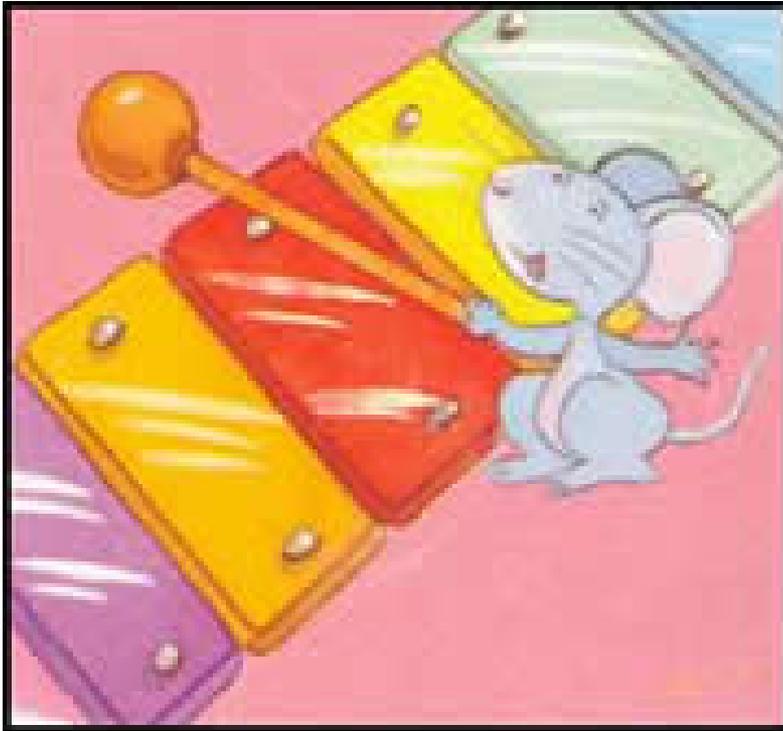


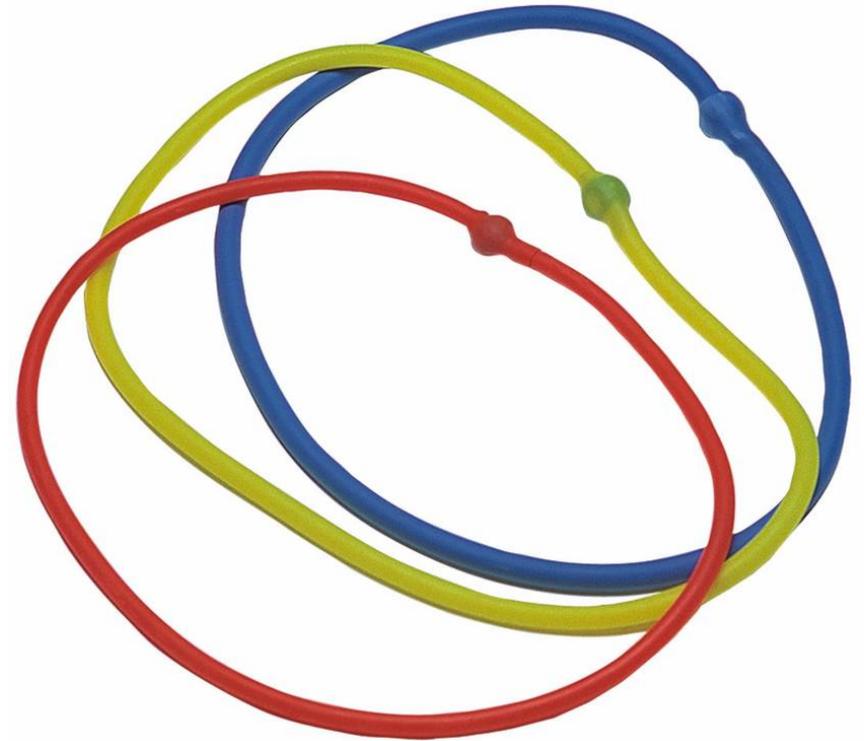
IL SUONO



- Il **suono** è dovuto alla **vibrazione** di un **corpo elastico**
- Le **vibrazioni** sono rapidi movimenti di oscillazione del corpo intorno ad una posizione di equilibrio



- Un **corpo elastico** è un corpo che può subire una deformazione e ritornare successivamente alla sua condizione iniziale
- Tutti i liquidi e i gas sono elastici; anche i metalli, in genere, sono elastici



- Una **sorgente sonora** è un **corpo che**, messo in vibrazione, **produce un suono**
- Un esempio di sorgente sonora è il **diapason** formato da una base su cui è fissata una forcella di metallo: serve per accordare gli strumenti musicali



- Le vibrazioni di una sorgente sonora, per giungere sino al nostro orecchio, hanno bisogno di un **mezzo** che le possa trasmettere.
- Il mezzo può essere l'aria, l'acqua o corpi solidi (legno, ferro)





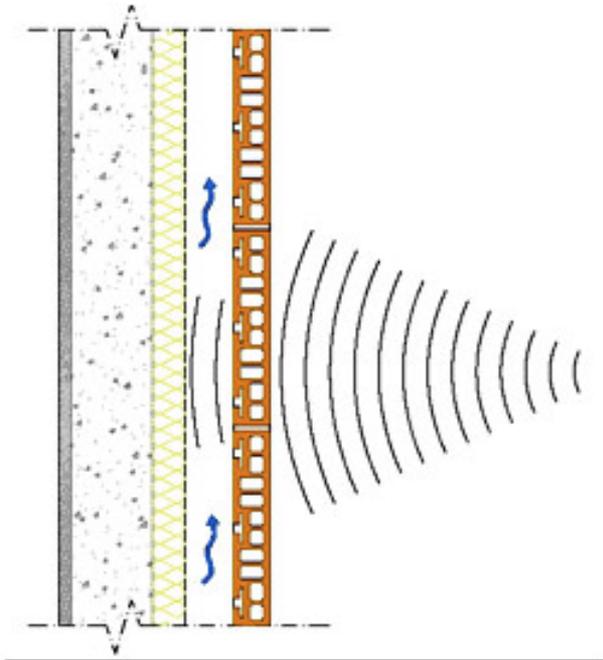
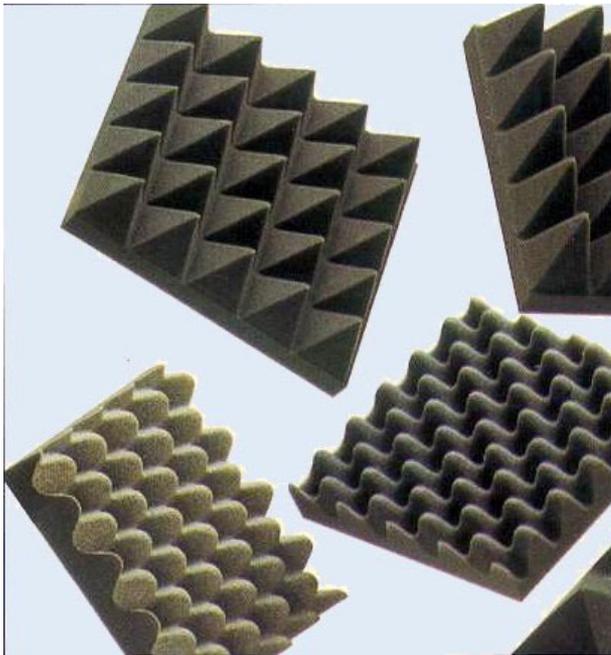
- **Il suono**, quindi, **non può trasmettersi nel vuoto** perché le vibrazioni del corpo non possono propagarsi

