

# Generalità sulle onde

E. Modica  
erasmo@galois.it

Liceo Scientifico Statale "S. Cannizzaro"

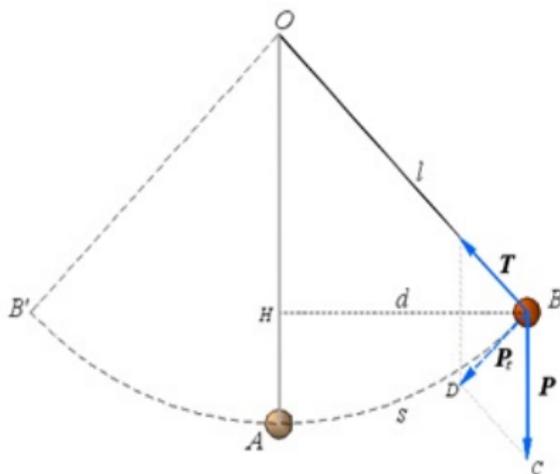
A.S. 2017/2018



# Cos'è un'oscillazione

## Definizione

Dicesi **oscillazione** o **vibrazione** un movimento che periodicamente si inverte.

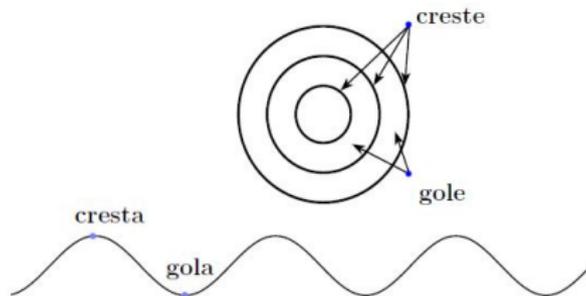


# Definizione di onda

## Definizione

Dicesi **onda** (*wave*) la propagazione di una perturbazione con trasporto di energia ma non di materia.

Un esempio d'onda è quello che si genera quando lasciamo cadere un sasso in acqua. Si formano delle circonferenze concentriche - aventi centro nel punto in cui il sasso entra in acqua - e si creano le cosiddette **creste** (punti di massimo) e **gole** (punti di minimo).

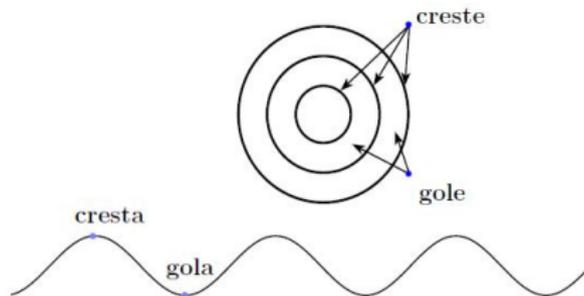


# Definizione di onda

## Definizione

Dicesi **onda** (*wave*) la propagazione di una perturbazione con trasporto di energia ma non di materia.

Un esempio d'onda è quello che si genera quando lasciamo cadere un sasso in acqua. Si formano delle circonferenze concentriche - aventi centro nel punto in cui il sasso entra in acqua - e si creano le cosiddette **creste** (punti di massimo) e **gole** (punti di minimo).



## Ulteriori definizioni

### Definizione

Dicesi **mezzo materiale** il mezzo in cui si propaga l'onda, mentre si dice **sorgente** ciò che provoca la formazione dell'onda.

Nell'esempio precedente, il mezzo materiale è l'acqua, mentre la sorgente è il sasso.

### Definizione

Un'onda si dice **impulsiva** quando origina una perturbazione localizzata e di breve durata, che viaggia attraverso un mezzo.

### Definizione

Un'onda si dice **periodica** (*periodic wave*) quando ogni elemento del mezzo materiale ripete lo stesso movimento ad intervalli di tempo regolari.

## Ulteriori definizioni

### Definizione

Dicesi **mezzo materiale** il mezzo in cui si propaga l'onda, mentre si dice **sorgente** ciò che provoca la formazione dell'onda.

