

Le Onde

www.fisicaxscuola.altervista.org

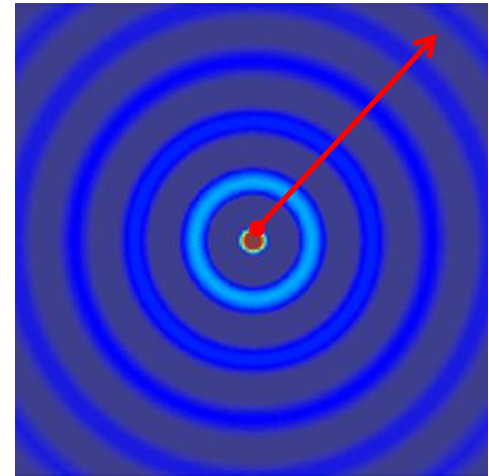
Le Onde

- Definizioni
- Fronte d'Onda
- Propagazione
- Onde Impulsive e Periodiche
- Grandezze Caratteristiche:
 - Ampiezza - Lunghezza d'onda - Periodo - Frequenza - Velocità di propagazione - Pulsazione - Ventri e Nodi
- Propagazione delle Onde in un mezzo:
 - Attenuazione - Riflessione - Rifrazione – Diffrazione – Interferenza
- Onde Stazionarie
- Onde Sonore ed Elettromagnetiche

Definizioni

Un'onda è una perturbazione che si **propaga trasportando energia**, ma non **materia**.

Un'onda è generata da una **sorgente** e si propaga lungo la **direzione di propagazione**.



Come vedremo le onde possono propagarsi

- **in un mezzo**, come nel caso delle onde **meccaniche** (ad es. onde sonore, elastiche, sismiche...)
- **nel vuoto**, come nel caso delle onde **elettromagnetiche** (ad es. luce, calore, radio ...)

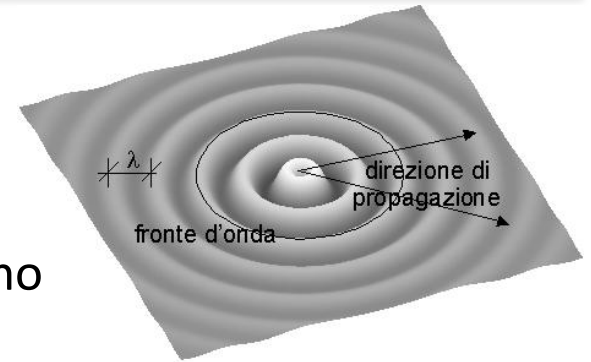
Fronte d'Onda

Il **fronte d'onda** è l'insieme dei punti che vibrano concordemente.

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.)

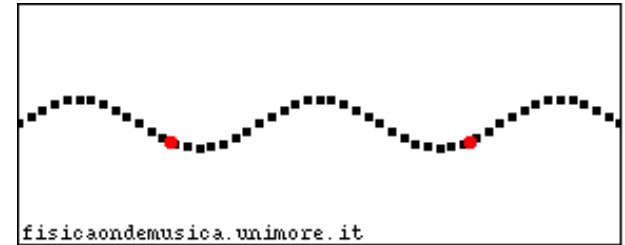
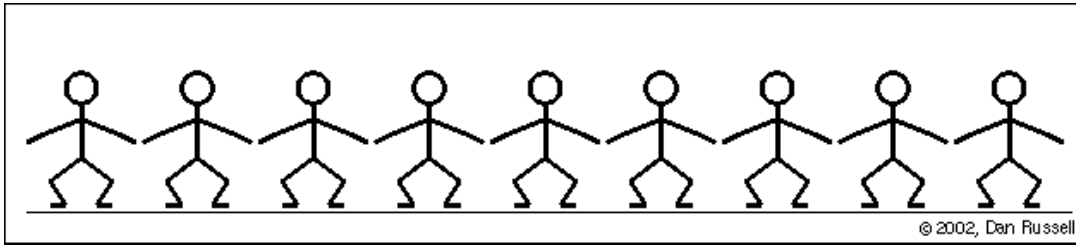
N.B.: A grande distanza dalla sorgente, una porzione di fronte d'onda sferico può essere considerato come un fronte d'onda piano.