Velocità del suono

- **il suono si propaga con velocità diverse a seconda del mezzo che attraversa**
- La velocità è maggiore nei solidi, minore nei liquidi e ancora inferiore nei gas
- La velocità di propagazione nell'aria è 340 m/s, circa 1220 km/h

- **Materiali Velocità del suono [m/s]**

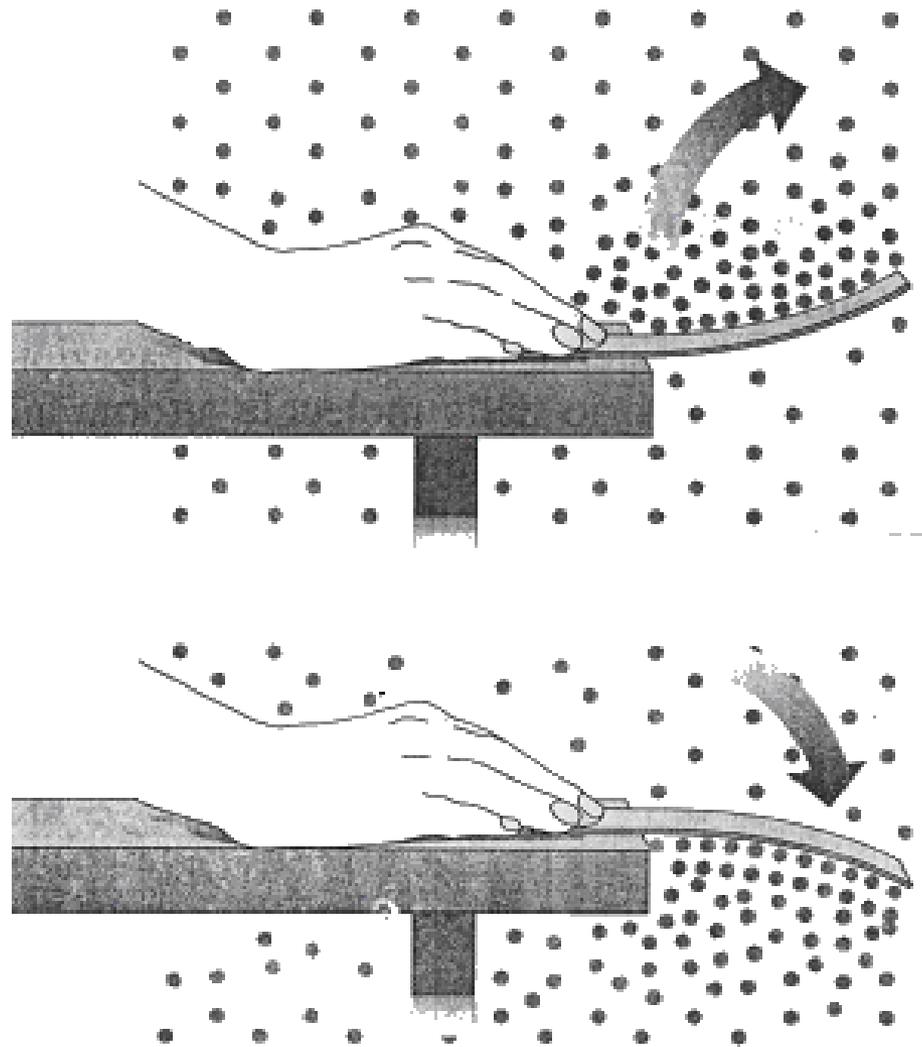
- Aria 343
- Acqua 1 430
- Ghiaccio 3 200
- Vetro 5 370
- Acciaio 5 000
- Piombo 1 200
- Faggio 3 300

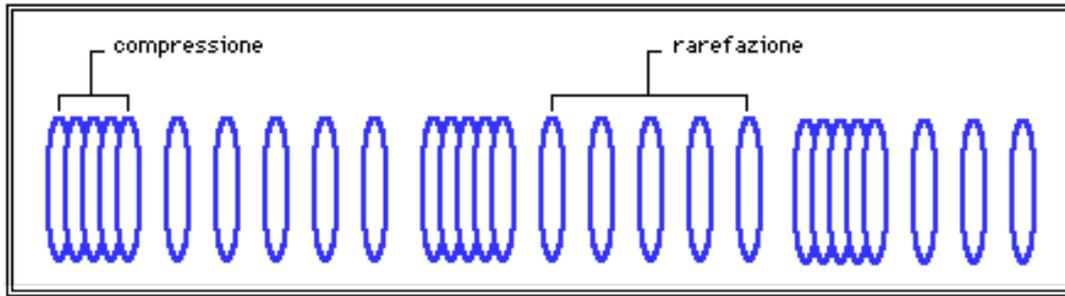


- Quando un suono si propaga, il mezzo, oltre a determinarne la velocità, attenua e smorza il suono stesso che diventa sempre più debole
- Alcune sostanze, come i liquidi, i metalli, il suolo e i gas, sono **buoni conduttori del suono poiché lo attenuano poco**
- Gomma, vetro, stoffa, sughero sono **isolanti acustici poiché attenuano molto il suono**

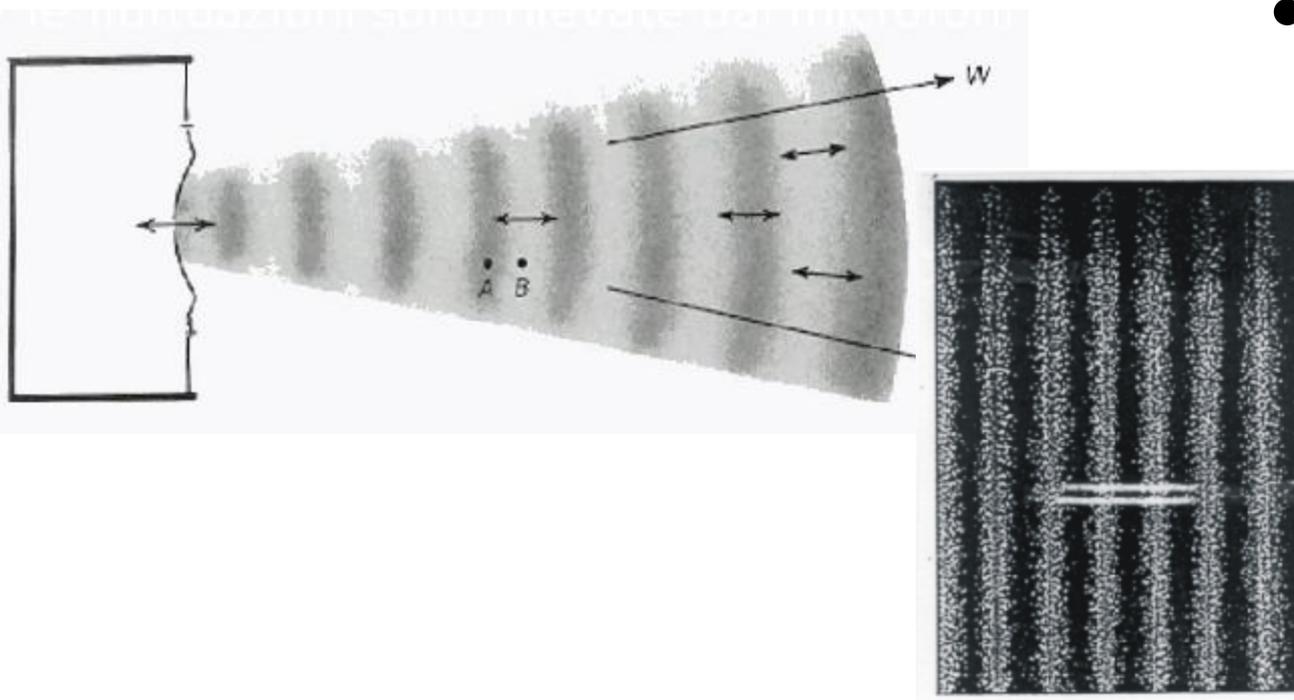
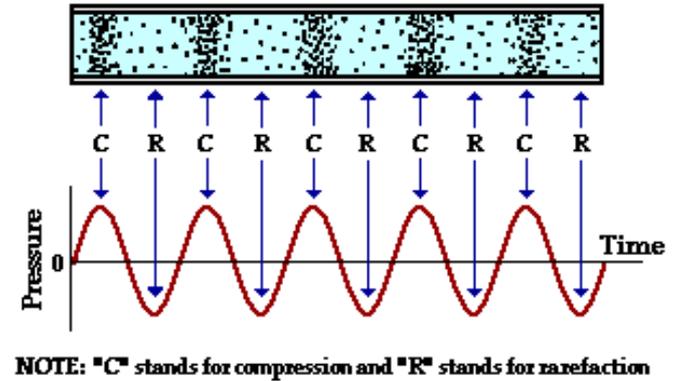
Cosa succede quando un corpo vibra?

