0

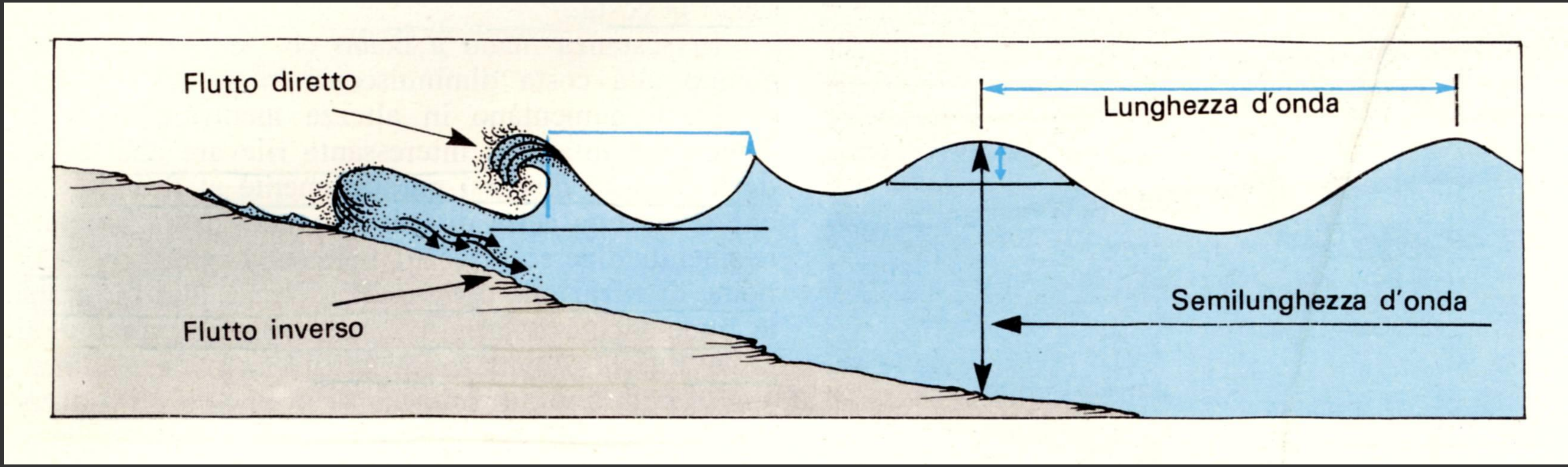
Lezioni di acustica

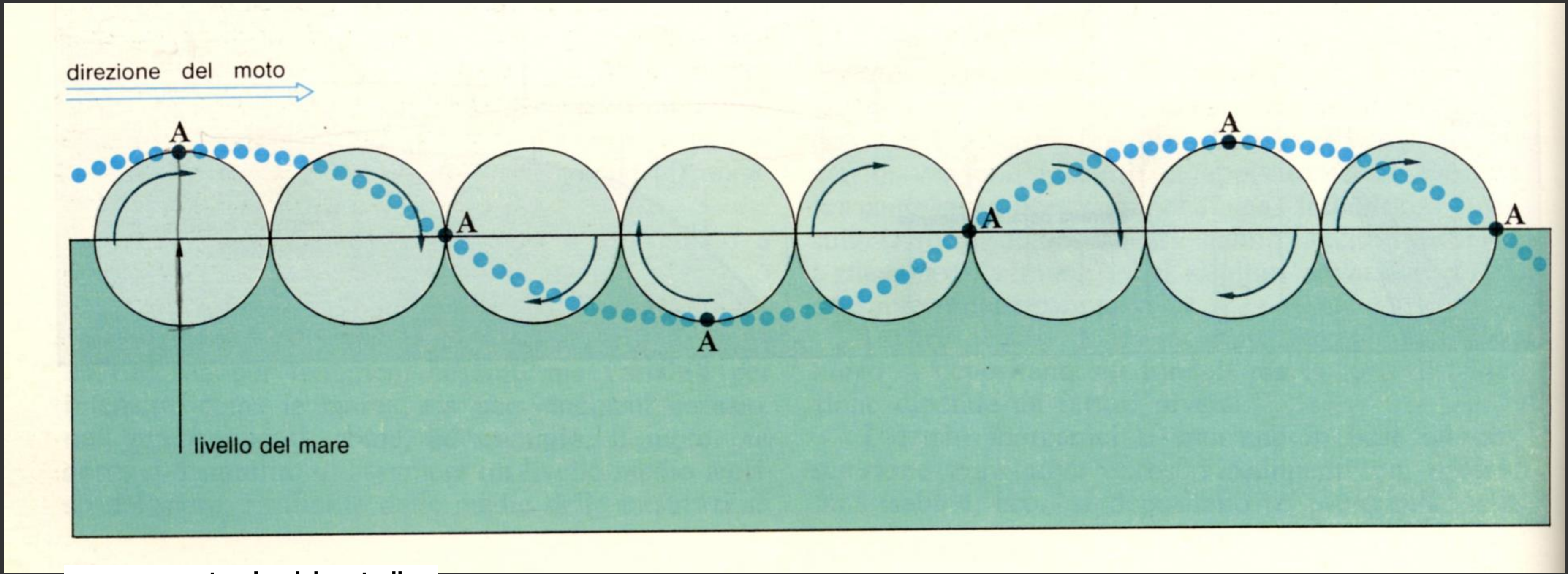
Onde e oscillazioni

Onde e oscillazioni

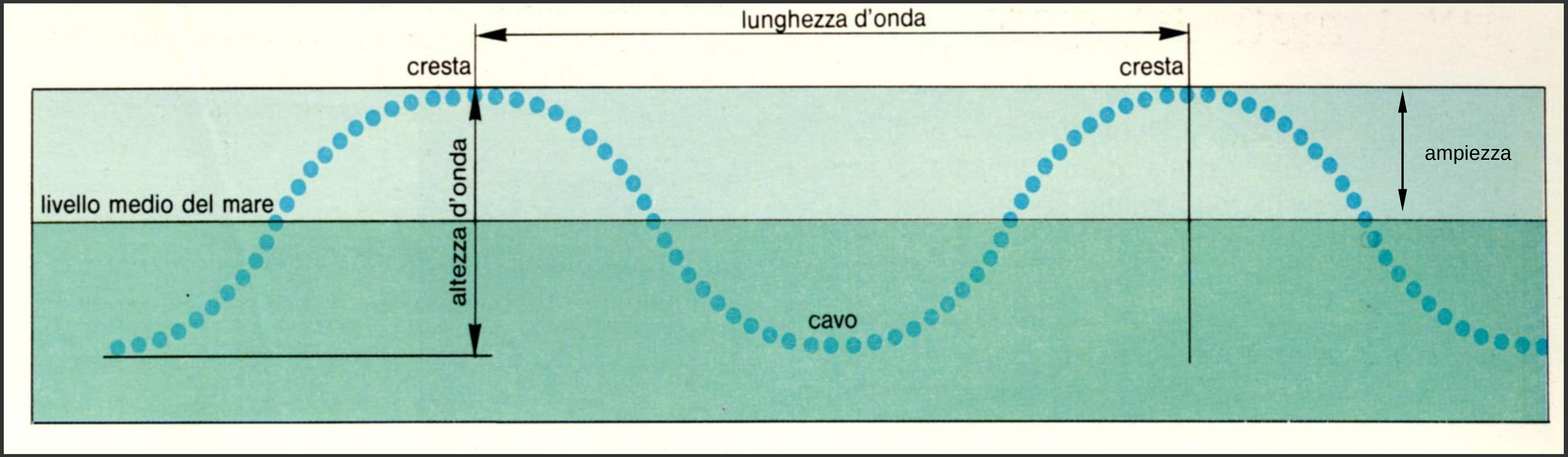
Si parla di onde tutte le volte che una grandezza fisica varia il suo valore nel tempo e nello spazio in modo oscillatorio.

Onde e oscillazioni





Le grandezze che caratterizzano le onde



ampiezza, A

è l'entità della variazione intorno a un valore medio della grandezza che oscilla

lunghezza d'onda, λ , [m]:

è la lunghezza che intercorre tra due punti in cui in un certo istante si hanno fasi omologhe dell'onda.

