altre particelle (compressione). Un suono è quindi un susseguirsi di *piccole* variazioni di *pressione ambientale*, in particolare è un susseguirsi di *rarefazioni* e *compressioni* (da notare che *grandi* variazioni di pressione ambientale sono alla base della variabilità del clima: una bassa pressione ha come conseguenza brutto tempo e pioggia, un'alta pressione dà bel tempo; cioè la stessa causa (variazione di pressione), su scale diverse, da origine a fenomeni completamente diversi tra loro (onde sonore e variazioni climatiche)).

In questo modo, un semplice movimento vibratorio si propaga meccanicamente dando vita all'**onda sonora** (o **onda acustica**).



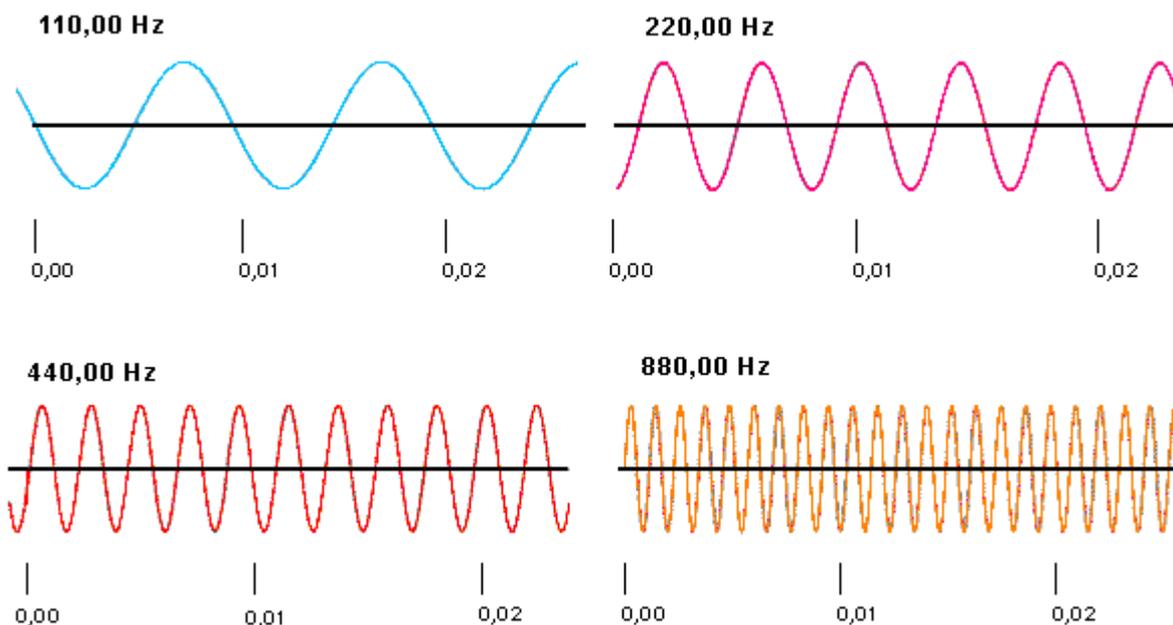
Per studiare le onde sonore è possibile avvalersi di un supporto visivo, utilizzando un grafico cartesiano, riportante il tempo sull'asse delle ascisse, e gli spostamenti delle particelle (pressione) su quello delle ordinate. Il tracciato esemplifica gli spostamenti delle particelle: all'inizio, la particella si sposta dal suo punto di riposo (asse delle ascisse) fino al culmine del movimento oscillatorio, rappresentato dal ramo crescente della curva che giunge al punto di massimo. Poi la particella inizia un nuovo spostamento in direzione opposta, passando per il punto di riposo e continuando per inerzia fino ad un nuovo culmine simmetrico al precedente, questo movimento è rappresentato dal ramo decrescente che, intersecando l'asse delle ascisse, prosegue in fase negativa fino al minimo. In fine, la particella ritorna indietro e ripete nuovamente la sequenza di spostamenti, così come il tracciato del grafico.