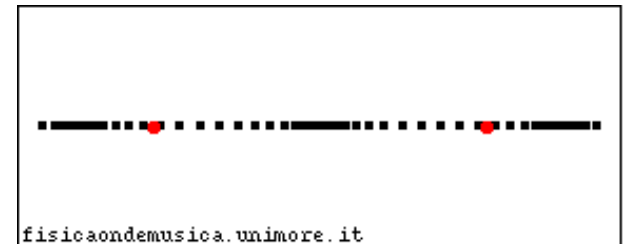
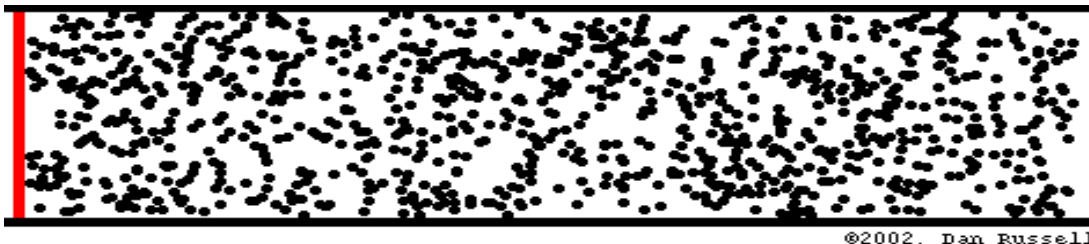
Propagazione

La propagazione può avvenire in 2 modi:

- **trasversale**: quando gli elementi del mezzo materiale oscillano **perpendicolarmente** al moto dell'onda (ad es. la radiazione elettromagnetica)



- **longitudinale** quando gli elementi del mezzo materiale oscillano **parallelamente** al moto dell'onda (ad es. il suono)



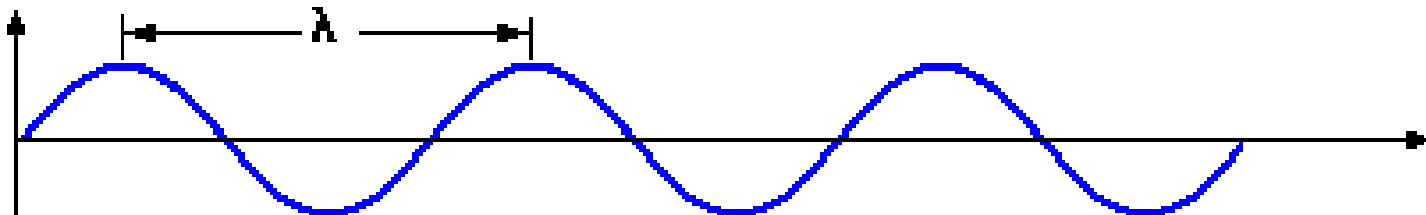
Esistono anche onde che si propagano in modo longitudinale e trasversale (come ad es. le onde marine, le onde sismiche).