- Un corpo che vibra genera un suono perché provoca una rapida successione di **compressioni** ed **espansioni** delle molecole d'aria (o del mezzo) che circondano la sorgente sonora che vibra
- Le compressioni e le espansioni che si alternano nell'aria permettono alle vibrazioni sonore di propagarsi nello spazio





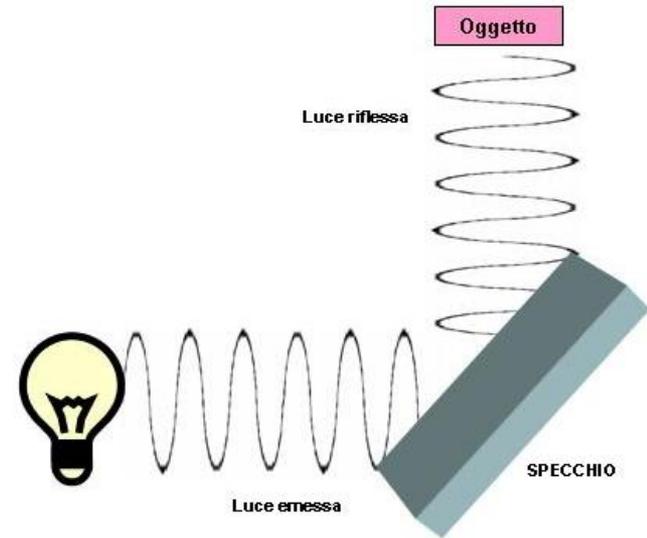
Sound is a Pressure Wave



- Queste compressioni e rarefazioni dell'aria costituiscono **un'onda sonora**

Cos'è un'onda?

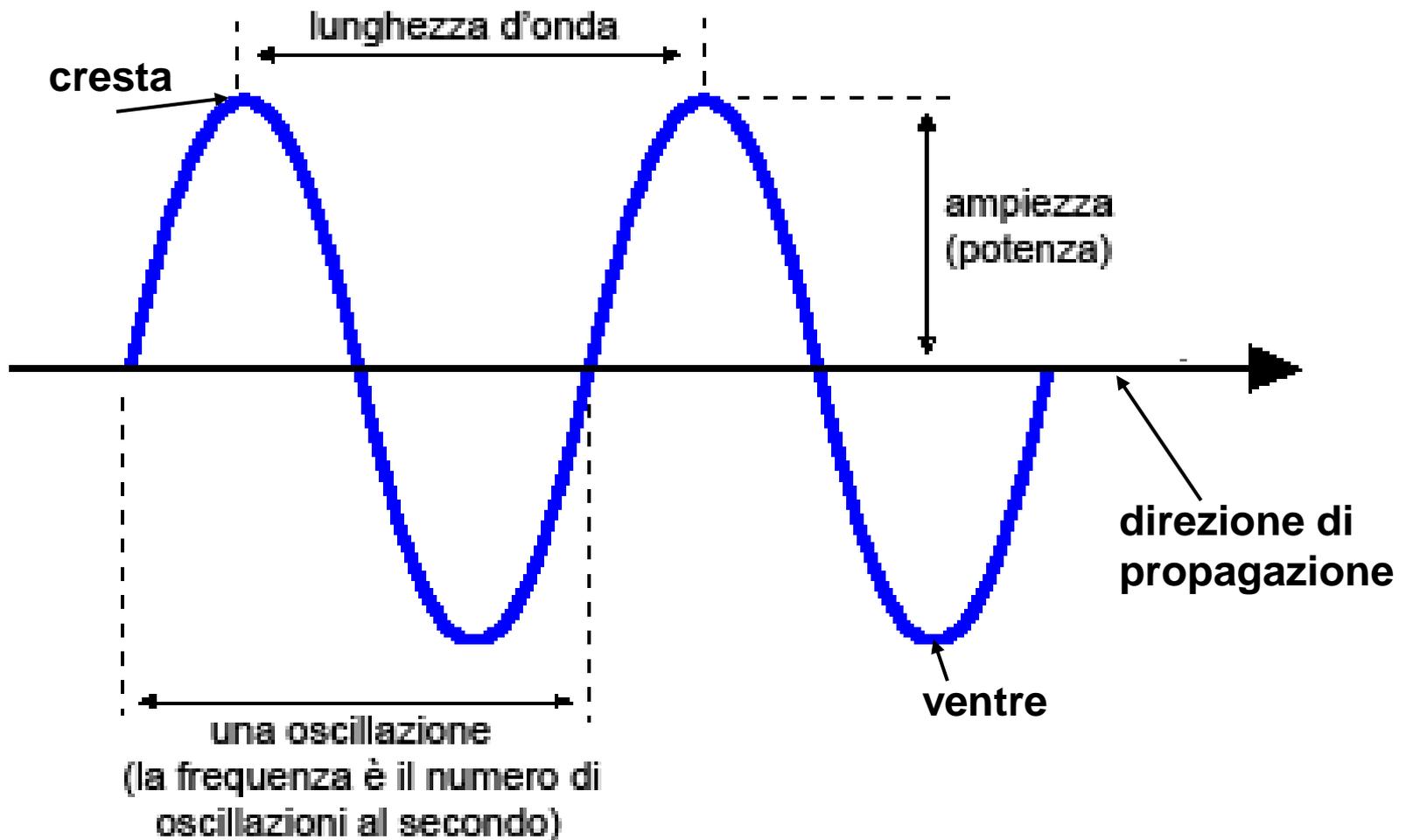
- Un'onda è una **propagazione** di **energia** che avviene **senza trasporto di materia**
- Esempi di onde:
 - onde sonore
 - onde luminose
 - onde radio
 - onde sismiche



- Quando una goccia cade nell'acqua si forma una serie di cerchi concentrici che si allargano verso l'esterno.
- La goccia che cade fa oscillare le molecole d'acqua verso il basso e verso l'alto in senso verticale
- Queste a loro volta trasmettono l'oscillazione alle molecole vicine e così via
- **L'acqua non si sposta orizzontalmente, cioè non si verifica spostamento di materia** ma c'è solo un'oscillazione delle molecole d'acqua attorno ad una posizione d'equilibrio
- Ciò che si sposta in un'onda non è la materia: **vi è solo una trasmissione di energia** tra le particelle che la compongono