Le grandezze che caratterizzano le onde

periodo, T , [s]:

è il tempo che intercorre tra i passaggio in un determinato punto dello spazio di due fasi omologhe dell’onda.

frequenza, f , [Hz]:

è il numero di oscillazioni complete che l’onda compie nell'unità di tempo. Unità di misura sono i cicli per secondo ovvero gli hertz [Hz].

Essa corrisponde all’inverso del periodo:

$$f = \frac{1}{T}$$

velocità, c , [m/s]:

è la velocità con cui la perturbazione si propaga nello spazio.

Le grandezze che caratterizzano le onde

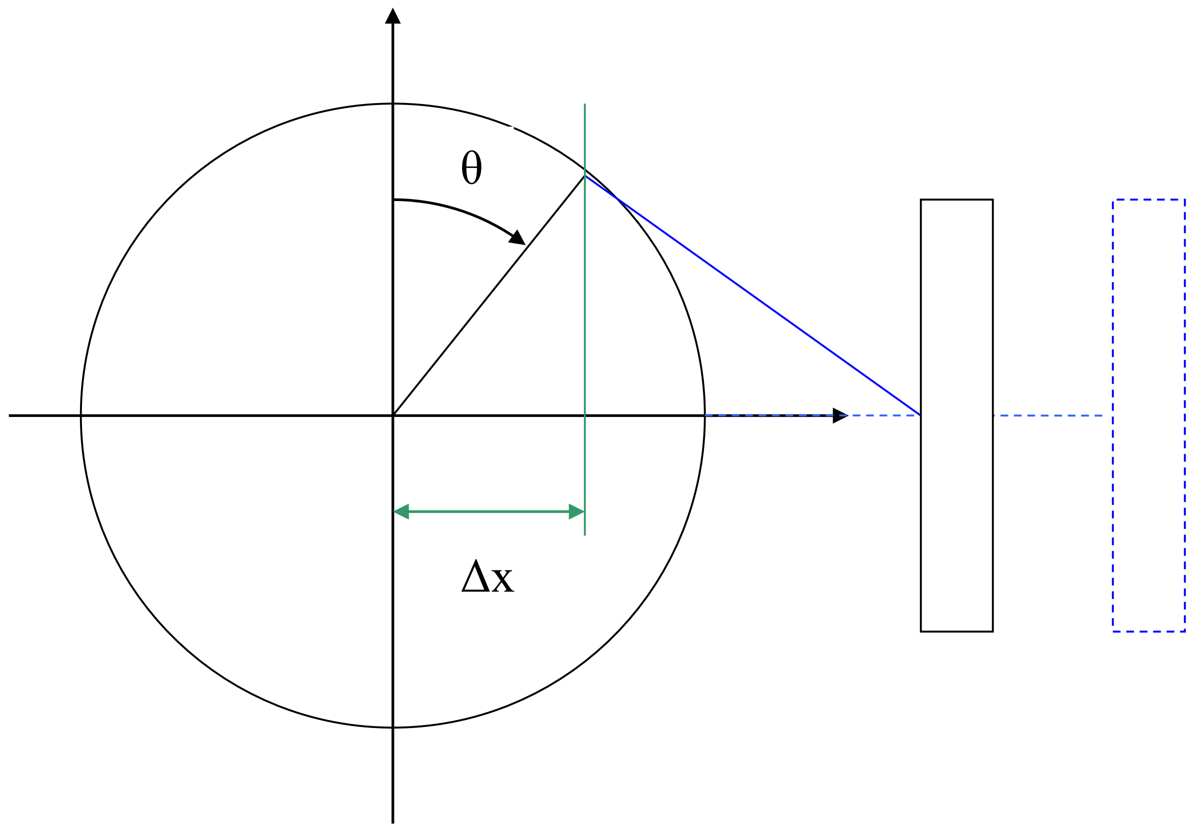
frequenza angolare o pulsazione, ω, [rad/s] :

per un oscillazione di tipo sinusoidale o cosinusoidale corrisponde all'angolo in radianti descritto in un unità di tempo dal corrispondente oscillatore armonico.

$$\omega = 2\pi / T = 2\pi f$$

nota la velocità di propagazione dell'onda, **c**, valgono le seguenti relazioni tra lunghezza d'onda, λ, pulsazione, ω, il periodo, **T**, e la frequenza, **f**, esistono le seguenti relazioni:

$$f = \frac{1}{T} \qquad \lambda = \frac{c}{f} \qquad \lambda = c \cdot T \qquad c = \lambda \cdot f \qquad T = \frac{2\pi}{\omega}$$

