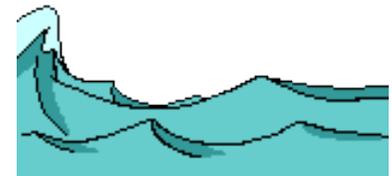
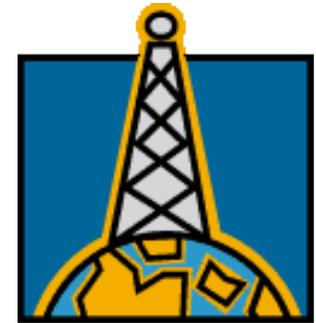


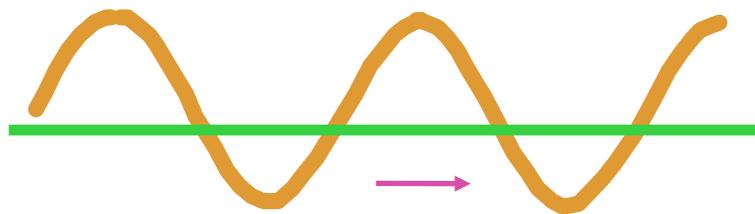
# LE ONDE

Fenomeni ondulatori  
Periodo e frequenza  
Lunghezza d'onda e velocità  
Legge di propagazione  
Energia trasportata  
Onde meccaniche: il suono  
Onde elettromagnetiche  
Velocità della luce  
Spettro elettromagnetico  
Energia dell'onda elettromagnetica

