

# **CORSO DI FISICA 2**

## **ONDE ELASTICHE**

### **LEZIONE N° 28**

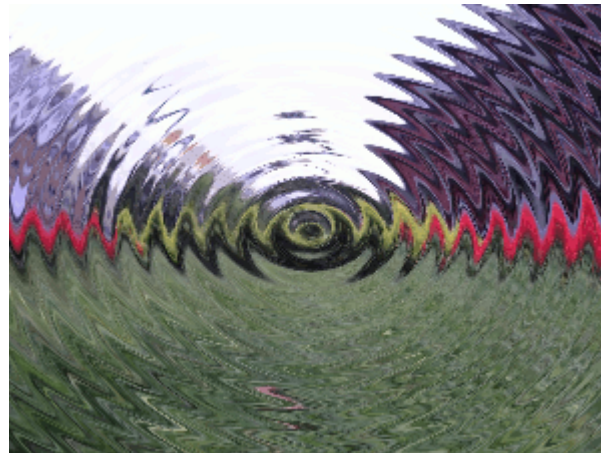
# ONDE ELASTICHE

Si definisce **onda elastica meccanica**, la propagazione di una perturbazione con trasporto di energia ma non di materia, in un mezzo con caratteristiche fisiche di tipo elastico.

Infatti quando una particella di un mezzo *continuo ed isotropo*, quando viene spostata dalla sua posizione di equilibrio, le altre particelle del mezzo subiscono spostamenti (propagazione delle perturbazioni di piccola ampiezza) che si propagano con un ritardo proporzionale alla distanza dal punto in cui lo spostamento iniziale è stato provocato.

# ONDE ELASTICHE

**Osserviamo l'effetto di un sasso lanciato dall'alto in uno stagno:**



**Il sasso toccando la superficie dell'acqua, spinge in basso l'acqua sottostante, cedendo parte della sua energia cinetica. A causa delle forze di coesione molecolare, l'energia si trasmette alle molecole dell'acqua circostante, con conseguente propagazione del moto oscillatorio in orizzontale formando cerchi concentrici.**

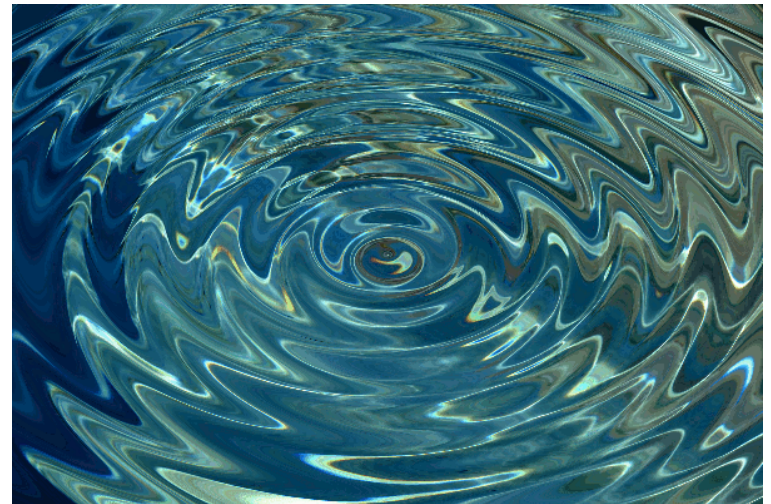
# ONDE ELASTICHE

**Le onde sull'acqua hanno due caratteristiche in comune con tutte le altre onde:**

- ✓ **Un'onda è una perturbazione che si propaga nello spazio;**
- ✓ **Un'onda trasporta energia da un posto ad un altro.**