Nell'esempio precedente, il mezzo materiale è l'acqua, mentre la sorgente è il sasso.

### Definizione

Un'onda si dice **impulsiva** quando origina una perturbazione localizzata e di breve durata, che viaggia attraverso un mezzo.

### Definizione

Un'onda si dice **periodica** (*periodic wave*) quando ogni elemento del mezzo materiale ripete lo stesso movimento ad intervalli di tempo regolari.

## Ulteriori definizioni

### Definizione

Dicesi **mezzo materiale** il mezzo in cui si propaga l'onda, mentre si dice **sorgente** ciò che provoca la formazione dell'onda.

Nell'esempio precedente, il mezzo materiale è l'acqua, mentre la sorgente è il sasso.

### Definizione

Un'onda si dice **impulsiva** quando origina una perturbazione localizzata e di breve durata, che viaggia attraverso un mezzo.

### Definizione

Un'onda si dice **periodica** (*periodic wave*) quando ogni elemento del mezzo materiale ripete lo stesso movimento ad intervalli di tempo regolari.

## Ulteriori definizioni

### Definizione

Dicesi **mezzo materiale** il mezzo in cui si propaga l'onda, mentre si dice **sorgente** ciò che provoca la formazione dell'onda.

Nell'esempio precedente, il mezzo materiale è l'acqua, mentre la sorgente è il sasso.

### Definizione

Un'onda si dice **impulsiva** quando origina una perturbazione localizzata e di breve durata, che viaggia attraverso un mezzo.

### Definizione

Un'onda si dice **periodica** (*periodic wave*) quando ogni elemento del mezzo materiale ripete lo stesso movimento ad intervalli di tempo regolari.

## Ulteriori definizioni

### Osservazione

Sono esempi di onde periodiche quelle che si generano su una corda quando una sua estremità viene mossa su e giù sempre nello stesso modo.

### Definizione

Un'onda periodica si dice **armonica** (*harmonic wave*) quando la sorgente oscilla di moto armonico e il mezzo in cui si propaga è perfettamente elastico.

### Osservazione

L'equazione oraria di un'onda armonica si può esprimere mediante una funzione seno o coseno.

## Ulteriori definizioni

### Osservazione

Sono esempi di onde periodiche quelle che si generano su una corda quando una sua estremità viene mossa su e giù sempre nello stesso modo.

### Definizione

Un'onda periodica si dice **armonica** (*harmonic wave*) quando la sorgente oscilla di moto armonico e il mezzo in cui si propaga è perfettamente elastico.

### Osservazione

L'equazione oraria di un'onda armonica si può esprimere mediante una funzione seno o coseno.

## Ulteriori definizioni

### Osservazione

Sono esempi di onde periodiche quelle che si generano su una corda quando una sua estremità viene mossa su e giù sempre nello stesso modo.

### Definizione

Un'onda periodica si dice **armonica** (*harmonic wave*) quando la sorgente oscilla di moto armonico e il mezzo in cui si propaga è perfettamente elastico.

### Osservazione

L'equazione oraria di un'onda armonica si può esprimere mediante una funzione seno o coseno.

## Onde meccaniche

Poiché **la perturbazione che si propaga è quella dovuta alla variazione di una grandezza fisica**, è possibile suddividere le onde in due grandi categorie che sono legate alla tipologia di grandezza fisica che varia e alla presenza o meno di un mezzo materiale nel quale propagarsi.

### Definizione

Dicesi **onda meccanica** (*mechanical wave*) un'onda in cui si assiste alla variazione di grandezze di natura meccanica (per esempio l'altezza, la velocità, l'energia cinetica, l'energia potenziale, etc.)



## Onde meccaniche

Poiché **la perturbazione che si propaga è quella dovuta alla variazione di una grandezza fisica**, è possibile suddividere le onde in due grandi categorie che sono legate alla tipologia di grandezza fisica che varia e alla presenza o meno di un mezzo materiale nel quale propagarsi.

