

Le onde

Roberto Brenna

5 giugno 2026

Indice

1	INTRODUZIONE	2
1.1	COSA SONO LE ONDE	2
1.2	STORIA	2
2	COME SI CLASSIFICANO LE ONDE	2
2.1	MECCANICHE ED ELETTROMAGNETICHE	2
2.2	TRASVERSALI E LONGITUDINALI	3
3	EQUAZIONE DI D’ALEMBERT	3
4	FENOMENI ONDULATORI	4
4.1	RIFLESSIONE E RIFRAZIONE	4
4.2	INTERFERENZA	4
5	APPLICAZIONI TECNOLOGICHE	4
6	CONCLUSIONE	5

1 INTRODUZIONE

1.1 COSA SONO LE ONDE

Le onde rappresentano uno dei processi fondamentali attraverso cui la natura trasferisce l'energia da un punto all'altro nello spazio, grazie a un moto ondulatorio. Questa oscillazione può avvenire in diversi luoghi (su una corda, nell'aria, e nel vuoto). Le onde si muovono seguendo precise leggi matematiche e sono fondamentali per capire la fisica classica, ma anche quella quantistica.

1.2 STORIA

I fenomeni ondulatori hanno sempre accompagnato l'uomo anche osservando semplici eventi naturali come la superficie dell'acqua, ma capire questi eventi in modo rigoroso ha richiesto secoli di studio. Newton, per esempio, immaginava la luce come un flusso di particelle. La vera svolta, però, è avvenuta nel XIX secolo con Maxwell che dimostrò matematicamente che la luce era un'onda elettromagnetica che si propaga nello spazio. Questa scoperta segnò un punto di svolta, perché da questo momento lo studio delle onde sono diventate una priorità scientifica della fisica moderna.

2 COME SI CLASSIFICANO LE ONDE

Per capire meglio le onde dobbiamo suddividerle secondo il loro movimento e la loro propagazione:

2.1 MECCANICHE ED ELETTROMAGNETICHE

Le **onde meccaniche** per propagarsi necessitano di un materiale elastico (solido, liquido o gassoso). Questa elasticità viene trasmessa anche alle particelle vicine. Un esempio perfetto sono le onde sonore che possono viaggiare nell'aria, nell'acqua e nel metallo, ma non nel vuoto.

Le **onde elettromagnetiche**, a differenza delle precedenti, possono propagarsi anche nel vuoto alla velocità della luce ($c \approx 300000 \frac{km}{s}$). Il loro movimento, però, è legato all'oscillazione di un campo elettrico e magnetico, per esempio i raggi X e le onde radio.

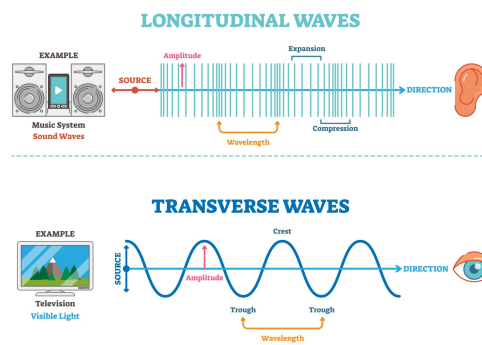


Figura 1: DIFFERENZA TRA ONDE TRASVERSALI E LONGITUDINALI

2.2 TRASVERSALI E LONGITUDINALI

Un'onda si definisce **trasversale** quando le particelle oscillano perpendicolarmente rispetto all'avanzamento della stessa.

Un'onda è **longitudinale** quando l'oscillazione avviene nella stessa direzione rispetto all'avanzamento dell'onda e questo fenomeno presenta zone di compressione e zone di rarefazione.

Guarda l'immagine 1 nella pagina 3.

ONDA	MEZZO	DIREZIONE	ESEMPIO
Sonora	Materiale elastico	Longitudinale	Voce, Ultrasuoni
Sismica	Materiale elastico	Longitudinale	Onde sismiche
Luminosa	Materiale elastico + Vuoto	Trasversale	Luce, Luce UV
Radio	Materiale elastico + Vuoto	Trasversale	Wi-Fi, Radio

3 EQUAZIONE DI D'ALEMBERT

L'**equazione di D'Alembert** riesce a prevedere come un'onda si muove nello spazio e nel tempo. Senza questa equazione non potremmo calcolare come viaggia la luce nello spazio o come il suono si propaga in una stanza.

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$$

ψ = funzione dell'onda, rappresenta la grandezza d'onda che sta oscillando.

x = coordinata spaziale, ci dice dove stiamo guardando.

t = tempo, ci dice quando stiamo misurando l'oscillazione.

v = velocità di propagazione, è una costante e ogni materiale ha la sua.

∂ = derivata parziale, significa che stiamo calcolando come varia una grandezza cambiandone solo una e lasciando tutte le altre invariate.

4 FENOMENI ONDULATORI

Quando la luce si disperde nello spazio e si muove attraverso il mezzo manifesta alcuni comportamenti caratteristici.

4.1 RIFLESSIONE E RIFRAZIONE

Questi fenomeni avvengono quando la luce passa da un mezzo ad un altro (per esempio la luce che passa dall'aria all'acqua). Si ha la **riflessione** quando l'onda, incontrando il nuovo mezzo crea un angolo di incidenza (θ_1), che ha la stessa dimensione dell'angolo di riflessione (θ_2). La **rifrazione** si ottiene quando l'onda penetra nel secondo mezzo, ma cambia traiettoria, perché ha proprietà diverse rispetto al primo.

Questo fenomeno è regolato dalla legge di Snell:

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$$

n_1 e n_2 = rappresentano gli indici di rifrazione dei due mezzi.

θ_1 = rappresenta l'angolo di incidenza.

θ_2 = rappresenta l'angolo di rifrazione.

4.2 INTERFERENZA

Quando due o più onde dello stesso tipo si sovrappongono, si possono creare due tipi di interferenze:

- **Costruttiva** quando le creste coincidono e creano un'onda con intensità maggiore.
- **Distruttiva** quando la cresta coincide con il ventre dell'altra e si annullano completamente.

Guarda immagine 2 a pagina 5.

5 APPLICAZIONI TECNOLOGICHE

Aver studiato e compreso le onde ha sviluppato tecnologie che influenzano significativamente la nostra vita quotidiana. Le onde radio e le microonde sono alla base delle comunicazioni wireless come Bluetooth e infrastrutture 5G. Anche nell'ambito medico le onde hanno un ruolo fondamentale; un esempio sono gli ecografi che utilizzano sonde a frequenze altissime per penetrare nei tessuti umani.

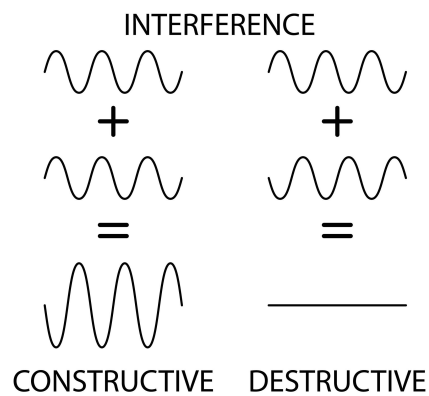


Figura 2: INTERFERENZA COSTRUTTIVA E DISTRUTTIVA

6 CONCLUSIONE

Dalle formule fondamentali fino alle applicazioni pratiche nelle telecomunicazioni e nella medicina abbiamo visto come le onde guidino la tecnologia di oggi. Dall'essere un argomento del passato lo studio dei fenomeni ondulatori continua a essere la chiave per le scoperte del futuro.