

Onde – [A, T, λ, φ]

In fisica, con il termine onda, si indica una perturbazione che nasce da una sorgente e si propaga nel tempo e nello spazio, trasportando energia o quantità di moto senza comportare un associato spostamento della materia.

Nota: un'onda è una perturbazione che **può** propagarsi; esistono anche onde che non si propagano, vedi dopo "onde stazionarie".

Le onde possono propagarsi sia attraverso un materiale, sia nel vuoto. Ad esempio la radiazione elettromagnetica (la luce) può esistere e propagarsi anche in assenza di materia, mentre altri fenomeni ondulatori (le onde sonore) esistono unicamente in un mezzo, che deformandosi produce le forze elastiche di ritorno che permettono all'onda di propagarsi.

Vedi: [http://it.wikipedia.org/wiki/Onda_\(fisica\)](http://it.wikipedia.org/wiki/Onda_(fisica))

Punti chiave:

- Un'onda è una "perturbazione" che si trasmette, la perturbazione può avere una forma qualunque, non necessariamente un'onda sinusoidale.
- Tuttavia, quando si parla di onde, si utilizza come forma base una funzione sinusoidale; questo perché esiste un teorema (Fourier) che dice che qualunque "forma", per un'onda, può essere scritta come una somma di seni e coseni (cioè di funzioni trigonometriche). Quindi la descrizione del comportamento delle onde può essere fatta rigorosamente considerando solo onde sinusoidali.

Parametri di un'onda ¹:

L'onda più generale possibile, che viaggia nel tempo t e nella direzione x si può scrivere come:

$$A(x, t) = A_0 \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda} x + \varphi\right)$$

$A(x, t)$ è la grandezza fisica che rappresenta l'onda; nel caso di un'onda del mare rappresenta lo spostamento di un punto della superficie del mare, nel caso del suono che viaggia nell'aria rappresenta lo spostamento delle molecole dell'aria, nel caso della luce l'ampiezza del campo Elettrico e Magnetico...

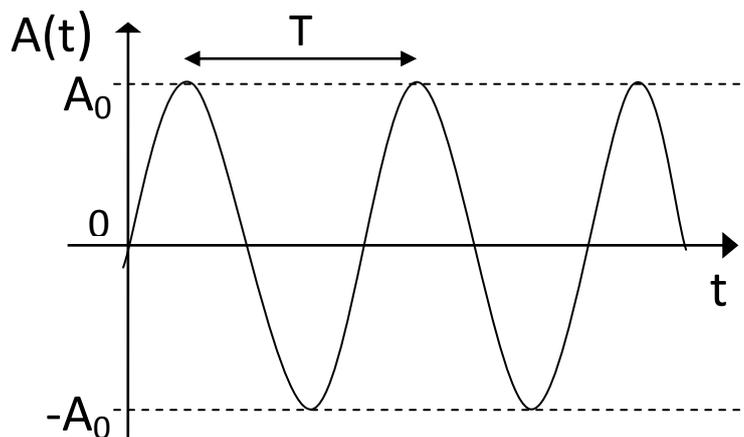
I parametri caratteristici di un'onda sono:

- A_0 Ampiezza dell'onda. E' l'ampiezza massima dell'onda, cioè di quanto vibra, o quanto vale al massimo della sua escursione, la grandezza che sta oscillando. Dato che il cos (...) può andare da un minimo di -1 ad un massimo di 1, l'ampiezza totale dell'onda $A(x, t)$ varierà da $-A_0$ a A_0 .
- T Il periodo dell'onda. Disegnando l'andamento dell'onda per una x costante (vuol dire che l'osservatore si mette in punto fisso e misura l'onda in funzione del tempo), avremo la forma, nel caso $x=0$ (vedi figura):

$$A(t) = A_0 \cos(\omega t + \varphi) = A_0 \cos\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi\right)$$