### Definizione

Dicesi **onda meccanica** (*mechanical wave*) un'onda in cui si assiste alla variazione di grandezze di natura meccanica (per esempio l'altezza, la velocità, l'energia cinetica, l'energia potenziale, etc.)

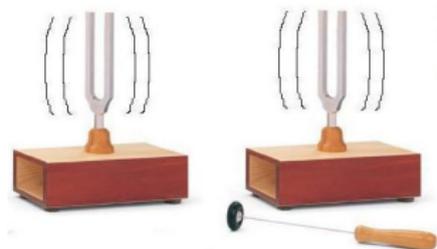


## Onde meccaniche

All'interno di queste onde distinguiamo le seguenti sottocategorie:

- *onde elastiche*, ovvero quelle onde che si propagano in un mezzo elastico (ad esempio una corda tesa, una molla, etc.);
- *onde sonore*, ovvero quelle onde in cui la perturbazione consiste nella variazione locale della grandezza fisica pressione.

**Importante:** Le onde meccaniche hanno bisogno di un mezzo materiale per propagarsi e tramite di esse si propaga energia meccanica.

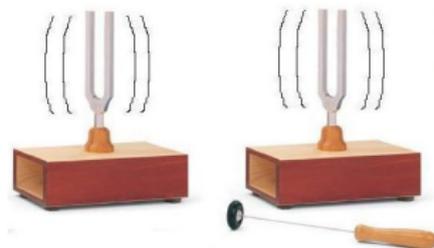


## Onde meccaniche

All'interno di queste onde distinguiamo le seguenti sottocategorie:

- **onde elastiche**, ovvero quelle onde che si propagano in un mezzo elastico (ad esempio una corda tesa, una molla, etc.);
- **onde sonore**, ovvero quelle onde in cui la perturbazione consiste nella variazione locale della grandezza fisica pressione.

**Importante:** Le onde meccaniche hanno bisogno di un mezzo materiale per propagarsi e tramite di esse si propaga energia meccanica.

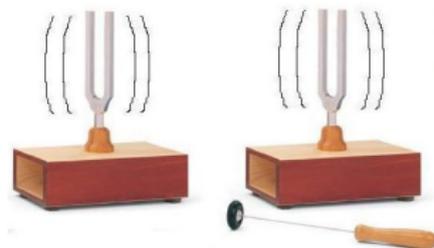


## Onde meccaniche

All'interno di queste onde distinguiamo le seguenti sottocategorie:

- **onde elastiche**, ovvero quelle onde che si propagano in un mezzo elastico (ad esempio una corda tesa, una molla, etc.);
- **onde sonore**, ovvero quelle onde in cui la perturbazione consiste nella variazione locale della grandezza fisica pressione.

**Importante:** Le onde meccaniche hanno bisogno di un mezzo materiale per propagarsi e tramite di esse si propaga energia meccanica.

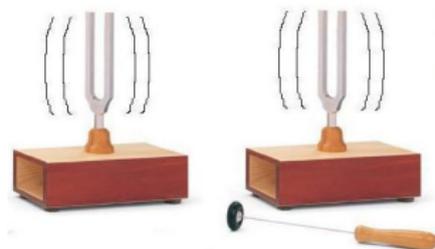


## Onde meccaniche

All'interno di queste onde distinguiamo le seguenti sottocategorie:

- **onde elastiche**, ovvero quelle onde che si propagano in un mezzo elastico (ad esempio una corda tesa, una molla, etc.);
- **onde sonore**, ovvero quelle onde in cui la perturbazione consiste nella variazione locale della grandezza fisica pressione.

**Importante:** Le onde meccaniche hanno bisogno di un mezzo materiale per propagarsi e tramite di esse si propaga energia meccanica.