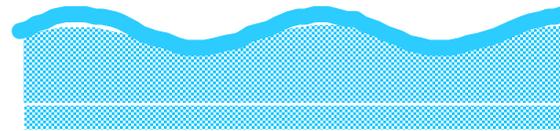


# Fenomeni ondulatori

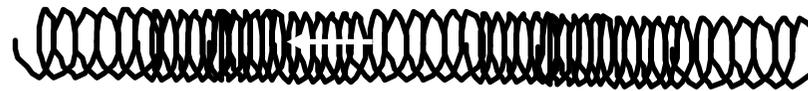
## Oscillazioni meccaniche



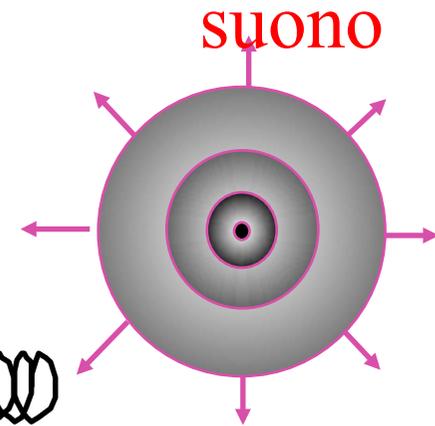
corda che vibra



mare

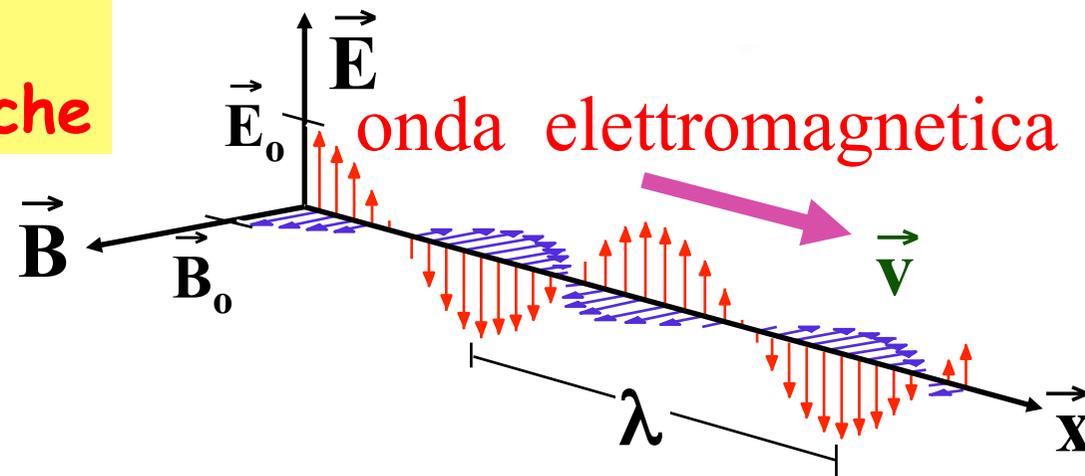


molla



suono

## Oscillazioni elettromagnetiche

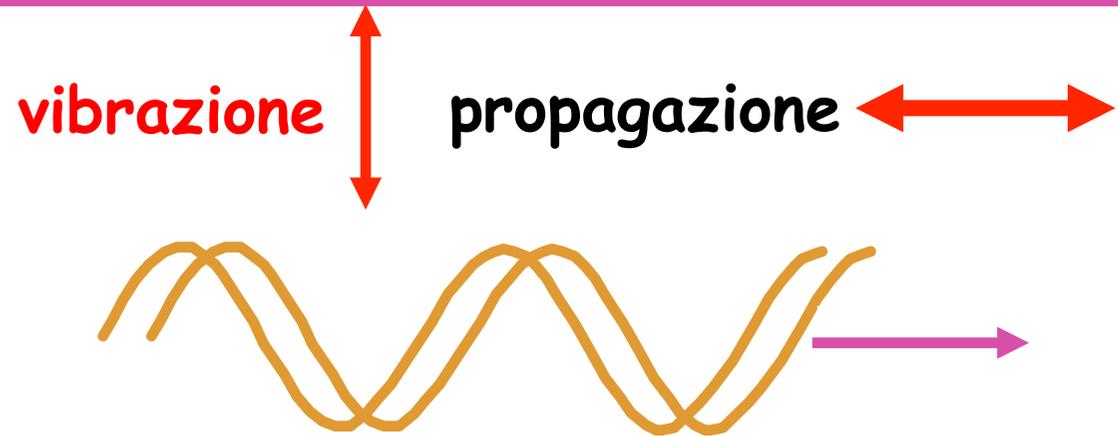


onda elettromagnetica

# Onde trasversali e longitudinali

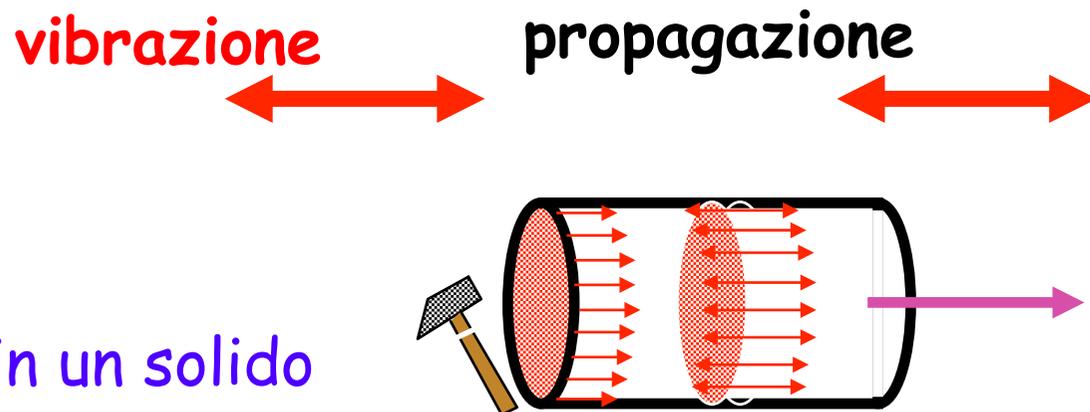
## ■ trasversali

esempio :  
onda lungo una corda



## ■ longitudinali

esempio :  
onda di percussione in un solido  
(idem in aria)



# Periodo e frequenza

Fenomeno periodico:  $f(t) = f(t+T)$

ritorna alla stessa configurazione dopo uno stesso intervallo di tempo

**Periodo T** = minimo intervallo di tempo

dopo il quale il fenomeno ritorna alla stessa configurazione  
= durata di una oscillazione (unita' di misura: **secondo**).