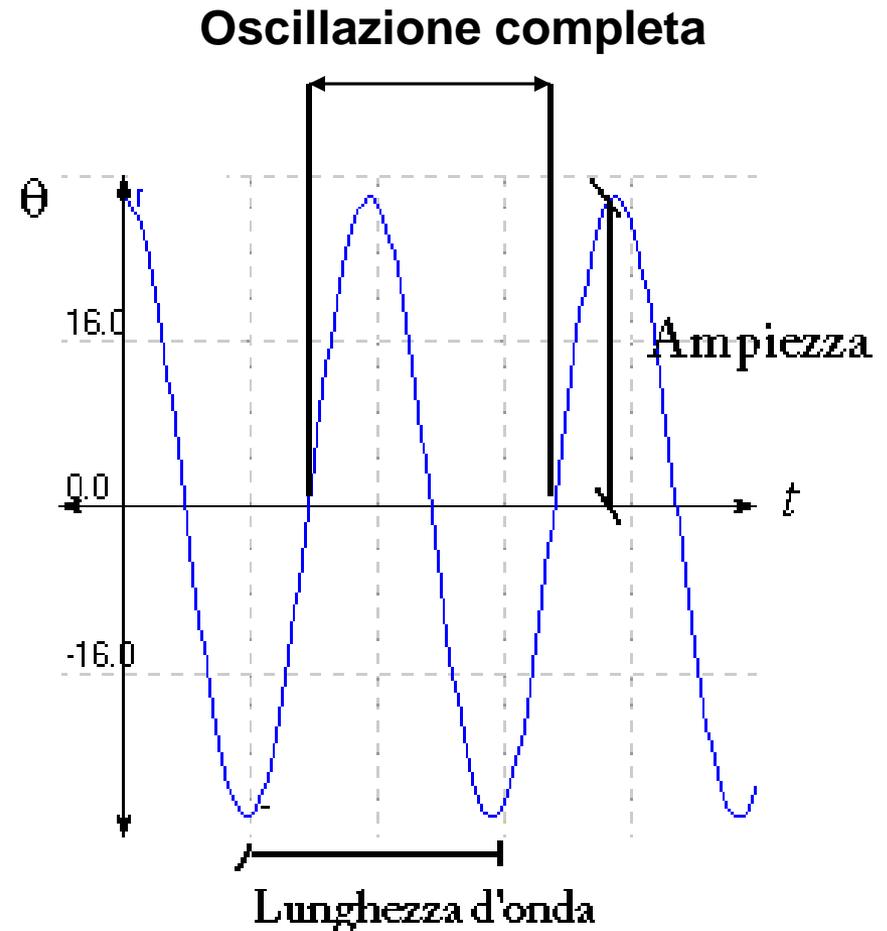
- Possiamo rappresentare un'onda con una linea curva detta **sinusoide**

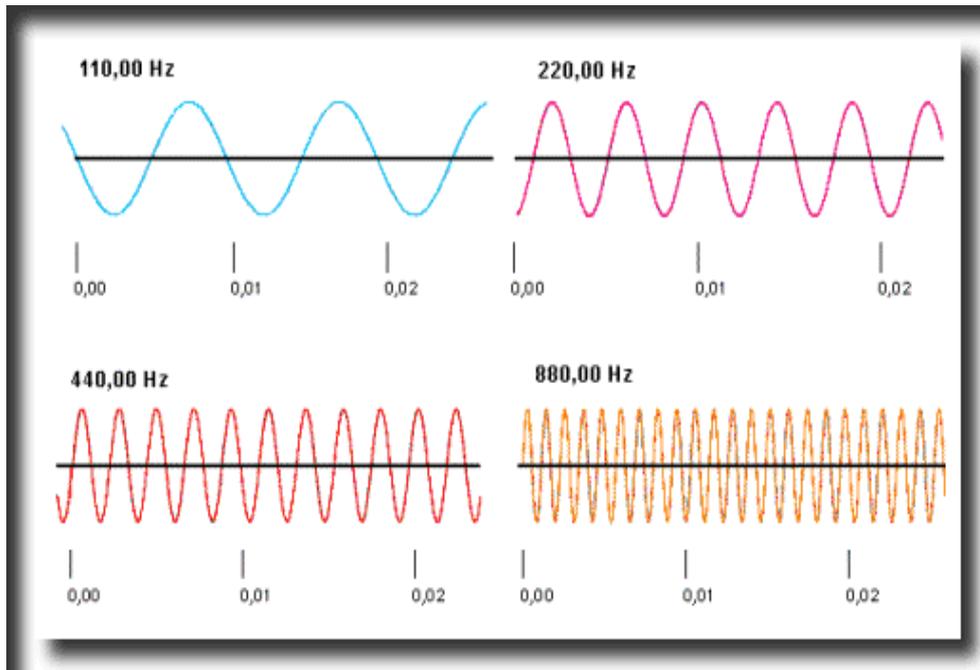


Caratteristiche di un'onda

In un'onda distinguiamo:

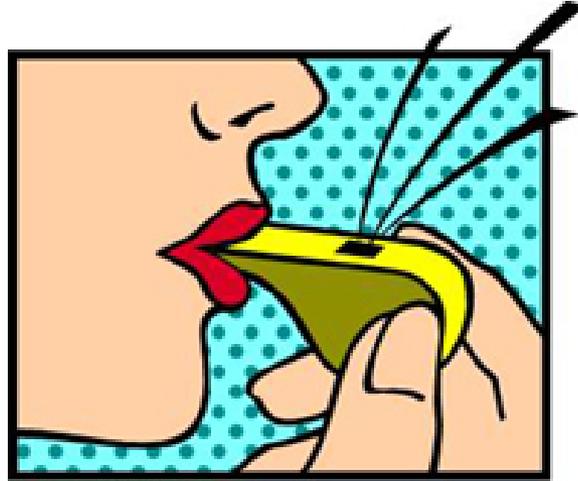
- l'**oscillazione completa**: è costituita dall'insieme di una cresta e di un ventre
- la **lunghezza d'onda**: è la distanza orizzontale tra due creste (λ)
- l'**ampiezza**: è la distanza verticale tra il punto più alto della cresta e la linea di propagazione dell'onda
- il periodo : è il tempo impiegato da un'onda per compiere una oscillazione completa(T)





- **Frequenza:** numero di oscillazioni complete in un secondo; l'unità di misura della frequenza è l'**hertz**
(1 Hz = 1 oscillazione completa in un secondo)
- La frequenza aumenta al diminuire della lunghezza d'onda

