

## LE FIBRE OTTICHE

Il fenomeno della riflessione totale è alla base del funzionamento delle fibre ottiche, delle vere e proprie «guide di luce», con le quali un segnale luminoso può essere trasportato lungo percorsi non rettilinei. Una fibra ottica è quindi un «conduttore» di luce, composto da un materiale trasparente (per esempio vetro o plastica), nel quale la luce compie più riflessioni totali, restando confinata al suo interno (figura 1).

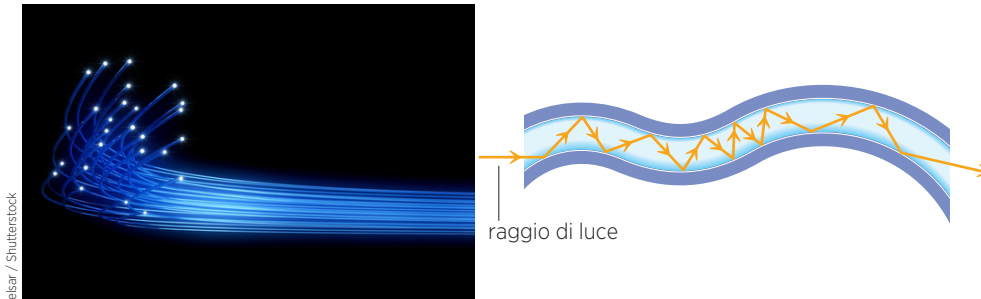


Figura 1. La luce percorre la fibra ottica restando confinata al suo interno, in seguito a riflessioni totali successive.

Dagli anni Novanta del secolo scorso le fibre ottiche hanno avuto un sempre più largo impiego nel settore delle telecomunicazioni per via del fatto che non risentono di interferenze elettromagnetiche, sono leggere e hanno un'attenuazione del segnale molto bassa rispetto ai cavi elettrici. Infatti in linea di principio, se costruita con un materiale perfettamente trasparente, durante la riflessione totale non ci dovrebbe essere dispersione di luce attraverso una fibra.

Ricordando che la riflessione totale avviene lungo la superficie di separazione di due mezzi trasparenti, all'interno di quello con indice di rifrazione maggiore, la fibra risulta dall'accoppiamento di due materiali diversi. La parte più interna, detta *core* (nucleo), è costituita da un materiale con un indice di rifrazione più elevato possibile, la parte più esterna, detta *cladding* (mantello), è invece caratterizzata da un indice di rifrazione più basso possibile. Una guaina protettiva opaca alla luce avvolge il tutto (figura 2).

La funzione del *cladding* è quella di favorire il confinamento della luce nella fibra, riducendo le perdite. Infatti dalla legge di Snell (formula 10.5) deriva che subiscono una riflessione totale solo i raggi che incidono la superficie del core con un angolo  $\hat{i}$  maggiore dell'angolo limite  $\hat{i}_L$ , il quale dipende dal rapporto tra gli indici di rifrazione dei mezzi.

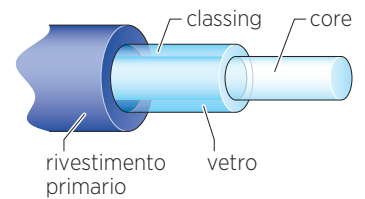
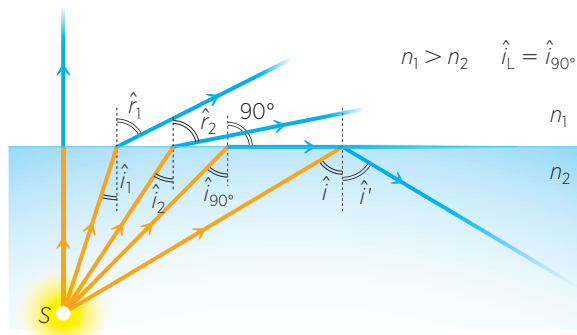


Figura 2. Un cavo a fibra ottica è composto da una parte più interna (*core*) a elevato indice di rifrazione, una intermedia (*cladding*) a basso indice di rifrazione e una più esterna protettiva.

Figura 3. Nel passare da un mezzo più rifrangente a uno meno rifrangente esiste un angolo di incidenza massimo oltre il quale avviene la riflessione totale, cioè non vi è più il raggio rifratto.

In particolare, ricordiamo che l'angolo limite è pari all'angolo di incidenza per un angolo di rifrazione di  $90^\circ$ , cioè

$$\sin \hat{i}_L = \frac{n_2}{n_1}$$

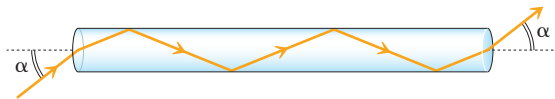
dove

- $n_1$  è l'indice di rifrazione del *core*;
- $n_2$  è l'indice di rifrazione del *cladding*.

Se il rapporto  $n_2/n_1$  è basso, l'angolo limite è piccolo e quindi solo pochi raggi incidenti non riescono a essere riflessi totalmente e la dispersione di luce attraverso le pareti della fibra è minima.

### ESEMPIO

- Un cilindro di plexiglass viene usato come core di una fibra ottica in cui il ruolo del cladding è svolto dall'aria circostante. Se l'indice di rifrazione del plexiglass è 1,45, qual è il massimo angolo di incidenza  $i$  rispetto alle pareti del cilindro, di un raggio luminoso affinché percorra la fibra senza uscire?



**SOLUZIONE** L'angolo limite  $\hat{i}_L$  risulta dalla relazione:

$$\sin \hat{i}_L = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{1,45}$$

per cui

$$\hat{i}_L = 43,6^\circ$$

**DOMANDA** Come cambia il valore di tale angolo se il cilindro viene avvolto con uno strato di plexiglass di indice di rifrazione pari a 1,40?