

# 1 Complementi

---

## Angolo limite, prismi a riflessione totale, fibre ottiche

---

La Fig. 1 mostra una sorgente di luce posta nell'acqua; si osserva che alcuni raggi di luce escono dall'acqua, mentre altri vengono riflessi. Questo fenomeno si spiega in base alle leggi della rifrazione e valendosi della trigonometria.

Sappiamo che, se un raggio di luce passa dall'acqua all'aria, l'angolo  $i$  d'incidenza e l'angolo  $r$  di rifrazione (Fig. 2) sono legati dalla legge

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{1,3}.$$

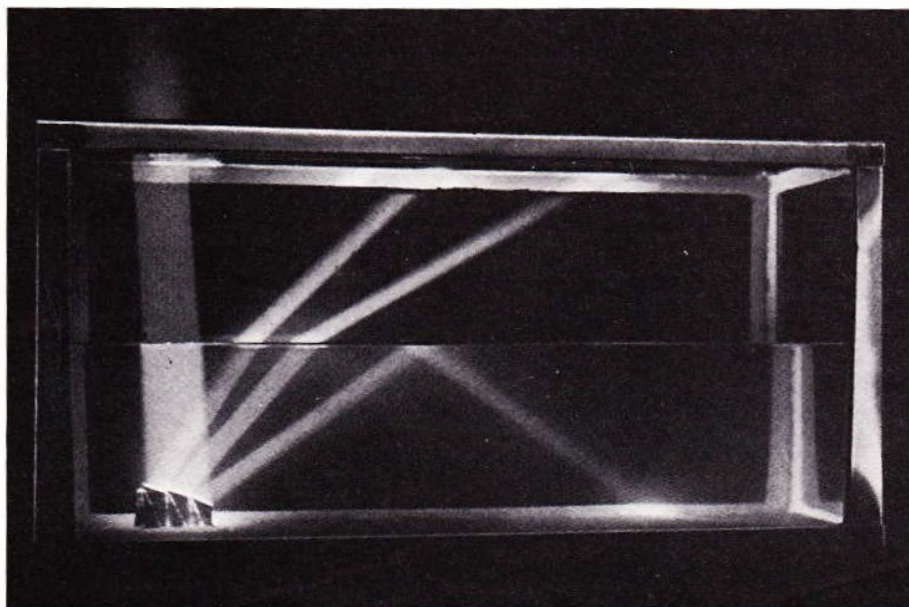


Fig. 1

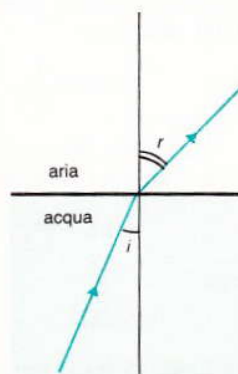


Fig. 2

Ora, se per esempio,

$$i=80^\circ,$$

il corrispondente angolo  $r$  sarà dato da

$$\frac{\sin 80^\circ}{\sin r} = \frac{1}{1,3}$$

ossia

$$\sin r = 1,3 \sin 80^\circ \cong 1,3.$$

Si capisce che, in questo caso, non possiamo trovare un angolo  $r$  tale che

$$\sin r \cong 1,3$$

dato che il seno di un angolo deve essere sempre minore di 1. Dunque, quando

$$i=80^\circ$$

non esiste  $r$ , cioè il raggio non viene rifratto, ma, invece, viene «riflesso indietro»: si ha il *fenomeno della riflessione totale*.

Se ripetiamo questi calcoli per altri angoli d'incidenza, che siano abbastanza grandi, come  $i=75^\circ$ ,  $i=70^\circ$ ,  $i=65^\circ$ , troviamo ancora che

$$\sin r > 1,$$

e perciò non si verifica la rifrazione ma si ha la riflessione totale.

Ci si chiede: fino a quale valore dell'angolo d'incidenza  $i$  si ha il fenomeno della rifrazione? Ragioniamo: è chiaro che si ha rifrazione se risulta

$$\sin r < 1,$$

e siccome

$$\sin r = 1,3 \sin i,$$

si capisce che deve risultare

$$1,3 \sin i < 1,$$

ossia

$$\sin i < \frac{1}{1,3}.$$

Dato che

$$\frac{1}{1,3} \cong 0,769,$$

si conclude che la rifrazione avviene solo se l'angolo  $i$  è tale che

$$\sin i < 0,769$$

cioè

$$i < 50^\circ 17' 5''.$$

Dunque, la rifrazione dall'acqua all'aria avviene solo fino a che l'angolo d'incidenza vale

$$i_l \cong 50^\circ.$$

Questo angolo  $i_l$  prende il nome di **angolo limite**; esso è legato all'indice di rifrazione dell'acqua (1,3) dalla relazione

$$\sin i_l = \frac{1}{1,3}.$$

Se, invece, la luce passa dal vetro (indice di rifrazione  $n=1,5$ ) all'aria, la rifrazione avviene fino a che l'angolo d'incidenza vale  $i_l$ , dato da

$$\sin i_l = \frac{1}{1,5},$$

cioè

$$i_l \cong 41^\circ.$$

Se  $i > 41^\circ$  si ha il fenomeno della riflessione totale.

