

# La rifrazione della luce

E. Modica  
erasmo@galois.it

Liceo Linguistico Statale "Ninni Cassarà"

A.S. 2016/2017

La rifrazione e le sue leggi  
Il miraggio e la fata morgana  
La riflessione totale  
La dispersione della luce e gli spettri

Il bastone spezzato  
Definizione di rifrazione  
Dall'aria all'acqua...  
Dall'acqua all'aria...  
Indice di rifrazione  
Leggi di Snell

## Il bastone spezzato

Quando si guarda un bastone immerso in una vasca piena d'acqua si ha la percezione che questo bastone sia *spezzato*. Tale fenomeno è legato a quello della rifrazione della luce.



## Definizione di rifrazione

### Definizione

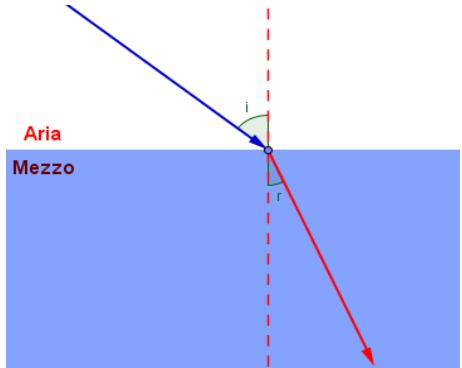
Dicesi **rifrazione** quel fenomeno per cui i raggi luminosi, passando da un mezzo all'altro, subiscono una deviazione della loro traiettoria.

La rifrazione e le sue leggi  
Il miraggio e la fata morgana  
La riflessione totale  
La dispersione della luce e gli spettri

Il bastone spezzato  
Definizione di rifrazione  
Dall'aria all'acqua...  
Dall'acqua all'aria...  
Indice di rifrazione  
Leggi di Snell

## Dall'aria all'acqua...

Se il raggio luminoso passa dall'aria all'acqua, allora si avvicina alla normale alla superficie.

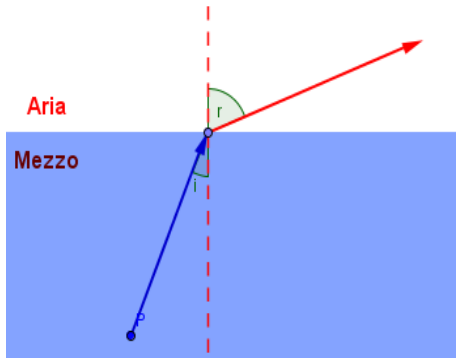


La rifrazione e le sue leggi  
Il miraggio e la fata morgana  
La riflessione totale  
La dispersione della luce e gli spettri

Il bastone spezzato  
Definizione di rifrazione  
Dall'aria all'acqua...  
**Dall'acqua all'aria...**  
Indice di rifrazione  
Leggi di Snell

## Dall'acqua all'aria...

Se il raggio luminoso passa dall'acqua all'aria, allora si allontana dalla normale alla superficie.



# Indice di rifrazione

## Definizione

Dicesi **indice di rifrazione** del mezzo trasparente il rapporto tra la velocità della luce nel vuoto e la velocità della luce nel mezzo trasparente, in formule:

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

## Osservazione

Essendo sempre  $v < c$ , il rapporto  $c/v > 1$ . Quindi l'indice di rifrazione è un numero sempre maggiore di 1.

# Indice di rifrazione

## Definizione

Dicesi **indice di rifrazione** del mezzo trasparente il rapporto tra la velocità della luce nel vuoto e la velocità della luce nel mezzo trasparente, in formule:

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

## Osservazione

Essendo sempre  $v < c$ , il rapporto  $c/v > 1$ . Quindi l'indice di rifrazione è un numero sempre maggiore di 1.

# Leggi di Snell

## Prima legge della rifrazione

Il raggio incidente, il raggio rifratto e la normale alla superficie di separazione dei due mezzi, nel punto di incidenza, giacciono sullo stesso piano.

## Seconda legge della rifrazione

Il rapporto tra il seno dell'angolo di incidenza e il seno dell'angolo di rifrazione è costante ed è uguale al rapporto tra l'indice di rifrazione del secondo mezzo e quello del primo, in formule:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$



## Leggi di Snell

### Prima legge della rifrazione

Il raggio incidente, il raggio rifratto e la normale alla superficie di separazione dei due mezzi, nel punto di incidenza, giacciono sullo stesso piano.