**Le onde elastiche Possono essere:**

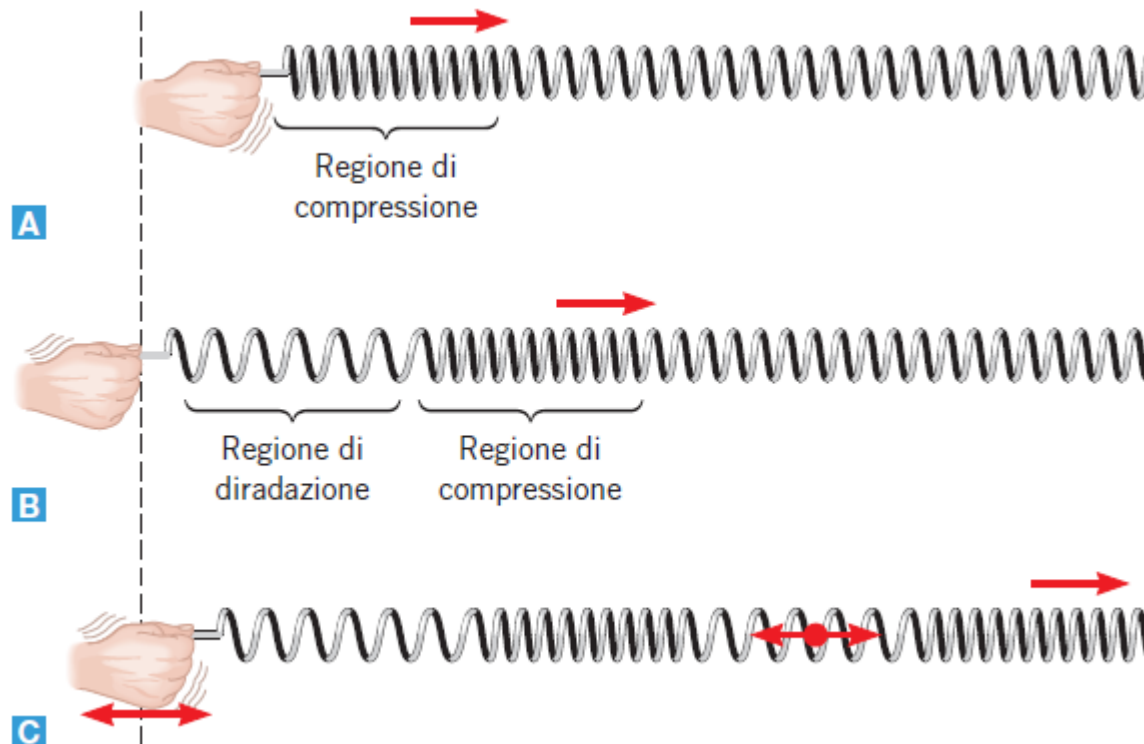
- 1. ONDE LONGITUDINALI**
- 2. ONDE TRASVERSALI**



# ONDE ELASTICHE

## ONDE LONGITUDINALI

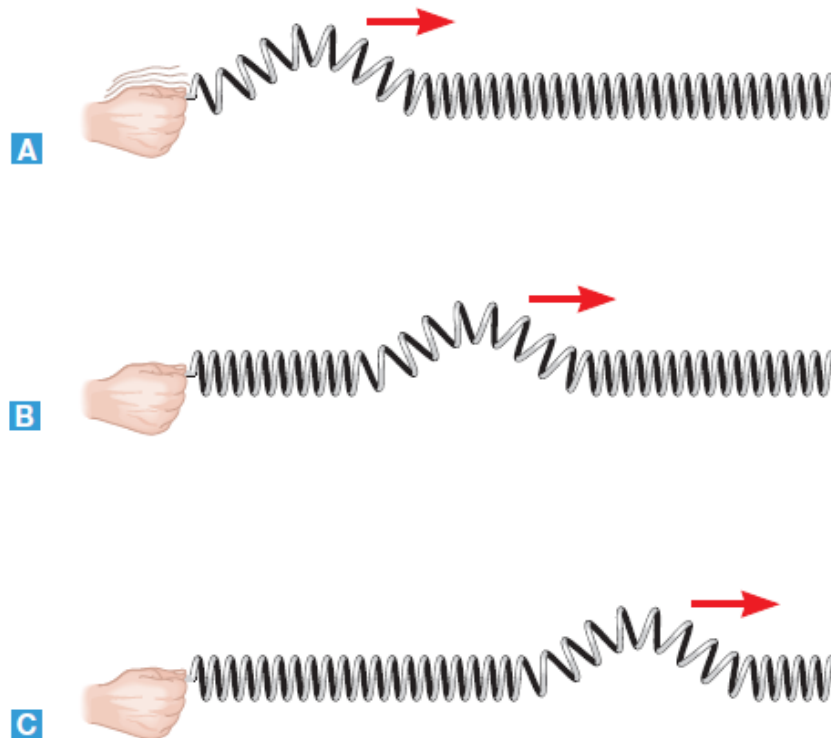
Un'onda è *longitudinale* quando la direzione della propagazione è la stessa della direzione di propagazione dell'onda.