Il fenomeno della riflessione totale trova molte applicazioni negli strumenti ottici. Ecco due esempi.

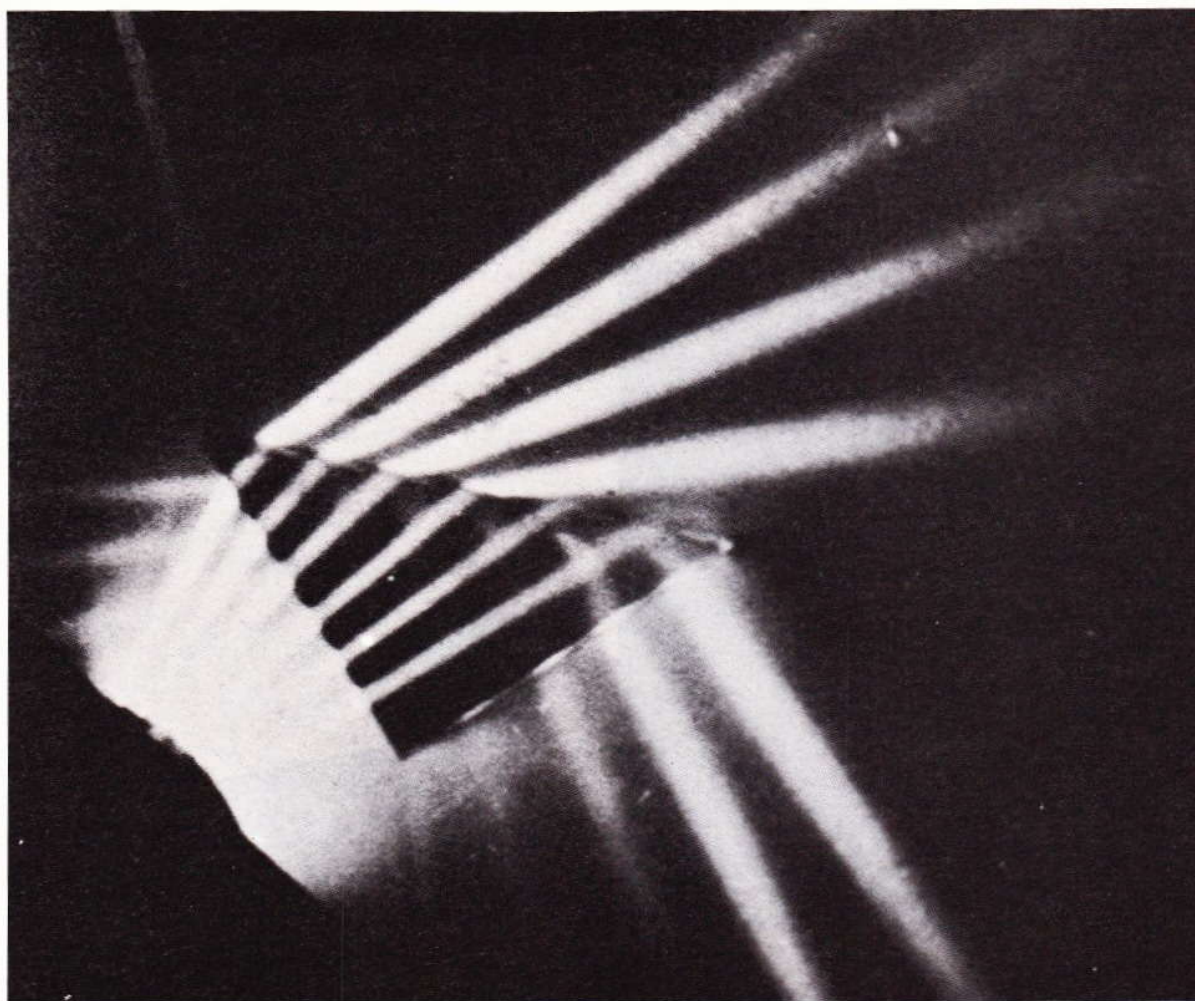


Fig. 3

#### A) Prismi a riflessione totale

Sono prismi di vetro con sezione a triangolo rettangolo isoscele (Fig. 3); sono usati per deviare la luce, come è mostrato nelle Figg. 4 e 5.