$$\begin{aligned}f(t) &= A \operatorname{sen}(2\pi t/T) \\ &= A \operatorname{sen}[(2\pi/T) t] \\ &= A \operatorname{sen}(\omega t)\end{aligned}$$

pulsazione  $\omega = 2\pi/T = 2\pi\nu$

Se 1 oscillazione dura n secondi,  
in 1 secondo ci sono 1/n oscillazioni

frequenza =  
n. oscillazioni/sec

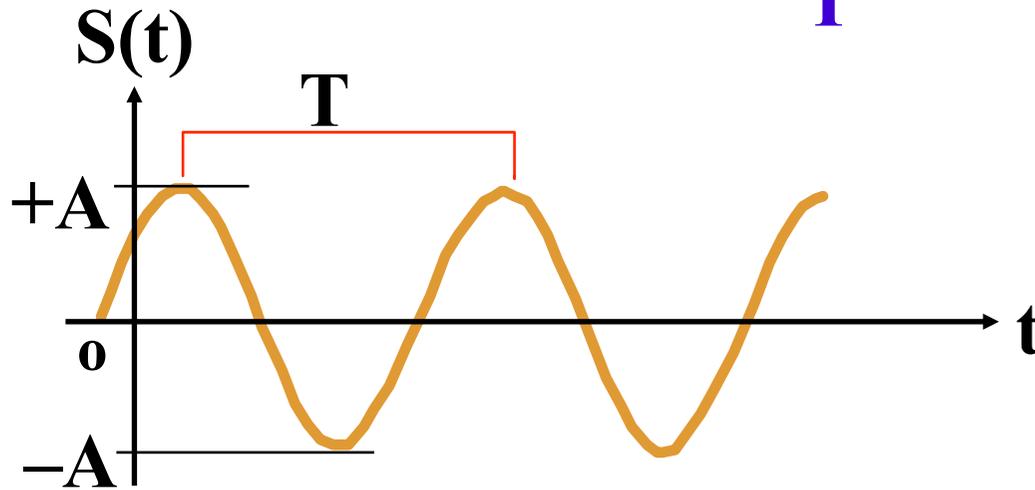
$$\nu = 1/T$$

$$\text{Hz} = 1/\text{s}$$

# Ampiezza e energia di un'onda

$$S(t) = A \sin(\omega t + \phi)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \nu$$