### Seconda legge della rifrazione

Il rapporto tra il seno dell'angolo di incidenza e il seno dell'angolo di rifrazione è costante ed è uguale al rapporto tra l'indice di rifrazione del secondo mezzo e quello del primo, in formule:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$

## Osservazioni

- Se il secondo mezzo è più rifrangente del primo, allora  $n_2 > n_1$  e, di conseguenza:

$$\frac{n_2}{n_1} > 1 \quad \Rightarrow \quad \frac{\sin i}{\sin r} > 1 \quad \Rightarrow \quad \sin i > \sin r \quad \Rightarrow \quad i > r$$

Quindi il raggio rifratto si **avvicina** alla normale alla superficie.

- Se il secondo mezzo è meno rifrangente del primo, allora  $n_2 < n_1$  e, di conseguenza:

$$\frac{n_2}{n_1} < 1 \quad \Rightarrow \quad \frac{\sin i}{\sin r} < 1 \quad \Rightarrow \quad \sin i < \sin r \quad \Rightarrow \quad i < r$$

Quindi il raggio rifratto si **allontana** dalla normale alla superficie.

## Osservazioni

- Se il secondo mezzo è più rifrangente del primo, allora  $n_2 > n_1$  e, di conseguenza:

$$\frac{n_2}{n_1} > 1 \Rightarrow \frac{\sin i}{\sin r} > 1 \Rightarrow \sin i > \sin r \Rightarrow i > r$$

Quindi il raggio rifratto si **avvicina** alla normale alla superficie.

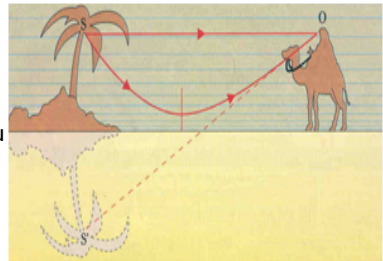
- Se il secondo mezzo è meno rifrangente del primo, allora  $n_2 < n_1$  e, di conseguenza:

$$\frac{n_2}{n_1} < 1 \Rightarrow \frac{\sin i}{\sin r} < 1 \Rightarrow \sin i < \sin r \Rightarrow i < r$$

Quindi il raggio rifratto si **allontana** dalla normale alla superficie.

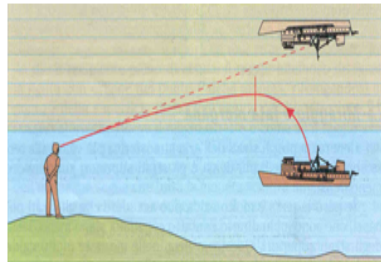
## Il miraggio

È un fenomeno ottico che si verifica quando gli strati d'aria più bassi sono più caldi. Mentre il raggio di luce SO (nella figura), che si propaga lungo uno strato d'aria caratterizzato da densità costante, non subisce deviazione, quello che si propaga verso il basso, incontrando strati d'aria più caldi e quindi meno densi (=minor indice di rifrazione), si allontana dalla normale, finché si riflette totalmente. L'osservatore vede così l'albero e la sua immagine capovolta come se l'oggetto fosse rispecchiato in una pozza d'acqua.



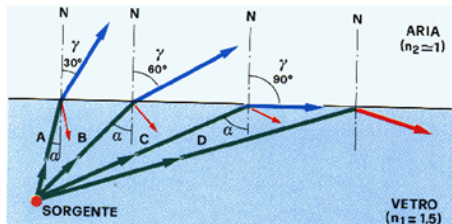
# La fata morgana

*È un fenomeno ottico che si verifica quando gli strati d'aria più alti sono più caldi. Un raggio luminoso che parte da un oggetto sulla superficie marina, se incontra strati d'aria meno densi, si rifrange allontanandosi dalla normale finché si riflette totalmente. L'osservatore che lo intercetta vede quindi l'oggetto in alto.*



## La riflessione totale

Consideriamo un raggio di luce che proviene da una sorgente posta in un mezzo più rifrangente. Poiché tale raggio passa da un mezzo più rifrangente a uno meno rifrangente, esso si allontana dalla normale alla superficie.



Se si aumenta l'angolo di incidenza, il raggio rifratto si avvicina alla superficie di separazione. È possibile individuare un valore preciso dell'angolo di incidenza per il quale il raggio rifratto è radente alla superficie di separazione. In questo modo sparirà il raggio rifratto e sarà possibile vedere solamente quello riflesso. Tale fenomeno prende il nome di **riflessione totale**.