# ONDE ELASTICHE

## ONDE LONGITUDINALI

Un'onda è trasversale quando la direzione della propagazione è perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda.

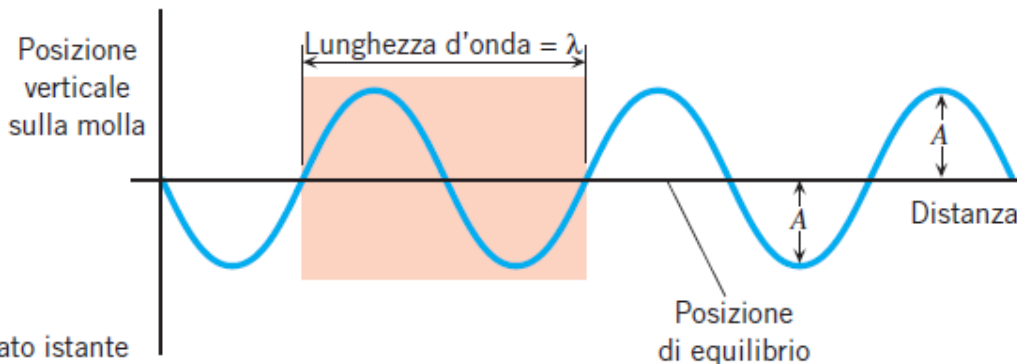


# ONDE ELASTICHE

## ONDE PERIODICHE

Un'onda è periodica quando ogni elemento del mezzo materiale ripete lo stesso movimento ad intervalli di tempo regolari, in un mezzo perfettamente elastico, senza dissipazione di energia.

Un'onda è periodica si può rappresentare su di un piano posizione-distanza da dove è facile individuare:



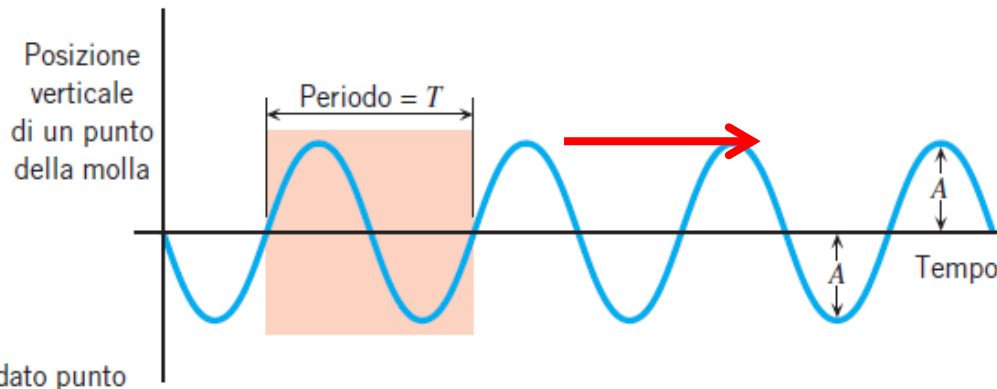
**A – Ampiezza di oscillazione.**  
(spostamento massimo della materia oscillante)

**$\lambda$  – Lunghezza d'onda**  
(distanza tra due con le stesse caratteristiche)

# ONDE ELASTICHE

## ONDE PERIODICHE

Un'onda è periodica si può rappresentare su di un piano posizione-tempo da dove è facile individuare:



**A – Ampiezza di oscillazione.**  
(spostamento massimo della materia oscillante)

**T – Periodo**  
(Intervallo di tempo che un punto dell'onda compie una oscillazione completa)



# ONDE ELASTICHE

## ONDE PERIODICHE ARMONICHE SEMPLICI: VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE

La velocità di propagazione si ricava facilmente considerando che il moto è rettilineo uniforme:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Considerato, che nel nostro caso, lo spazio percorso in un periodo è  $\lambda$  e  $\Delta t$  rappresenta il periodo :

La velocità di propagazione è:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Ricordando che la frequenza è

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

segue:

$$v = f \cdot \lambda$$

Velocità dell'onda dipende da:

Densità del mezzo

Elasticità del mezzo

> densità

> velocità

# ONDE ELASTICHE

## ONDE PERIODICHE ARMONICHE SEMPLICI

### Equazione d'onda

Si consideri una particella P mobile lungo una circonferenza in moto uniforme (vedi Figura). Se si osserva lo spostamento della sua ombra Q lungo il diametro, si può notare che Q compie un moto oscillatorio intorno al centro O della circonferenza. Se immaginiamo poi che questa circonferenza può essere pensata come il cerchio trigonometrico, allora notiamo che Q descrive lo spazio come il coseno dell'angolo  $\alpha$  che varia in funzione del tempo  $t$ .

$$y(x_0, t) = A \cos(\omega t) = A \cos\left[\frac{2\pi}{T} t\right]$$



$A$  = è l'ampiezza massima di oscillazione.