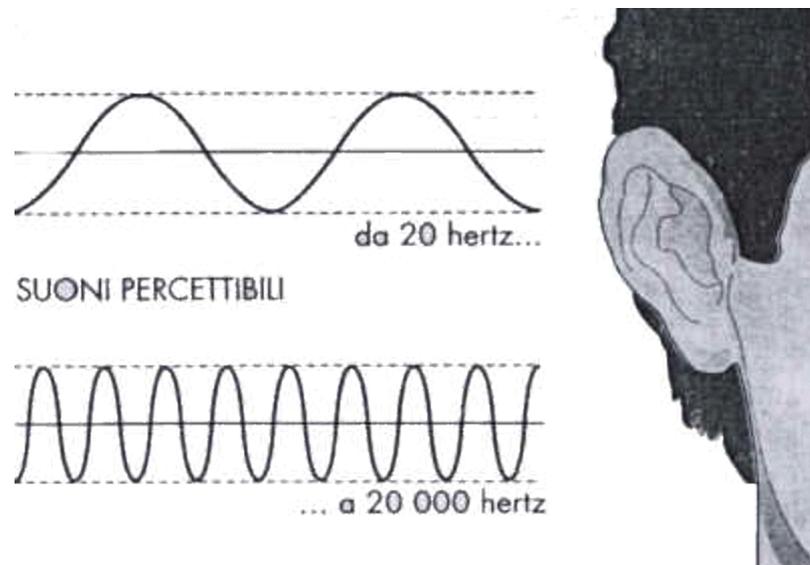
Caratteri distintivi di un suono



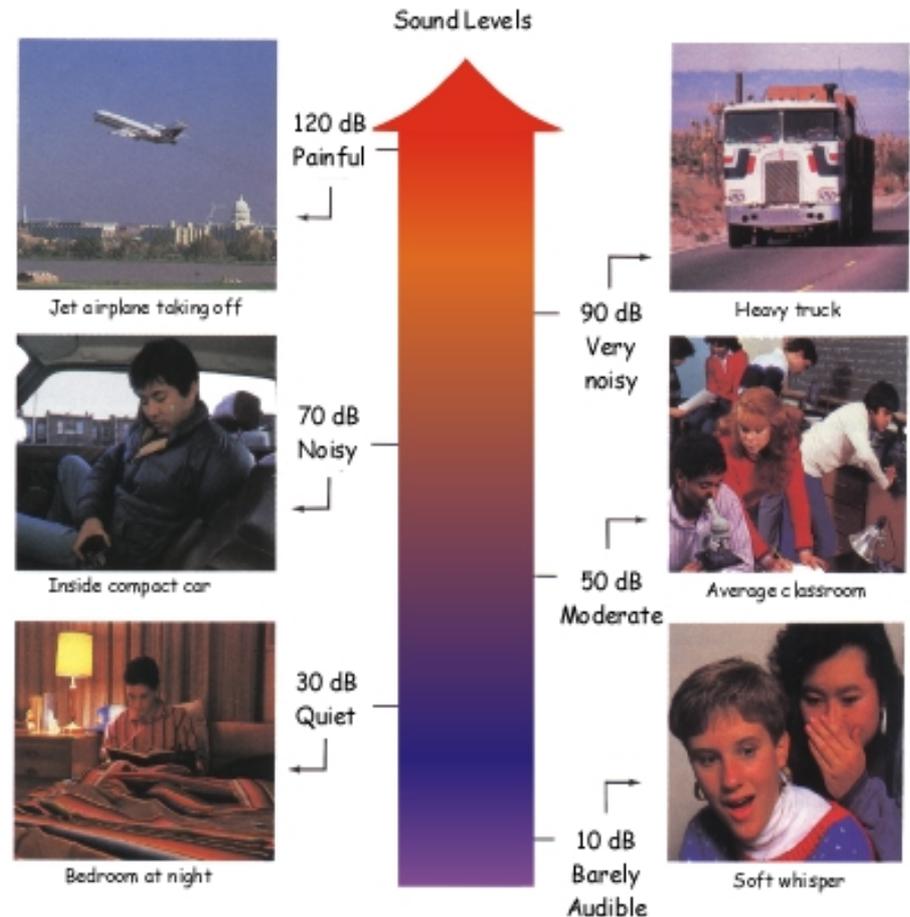
- **Altezza:** i corpi che vibrano rapidamente producendo **onde ad alta frequenza** emettono **suoni acuti (o alti)**, mentre i corpi che vibrano lentamente producendo **onde a bassa frequenza** emettono **suoni gravi (o bassi)**
- **L'altezza dipende dalla frequenza:** maggiore è la frequenza, più acuto è il suono



- L'uomo riesce a sentire solo suoni con frequenze comprese tra i 20 e i 20000 Hz
- I suoni con frequenze inferiori a 20 Hz sono detti **infrasuoni** (onde sismiche)
- I suoni con frequenze superiori a 20000 Hz sono detti **ultrasuoni**

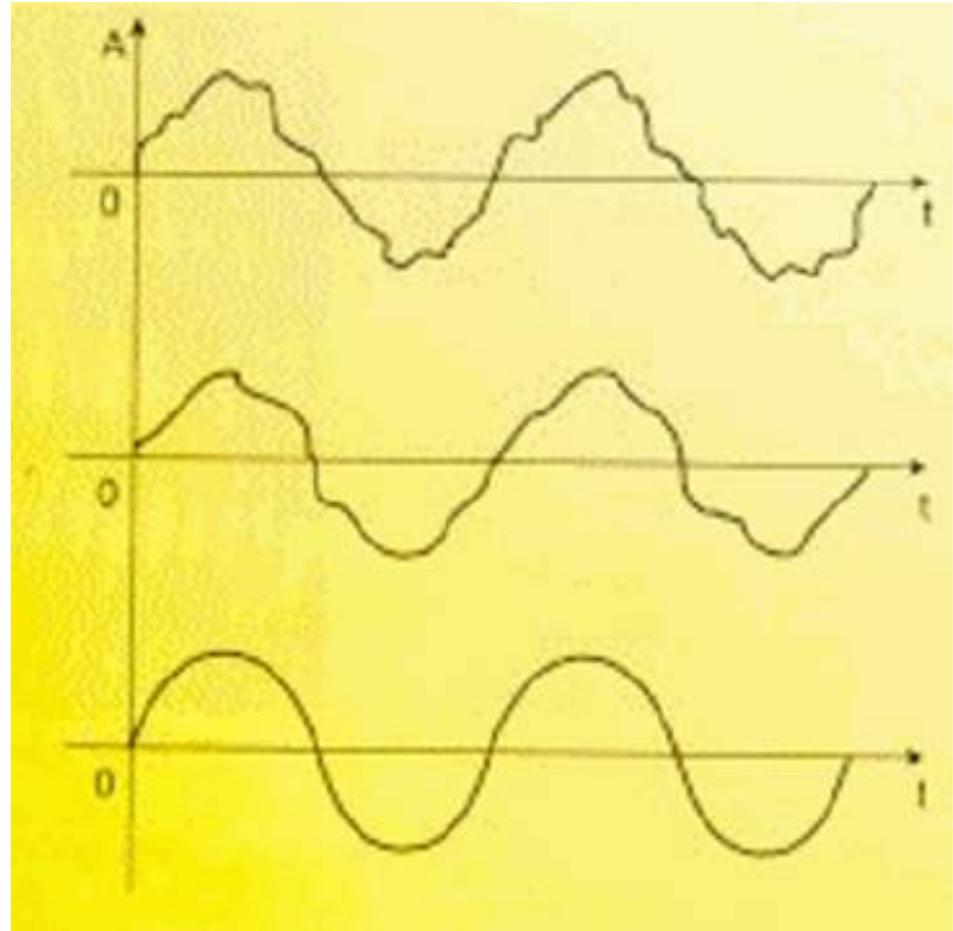


- **Intensità** (o volume): l'intensità di un suono dipende dall'ampiezza dell'onda
- Maggiore è l'ampiezza maggiore è l'intensità
- Unità di misura: il **decibel (dB)**
- Il decibel è la minima variazione di intensità che può essere percepita dall'orecchio umano

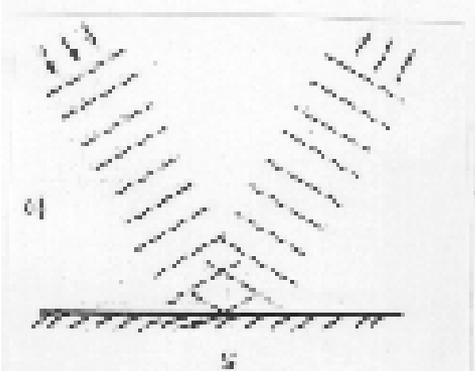


Decibel scale showing the intensity level of some familiar sounds.