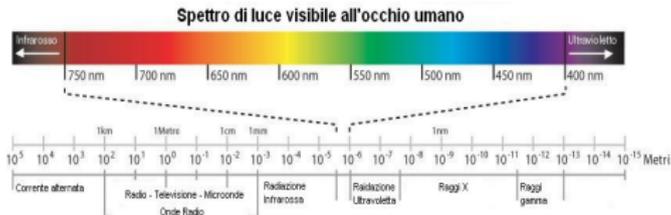
# Onde elettromagnetiche

## Definizione

Dicesi **onda elettromagnetica** (*electromagnetic wave*) un'onda in cui si assiste alla variazione dell'intensità del campo elettrico e del campo magnetico a esso concatenato.

Sono esempi di onde elettromagnetiche la luce, i raggi X, le onde radio, etc.

**Importante:** Le onde elettromagnetiche non hanno bisogno di un mezzo materiale per propagarsi e tramite di esse si propaga energia elettromagnetica.



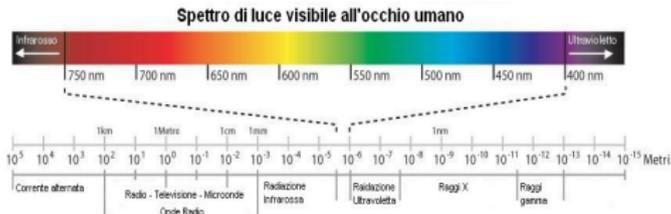
# Onde elettromagnetiche

## Definizione

Dicesi **onda elettromagnetica** (*electromagnetic wave*) un'onda in cui si assiste alla variazione dell'intensità del campo elettrico e del campo magnetico a esso concatenato.

Sono esempi di onde elettromagnetiche la luce, i raggi X, le onde radio, etc.

**Importante:** Le onde elettromagnetiche non hanno bisogno di un mezzo materiale per propagarsi e tramite di esse si propaga energia elettromagnetica.



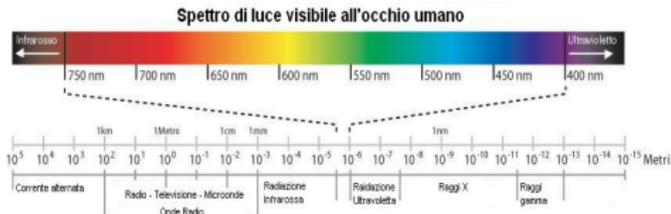
# Onde elettromagnetiche

## Definizione

Dicesi **onda elettromagnetica** (*electromagnetic wave*) un'onda in cui si assiste alla variazione dell'intensità del campo elettrico e del campo magnetico a esso concatenato.

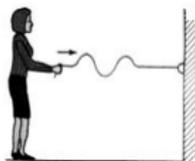
Sono esempi di onde elettromagnetiche la luce, i raggi X, le onde radio, etc.

**Importante:** Le onde elettromagnetiche non hanno bisogno di un mezzo materiale per propagarsi e tramite di esse si propaga energia elettromagnetica.



## Esperienze

Se consideriamo una corda fissata ad una estremità e generiamo un'onda impulsiva facendo muovere l'altra estremità, si assiste alla propagazione di una perturbazione che fa vibrare i punti della corda in su e in giù, mentre la perturbazione si propaga in avanti.



Invece, se comprimiamo una molla, assistiamo alla vibrazione dei punti della molla che si muoveranno in avanti e indietro fino a raggiungere la loro posizione di equilibrio, mentre la perturbazione si propaga in avanti. Questo diverso comportamento ci spinge a distinguere le due seguenti tipologie di onde.