$\omega$  (omega) = è la *pulsazione*

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

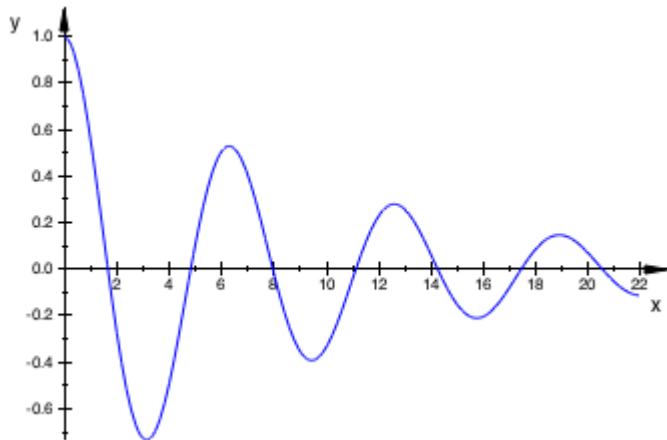
$$f = 1/T$$

$$a(t) = \omega \cdot t$$

# ONDE ELASTICHE

## ONDE SMORZATE

La non perfetta elasticità di qualunque mezzo e la presenza ineliminabile delle forze passive (attrito) fanno sì che l'onda si smorzi come appare in figura



**oscillazioni smorzate** sono caratterizzate, **partendo dalla sorgente**, da una progressiva diminuzione di ampiezza **di oscillazione fino ad azzerarsi**.

Queste tipi di onda elastica possiamo affermare che si incontrano praticamente in ogni aspetto della vita quotidiana.

Tutti i processi ondulatori reali naturali sono caratterizzati da *oscillazioni smorzate* dovuti all'azione contemporanea di sollecitazioni di tipo elastico e fenomeni dissipativi.

Un fenomeno dissipativo tende a far decrescere l'ampiezza delle oscillazioni sino all'equilibrio.

# ONDE ELASTICHE

## FENOMENI ONDULATORI: LA RIFLESSIONE

La riflessione è un fenomeno che avviene quando le onde incontrano un ostacolo che interrompe la loro propagazione.

Benché l'onda sia stata definita come un profilo che si muove senza trasporto di materia, la riflessione è da considerarsi come l'analogo dell'urto meccanico tra particelle dotate di massa: quando le particelle urtano elasticamente un ostacolo, esso reagisce secondo il terzo principio della dinamica.