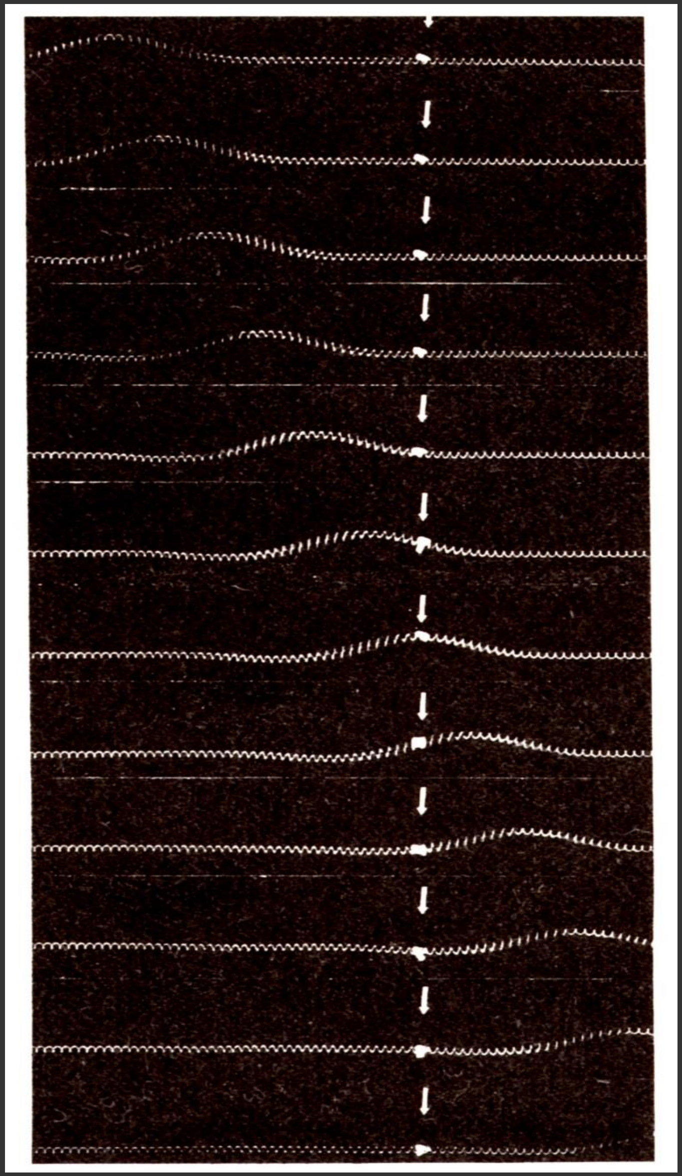


$$\omega = \frac{\vartheta}{\tau} = \frac{2\cdot\pi}{T} = 2\cdot\pi\cdot f$$

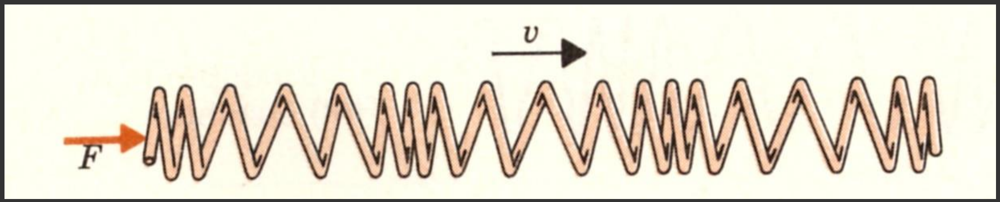
$$\theta = \omega\cdot\tau + \varphi$$

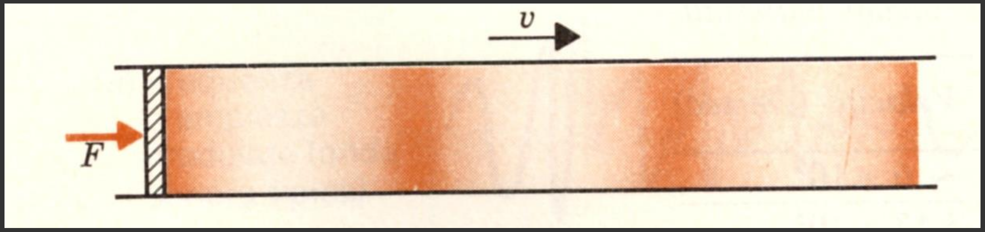
$$x(\tau) = A\cdot sen(\omega\cdot\tau + \varphi)$$