- **Timbro**: è la qualità di un suono
- Dipende dalla **forma dell'onda sonora**
- La forma è data dalla combinazione di una **vibrazione fondamentale** e di **vibrazioni secondarie** (dette **armoniche**) emesse dal corpo che vibra



LA RIFLESSIONE



- L'intervallo di tempo necessario a tornare indietro dipende dalla distanza tra sorgente sonora e ostacolo

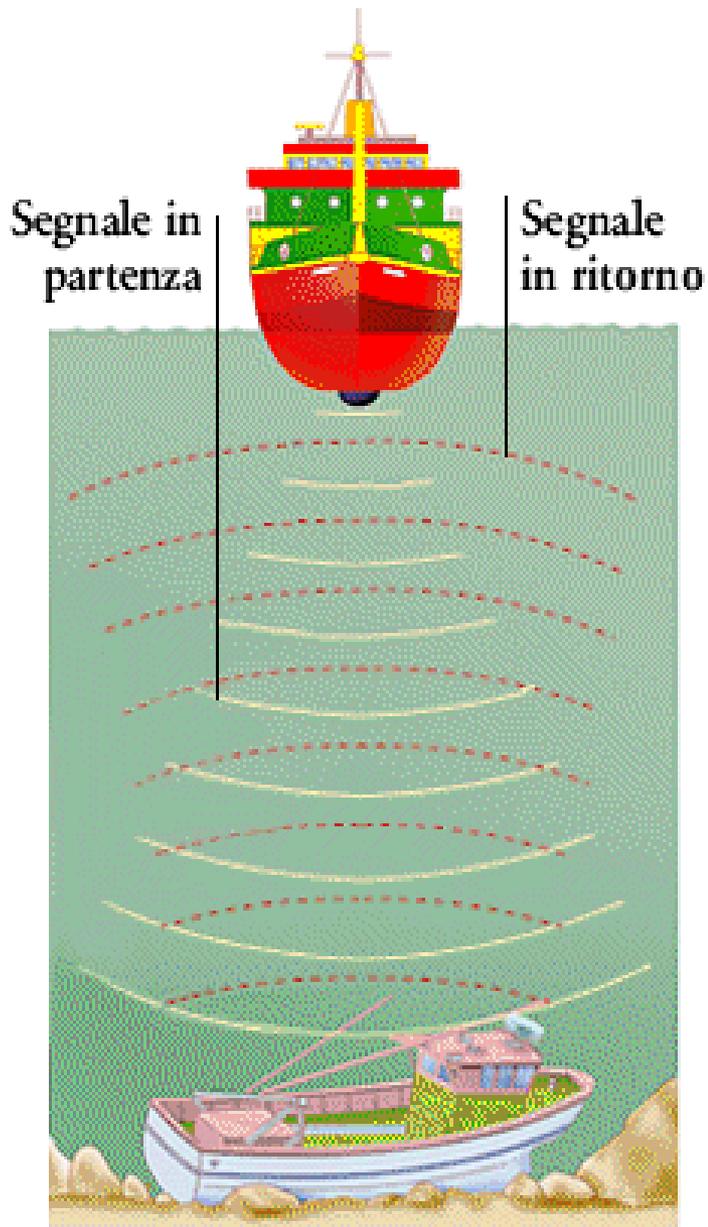
- Quando un'onda sonora incontra un ostacolo si verifica il fenomeno della **riflessione**: l'onda in arrivo (onda incidente) rimbalza e, dopo un certo intervallo di tempo, torna indietro al punto di partenza

- l'orecchio umano riesce a sentire distintamente due suoni solo se arrivano a distanza di $1/10$ di secondo l'uno dall'altro
- Poiché il suono nell'aria viaggia a 340 m/s , in $1/10 \text{ s}$ il suono percorre 34 m
- potremo quindi sentire distintamente l'onda sonora riflessa solo se l'ostacolo si trova ad almeno 17 m di distanza: in questo caso si verifica il fenomeno dell'**eco**

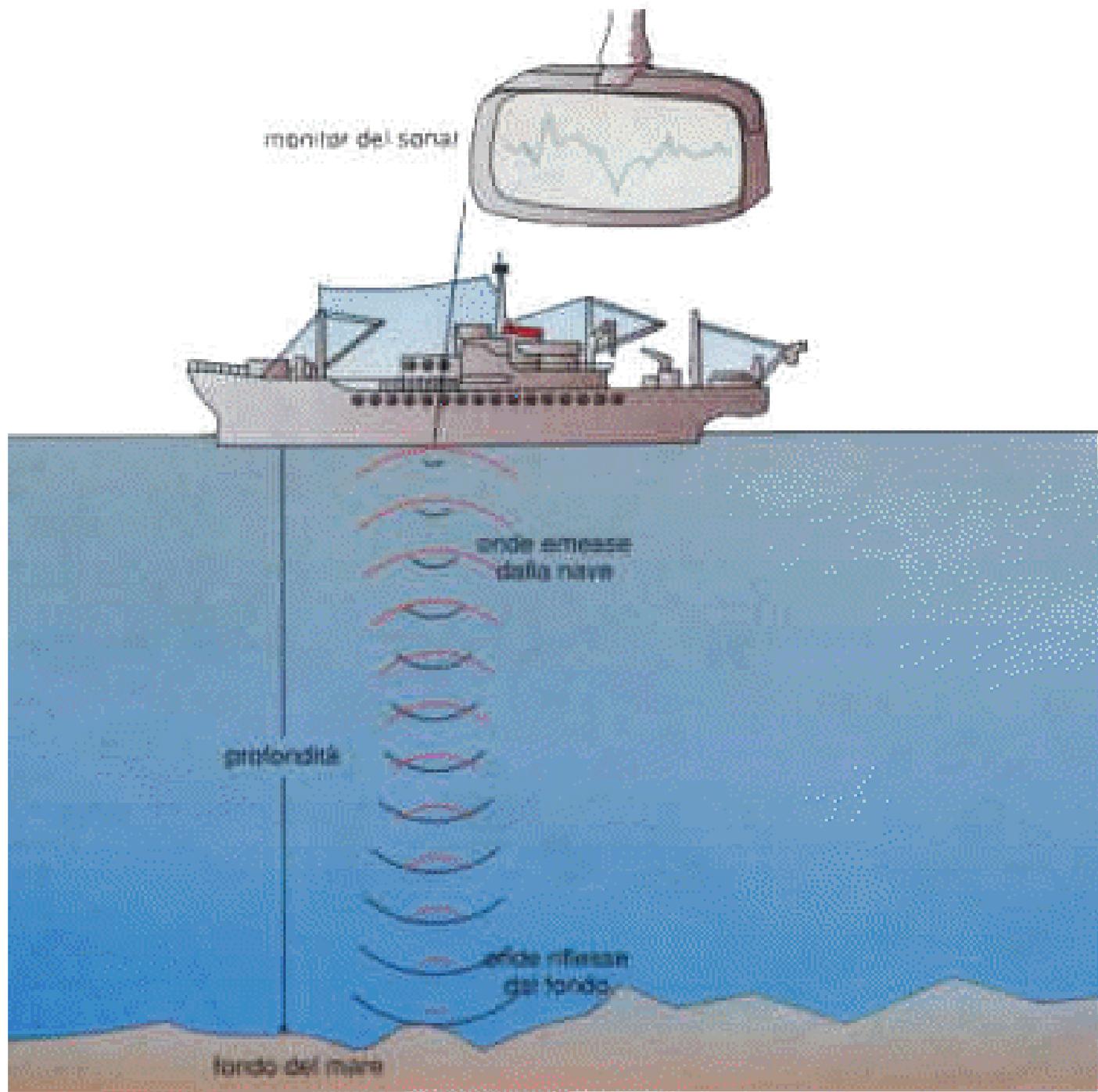


Pertanto:

- se la distanza dall'ostacolo è maggiore o uguale a 17 m si ha il fenomeno **dell'eco**, cioè l'onda riflessa viene percepita distintamente
- Se invece la distanza è minore di 17 m si ha il **rimbombo** poiché si ha una sovrapposizione delle onde sonore, quella diretta sull'ostacolo e quella che torna indietro

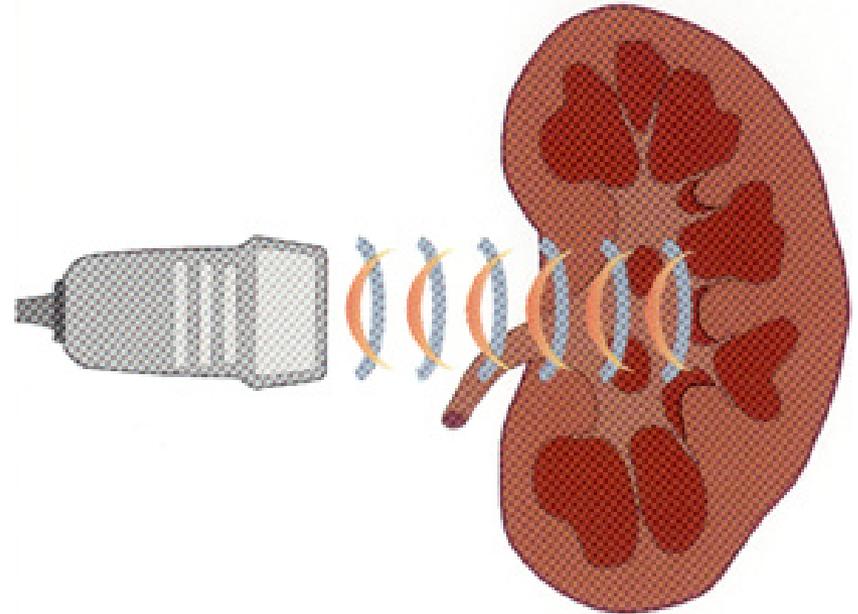


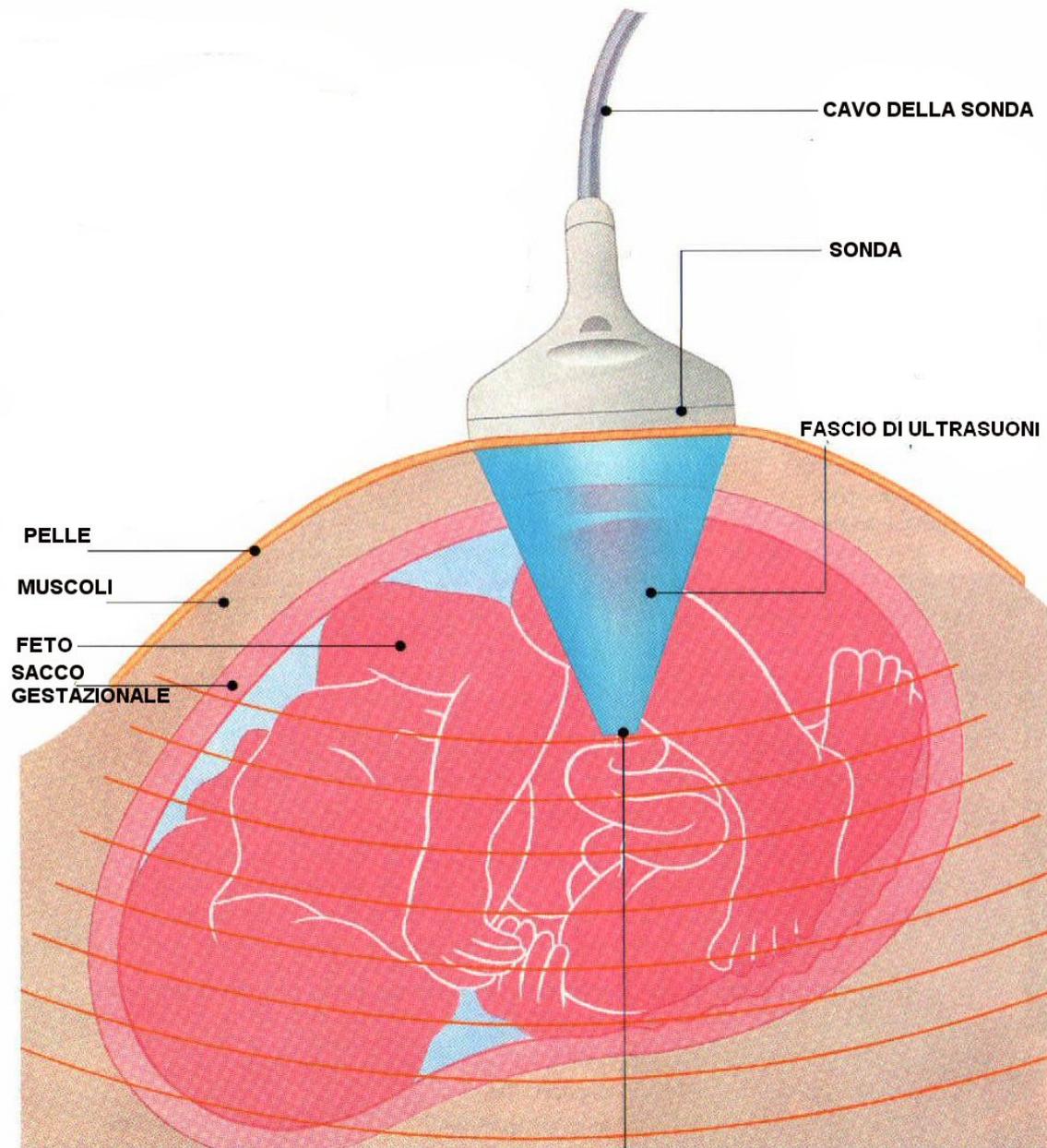
- In mare vengono utilizzate apparecchiature (**sonar**) basate sull'eco per **calcolare la profondità dei fondali**
- Il **sonar** emette ultrasuoni che si propagano nell'acqua alla velocità di 1500 m/s.
- Quando incontrano un ostacolo le onde del sonar vengono riflesse; calcolando il tempo impiegato dalle onde sonore per andare e tornare si risale allo spazio da esse percorso ($s = v t$)



◀ Il sonar emette ultrasuoni e capta gli echi riflessi dal fondo marino o da eventuali oggetti immersi (per esempio un sottomarino). Un monitor a bordo della nave fornisce un profilo preciso degli ostacoli che riflettono le onde ultrasonore.

