

OTTICA



Onde luminose

Risultati degli studi di Maxwell
sulle onde elettromagnetiche:

la loro velocità di propagazione è pari a quella della luce
le leggi che ne regolano la riflessione, la rifrazione,
l'interferenza sono identiche a quelle delle onde
luminose

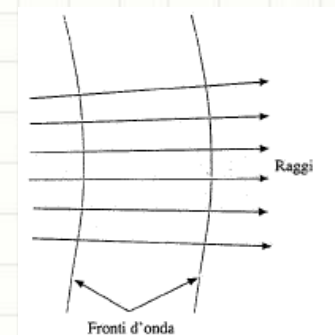
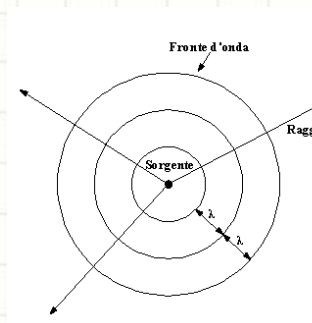
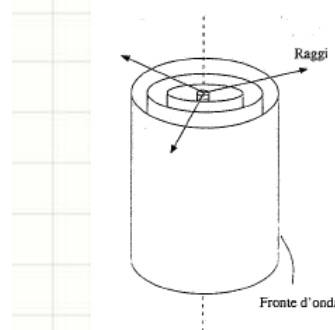
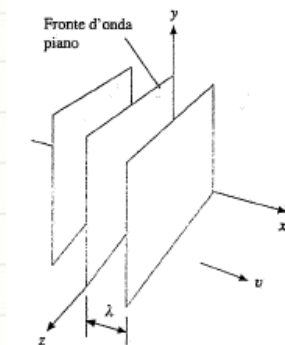


**Le onde luminose sono onde elettromagnetiche
di frequenze tali da essere percepite dall'occhio umano**

Fronte d'onda e raggio

$$\xi = \xi_0 \cos (\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)$$

Il fronte d'onda è una superficie su cui in un certo istante di tempo la fase dell'onda è costante. In generale il fronte d'onda può assumere forma generiche, ma alcuni fronti d'onda comuni sono quello piano, cilindrico o sferico.



Ad ogni fronte d'onda è possibile associare il raggio che è una linea ortogonale al fronte d'onda in un dato punto, che rappresenta in quel punto, la direzione di propagazione dell'onda e dell'energia ad essa associata.

Ottica geometrica

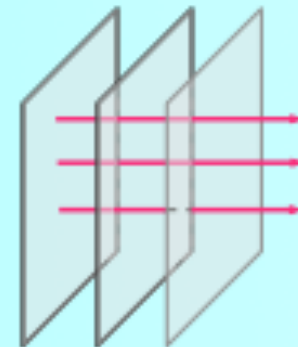
Introduzione del concetto di

**raggio di luce = percorso rettilineo
lungo cui si propaga l' energia luminosa**

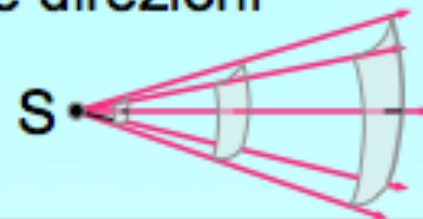
In un mezzo omogeneo ed isotropo:

raggio di luce \equiv direzione di propagazione dell' onda
fronti d' onda \perp ai raggi

Per le onde piane:
i raggi sono paralleli fra loro

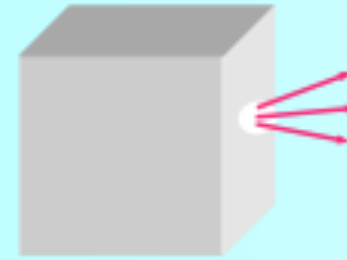


Per le onde sferiche:
i raggi escono dalla sorgente in tutte le direzioni



È possibile isolare un raggio di luce ?