Onde Impulsive e Periodiche

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



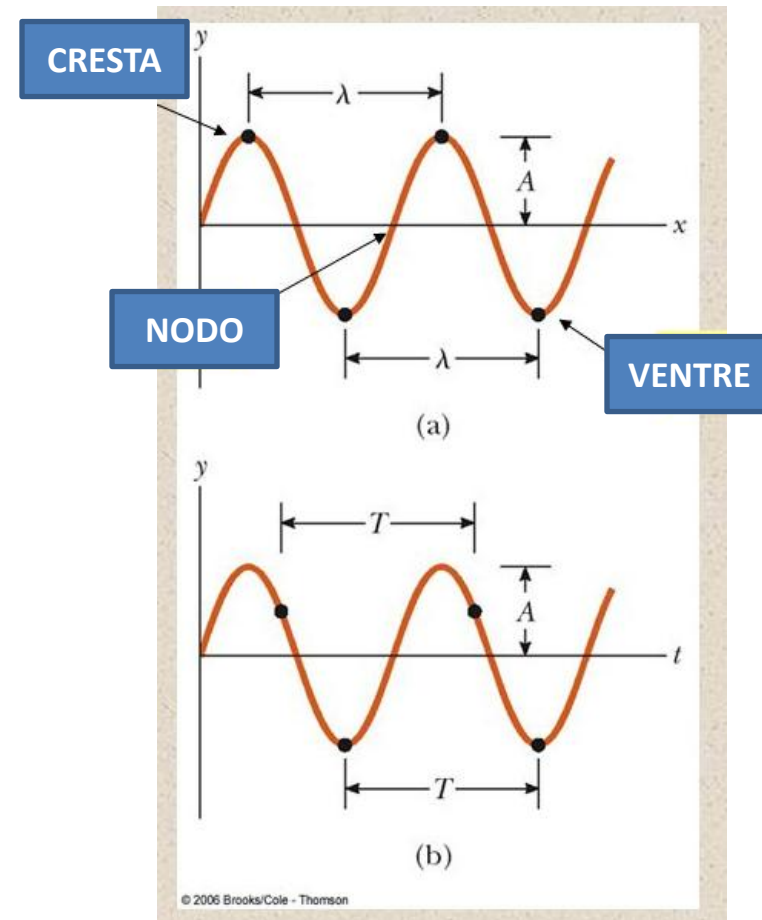
Un'onda si dice **periodica** quando ogni elemento del mezzo materiale **ripete lo stesso movimento** ad intervalli di tempo regolari.



Grandezze Caratteristiche

Le onde, in particolare quelle periodiche, sono caratterizzate da alcune grandezze:

1. Ampiezza (**A**)
2. Lunghezza d'onda (**λ**)
3. Periodo (**T**)
4. Frequenza (**f** oppure **ν**)
5. Velocità di propagazione (**v**)
6. Pulsazione (**ω**)
7. Creste, Ventri e Nodi



In un'onda periodica ogni elemento si ripete a intervalli di tempo regolari

Grandezze Caratteristiche

L'**ampiezza A** dell'onda periodica è la differenza tra il valore massimo della grandezza che oscilla e il valore di equilibrio.

L'unità di misura dipende dalla grandezza che oscilla (ad es. la pressione per le onde sonore).

La **lunghezza d'onda λ** (lambda) è la minima distanza dopo la quale un'onda periodica torna a riprodursi identica a se stessa (Distanza tra due massimi o due minimi). Si misura in metri (m) **Dipende dal mezzo in cui l'onda si propaga.**

Il **periodo T** dell'onda periodica è l'intervallo di tempo che un punto del mezzo materiale impiega per compiere una oscillazione completa.

Si misura in secondi (s)

La **frequenza f (oppure ν)** è il numero di oscillazioni complete che l'onda descrive nell'unità di tempo, cioè in 1 s. La frequenza è l'inverso del periodo.

Si misura s^{-1} che prende il nome di hertz (Hz)

Grandezze Caratteristiche

La **velocità di propagazione v** è il rapporto tra la lunghezza d'onda e il periodo. Si misura in metri al secondo (m/s).

Dipende dal mezzo in cui l'onda si propaga.

La **pulsazione ω** dell'onda periodica è la **velocità angolare**, cioè l'angolo (in radianti) che descrive l'onda nell'unità di tempo.

L'unità di misura è radianti al secondo (rad/s).

Dipende dal mezzo in cui l'onda si propaga.

Creste e Ventri (gole) di un'onda sono rispettivamente i punti di massima e di minima ampiezza.

I **Nodi** sono, invece, sono i punti in cui l'ampiezza si annulla.

Queste grandezze sono tipiche delle **onde stazionarie**.

Grandezze Caratteristiche

Formule

Le varie grandezze sono tra loro correlate tramite relazioni matematiche:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \quad T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f$$

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f = \lambda \cdot \frac{\omega}{2\pi}$$

$$\lambda = v \cdot T = \frac{v}{f} = v \cdot \frac{2\pi}{\omega}$$

La velocità di propagazione dipende dal mezzo, quindi, una volta fissato il mezzo, possiamo considerare v costante, pertanto il **prodotto $\lambda \cdot f$** è **costante** cioè **lunghezza d'onda (λ)** e **frequenza (f)** sono tra loro **inversamente proporzionali**.