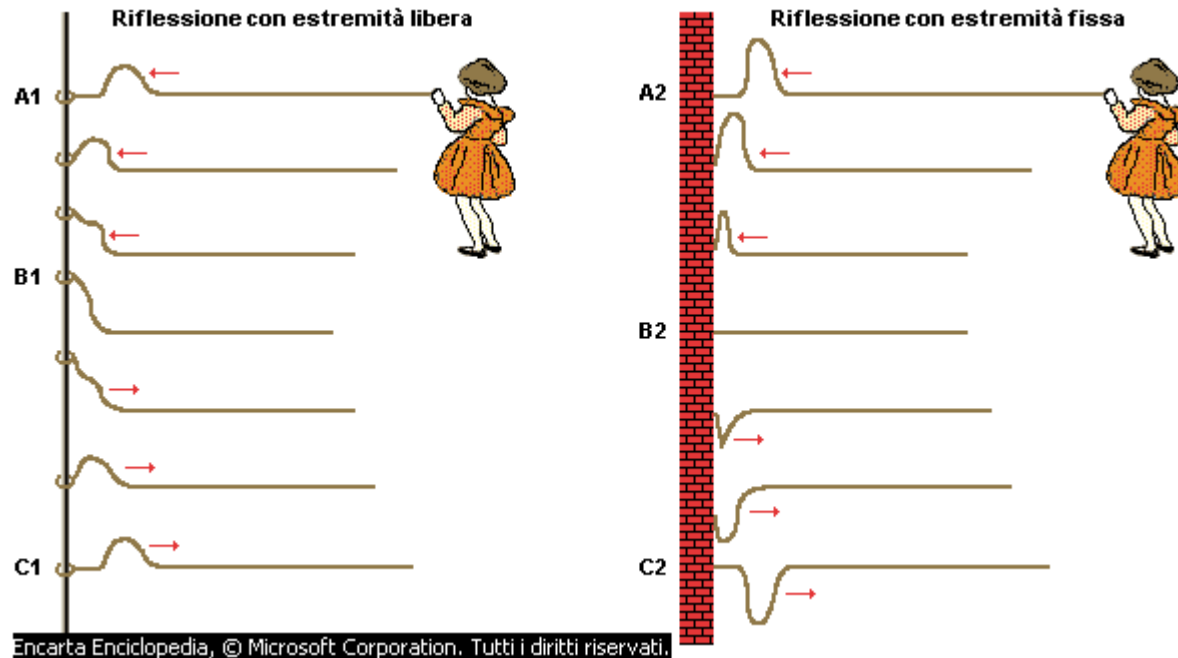
Si conserva quindi la quantità di moto totale e l'ostacolo restituisce tutta l'energia cinetica all'onda.

Essa si propaga quindi a ritroso con la stessa velocità che aveva prima dell'urto.

# ONDE ELASTICHE

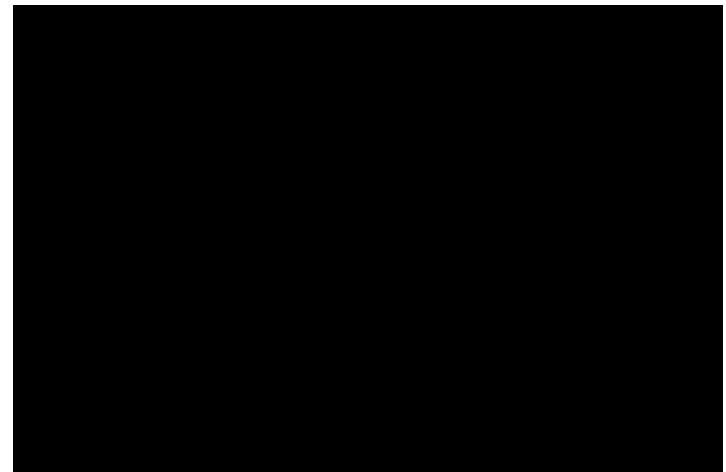
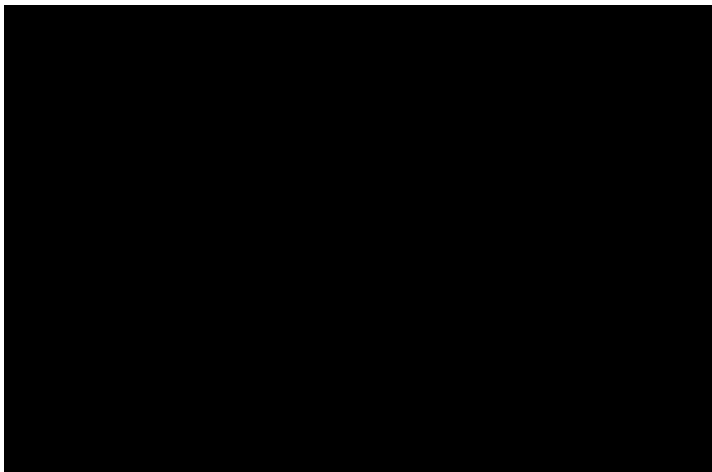
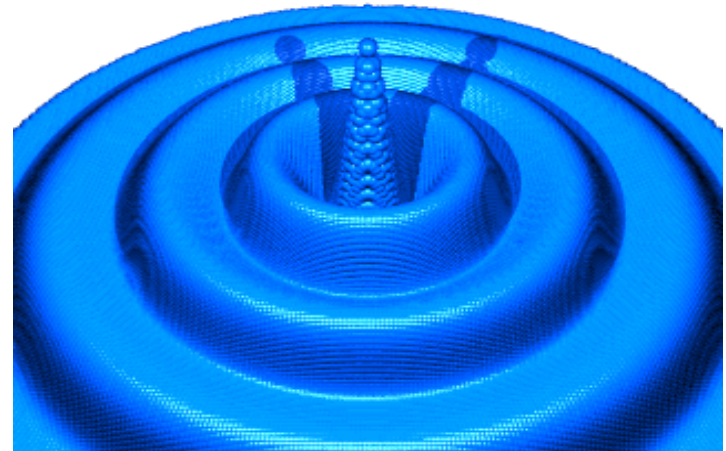
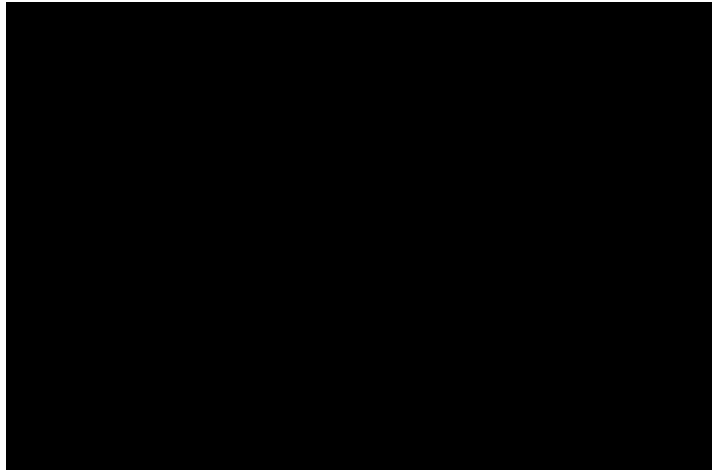
## FENOMENI ONDULATORI: LA RIFLESSIONE