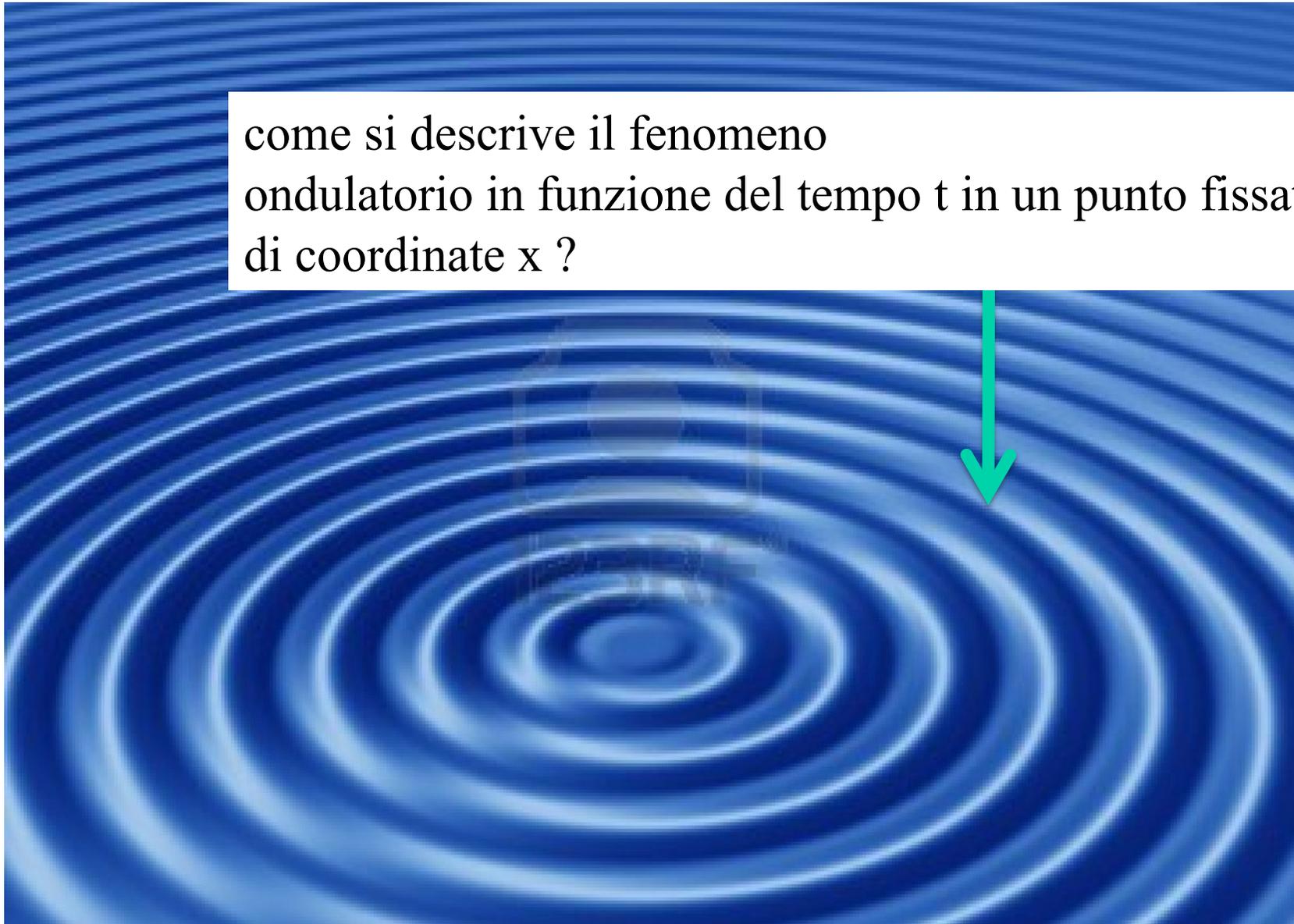
**A** = ampiezza  
**T** = periodo  
 **$\nu$**  = frequenza  
 **$\phi$**  = fase

**ENERGIA  
DI UN' ONDA**

$$E \propto A^2$$



come si descrive il fenomeno  
ondulatorio in funzione del tempo  $t$  in un punto fissato  
di coordinate  $x$  ?



come si descrive il fenomeno  
ondulatorio in funzione della coordinata  $x$  ad un tempo  $t$  fissato?



# Legge di propagazione delle onde

Ogni onda si propaga con una propria **velocità** costante

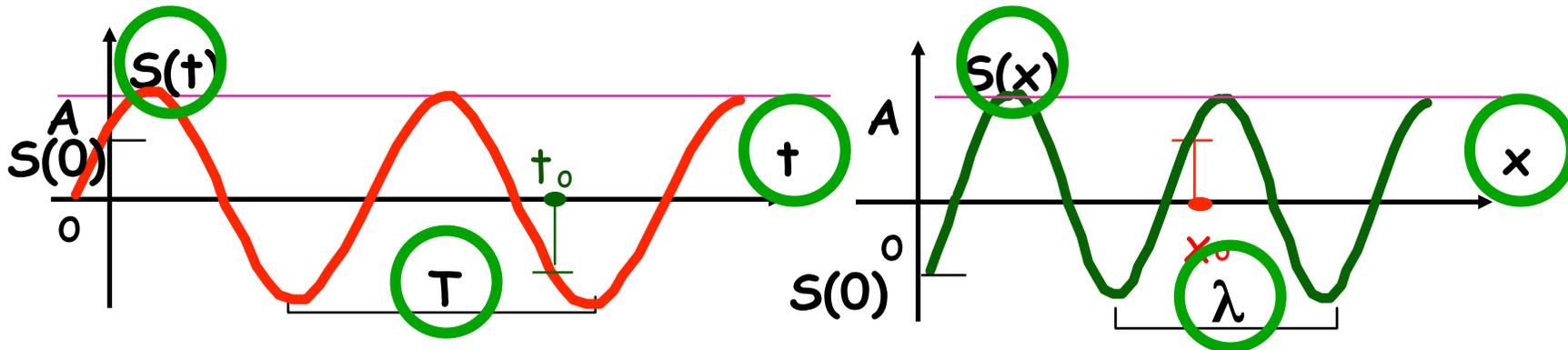
**Lunghezza d'onda**  $\lambda$  =  
minima distanza  
dopo la quale il fenomeno riprende  
la stessa configurazione =  
distanza percorsa in un periodo  
(unita' di misura: **metro**).