Onde trasversali



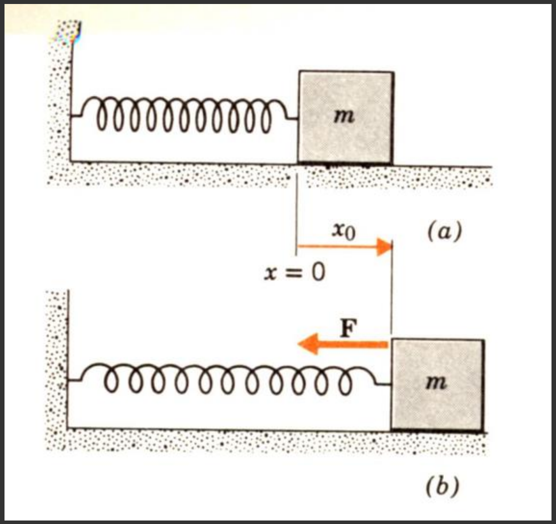
Onde longitudinali





Oscillazioni e moti armonici

Il fenomeno oscillatorio più semplice è quello che si instaura quando un corpo di massa **m** e attaccato ad una molla di costante elastica **K**, viene spostato dalla sua posizione di equilibrio.



In conseguenza dello spostamento **x** sul corpo agisce una forza **F**, responsabile di un'accelerazione sulla massa **m** secondo la legge di Newton:

$$F = -K \cdot x$$

$$F = m \cdot a$$

$$m \cdot a = -K \cdot x$$

Si ottiene l'equazione differenziale:

$$m \cdot \frac{d^2 x}{d\tau^2} = -K \cdot x$$

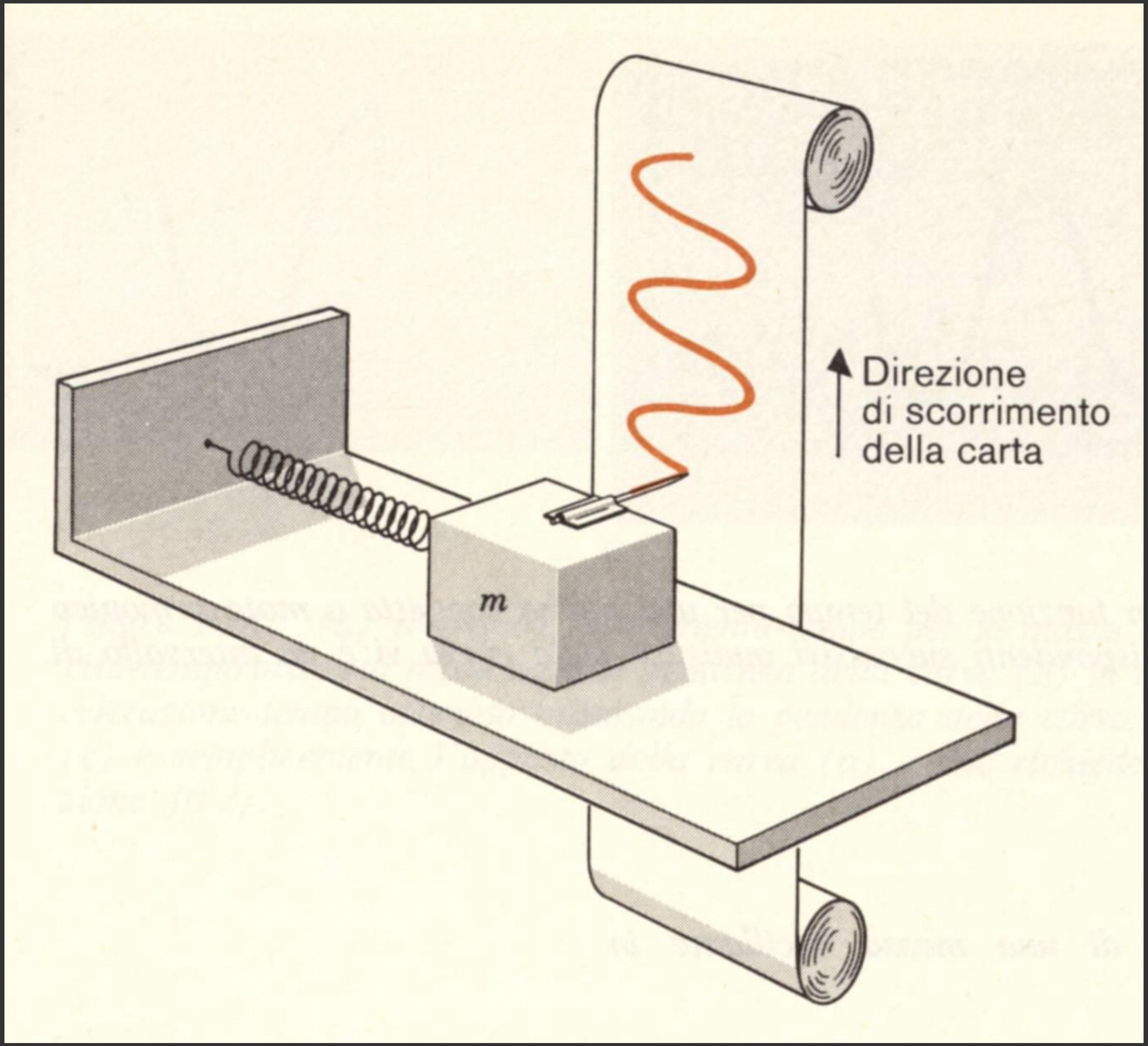
La soluzione di questa equazione differenziale fornisce la legge del moto che corrisponde ad una oscillazione sinusoidale:

$$x(t) = A \cdot sen(\omega \cdot \tau + \varphi) \quad con: \omega = \sqrt{\frac{K}{m}}; A = ampiezza$$

La velocità ***v(τ)*** e l'accelerazione ***a(τ)*** si ottengono derivando la relazione che esprime lo spostamento ***x(τ)***:

$$v(t) = \frac{dx}{dt} = \omega \cdot A \cdot \cos(\omega \cdot \tau + \varphi)$$

$$a(t) = \frac{dv}{dt} = -\omega^2 \cdot A \cdot sen(\omega \cdot \tau + \varphi)$$



Visivamente si può pensare di ottenere una rappresentazione del moto della massa come riportato in figura.

Ai movimenti della massa sono associate anche variazioni della sua energia cinetica, **E_c**, e della sua energia potenziale, E_p, (azione della molla).

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \qquad E_e = \int_0^x K \cdot x \cdot dx = \frac{1}{2} \cdot K \cdot x^2$$

$$E_c(t) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \omega^2 \cdot A^2 \cdot \cos^2(\omega \cdot \tau + \varphi)$$

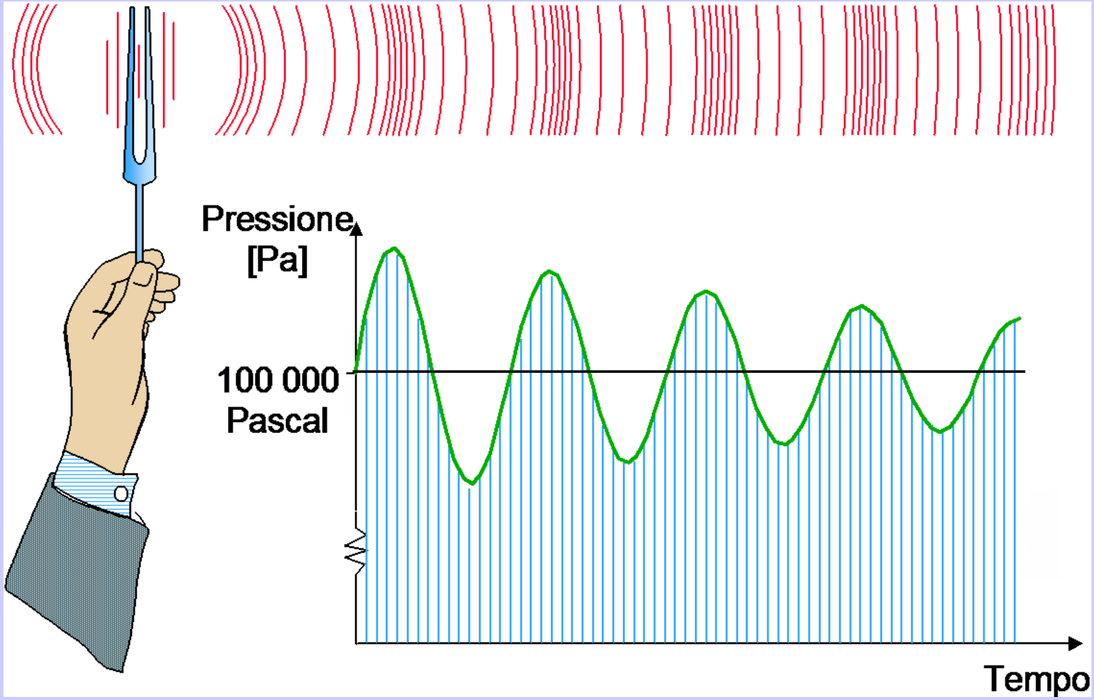
$$E_e(t) = \frac{1}{2} \cdot K \cdot A^2 \cdot sen^2(\omega \cdot \tau + \varphi)$$

Poiché gli andamenti oscillatori di x(***τ***) e v(***τ***) sono sfasati di mezzo periodo si deduce che l'energia cinetica è massima quando è minima quella elastica e viceversa. L'energia totale rimane costante pari a:

$$E = E_c(\tau) + E_e(\tau) = \mathrm{costan}\,te = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \omega^2 \cdot A^2$$

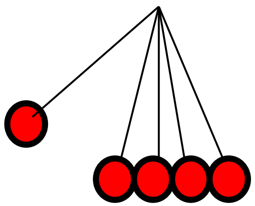
Le onde sonore: perturbazioni di pressione

Il fenomeno sonoro corrisponde ad una variazione oscillatoria di pressione. Le diverse sorgenti sono dispositivi o fenomeni che sono in grado di indurre un movimento oscillatorio alle particelle del mezzo considerato.



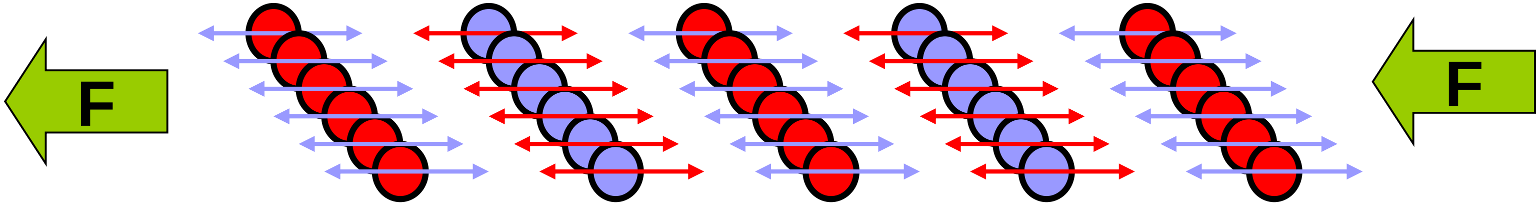
La sorgente sonora (es. un diapason) trasmette il moto alle particelle d'aria a suo diretto contatto. Il moto vibratorio di queste particelle intorno ad una posizione di equilibrio si trasmette ad altre particelle adiacenti. La perturbazione si propaga così nel mezzo a distanze via via maggiori.

Il movimento delle particelle d'aria



Le particelle oscillano intorno a posizioni di equilibrio

L'oscillazione si propaga nel mezzo



Pressione acustica, Δ p , [Pa]:

si denomina pressione acustica la differenza tra la pressione in un punto nel mezzo attraversato dall'onda acustica e la pressione nello stesso punto in assenza dell'onda.