CC



# ONDE ELASTICHE

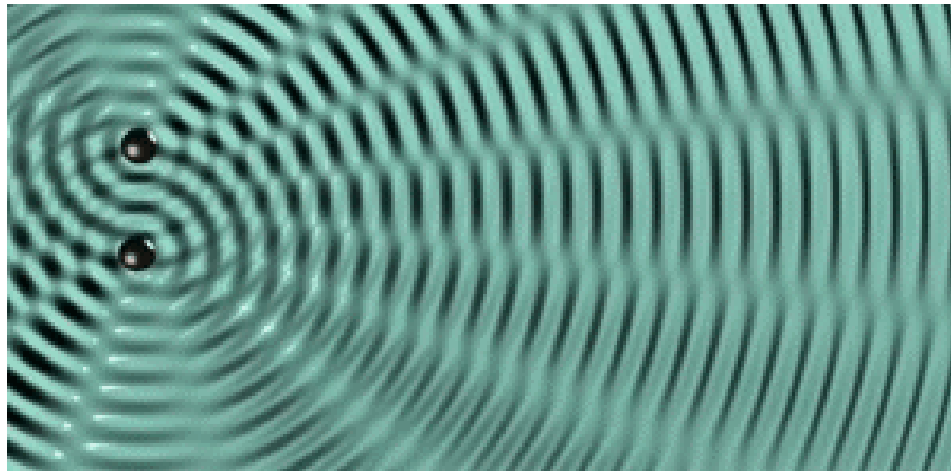
## FENOMENI ONDULATORI: LA RIFLESSIONE



# ONDE ELASTICHE

## PRINCIPIO DI SOVRAPPOSIZIONE:

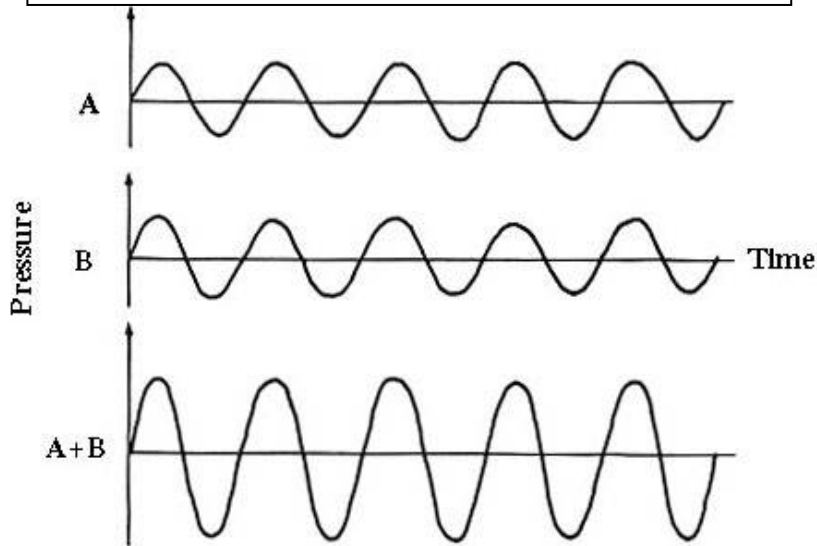
Due o più onde che si incontrano nel loro moto di propagazione si sovrappongono sommando algebricamente le loro ampiezze.