Scatola opaca con un foro di diametro a che racchiude una sorgente luminosa



Riducendo a si riduce la sezione del fascio di luce emergente →

al limite si può pensare di ottenere un raggio di luce

Ma sperimentalmente si nota che

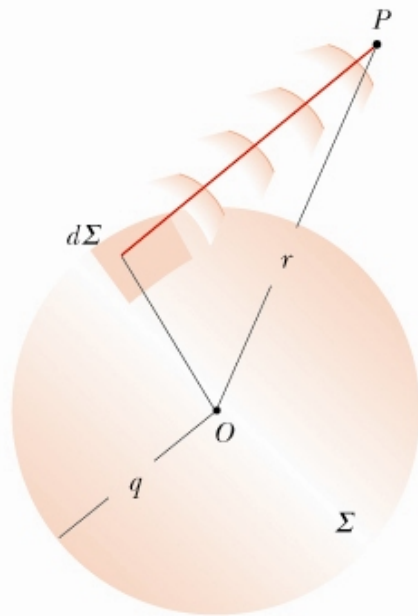
per a confrontabile con la lunghezza d'onda λ della radiazione si ha una dispersione del fascio di luce:
fenomeno della diffrazione

Il raggio di luce è utilizzabile per dimensioni lineari degli ostacoli posti sul percorso della luce grandi rispetto a λ

Principio di Huygens

Il principio di Huygens può essere enunciato nel modo seguente

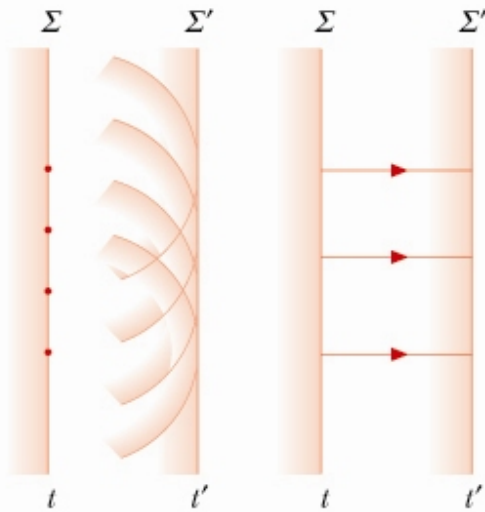
“Ogni elemento di un fronte d’onda Σ può essere considerato come sorgente di onde sferiche secondarie che si propagano con la stessa velocità di fase dell’onda primaria. Il nuovo fronte d’onda Σ' ad un istante successivo è dato dalla superficie tangente o involuppo delle onde secondarie sferiche a tale istante di tempo”



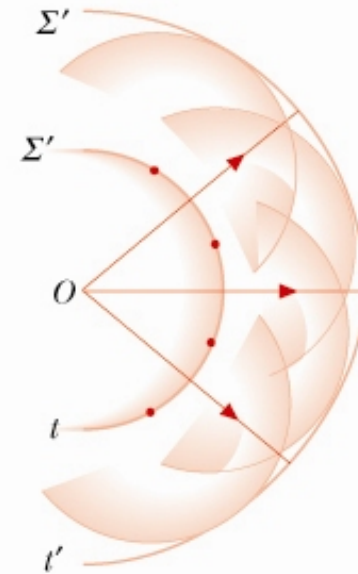
Tuttavia costruire il nuovo fronte d’onda si utilizza solo la parte in avanti delle onde sferiche secondarie, e non viene in alcun modo giustificata l’eliminazione delle parti all’indietro delle onde sferiche secondarie.

Principio di Huygens

Costruzione dei fronti d'onda di una onda piana



Costruzione dei fronti d'onda di una onda sferica

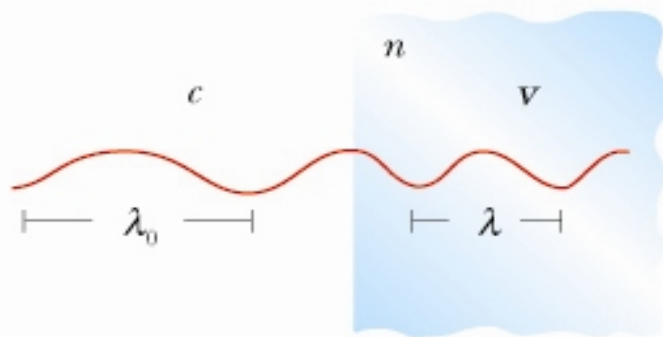


-
-
-
-
-
-
-

Indice di rifrazione

$$\lambda_0 = \frac{c}{f}, \quad k_0 = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda_0}, \quad \lambda = \frac{v}{f}$$

Nel passaggio dal vuoto da un mezzo cambiano v , k , λ , mentre restano invariate (perché determinate dalla sorgente) f , ω



