

# IL PRINCIPIO DI HUYGENS



Finora abbiamo studiato le proprietà geometriche fondamentali di un'onda ed i fenomeni che esse producono: adesso è giunto l'ora di affrontare il problema di conoscere come queste onde si generano e si propagano nello spazio.

I primi studi sulle onde nacquero alla fine del **1600**: paradossalmente, essi non furono sviluppati per l'analisi dei fenomeni ondulatori ma... per lo studio della luce! Infatti, in quel periodo si dibatteva sul fatto se la luce fosse composta da minuscole particelle che si propagavano in linea retta (**modello corpuscolare**) o se invece fosse un qualche tipo di onda che eccitava il senso della vista, allo stesso modo in cui l'onda sonora eccita il senso dell'udito (**modello ondulatorio**). Newton, probabilmente lo scienziato più accreditato di quel periodo, nella sua famosa opera **Opticks** sostenne la teoria corpuscolare della luce; all'opposto, all'interno della Royal Society altri scienziati, a partire dallo "studioso delle molle" **Robert Hook**<sup>1</sup> -uno dei principali critici di Newton-, parteggiavano per la teoria ondulatoria.

Nel **1678** lo scienziato olandese **Christian Huygens**, un seguace della teoria ondulatoria, formulò una regola euristica che permetteva di interpretare la luce come un fenomeno ondulatorio, il cosiddetto **Principio di Huygens**. In aperto contrasto con la teoria corpuscolare della luce di Newton, Huygens derivò dal proprio principio un'interpretazione ondulatoria coerente di tutti i fenomeni concernenti la luce allora noti. Per usare le parole dello stesso Huygens:

"...Se oltre ciò, il passaggio della luce richiede tempo [cioè la luce si propaga con una certa velocità], [...] pertanto [la luce] si propagherà, come fa il suono, per superfici sferiche e per onde; poiché le chiamo onde per la loro somiglianza con quelle che vediamo formarsi nell'acqua allorché vi si getta un sasso e la cui propagazione si effettua in circoli successivi..."

"...ciascuna particella della materia in cui un'onda viaggia comunica il suo moto non solo alla particella vicina che è allineata con la sorgente luminosa, ma necessariamente anche alle altre con le quali è a contatto e che si oppongono al suo movimento. Cosicché intorno a ciascuna particella si origina un'onda di cui essa è il centro"



**Christian Huygens**

In sintesi il **Principio di Huygens** afferma che:

**tutti i punti di un fronte d'onda possono essere considerati sorgenti puntiformi di onde sferiche secondarie (wavelets) aventi la stessa frequenza dell'onda principale. I nuovi fronti d'onda saranno la superficie di involuppo di queste onde secondarie**

*Appunti ottenuti rielaborando il testo del sito*

*[http://fisicaondemusica.unimore.it/Principio\\_di\\_Huygens.html](http://fisicaondemusica.unimore.it/Principio_di_Huygens.html)*

---

<sup>1</sup> **Robert Hooke** non si limitò a studiare le molle! Fu uno dei principali studiosi delle proprietà della luce e perfezionò il microscopio ed il telescopio; fu il primo a pensare che il moto dei pianeti intorno al sole fosse dovuto ad una forza centripeta inversamente proporzionale al quadrato della distanza, anche se non dette una dimostrazione rigorosa di ciò. Progettò i primi orologi meccanici di precisione. Egli fu uno degli scienziati più influenti del suo periodo: divenne socio della Royal Society, di cui fu uno dei più influenti rappresentanti.

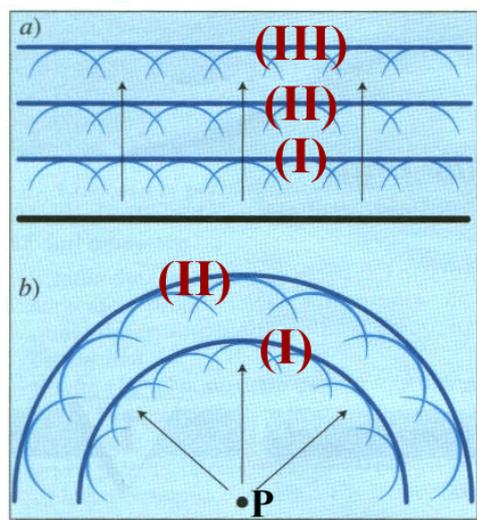
L'immagine di Figura1b chiarisce quanto detto: il singolo punto **P** del fronte d'onda emette onde circolari secondarie intorno a sé: queste onde generano un involuppo (**I**) che è il nuovo fronte d'onda. A sua volta, tutti i punti del nuovo fronte d'onda (**I**) generano altre onde secondarie che a loro volta producono un secondo involuppo (**II**)... e così via. Nota che i fronti d'onda che sono generati rimangono sempre circolari e concentrici intorno a P.

Il Principio di Huygens può essere dimostrato osservando il comportamento di un'onda prodotta da una goccia che cade in acqua, come suggerito da Huygens (Figura2).