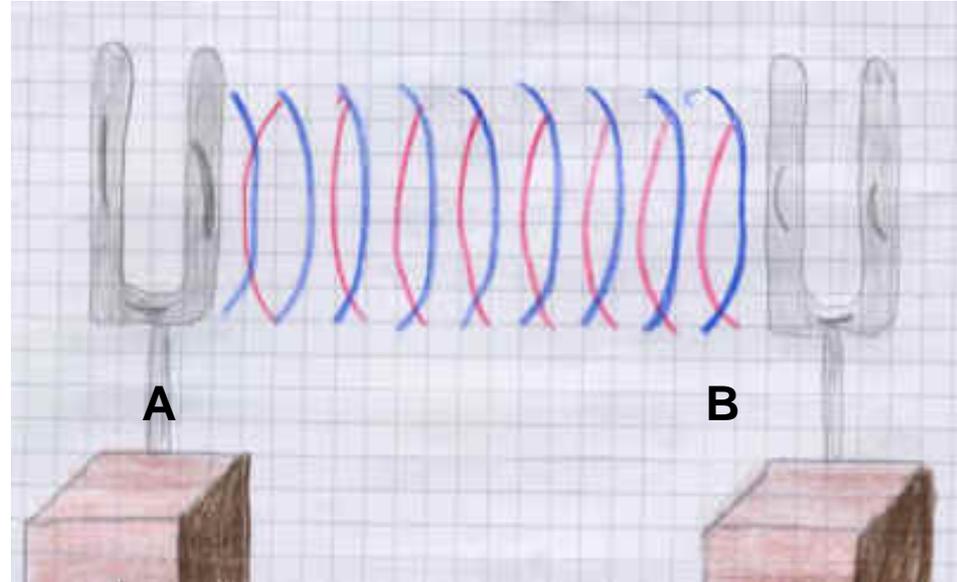
- Anche **l'ecografia** è una tecnica di indagine medica che sfrutta il fenomeno della riflessione
- un apparecchio invia **fasci di ultrasuoni** sulla parte del corpo da esaminare: questi attraversano la pelle e vengono riflessi dall'organo interno da esaminare
- Le onde riflesse vengono raccolte da un apposito strumento che le trasforma in immagini (viene usata, per es., per controllare lo sviluppo del feto)





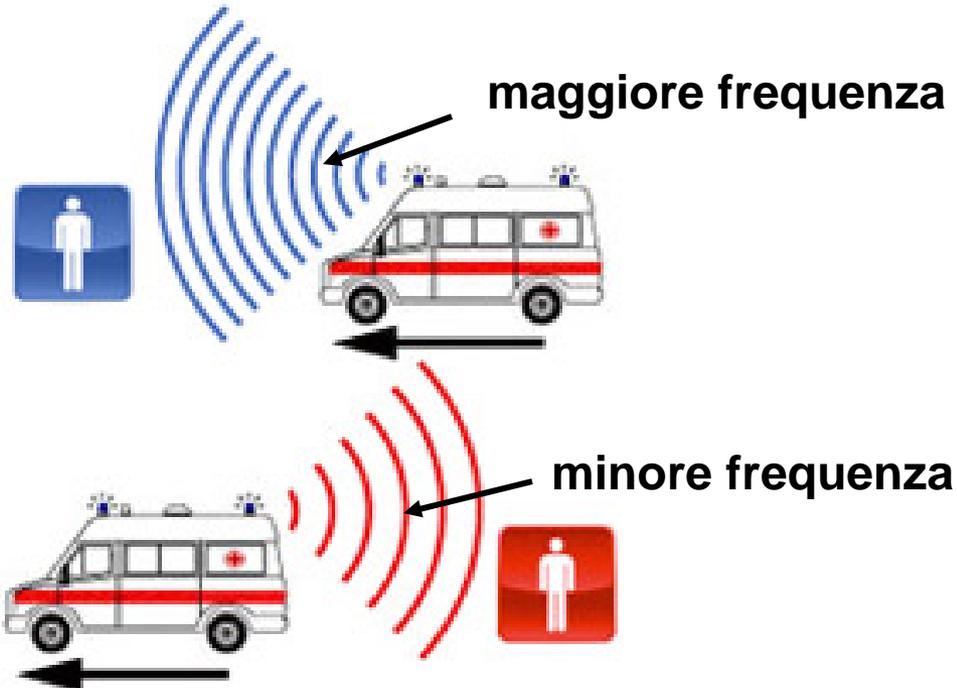
LA RISONANZA

- Il fenomeno della **risonanza** consiste nella trasmissione delle vibrazioni da una sorgente sonora ad un corpo vicino che inizia a vibrare con la stessa frequenza
- Per esempio, se prendiamo due diapason A e B che vibrano alla stessa frequenza e percuotiamo i rebbi di A possiamo vedere che anche B entra in vibrazione producendo un suono più intenso che continua anche quando A non vibra più.



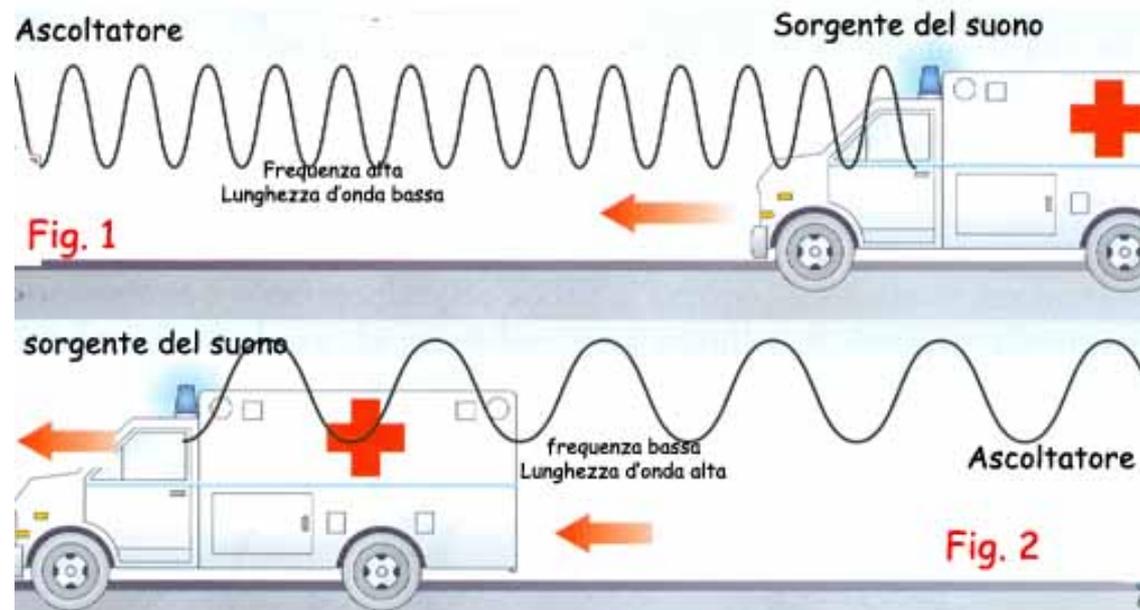
EFFETTO DOPPLER

- L'**effetto Doppler** si verifica quando una sorgente sonora è in movimento rispetto ad un ascoltatore
- Quando una sorgente sonora si avvicina o si allontana da un ascoltatore, si verifica un cambiamento apparente della frequenza dell'onda sonora



filmato

- Consideriamo il suono della sirena di un'ambulanza percepito da un ascoltatore mentre questa è ferma: il suono avrà una certa frequenza
- Se l'ambulanza è in movimento, l'ascoltatore percepirà un suono più acuto se l'ambulanza si avvicina, più basso se l'ambulanza si allontana
- Ciò è dovuto al fatto che l'ascoltatore riceve un suono con **frequenza maggiore se la sorgente sonora in movimento si avvicina**, con **frequenza minore se si allontana**
- Lo stesso fenomeno si verifica se è l'ascoltatore a muoversi o se si muovono entrambi



[filmato](#)