# Angolo limite

## Definizione

Dicesi **angolo limite** l'angolo di incidenza per cui si assiste al fenomeno della riflessione totale, ovvero quel valore per cui il corrispondente angolo di rifrazione è pari a  $90^\circ$ .

## Osservazione

Tale valore, in formule, risulta uguale a:

$$i_L = \arcsin \left( \frac{n_2}{n_1} \right)$$

# Angolo limite

## Definizione

Dicesi **angolo limite** l'angolo di incidenza per cui si assiste al fenomeno della riflessione totale, ovvero quel valore per cui il corrispondente angolo di rifrazione è pari a  $90^\circ$ .

## Osservazione

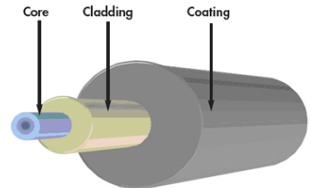
Tale valore, in formule, risulta uguale a:

$$i_L = \arcsin \left( \frac{n_2}{n_1} \right)$$



## Le fibre ottiche

Poiché durante il fenomeno della rifrazione l'energia luminosa si ripartisce tra il raggio riflesso e quello rifratto, nel fenomeno della riflessione totale l'energia luminosa del raggio incidente viene trasmessa tutta al raggio riflesso. Una fibra ottica è un filo costituito da materiale vetroso in cui la luce entrante subisce continuamente il fenomeno della riflessione totale e percorre la fibra a zig-zag. Ciascuna fibra è costituita da un nucleo cilindrico vetroso (**core**) che ha un indice di rifrazione maggiore del suo rivestimento (**cladding**). Quando il raggio entra viene ripetutamente riflesso e si propaga ad alta velocità.



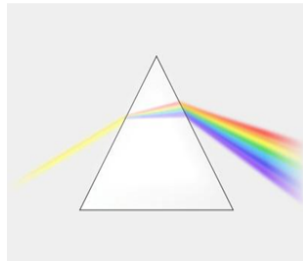
# Endoscopio

Uno strumento in cui vengono utilizzate le fibre ottiche è l'**endoscopio**. Questo strumento contiene due piccoli fasci di fibre ottiche che si adattano ai percorsi tortuosi: il primo fascio porta all'interno la luce proveniente dall'esterno, il secondo fascio porta all'esterno l'immagine da analizzare.



## Spettro della luce visibile

Se un raggio di luce bianca incide obliquamente sulla parete di un prisma di vetro, viene suddiviso in un raggio di vari colori. Il raggio subisce due successive rifrazioni, delle quali la seconda amplifica la decomposizione nei vari colori. Se tali raggi colorati incidono su uno schermo, è possibile notare lo **spettro della luce visibile**. In questo spettro si possono distinguere i seguenti colori: rosso, arancione, giallo, verde, azzurro, indaco e violetto.



## La dispersione

Tale fenomeno prende il nome di **dispersione** della luce, definita come il *fenomeno della separazione di un raggio di luce in raggi di diversi colori, che si verifica quando esso attraversa un mezzo rifrangente.*

Un esempio di fenomeno naturale dovuto alla dispersione della luce è l'**arcobaleno**: i raggi solari incontrano le goccioline di pioggia e vengono dispersi.



## Lo spettroscopio

La dispersione della luce permette di studiare la natura dei corpi che la emettono. I dispositivi utilizzati a tale scopo sono i cosiddetti **spettroscopi**. Tali strumenti sono tali da far sì che la luce possa essere dispersa da un prisma e proiettata su uno schermo sul quale si faranno le misurazioni opportune.



## La legge di Wien

È possibile notare come i corpi riscaldati emettono una luce il cui spettro è spostato verso il rosso e si può ricavare la seguente legge.

### Legge di Wien

La *frequenza della massima intensità di emissione* di una sorgente è direttamente proporzionale alla temperatura assoluta della sorgente, in formule:

$$f = k \cdot T$$

dove  $k = 1,035 \cdot 10^{11} \text{ Hz/K}$ .

La legge vale nel caso in cui le sorgenti emettono luce in seguito alla variazione della loro temperatura ed è utilizzata per stimare la temperatura delle stelle.

## Spettro continuo

I solidi e i liquidi, portati all'incandescenza, emettono delle onde luminose il cui **spettro** è **continuo**.

Questo è dovuto al fatto che le loro molecole sono ravvicinate e si influenzano reciprocamente.

Spettro continuo



Linee di emissione



Linee di assorbimento



## Spettro a righe

Invece, essendo le molecole dei gas libere di muoversi, tali sostanze emettono onde luminose che producono uno **spettro a righe**.