Le parti positive della curva vengono definite *creste*, le parti negative *ventri* mentre i massimi e i minimi vengono definiti *picchi*.

Le grandezze fisiche che caratterizzano un'onda sono: *frequenza* (f), *periodo* (T), *lunghezza d'onda* (λ) e *ampiezza*.

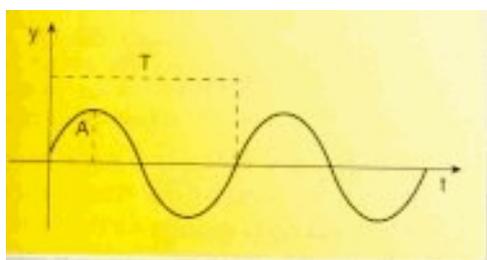
Frequenza (f)

È il numero di vibrazioni complete che avvengono in un secondo. Si misura in hertz (Hz).



Il "range" di udibilità dell'orecchio umano è compreso tra i 20 e i 20000 Hz. Ciò significa che, pur esistendo onde sonore che si propagano a frequenze più basse (infrasuoni) o più alte (ultrasuoni), noi non possiamo percepirle.

Periodo (T)



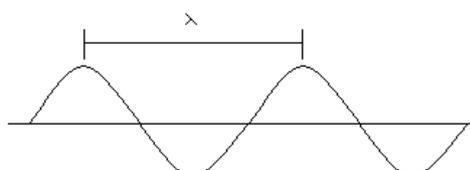
È l'intervallo di tempo necessario per compiere una vibrazione completa. Si misura in secondi (s).

Se, ad esempio, il periodo è di 1/30 di secondo la sorgente sonora compie in 1 secondo 30 vibrazioni (frequenza). Il periodo è quindi l'inverso della frequenza.

Lunghezza d'onda (l)

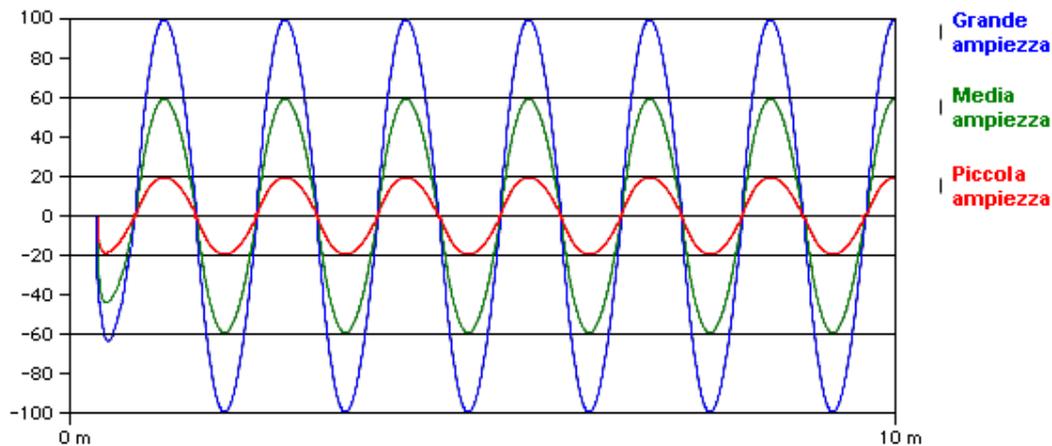
È la distanza percorsa dall'onda in un periodo. Perciò, se "v" è la velocità di propagazione, $l = v \cdot T$ oppure $l = v / f$

Si misura in metri (m).



Ampiezza

L'ampiezza dell'onda rappresenta lo spostamento massimo delle molecole d'aria che oscillano intorno alla posizione di equilibrio al passaggio della perturbazione acustica.



Il suono si propaga solo se in presenza di un mezzo, sia esso un gas (es. aria), un solido (es. acciaio) od un liquido (es. acqua), e all'aumentare della densità del mezzo aumenta la velocità di propagazione. Nell'acciaio il suono si muove più velocemente che nell'acqua, e nell'acqua più velocemente che nell'aria. La velocità dipende anche dalla temperatura: più un mezzo è caldo e maggiore sarà la velocità.