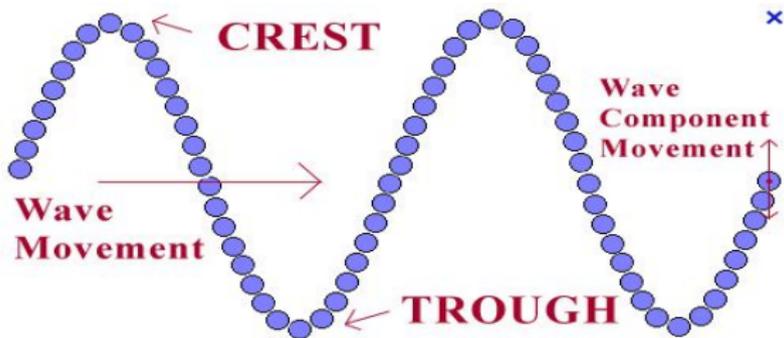


# Onda trasversale

## Definizione

Dicesi **onda trasversale** (*transverse wave*) quell'onda tale che gli elementi del mezzo materiale vibrano in direzione perpendicolare rispetto al moto dell'onda.

Un esempio di onda trasversale è quella che si genera quando un'onda si propaga su una corda.

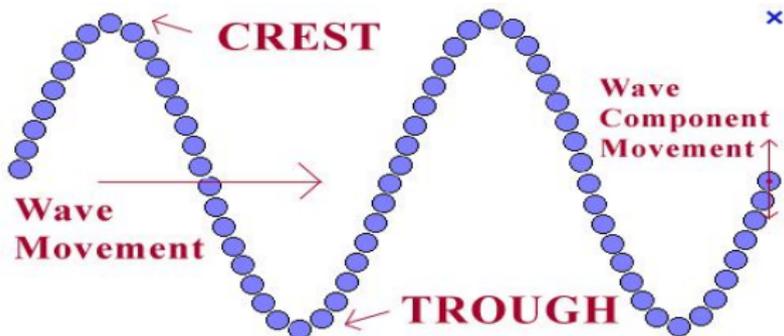


# Onda trasversale

## Definizione

Dicesi **onda trasversale** (*transverse wave*) quell'onda tale che gli elementi del mezzo materiale vibrano in direzione perpendicolare rispetto al moto dell'onda.

Un esempio di onda trasversale è quella che si genera quando un'onda si propaga su una corda.

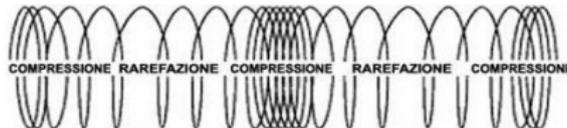


# Onda longitudinale

## Definizione

Dicesi **onda longitudinale** (*longitudinal wave*) quell'onda tale che gli elementi del mezzo materiale vibrino in direzione parallela rispetto al moto dell'onda.

Un esempio di onda longitudinale è quella che si genera comprimendo una molla.

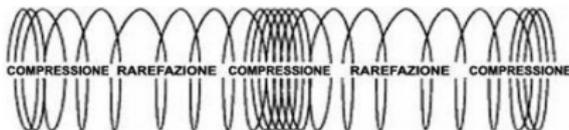


# Onda longitudinale

## Definizione

Dicesi **onda longitudinale** (*longitudinal wave*) quell'onda tale che gli elementi del mezzo materiale vibrino in direzione parallela rispetto al moto dell'onda.

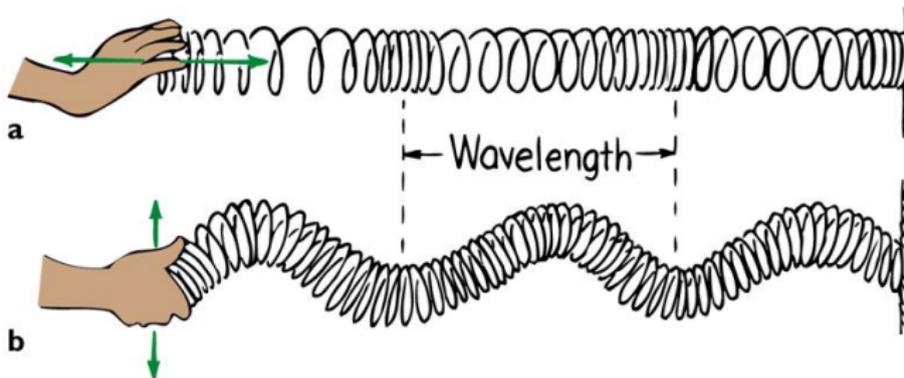
Un esempio di onda longitudinale è quella che si genera comprimendo una molla.