Propagazione in un mezzo

1/6

Quando un'onda si propaga in un mezzo possono verificarsi i seguenti effetti:

- Attenuazione
- Riflessione
- Rifrazione
- Diffrazione
- Interferenza

Attenuazione: riduzione di ampiezza in funzione della distanza percorsa nel mezzo, dovuta in genere alla **cessione di energia dell'onda al mezzo di propagazione** (fenomeni dissipativi) e/o alla **diminuzione della potenza associata al fronte d'onda** a causa dell'aumento spaziale dello stesso (spreading).

Propagazione in un mezzo

2/6

Quando un'onda incontra una superficie di separazione tra due mezzi con diverse velocità di propagazione può essere in parte riflessa (**riflessione**) ed in parte trasmessa (**rifrazione**).

In generale parliamo di:

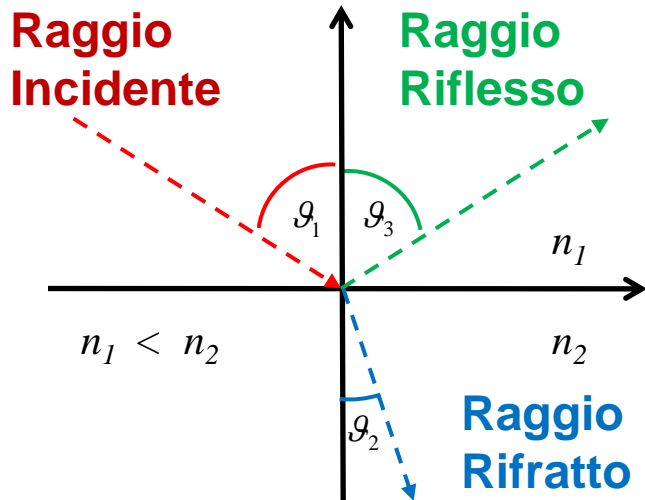
Riflessione: avviene quando un'onda incontra un ostacolo che non può attraversare e viene rinviata indietro verso la sorgente.

Rifrazione: avviene quando un'onda passa da un mezzo materiale a un altro, con densità diversa, per cui la sua velocità e la sua direzione di propagazione subiscono delle variazioni.

Introducendo il concetto di “raggio” possiamo descrivere le relazioni tra raggio incidente, riflesso e rifratto tramite le leggi di Cartesio-Snell.

Propagazione in un mezzo

3/6



1ª Legge di Cartesio - Snell

I raggi: incidente, riflesso e rifratto e la normale sono complanari

2ª Legge di Cartesio - Snell (Riflessione)

$$\vartheta_1 = \vartheta_3$$

3ª Legge di Cartesio - Snell (Rifrazione)

$$n_1 \sin \vartheta_1 = n_2 \sin \vartheta_2 \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \vartheta_2}{\sin \vartheta_1}$$

Dove n_1 , n_2 sono gli **indici di rifrazione** e dipendono dalle caratteristiche dei mezzi e dalla tipologia di onda.

Nel caso della luce l'indice di rifrazione è dato da:

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\text{velocità della luce nel vuoto}}{\text{velocità della luce nel mezzo}}$$

Dalla 3ª legge si deduce che il raggio rifratto si avvicina alla normale se il secondo mezzo è più rifrangente del primo e viceversa:

$$n_1 < n_2 \quad \longrightarrow \quad \vartheta_1 > \vartheta_2$$

Propagazione in un mezzo

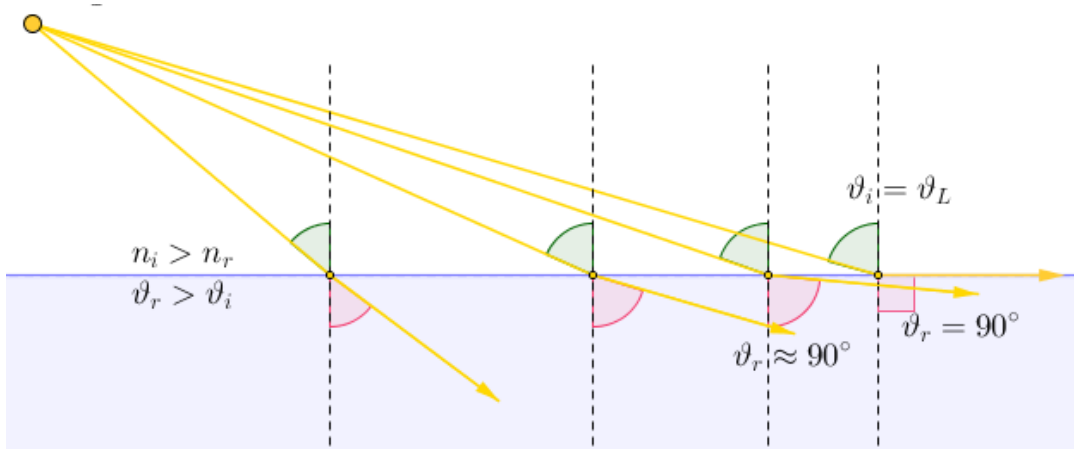
4/6

Questo fenomeno può essere sfruttato per “intrappolare” raggi luminosi.

Se la sorgente si trova in un mezzo con indice di rifrazione più alto (quindi il raggio si propaga verso un mezzo con indice più basso), il raggio rifratto formerà un angolo maggiore dell'angolo incidente.

Aumentando l'angolo incidente i raggi rifratti si fanno sempre più vicini all'orizzontale fino ad arrivare ad un angolo rifratto pari a 90° : **il raggio rifratto sarà parallelo alla superficie di separazione, e oltre questo limite non è più in grado di propagarsi nel secondo mezzo.**

L'angolo di incidenza per il quale l'angolo di rifrazione è un angolo retto si chiama **angolo limite**.



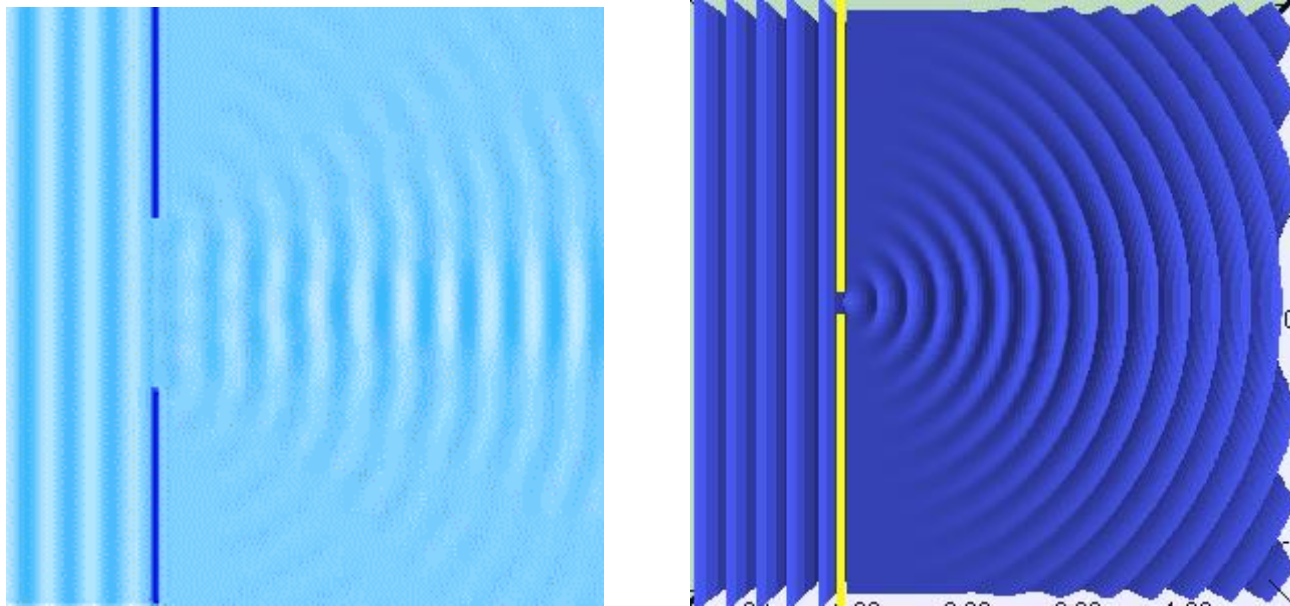
Per angoli di incidenza maggiori di avremo il fenomeno della **riflessione totale**, cioè ci sarà il raggio riflesso, ma non quello rifratto.