In assenza di un mezzo di conduzione non c'è propagazione di suono.

La velocità del suono nell'aria è di circa 340 m/s (circa 1200 Km/h) a pressione e temperatura normali.

Esistono tre diverse tipologie di onde sonore e ognuna è identificabile da un particolare andamento grafico

Le **onde semplici**: onde dal tracciato regolare: i picchi sono speculari alle valli e assume la caratteristica forma di *sinusoide*. Le principali caratteristiche sono appunto il *grafico sinusoidale* e la *periodicità*.

Le **onde complesse**: sono sempre onde dal tracciato regolare, in quanto periodiche, ma la loro forma risulta più complessa della precedente, perché presenta diverse anomalie nelle curve. Le caratteristiche sono: la *periodicità* e il *grafico non sinusoidale*.

Le **onde aperiodiche**: sono onde non regolari: il tracciato ha forma caotica e zigzagante. Sono caratterizzate dall'assoluta *irregolarità del grafico* e dall'*aperiodicità*; sono tracciati caratteristici dei *rumori*.

La differenza tra onde semplici e onde complesse sta nel fatto che le onde semplici sono formate da un suono di un'unica frequenza, mentre nelle onde complesse insieme a quest'unica frequenza, detta fondamentale o prima armonica, ne suonano altre, maggiori o minori rispetto alla fondamentale, ma con intensità inferiore.

Queste altre frequenze vengono dette *armoniche*, se multiple della fondamentale, o *parziali*, se non in relazione con la fondamentale. Nel caso delle armoniche, se per esempio suoniamo una nota che ha come frequenza fondamentale (o prima armonica) 110 HZ avremo:

$$f_1 = 110 \text{ Hz (} f_1 \times 1 \text{)}$$

$$f_2 = 220 \text{ Hz (} f_1 \times 2 \text{)}$$

$$f_3 = 330 \text{ Hz (} f_1 \times 3 \text{)}$$

$f_4=440\text{Hz} (f_1 \times 4)$

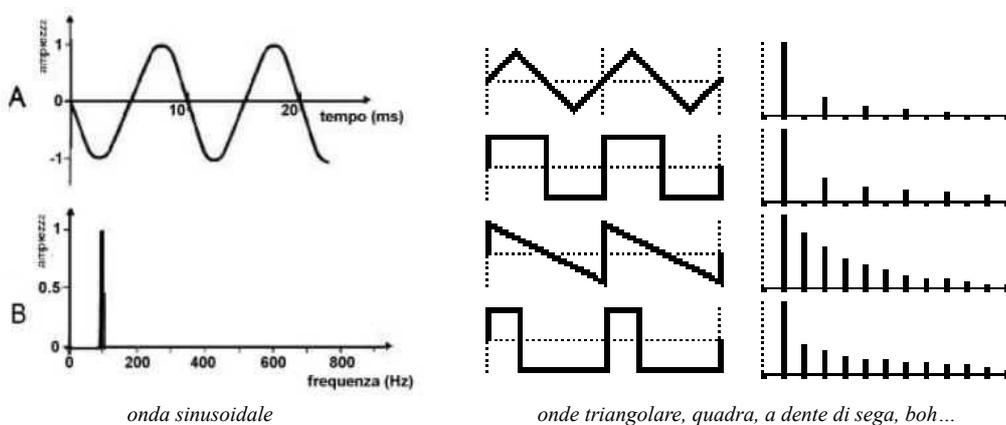
ecc.

Le parziali invece non hanno una relazione diretta con la fondamentale, ma sono “casuali”.

Sia le armoniche che le parziali possono arrivare anche ad una quindicina, ma in generale già dopo la 6° diventa difficile distinguerle.

Ciò che distingue due strumenti che suonano la stessa nota è proprio la composizione in armonici, detta anche *timbro*. Infatti se togliessimo tutti gli armonici e le parziali a due strumenti che suonano la stessa nota, i suoni emessi sarebbero indistinguibili proprio perché manca tutta quella parte di armonici che rende un suono caratteristico di uno dato strumento.