# Osservazione

## Osservazione

È bene notare che su una molla è possibile generare sia onde trasversali che onde longitudinali. Infatti, la compressione di una molla genera un'onda *longitudinale*, invece, se facciamo muovere una molla in su e in giù come nel caso di una corda legata ad un'estremità, sulla molla si genera un'onda *di tipo trasversale*.



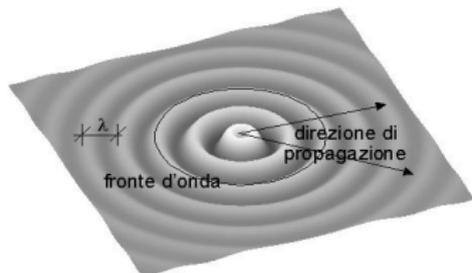
# Definizioni

## Definizione

Dicesi **fronte d'onda** (*wave front*) l'insieme dei punti che vibrano concordemente, ovvero l'insieme dei punti che appartengono a una cresta o a una gola dell'onda.

## Definizione

Dicesi **raggio d'onda** la direzione di propagazione dell'onda ed è sempre perpendicolare al fronte d'onda.



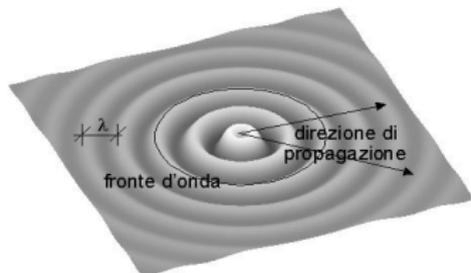
# Definizioni

## Definizione

Dicesi **fronte d'onda** (*wave front*) l'insieme dei punti che vibrano concordemente, ovvero l'insieme dei punti che appartengono a una cresta o a una gola dell'onda.

## Definizione

Dicesi **raggio d'onda** la direzione di propagazione dell'onda ed è sempre perpendicolare al fronte d'onda.



## Forme del fronte d'onda: onde piane

### Definizione

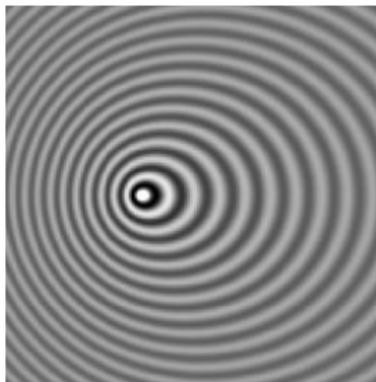
Si definiscono **onde piane** quelle onde che hanno come fronte d'onda una retta (per esempio le onde del mare).



## Forme del fronte d'onda: onde circolari

### Definizione

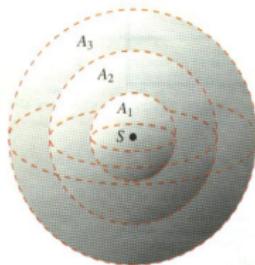
Si definiscono **onde circolari** quelle onde che hanno come fronte d'onda una circonferenza (per esempio le onde generate da un sasso che cade in acqua).