Moto rettilineo uniforme:

$$x = v t \rightarrow \lambda = v T$$

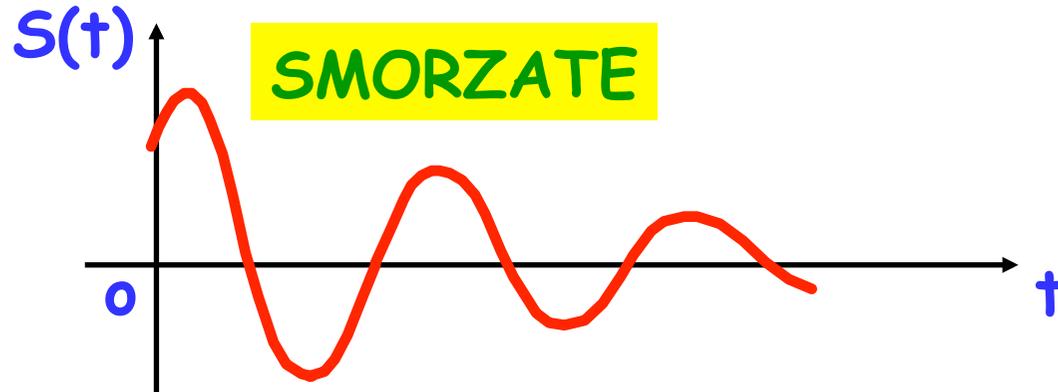
$$\lambda = v T = v / \nu \rightarrow \lambda \nu = v$$

Lunghezza d'onda e frequenza  
sono inversamente proporzionali:  
il loro prodotto e' la velocita'



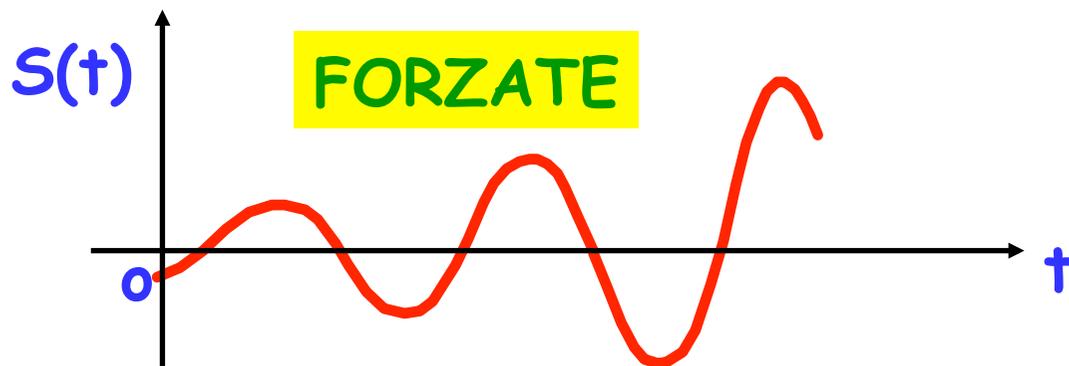
# Oscillazioni smorzate e forzate

■ forze dissipative (attriti) → energia dissipata



↓  
graduale diminuzione  
dell'ampiezza  $A$

■ energia rifornita al sistema



↓  
graduale aumento  
dell'ampiezza  $A$

# Intensita' di un'onda

Intensità = energia trasportata nell'unità di tempo  
attraverso l'unità di superficie