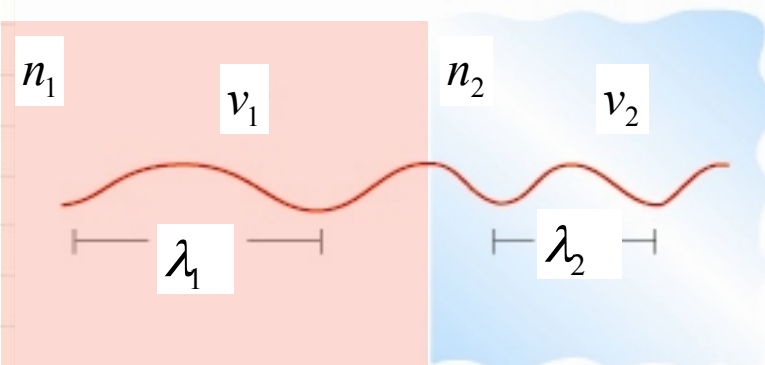
$$\frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{c}{v}$$

$$\frac{k_0}{k} = \frac{v}{c}$$

$$n = \frac{c}{v}$$

Nel passaggio fra due mezzi

Indice di rifrazione



$$n = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c}{n_1 c} \frac{n_2}{c} = \frac{n_2}{n_1}$$

Indice di rifrazione



L'**indice di rifrazione assoluta** di un mezzo n è dato dal rapporto fra la velocità della luce nel vuoto rispetto a quella nel mezzo in esame

$$n = \frac{c}{v} \quad n = \frac{c}{v} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \sqrt{\epsilon_0 \epsilon_r \mu_0 \mu_r}$$

$$n = \sqrt{\epsilon_r}$$

$$n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_{2,1} = \frac{\sqrt{\epsilon_{r2}}}{\sqrt{\epsilon_{r1}}}$$

	Indice di rifrazione
Aria	1.000294
Idrogeno	1.000139
Acqua	1.33
Azoto	1.000297
Ossigeno	1.000272
Acetone	1.359
Etanolo	1.36
Etere etilico	1.352
Cloruro di sodio	1.53
Vetro comune	1.579
Plexiglas	1.48
Polietilene	1.54
Teflon	1.30
Diamante	2.465
Glicerolo	1.474
Olio di legno cedro	1.515
Calcite	1.658
Balsamo del Canada	1.530

$n_{2,1}$ è **detto indice di rifrazione relativo del** secondo mezzo rispetto al primo

Leggi della riflessione e della rifrazione

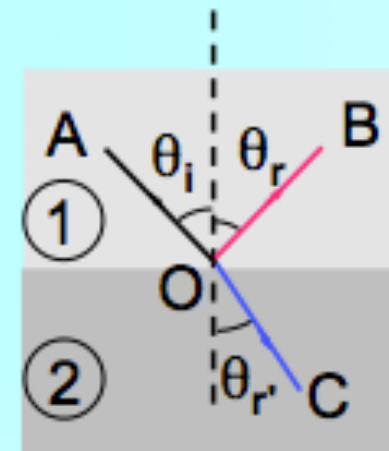
AO raggio di luce monocromatica incidente su una superficie piana di separazione tra due mezzi 1 e 2 trasparenti, omogenei ed isotropi

Piano di incidenza = Piano individuato dal raggio incidente e dalla normale alla superficie di separazione nel punto di incidenza

Si hanno due raggi:

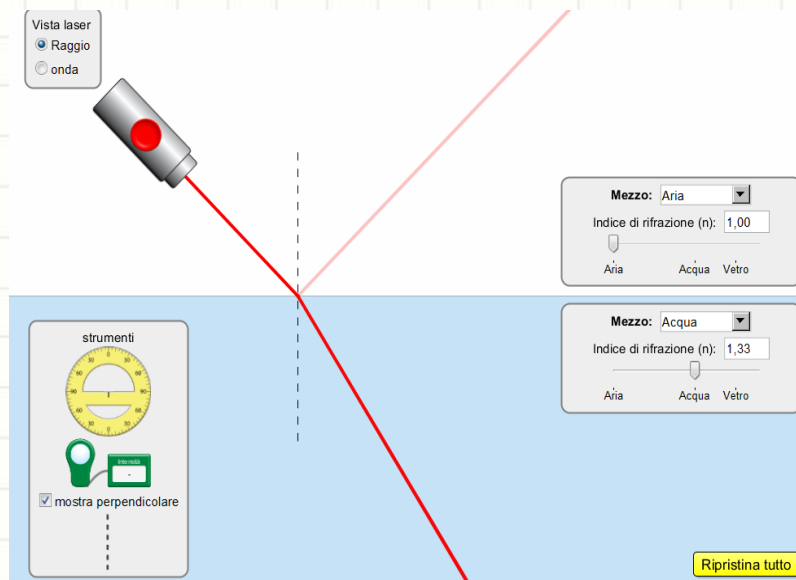
OB raggio riflesso
si propaga nel mezzo da cui proviene il raggio incidente