## Forme del fronte d'onda: onde sferiche

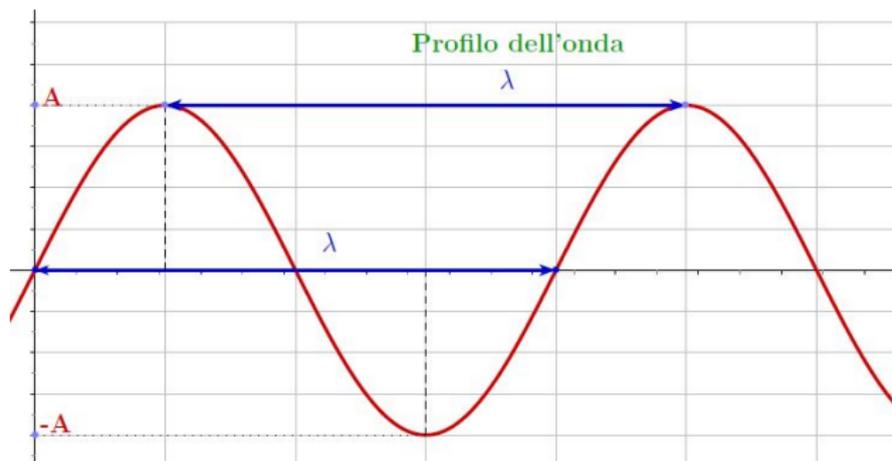
### Definizione

Si definiscono **onde sferiche** quelle onde che hanno come fronte d'onda una sfera (per esempio le onde sonore, le onde luminose, etc.).



**Osservazione.** A grande distanza dalla sorgente, una porzione di fronte d'onda sferico può essere considerato come un fronte d'onda piano.

## Profilo di un'onda



Consideriamo un'onda periodica come quella rappresentata in figura e introduciamo le seguenti definizioni.

# Periodo e frequenza

## Definizione

Si dice **periodo**  $T$  di un'onda (*wave period*) l'intervallo di tempo che un punto del mezzo materiale impiega per compiere un'oscillazione completa.

## Osservazione

Il periodo  $T$  di un'onda non dipende dal mezzo materiale in cui essa si propaga ma solamente dalla sorgente che vibra.

## Definizione

Si dice **frequenza**  $f$  di un'onda il numero di oscillazioni che un'onda compie nell'unità di tempo, cioè in 1s. Essa si misura in **hertz** (Hz).

# Periodo e frequenza

## Definizione

Si dice **periodo**  $T$  di un'onda (*wave period*) l'intervallo di tempo che un punto del mezzo materiale impiega per compiere un'oscillazione completa.

## Osservazione

Il periodo  $T$  di un'onda non dipende dal mezzo materiale in cui essa si propaga ma solamente dalla sorgente che vibra.

## Definizione

Si dice **frequenza**  $f$  di un'onda il numero di oscillazioni che un'onda compie nell'unità di tempo, cioè in 1s. Essa si misura in **hertz** (Hz).

## Periodo e frequenza

### Definizione

Si dice **periodo**  $T$  di un'onda (*wave period*) l'intervallo di tempo che un punto del mezzo materiale impiega per compiere un'oscillazione completa.

### Osservazione

Il periodo  $T$  di un'onda non dipende dal mezzo materiale in cui essa si propaga ma solamente dalla sorgente che vibra.

### Definizione

Si dice **frequenza**  $f$  di un'onda il numero di oscillazioni che un'onda compie nell'unità di tempo, cioè in 1s. Essa si misura in **hertz** (**Hz**).

## Osservazioni sulla frequenza

### Osservazione

La frequenza è l'inverso del periodo, cioè:

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

Inoltre, essa **dipende dalle caratteristiche della sorgente che vibra** e non dal mezzo materiale nel quale si propaga l'onda.

# Ampiezza e lunghezza d'onda

## Definizione

Si dice **ampiezza**  $A$  di un'onda (*wave amplitude*) la differenza tra il valore massimo della grandezza che oscilla e il valore di equilibrio.

## Definizione

Si dice **lunghezza d'onda**  $\lambda$  (*wave length*) la distanza minima dopo la quale un'onda periodica torna a riprodursi uguale a sé stessa.

# Ampiezza e lunghezza d'onda

## Definizione

Si dice **ampiezza**  $A$  di un'onda (*wave amplitude*) la differenza tra il valore massimo della grandezza che oscilla e il valore di equilibrio.

## Definizione

Si dice **lunghezza d'onda**  $\lambda$  (*wave length*) la distanza minima dopo la quale un'onda periodica torna a riprodursi uguale a sé stessa.