Dove T è la periodicità dell'onda in funzione del tempo, cioè quanto tempo ci mette a tornare nello stesso stato. Il periodo T è legato alla pulsazione dell'onda ω ed alla frequenza dell'onda ν , dalle relazioni:

$$T = \frac{2\pi}{\omega}, \quad T = \frac{1}{\nu}, \quad \omega = 2\pi\nu$$

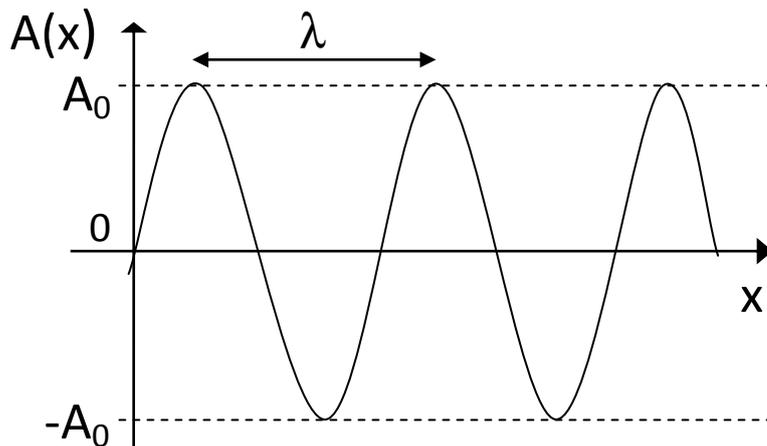


¹ Questi termini vanno imparati e capiti bene, altrimenti non si può sperare di capire qualunque fenomeno che riguardi le onde, e in particolar modo la meccanica quantistica.

- λ La lunghezza d'onda. Disegnando l'andamento dell'onda in funzione della posizione x , per una t costante (vuol dire "fotografare" la funzione ad un istante qualunque fissato), ho la forma, nel caso $t=0$:

$$A(x) = A_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi\right)$$

Dove λ , la lunghezza d'onda, è la periodicità dell'onda in funzione della posizione. Vedi figura.



- $\lambda, \nu; v$: La lunghezza d'onda λ , la frequenza ν , e la velocità v con cui si propaga l'onda sono legate dalla seguente relazione

$$v = \lambda \cdot \nu$$

Il valore della velocità con cui si trasmette l'onda dipende dalle caratteristiche del mezzo in cui si trasmette l'onda e dalle caratteristiche dell'onda di partenza.

Ricordarsi che, mentre nel caso della luce nel vuoto, la velocità è una costante universale c , irraggiungibile da qualunque altro segnale, nei mezzi materiali la luce si muove a velocità inferiori a c , in generale:

$v(\text{luce}) = \frac{c}{n(\nu)} \leq c$, $n(\nu)$ è l'indice di rifrazione del materiale, che in genere dipende dalla lunghezza d'onda della luce (sole al tramonto, arcobaleno, scomposizione della luce solare nei vari colori...)

- φ La fase d'onda. Se scriviamo la forma d'onda al tempo $t=0$, e per la posizione $x=0$ abbiamo:

$A(0,0) = A_0 \cos(\varphi)$, il valore della fase è un'indicazione che legata all'ampiezza dell'onda all'istante iniziale e nel punto iniziale ($x=0$ e $t=0$ non corrispondono necessariamente a **dove** è stata emessa ed a **quando** è stata emessa, le origini degli assi sono convenzionali).

Alcuni valori particolari si hanno per:

$\varphi=0$	$\rightarrow \cos \varphi=1$	$\rightarrow A(0,0) = A_0$
$\varphi=\pm 90^\circ$	$\rightarrow \cos \varphi=0$	$\rightarrow A(0,0) = 0$
$\varphi=180^\circ$	$\rightarrow \cos \varphi=-1$	$\rightarrow A(0,0) = -A_0$

Per maggiori dettagli vedi: [http://it.wikipedia.org/wiki/Onda_\(fisica\)](http://it.wikipedia.org/wiki/Onda_(fisica))

Fra tutte le modalità con cui si può descrivere un'onda, o che si incontrano nella realtà fisica, ve ne sono alcune di fondamentale importanza nella descrizione di molti fenomeni:

L'onda stazionaria, l'onda piana e l'onda trasversale.

L'onda stazionaria è un'onda che non "trasporta" una perturbazione, essendo **limitata nello spazio**.

Ad esempio l'onda con cui oscilla la corda di un pianoforte o di una chitarra. In questo caso l'oggetto che oscilla (per esempio la corda) ha gli estremi fermi, ed alcune sue parti che oscillano. L'onda stazionaria può esistere solo per alcune determinate lunghezze d'onda caratteristiche del mezzo, del tipo di oggetto...ecc.