Il Principio di Huygens è illustrato anche nell'Applet "Principio di Huygens" del sito "Fisica Facile".



**Figura 2: l'esempio-madre del Principio di Huygens: le onde prodotte da una goccia d'acqua sono circolari e concentriche al punto di origine.**



**Figura 1. In basso, b): un singolo punto di un fronte d'onda sferico prodotto da P produce intorno a sé onde secondarie sferiche il cui involuppo è un nuovo fronte d'onda concentrico all'originale..**

**In alto, a): l'involuppo di tutte le onde sferiche prodotte da un fronte d'onda lineare (fronte d'onda piano) è anch'esso un fronte d'onda piano**

## IL PRINCIPIO DI HUYGENS E LA PROPAGAZIONE DI UN'ONDA

Nato per interpretare i fenomeni luminosi, il **Principio di Huygens** fornisce in realtà un potente mezzo euristico per prevedere il comportamento di qualsiasi fenomeno ondulatorio. Vediamo adesso cosa prevede il Principio di Huygens riguardo alla propagazione di un'onda.

**Un fronte d'onda lineare (fronte piano) che si muove liberamente senza incontrare ostacoli continua a propagarsi parallelamente a sé.** L'esempio evidente è dato dalle onde del mare che si avvicinano alla spiaggia: esse sono lineari e continuano a produrre altre onde anch'esse lineari e parallele a quelle originali. Non ci credi? Vai al mare o, se non puoi andarci... guarda la Figura3!

Anche in questo caso, la spiegazione è data dal Principio di Huygens. Guarda la Figura1a: i singoli punti del fronte d'onda iniziale (in nero, in basso) emettono onde circolari secondarie intorno a sé: queste onde generano un involuppo (**I**) che è il nuovo fronte d'onda. A sua volta, tutti i punti del nuovo fronte d'onda (**I**) generano altre onde secondarie che a loro volta producono un secondo involuppo (**II**) i cui punti generano onde secondarie il cui involuppo è il fronte d'onda (**III**)... e così via. Nota che i fronti d'onda che sono generati rimangono sempre lineari e paralleli al fronte d'onda iniziale.



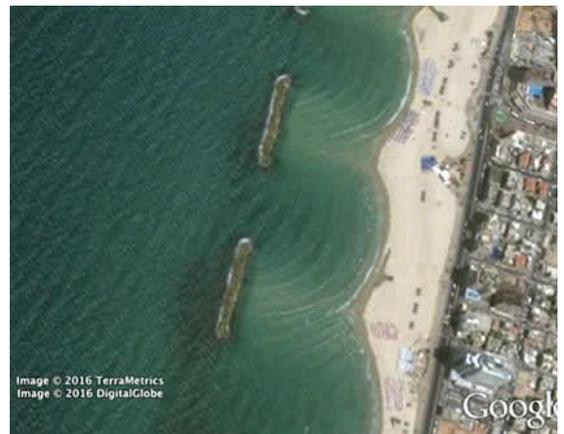
**Figura 3: Ogni onda marina è un fronte d'onda lineare che si avvicina alla spiaggia generando continuamente altre onde di forma lineare parallele a se stessa.**

Una descrizione animata di questo processo è presente nell'Applet "Principio di Huygens".

## PROPAGAZIONE ATTRAVERSO UN OSTACOLO: LA DIFFRAZIONE

E' molto raro che un'onda possa propagarsi liberamente senza incontrare nessun ostacolo. Pensa ad un'onda sonora ed immagina quanti ostacoli incontra! Monti, valli, alberi, case... è un continuo incrociarsi con oggetti che si trovano sul suo cammino! A questo punto avviene un fenomeno tanto strano quanto fondamentale: **quando il fronte d'onda incontra un ostacolo il fronte d'onda si piega, avvolgendolo.**

Non ci credi? Un esempio reale lo puoi vedere in Figura4: il fronte d'onda marino che attraversa le fenditure delle barriere prima di passare dalle barriere è lineare (a sinistra), dopo aver attraversato la barriera acquista una forma decisamente circolare con la quale avvolge la barriera (a destra). Il piegarsi del fronte d'onda di fronte ad un ostacolo si chiama **diffrazione**.



**Figura 4: le onde marine che attraversano le fenditure delle barriere si allargano avvolgendo le barriere medesime.**

la diffrazione è quel fenomeno per cui un ostacolo allarga intorno a sé il fronte d'onda che lo attraversa

Adesso vediamo qualche esempio di diffrazione che cercheremo di spiegare con il Principio di Huygens.