Propagazione in un mezzo

5/6

Diffrazione: avviene quando un'onda incontra un ostacolo di piccole dimensioni o, analogamente, una fenditura di piccole dimensioni su una barriera.

Se l'ostacolo o la fenditura hanno dimensioni paragonabili alla lunghezza d'onda dell'onda incidente, l'onda aggira l'ostacolo e si propaga anche nella parte di ostacolo che dovrebbe essere in ombra.



Un esempio sono le onde del mare che aggirano una boa o un frangiflutti: le onde invadono anche lo spazio retrostante gli ostacoli stessi.

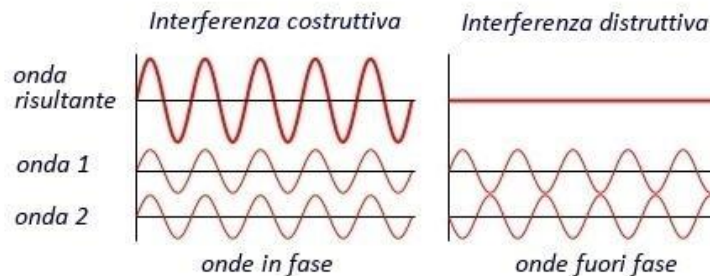
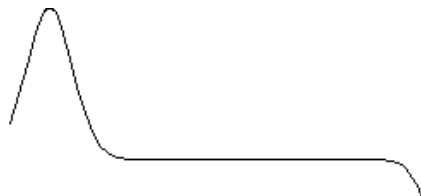
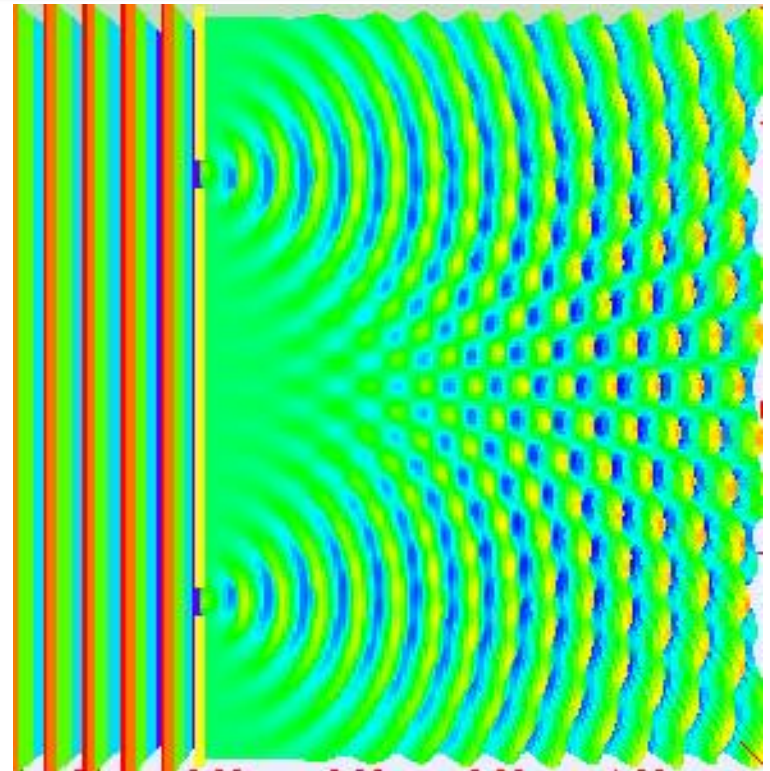
Propagazione in un mezzo

Interferenza: si verifica quando due onde si incontrano sul loro cammino e si combinano fra loro.