Quindi l'onda stazionaria è **quantizzata**. Una corda di una certa lunghezza e con una certa tensione, una volta colpita, emetterà suoni solo alla sua frequenza fondamentale ν_0 (per esempio un "la") e/o alle frequenze $2\nu_0$, $3\nu_0$, $4\nu_0$...

Per dettagli e per "vedere" come oscilla un'onda stazionaria vedi: http://it.wikipedia.org/wiki/Onda_stazionaria

L'onda piana è un'onda che si propaga, virtualmente infinita, ed i cui fronti d'onda sono infiniti piani paralleli di ampiezza costante normali al vettore d'onda. Vedi: http://it.wikipedia.org/wiki/Onda_piana

L'onda trasversale è un'onda in cui le particelle del mezzo in cui si propaga l'onda, oscillano perpendicolarmente alla direzione di propagazione. Vedi: http://it.wikipedia.org/wiki/Onda_trasversale

Importante: sono trasversali le onde di un corda di chitarra/pianoforte che vibra, ed anche le onde elettromagnetiche (la luce). In questo caso la grandezza che oscilla è il campo Elettrico (e/o Magnetico).

Fenomeni che avvengono con le onde:

Diffrazione:

Il fenomeno per cui un'onda, che incontra un ostacolo, genera una serie di onde che possono essere descritte come se l'ostacolo fosse una sorgente di onde sferiche. Il fenomeno avviene essenzialmente (cioè gli effetti sono macroscopici) quando l'ostacolo ha dimensioni dell'ordine di grandezza o minori della lunghezza d'onda dell'onda che incide sull'ostacolo. Questa è anche la scala con cui l'onda "interagisce" con l'ostacolo.

Per esempio gli effetti si vedranno in questi casi:

Suono udibile: $\lambda \sim 10\text{m}-2\text{cm}$ Il suono "gira" intorno alle porte, alle case... gli strumenti musicali hanno queste dimensioni tipiche.

Luce visibile: $\lambda \sim 0,4-0,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ Per vedere gli effetti della diffrazione della luce servono ostacoli "piccoli" (cd).

Onde radio LF/MF, basse/medie frequenze $\lambda \sim 10\text{km}-100 \text{ m}$ il segnale radio AM oltrepassa case, montagne...

Onde radio VHF/UHF: $\lambda \sim 10\text{m} - 10 \text{ cm}$ Il segnale radio FM-TV- cellulari, l'antenna deve essere lunga da qualche metro (TV) a pochi centimetri (cellulare). Il segnale viene fermato da una casa, una montagna...

Vedi <http://it.wikipedia.org/wiki/Diffrazione>

Interferenza:

La somma di due onde che hanno la stessa frequenza. Il risultato dipende solo dalla fase relativa.

Quello che si ha è che, partendo da due onde con identica pulsazione ω e, per semplicità, con la stessa ampiezza A_0 , se ne faccio la somma, ovviamente nello stesso istante t , ho:

partendo dalle due onde : $A_1(x,t)=A_0 \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda} x_1 + \varphi_1\right)$; $A_2(x,t)=A_0 \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda} x_2 + \varphi_2\right)$

e sommandole: $A_{TOT} = A_1(x,t) + A_2(x,t) = 2A_0 + 2A_0 \cos\left(\Delta\varphi + \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x\right)$

Quindi, se, per esempio, le onde hanno percorso la stessa distanza, quindi se $\Delta x=0$, ho:

$$A_{TOT} = 0 \text{ se } \Delta\varphi = 180^\circ, \text{ mentre } A_{TOT} = 4A_0 \text{ se } \Delta\varphi = 0^\circ.$$

Quello che succede è che l'energia si "ridistribuisce" nello spazio, in alcuni punti ho più energia di prima (interferenza costruttiva: $A_{TOT} = 4A_0$), in altri punti non ho nessun'onda (interferenza distruttiva, $A_{TOT} = 0$).

Vedi [http://it.wikipedia.org/wiki/Interferenza_\(fisica\)](http://it.wikipedia.org/wiki/Interferenza_(fisica))