OC raggio rifratto o trasmesso
si propaga nel secondo mezzo



Legge di Snell

Onda caratterizzata frequenza f e lunghezza d'onda λ che attraverso due mezzi differenti

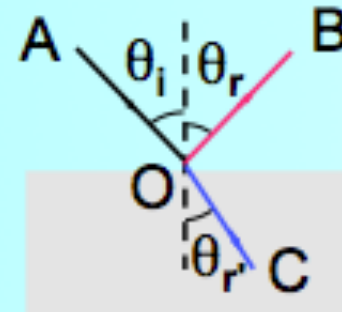


Se la superficie di separazione Σ è piana indefinita o curva con raggi di curvatura molto più grandi della lunghezza d'onda λ dell'onda incidente, l'incidenza dell'onda sulla superficie di separazione da origine a un'onda riflessa e un'onda rifratta o trasmessa

Legge di Snell

Per la riflessione:

- il raggio riflesso giace nel piano di incidenza
- raggio incidente e raggio riflesso si trovano da parte opposta rispetto alla normale
- $\theta_i = \theta_r$

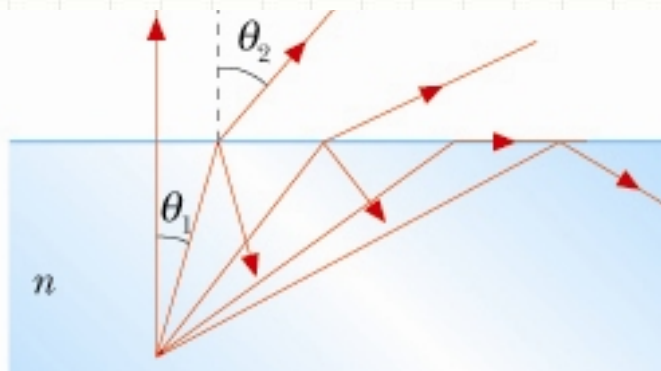


Per la rifrazione:

- il raggio rifratto giace nel piano di incidenza
- raggio incidente e raggio rifratto si trovano da parte opposta rispetto alla normale

- $\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = n_{21}$ (legge di Snell)

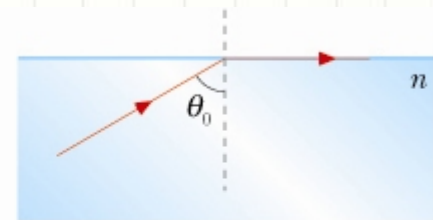
n_{21} indice di rifrazione relativo del secondo mezzo rispetto al primo



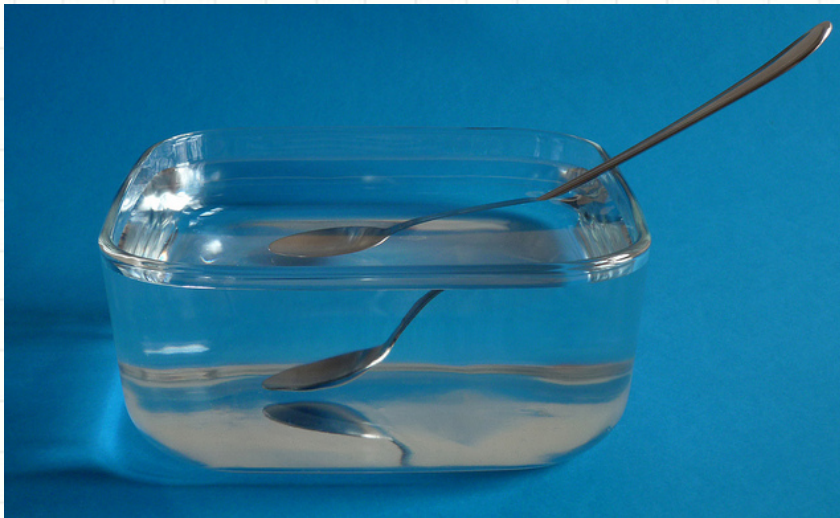
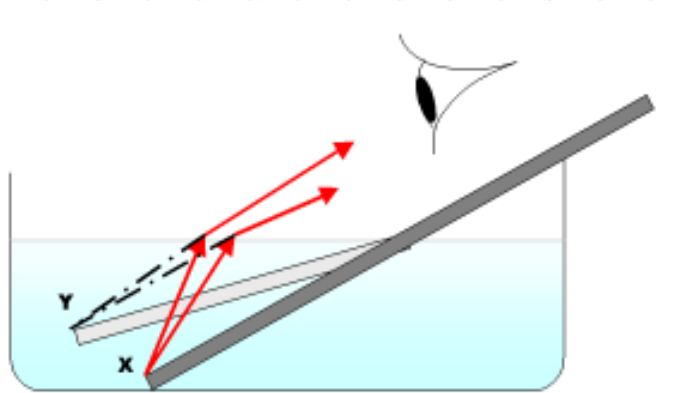
Riflessione totale