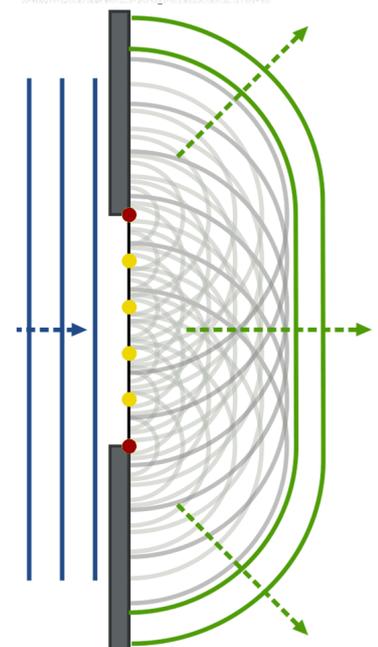
Un fronte d'onda lineare che passa attraverso una fenditura ne esce allargato intorno ad essa (diffrazione attraverso una fenditura). Un esempio di questo effetto è proprio quello che potete vedere in Figura4: il Principio di Huygens ne dà facilmente una spiegazione. Guarda la Figura5: l'onda incide sulla fenditura: per il Principio di Huygens tutti i punti di questa (i pallini gialli e rossi) diventano sorgenti di onde secondarie sferiche. Le onde secondarie generate dai punti centrali (punti gialli) si sovrappongono al centro formando un involuppo praticamente lineare. All'opposto, le onde circolari provenienti dagli estremi della fenditura sono libere di propagarsi ai lati: l'involuppo è perciò una linea curva, disegnata in verde, che si propaga ai bordi della fenditura.

Se invece la fenditura possiede un unico bordo, l'onda si propaga in modo curvilineo oltre di esso (Figura6). Un esempio reale di questo secondo effetto lo puoi vedere in Figura11.

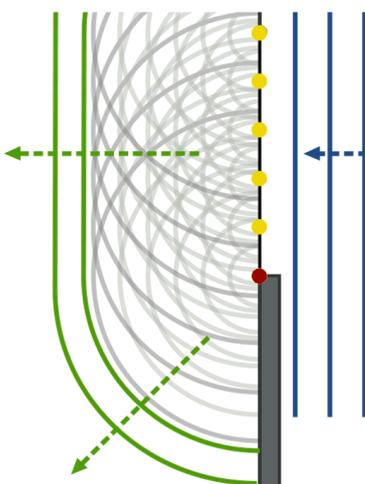
Una descrizione animata di questo processo è presente nell'Applet "Principio di Huygens".

**In classe abbiamo eseguito un semplice esperimento** che ha dimostrato che l'onda sonora si propaga anche dietro un muro: l'esperimento è stato eseguito dal Prof e da Billi. Cosa abbiamo fatto? Cosa è risultato? Cosa ha dimostrato?

Per il Principio di Huygens ogni punto della fenditura diventa una sorgente di onde sferiche

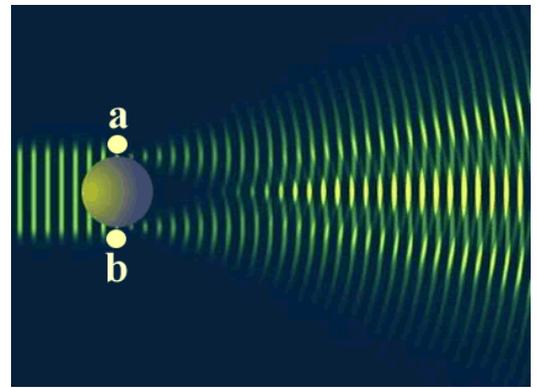


**Figura5: i fronti d'onda lineari a sinistra della fenditura (linee blu) si allargano intorno ad essa appena vi passano attraverso (involuppo verde)**



**Figura6: i fronti d'onda lineari a destra della fenditura (linee blu) si allargano intorno al suo bordo appena vi passano attraverso (involuppo verde).**

Un fronte d'onda lineare che incontra un ostacolo ne esce allargato intorno ad esso (Diffrazione per ostacolo). Del tutto specularmente al caso precedente, quando un fronte d'onda incontra un ostacolo le parti dell'onda a contatto dell'oggetto emettono fronti secondari che sono liberi di propagarsi avvolgendo l'ostacolo medesimo. Guarda la Figura7: i punti (a) e (b) sono a contatto con l'oggetto. Essi emettono onde secondarie che si propagano circolarmente, cosicché i fronti d'onda possono aggirare l'ostacolo ed avvolgerlo completamente.



**Figura 7:** il fronte d'onda lineare (a sinistra) incide sull'ostacolo. I punti del fronte d'onda a contatto con esso emettono onde secondarie circolari, in ottemperanza al Principio di Huygens. Tali onde avvolgono l'ostacolo.

## ALCUNI ESEMPI REALI DI DIFFRAZIONE



**Figura8:** l'acqua che passa attraverso una fenditura di una scogliera produce onde circolari



**Figura9:** Ecco un altro esempio di diffrazione di onde marine: stavolta l'acqua entra dentro un piccolo golfo. Le onde sferiche che vi penetrano hanno modellato la forma della spiaggia.



**Figura10:** la nave fa da ostacolo: le onde marine si avvolgono intorno ad essa.



**Figura11: le onde urtano una scogliera: quando la attraversano si piegano per avvolgerne il bordo.**



**Figura12: le onde che escono da un canale sono allargate per diffrazione.**

Ed ecco a voi il gran finale: quanti esempi di difrazione per passaggio da fenditura o attraversamento di ostacolo potete riconoscere in questa foto marina?