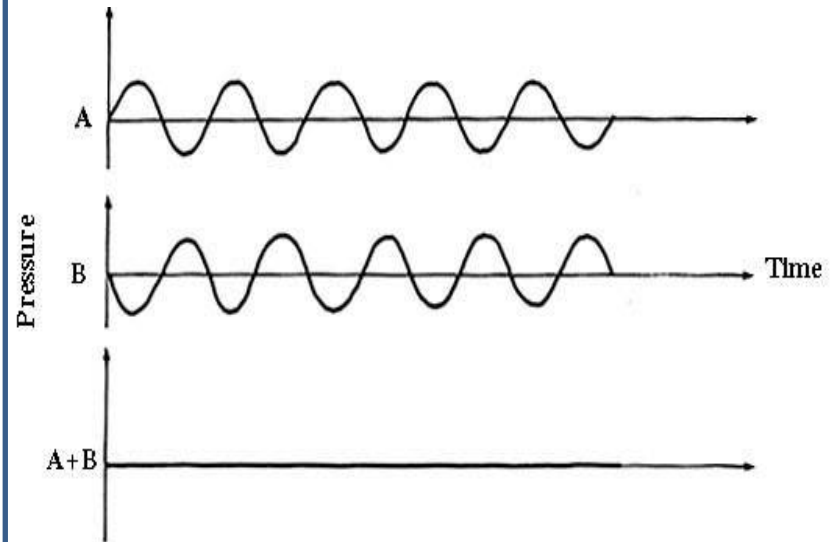
# ONDE ELASTICHE

## PRINCIPIO DI SOVRAPPOSIZIONE:

**Interferenza sommativa** onda A che si propaga nello stesso mezzo con l'onda B in fase le due onde si sommano dando un'onda A+B (somma algebrica delle due ampiezze).



**Interferenza distruttiva** onda A che si propaga nello stesso mezzo con l'onda B in opposizione di fase le due onde si sommano dando un'onda A+B nulla (somma algebrica delle due ampiezze=0).





# ONDE ELASTICHE

## CLASSIFICAZIONE DELLE ONDE

Le onde elastiche si possono classificare:

1. In relazione al mezzo in cui si propagano e della caratteristica fisica che usiamo per rappresentarla:

- ✓ onde elastiche
- ✓ radiazione elettromagnetica

1. Riguardo alla loro direzione vettoriale di propagazione, si suddividono in:

- ✓ onde trasversali
- ✓ onde longitudinali

1. Riguardo alla propagazione, si hanno:

- ✓ onde piane
- ✓ onde sferiche
- ✓ onde cilindriche

1. Riguardo alle dimensioni del mezzo in cui si propagano:

- ✓ Onde unidimensionali o lineari
- ✓ Onde bidimensionali
- ✓ Onde tridimensionali

# ONDE ELASTICHE

## GLOSSARIO

- Oscillazione o vibrazione:** movimento che periodicamente si inverte.
- Onda:** la propagazione di una perturbazione con trasporto di energia ma non di materia.
- Mezzo di propagazione:** materiale in cui si propaga l'onda;
- Sorgente:** ciò che provoca la formazione dell'onda.
- Onda impulsiva:** perturbazione localizzata e di breve durata, che viaggia attraverso un mezzo.
- Onda periodica:** quando ogni elemento del mezzo materiale ripete lo stesso movimento ad intervalli di tempo regolari.
- Onda periodica armonica:** sorgente che oscilla di moto armonico e il mezzo in cui si propaga è perfettamente elastico.
- Equazione oraria di un'onda armonica:** Equazione matematica contenente la funzione seno o coseno.