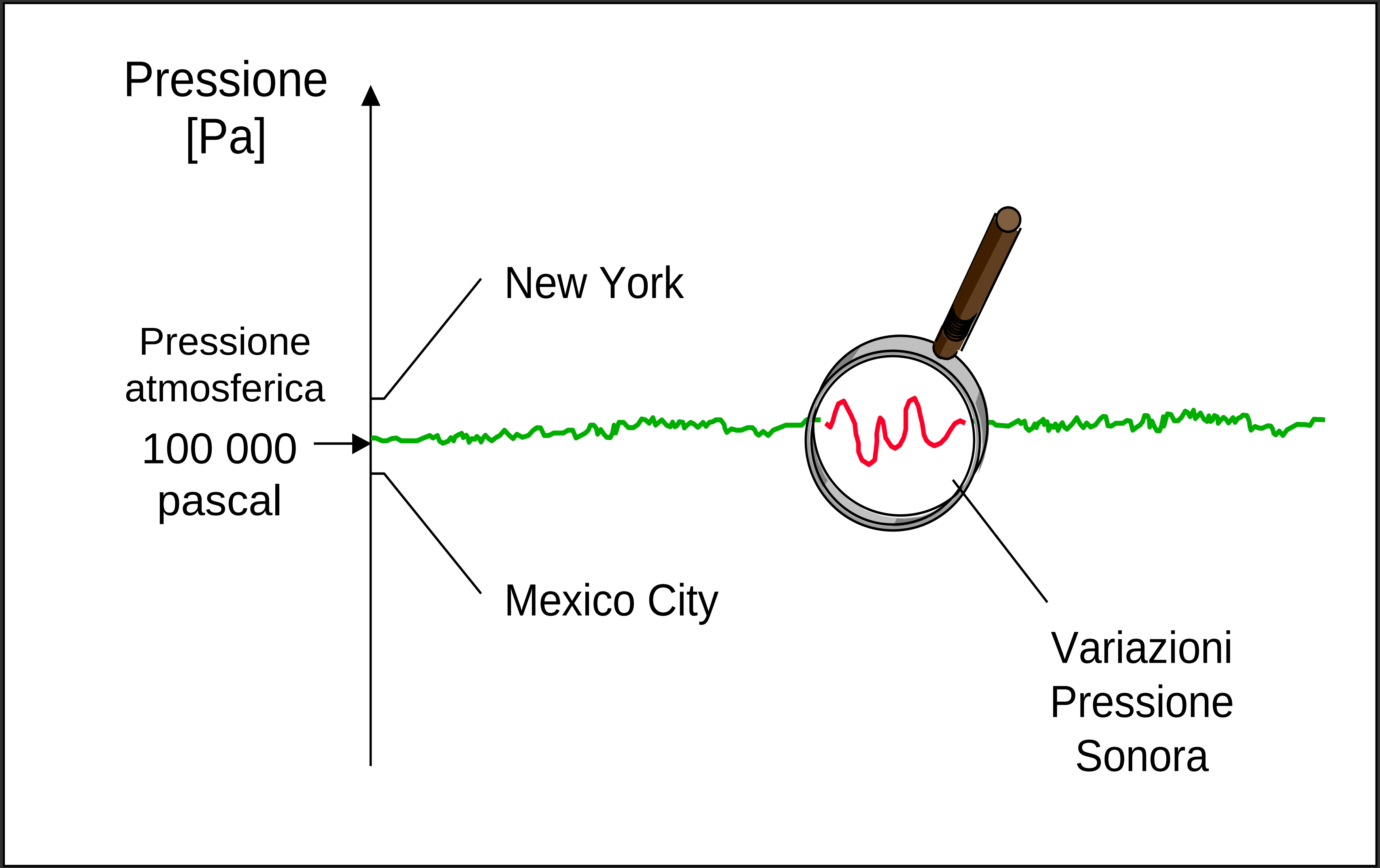
$$\Delta p = p - p_0$$

In conseguenza delle variazioni di pressione si hanno variazioni di densità per le quali si ha:

$$\Delta\rho = \rho - \rho_0$$

Le perturbazioni di pressione e di densità hanno valori molto limitati rispetto ai valori medi delle due grandezze:

$$\frac{\Delta p}{p_0} << 1 \qquad \frac{\Delta\rho}{\rho_0} << 1$$


Pressione
[Pa]
Pressione
atmosferica
100 000
pascal
New York
Mexico City
Variazioni
Pressione
Sonora