

Definizioni sulle onde

Prof. E. Modica

<http://www.galois.it>

erasmo@galois.it

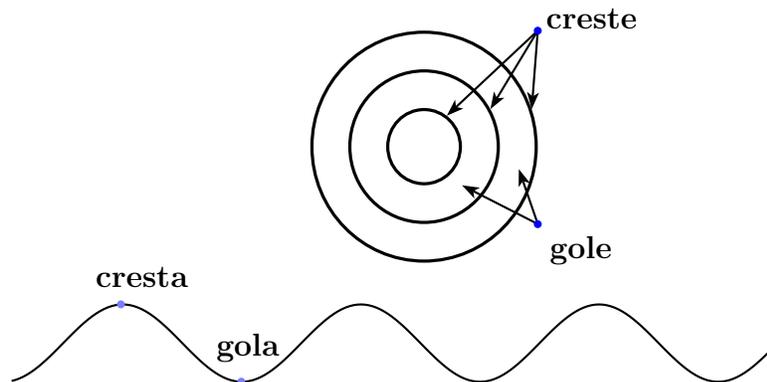
A.S. 2010/2011

Cos'è un'onda

Definizione 1. Dicesi **oscillazione** o **vibrazione** un movimento che periodicamente si inverte.

Definizione 2. 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 3. 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 4. Un'onda si dice **impulsiva** quando origina una perturbazione localizzata e di breve durata, che viaggia attraverso un mezzo.

Definizione 5. Un'onda si dice **periodica** (periodic wave) quando ogni elemento del mezzo materiale ripete lo stesso movimento ad intervalli di tempo regolari.

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 6. *Un'onda periodica si dice **armonica** (harmonic wave) quando la sorgente oscilla di moto armonico¹ e il mezzo in cui si propaga è perfettamente elastico.*

Osservazione 1. *L'equazione oraria di un'onda armonica si può esprimere mediante una funzione seno o coseno.*

Classificazione in base al mezzo in cui si propagano

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 7. *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.)*

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.

Definizione 8. *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.

Classificazione in base al modo di propagazione

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.

Definizione 9. *Dicesi **onda trasversale** (transverse wave) quell'onda tale che gli elementi del mezzo materiale vibrino in direzione perpendicolare rispetto al moto dell'onda.*

¹Si ricorda che il moto armonico è definito come il moto che si ottiene effettuando la proiezione su un diametro di un punto che si muove di moto circolare uniforme.

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

Definizione 10. 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 2. È bene notare che su una molla è possibile generare sia onde trasversale 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.

Classificazione in base alla forma del fronte d'onda

Definizione 11. 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.

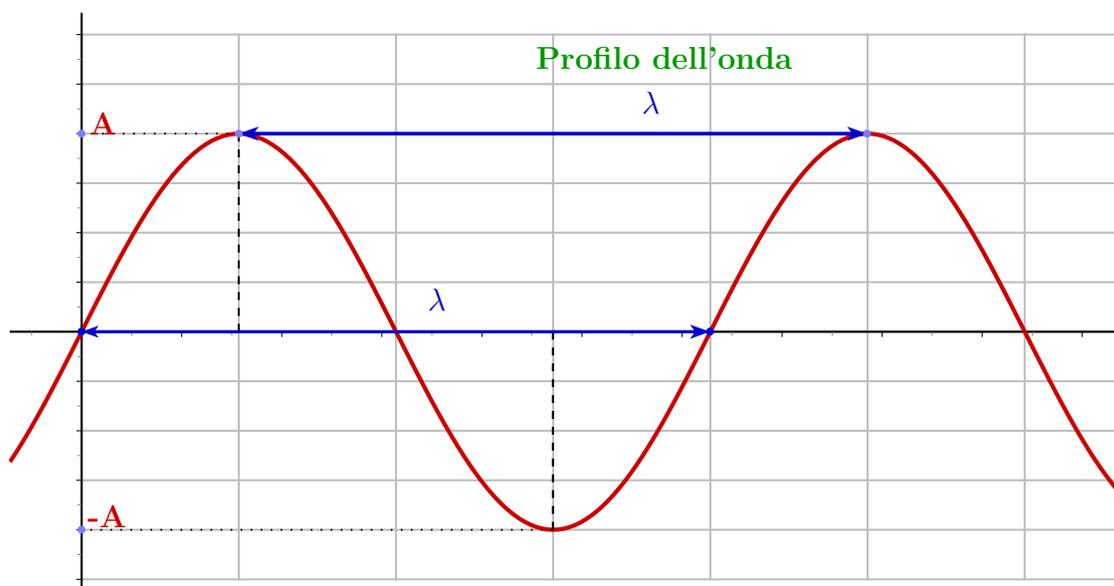
Definizione 12. Dicesi **raggio d'onda** la direzione di propagazione dell'onda ed è sempre perpendicolare al fronte d'onda.

In base alla forma del fronte d'onda le onde possono essere classificate come segue:

- **onde piane**, ovvero quelle onde che hanno come fronte d'onda una retta (per esempio le onde del mare);
- **onde circolari**, ovvero quelle onde che hanno come fronte d'onda una circonferenza (per esempio le onde generate da un sasso che cade in acqua);
- **onde sferiche**, ovvero quelle onde che hanno come fronte d'onda una sfera (per esempio le onde sonore, le onde luminose, etc.)

Osservazione 3. A grande distanza dalla sorgente, una porzione di fronte d'onda sferico può essere considerato come un fronte d'onda piano.

Grandezze caratteristiche di un'onda



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

Definizione 13. 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 4. Il periodo T di un'onda non dipende dal mezzo materiale in cui essa si propaga ma solamente dalla sorgente che vibra.

Definizione 14. 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)**.

Osservazione 5. 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.

Definizione 15. Si dice **ampiezza A** di un'onda (wave amplitude) è la differenza tra il valore massimo della grandezza che oscilla e il valore di equilibrio.

Definizione 16. Si dice **lunghezza d'onda λ** (wave length) la distanza minima dopo la quale un'onda periodica torna a riprodursi uguale a sé stessa.

Osservazione 6. La lunghezza d'onda dipende sia dal mezzo materiale, sia dalla tipologia di sorgente che vibra.

Osservazione 7. La lunghezza d'onda λ può anche essere definita come la distanza tra due massimi o due minimi consecutivi, oppure la distanza percorsa da un'onda in un periodo.

Definizione 17. Si dice **velocità di propagazione** (propagation velocity) di un'onda il rapporto tra la lunghezza d'onda e il periodo, cioè:

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

Osservazione 8. Poiché $f = \frac{1}{T}$, sostituendo nell'espressione della velocità di propagazione si ottiene:

$$v = \lambda \cdot f$$

Osservazione 9. 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 λ e la frequenza f sono inversamente proporzionali. Da ciò segue che all'aumentare della lunghezza d'onda diminuisce la frequenza e viceversa.

Esercizio 1. 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. 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 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,25} = 4Hz$