Può essere:

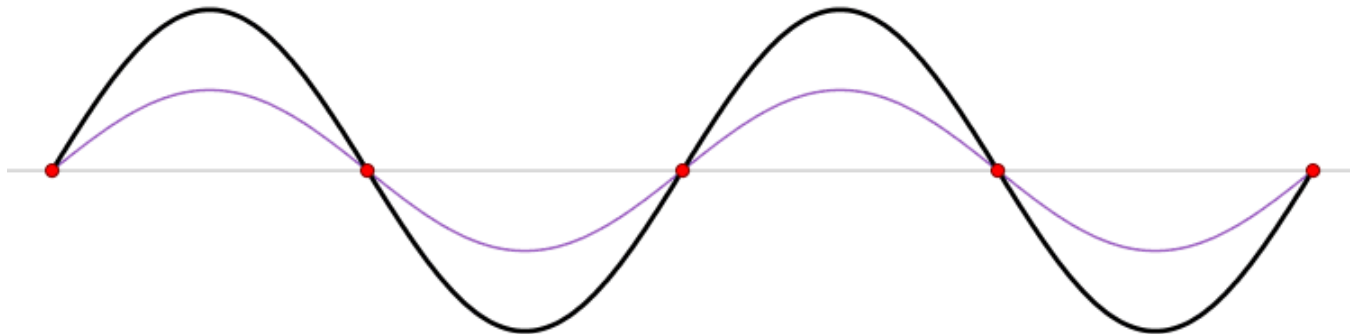
costruttiva: quando le due onde si sommano a dare un'onda di ampiezza maggiore;

distruttiva: quando due onde producono un'onda di ampiezza inferiore.



Onde Stazionarie

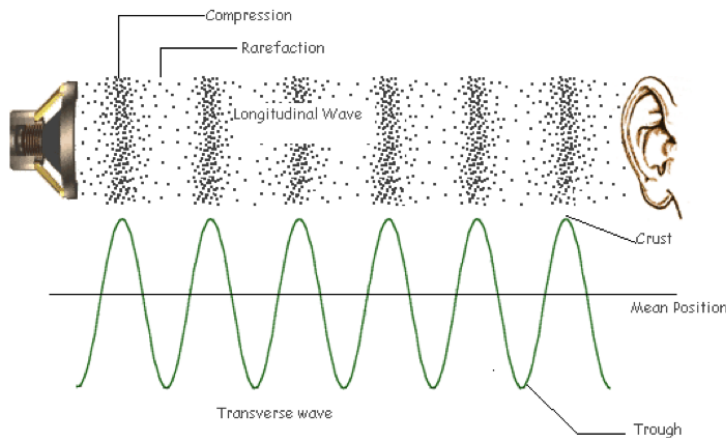
Un'**onda stazionaria** è una perturbazione periodica di un mezzo materiale, le cui oscillazioni sono limitate nello spazio: in pratica non c'è propagazione lungo una certa direzione nello spazio, ma solo un'oscillazione nel tempo.



Un'onda stazionaria può essere ottenuta sommando le due onde viaggianti. Ad esempio una corda fatta vibrare bloccando le due estremità. Sono tipiche delle onde sonore (musica).

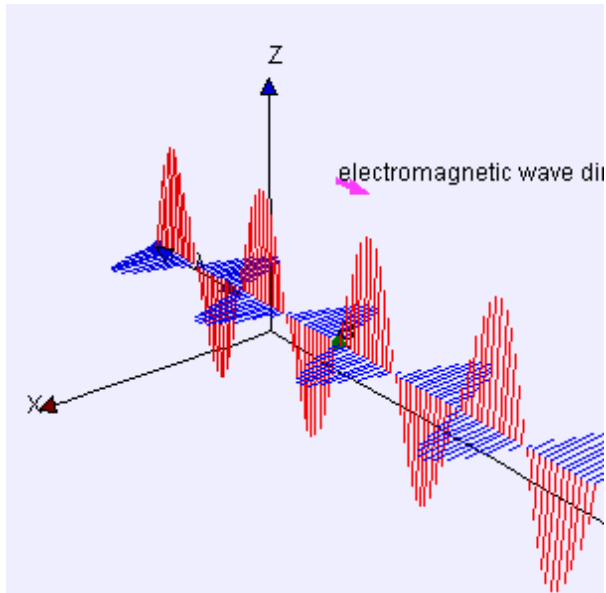
I luoghi dello spazio in cui non si ha oscillazione si dicono **nodi**, quelli in cui si ha sempre la massima oscillazione **ventri**.