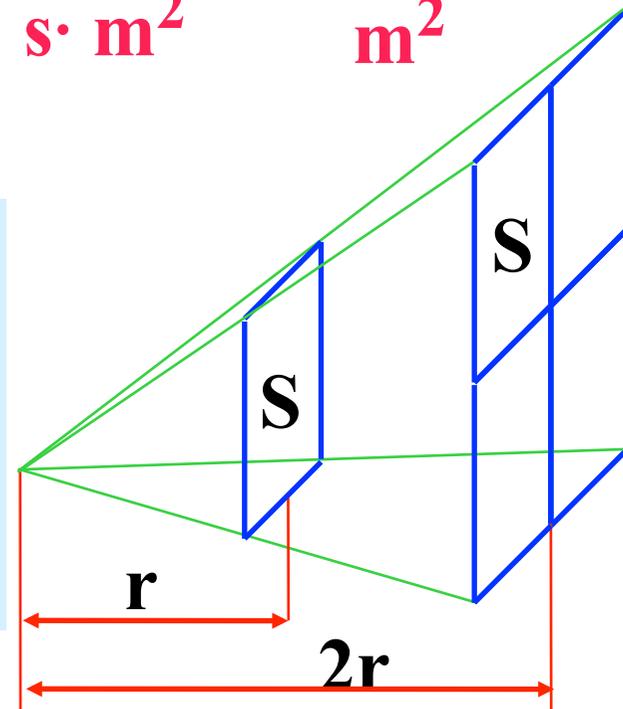
$$I = \frac{E}{\Delta t \cdot S}$$

unità di misura:  $\frac{\text{joule}}{\text{s} \cdot \text{m}^2} = \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$

*onda sferica:  $S = 4\pi r^2$*

L'energia é costante (cons.energia)

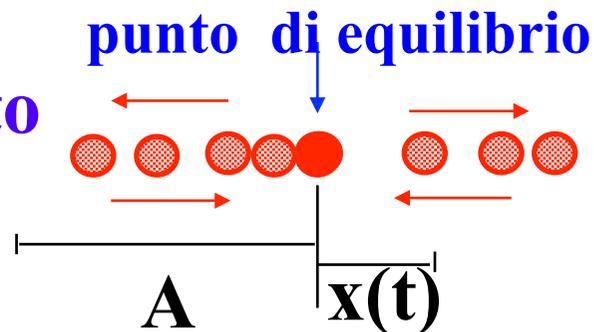
L'intensità diminuisce  
con il quadrato della distanza



# Il suono

**suono** : vibrazione meccanica delle particelle di un mezzo materiale (gas, liquido, solido)

molecola in moto



sono vibrazioni di/tra molecole: serve la materia!

fluidi :

- spostamenti delle particelle
- addensamenti e rarefazioni
- compressioni e dilatazioni

nel vuoto  
il suono  
non si propaga

onda di pressione

# Caratteristiche del suono

**onda sonora** : vibrazione meccanica percepibile dal senso dell'udito (orecchio)

**sensibilità orecchio umano** (20 Hz ÷ 20 kHz)

**20 Hz <  $\nu$  < 2 \cdot 10^4 Hz**

**infrasuoni** **ultrasuoni**

$$v = \lambda \nu$$

}	$v_{\text{aria}} = 344 \text{ m/s}$	$\longrightarrow$	$17.2 \text{ m} < \lambda < 1.72 \text{ cm}$
	$v_{\text{acqua}} = 1450 \text{ m/s}$	$\longrightarrow$	$72.5 \text{ m} < \lambda < 7.25 \text{ cm}$

**Caratteristiche di un suono:**

**altezza**  $\rightarrow$  **frequenza**  
**timbro**  $\rightarrow$  **composizione armonica**  
**intensità**  $\rightarrow$   **$E/(S \cdot t)$**