# Osservazioni sulla lunghezza d'onda

## Osservazione 1

**La lunghezza d'onda dipende sia dal mezzo materiale, sia dalla tipologia di sorgente che vibra.**

## Osservazione 2

La lunghezza d'onda  $\lambda$  può anche essere definita come la distanza tra due massimi o due minimi consecutivi, oppure la distanza percorsa da un'onda in un periodo.

# Osservazioni sulla lunghezza d'onda

## Osservazione 1

**La lunghezza d'onda dipende sia dal mezzo materiale, sia dalla tipologia di sorgente che vibra.**

## Osservazione 2

La lunghezza d'onda  $\lambda$  può anche essere definita come la distanza tra due massimi o due minimi consecutivi, oppure la distanza percorsa da un'onda in un periodo.

# Velocità di propagazione

## Definizione

Si dice **velocità di propagazione** (propagation velocity) di un'onda il rapporto tra la lunghezza d'onda e il periodo, cioè:

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

Poiché  $f = \frac{1}{T}$ , sostituendo nell'espressione della velocità di propagazione si ottiene:

$$v = \lambda \cdot f$$

# Velocità di propagazione

## Definizione

Si dice **velocità di propagazione** (propagation velocity) di un'onda il rapporto tra la lunghezza d'onda e il periodo, cioè:

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

Poiché  $f = \frac{1}{T}$ , sostituendo nell'espressione della velocità di propagazione si ottiene:

$$v = \lambda \cdot f$$

# Osservazione sulla velocità di propagazione di un'onda

## Osservazione

**La velocità di propagazione dipende dalle caratteristiche del mezzo materiale nel quale si propaga l'onda e non dalla sorgente che vibra.** Per tale ragione, se consideriamo che l'onda si propaga in un determinato mezzo, nell'espressione  $v = \lambda \cdot f$  la velocità  $v$  è costante e quindi la lunghezza d'onda  $\lambda$  e la frequenza  $f$  sono **inversamente proporzionali**. Da ciò segue che all'aumentare della lunghezza d'onda diminuisce la frequenza e viceversa.

## Esercizio 1

### Esercizio

Un'onda elastica si propaga da un'estremo all'altro di una molla lunga  $4m$  impiegando un tempo  $t = 2s$ . Determinare la velocità di propagazione dell'onda.

### *Soluzione*

Sostituendo i dati nella formula della velocità di propagazione si ha:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{4m}{2s} = 2 \frac{m}{s}$$

## Esercizio 1

### Esercizio

Un'onda elastica si propaga da un'estremo all'altro di una molla lunga  $4m$  impiegando un tempo  $t = 2s$ . Determinare la velocità di propagazione dell'onda.

### *Soluzione*

Sostituendo i dati nella formula della velocità di propagazione si ha:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{4m}{2s} = 2 \frac{m}{s}$$

## Esercizio 2

### Esercizio

Determinare il periodo e la frequenza di un'onda elastica sapendo che la sua lunghezza d'onda  $\lambda = 2m$  e che si propaga con una velocità  $v = 8\frac{m}{s}$ .

*Soluzione*

Dalla formula della velocità  $v = \frac{\lambda}{T}$ , si trova  $T = \frac{\lambda}{v} = \frac{2m}{8\frac{m}{s}} = 0,25s$

Dalla definizione di frequenza segue che  $f = \frac{1}{t} = \frac{1}{0,25} = 4Hz$

## Esercizio 2

### Esercizio

Determinare il periodo e la frequenza di un'onda elastica sapendo che la sua lunghezza d'onda  $\lambda = 2m$  e che si propaga con una velocità  $v = 8\frac{m}{s}$ .

### *Soluzione*

Dalla formula della velocità  $v = \frac{\lambda}{T}$ , si trova  $T = \frac{\lambda}{v} = \frac{2m}{8\frac{m}{s}} = 0,25s$

Dalla definizione di frequenza segue che  $f = \frac{1}{t} = \frac{1}{0,25} = 4Hz$