Nei due casi, infatti, la luce incide sulla superficie  $S$  di separazione fra vetro ed aria con un angolo di  $45^\circ$  che è maggiore dell'angolo limite; la luce viene pertanto riflessa e non rifratta.

Questi prismi sostituiscono utilmente gli specchi piani, dato che le facce non assorbono energia luminosa, come avviene invece per le superfici speculari.

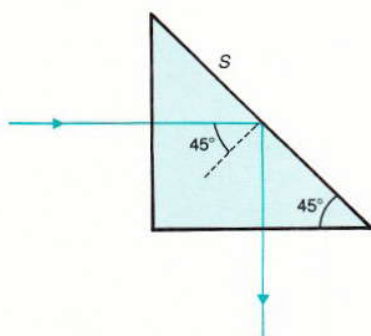


Fig. 4

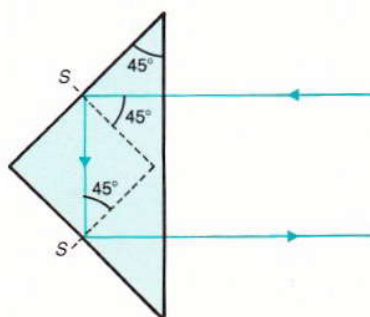


Fig. 5



B) *Fibre ottiche*

La Fig. 6 mostra la luce che viaggia attraverso un fascio di fibre ottiche. Si verifica il seguente fenomeno: i raggi luminosi, diretti su un'estremità di un cavo di fibra vetrosa, ne colpiscono le pareti con un angolo maggiore di  $41^\circ$ ; quindi, invece di essere rifratti nell'aria, rimbalzano (Fig. 7) fino ad arrivare all'altra estremità del cavo, dove escono finalmente nell'aria. Accade perciò che la luce emessa dal proiettore riesce a percorrere anche un cammino tortuoso.

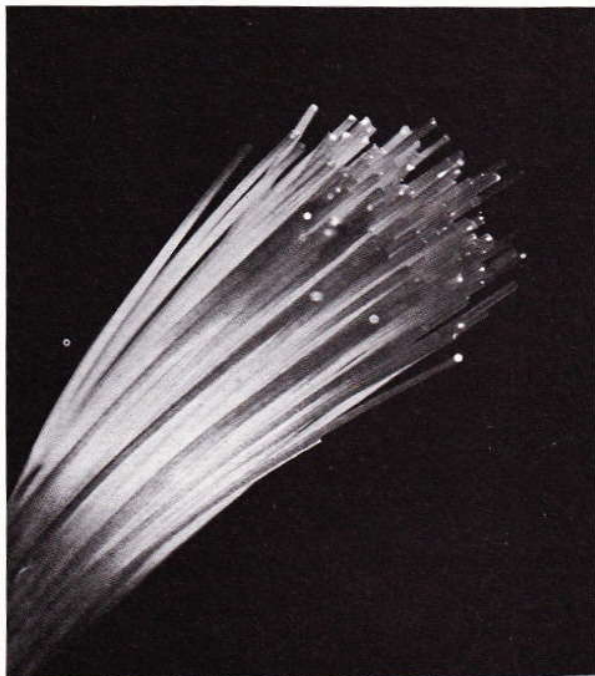


Fig. 6

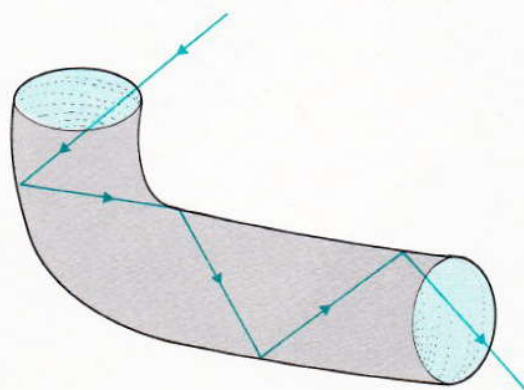


Fig. 7

Le fibre ottiche sono particolarmente utili quando si deve illuminare una zona ristretta a cui è difficile arrivare: permettono, per esempio, di illuminare, e quindi di fotografare, regioni del corpo umano altrimenti inaccessibili.

Inoltre, facendo variare l'intensità della luce inviata in una fibra ottica è anche possibile trasmettere dei messaggi, proprio come variando l'intensità della corrente inviata in un cavo telefonico si può trasmettere la nostra voce. Le fibre ottiche possono, quindi, sostituire i cavi del telefono; si pensa che nei prossimi anni si attuerà questa tecnica, particolarmente efficiente perché su una fibra ottica si possono trasmettere contemporaneamente milioni di conversazioni.