Onde Sonore ed Elettromagnetiche



Le **Onde Sonore** sono onde meccaniche e richiedono un mezzo trasmissivo (non si propagano nel vuoto).

Sono onde con propagazione **longitudinale**, caratterizzate da **compressione** e **rarefazione** del mezzo.



Le **Onde Elettromagnetiche** non richiedono un mezzo trasmissivo (si propagano anche nel vuoto).

Sono onde con propagazione **trasversale**, date da una combinazione di **campi elettrici** e **campi magnetici** variabili.

Sitografia

- Definizioni sulle onde
<http://www.galois.it/drupal/materiali/scuole/ipcl/vd/onde>
- Fisica Onde e Musica
<http://fisicaondemusica.unimore.it/>
- Wikipedia
<https://it.wikipedia.org/wiki/Onda>
- Audio Digitale
<http://www.dmi.unict.it/~fstanco/Multimedia/FS%20Lez%20A1%20-%20Audio%20Digitale%20-%20Cenni%20sulle%20onde.pdf>
- Corso di Fisica
<http://slideplayer.it/slide/3006580/>
- Fisica 3L
<http://fisi2lmariotti.blogspot.it/2014/03/la-grande-onda-katsushika-hokusai-di.html>
- Oilproject
<http://www.oilproject.org/lezione/ottica-geometrica-fisica-indice-di-rifrazione-legge-di-snell-brachistocrona-principio-di-fermat-17360.html>
- Sapere.it
<http://www.sapere.it/sapere/strumenti/studiafacile/fisica/Le-onde/I-fenomeni-ondulatori/Comportamento-delle-onde.html>

Crediti Immagini

- <https://ocw.mit.edu/courses/mathematics/18-152-introduction-to-partial-differential-equations-fall-2011/#>
- <https://quanticamentescorretto.files.wordpress.com/2013/08/image126.gif>
- <http://www-3.unipv.it/grando/ondeweb/images/onde%20trasversali/wave0.gif>
- <http://fisicaondemusica.unimore.it/Catenatrasv.gif>
- http://fisicaondemusica.unimore.it/120px_Ondalong.gif
- <http://fisicaondemusica.unimore.it/Catenalong.gif>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Crystal_momentum#/media/File:Wave_packet_\(dispersion\).gif](https://en.wikipedia.org/wiki/Crystal_momentum#/media/File:Wave_packet_(dispersion).gif)
- <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wanderwelle-Animation.gif>
- <http://slideplayer.it/slide/3006580/>
- <http://www.oilproject.org/lezione/ottica-geometrica-fisica-indice-di-rifrazione-legge-di-snell-brachistocrona-principio-di-fermat-17360.html>
- <http://fisi2lmariotti.blogspot.it/2014/03/la-grande-onda-katsushika-hokusai-di.html>
- <http://2.bp.blogspot.com/-lrZqyoNBq4Q/UyX03dKi7QI/AAAAAAAAABq/mq8YQHrdTyY/s1600/slightdiffraction.gif>
- <http://1.bp.blogspot.com/-S4JKwONkssU/UyX00kT5pnI/AAAAAAAAABY/NmB8meKb2ho/s1600/Wavelength=slitwidthblue3D.gif>
- http://4.bp.blogspot.com/-qiYEg4FP_eE/UyX4o9V0qcl/AAAAAAAAABs/lamN8b-KAcw/s1600/qPriR.gif
- http://fisicaondemusica.unimore.it/Impulsi_controfase.gif
- http://fisicaondemusica.unimore.it/Impulsi_in_fase.gif
- <https://arcobaleno.wikispaces.com/Diffrazione+ed+interferenza>
- https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Standing_wave_2.gif
- <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagneticwave3D.gif>
- <https://www.google.it/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjltZLW6r7XAhUDCewKHR8yAAQjhwIBQ&url=https%3A%2F%2Fphysics818.wordpress.com%2F2015%2F03%2F26%2Fwaves%2F&psig=AOvVaw1-WrqsV1tDLBntwYnAzG17&ust=1510775187298532>