In corrispondenza dell'angolo limite o critico θ_0 , l'angolo di rifrazione risulta pari a $\pi/2$; l'onda trasmessa è cioè tangente alla superficie Σ .

$$\theta_0 = \arcsen\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

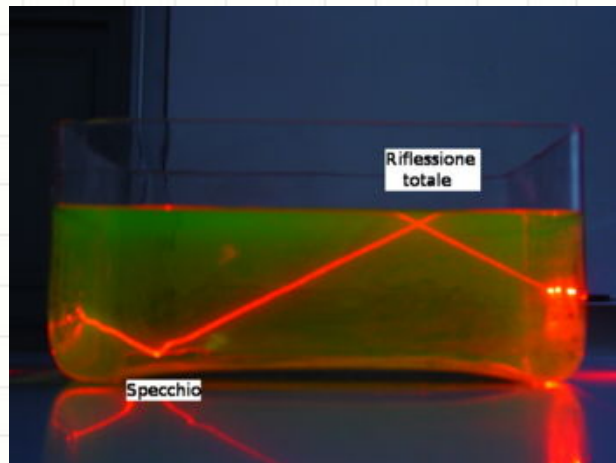


Effetti della rifrazione

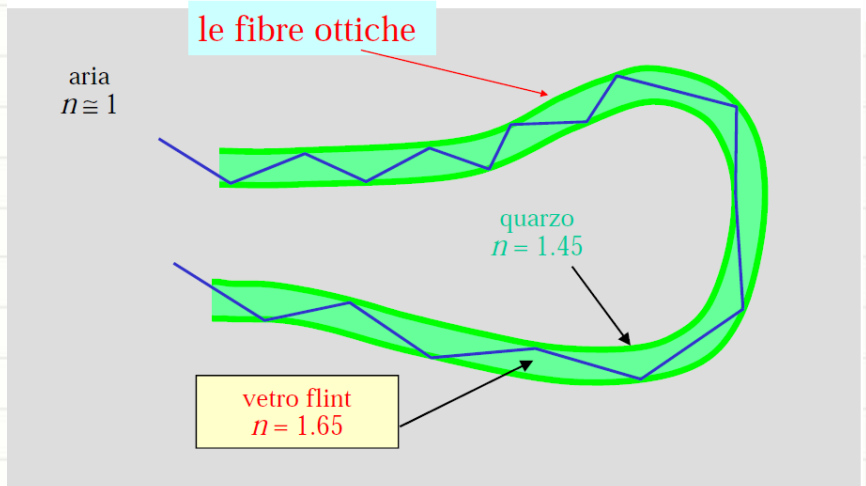
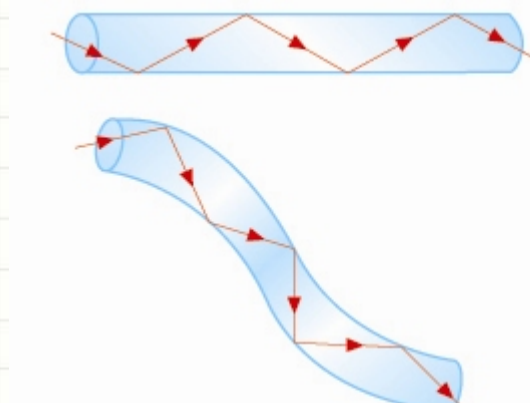


Riflessione totale

Riflessione totale



Fibre scintillanti



Principio di **invertibilità**:

invertendo il verso di propagazione della luce si scambiano soltanto i ruoli del raggio incidente e del raggio riflesso o rifratto

Le leggi della riflessione e rifrazione si estendono al caso di superfici regolari non piane

Si ha

riflessione **speculare** per superfici con irregolarità di dimensioni piccole rispetto alla lunghezza d'onda della luce



riflessione **diffusa** per superfici con irregolarità di dimensioni confrontabili con la lunghezza d'onda