L'insieme di tutte le frequenze che suonano insieme formano lo *spettro* di un suono, e lo *spettroscopio* o *analizzatore di spettro* è lo strumento che ci permette di visualizzare tale insieme.



Si chiama *oscillatore* uno strumento capace di generare forme d'onda di frequenza, forma e ampiezza di molteplici tipi senza un segnale d'ingresso.

Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) scoprì che un suono complesso, quindi ricco in armonici, può essere descritto come la somma di una serie di suoni puri diversi tra loro in frequenza ed ampiezza. La formula matematica che sintetizza tale concetto viene chiamata *Trasformata di Fourier*.

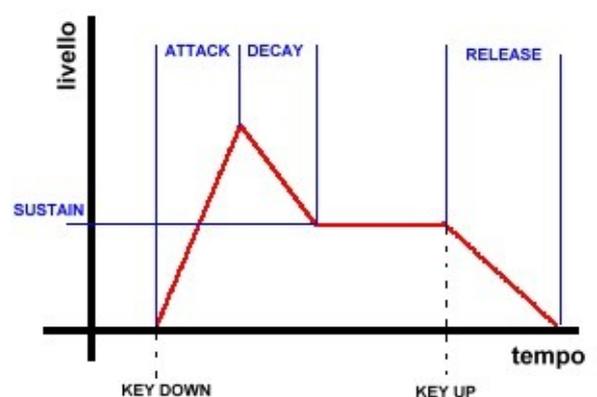
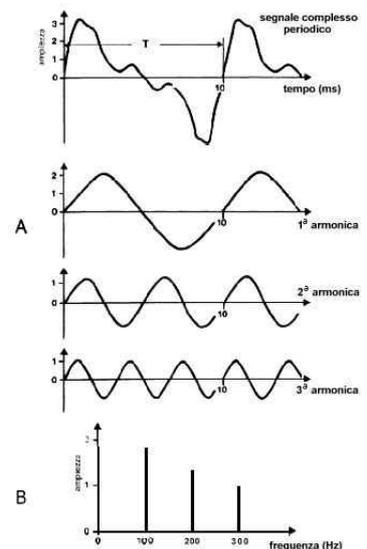
Questo implica che, se si conosce lo spettro di un suono, questo suono può essere artificialmente riprodotto sommando, nella giusta proporzione, tutte le armoniche e le parziali che compongono il suddetto suono. Questo processo è chiamato *sintesi additiva*, ed è stato molto usato negli anni '80 per la creazione di tutti i suoni dei sintetizzatori di moda a quei tempi.

L'analisi spettrale ci dà una descrizione di un suono istantanea, in un dato istante, perché in due dimensioni, frequenza e intensità, ma non ci dà informazioni sull'andamento di tale suono nel tempo. Queste informazioni ci sono date dall'involuppo che, appunto, ci descrive l'andamento di un suono nel tempo attraverso quattro parametri:

-*attack* (attacco) è il tempo in secondi impiegato da un suono per partire da zero e raggiungere la sua massima intensità.

-*decay* (decadimento) tempo in secondi necessario affinché il suono passi dal suo picco massimo ad una fase di relativo equilibrio (sustain)

-*sustain* (sostegno o mantenimento) è una fase in cui l'intensità del suono non subisce grandi variazioni, si esprime in secondi o dB.



-*release* (rilascio) è il tempo impiegato dal suono per passare da una fase di equilibrio (*sustain*) ad un'intensità inferiore al rumore di fondo

L'involuppo è anche detto ciclo ADSR come acronimo dei parametri (*Attack*, *Decay*, *Sustain*, *Release*).

Per definizione, anche l'involuppo è a due dimensioni (tempo e intensità) quindi non ci dà informazioni sulla composizione armonica di un suono. Per avere tutte le informazioni necessarie ad una completa conoscenza di un suono, dobbiamo usare un grafico in tre dimensioni (intensità, frequenza, tempo). Un grafico di questo tipo è chiamato *sonogramma* o *spettrogramma* ed è una rappresentazione dell'evoluzione di uno spettro in funzione del tempo.

