Pasquale Catone

LA RIFRAZIONE CON DUE CIRCONFERENZE

APRILE 2004 - SxT Scaffali N°4

LA RIFRAZIONE CON DUE CIRCONFERENZE

Pasquale Catone

La luce che si propaga da un mezzo trasparente all'altro subisce, oltre alla consueta riflessione, anche il fenomeno della rifrazione (fig.1), che consiste nella deviazione del percorso luminoso. Detti i ed r gli angoli di incidenza e rifrazione, valutati rispetto alla normale alla superficie di separazione, ed n_1 ed n_2 gli indici di rifrazione dei due materiali trasparenti, risulta in base alla legge di Snell che $n_1 \text{sen } i = n_2 \text{sen } r$. Dati n_1, n_2 e l'angolo di incidenza, si può determinare sen i con la calcolatrice, poi $\text{sen } r = n_1 \text{ sen } i / n_2$ algebricamente, e quindi l'angolo di rifrazione mediante la funzione arcoseno ancora con la calcolatrice. Questo metodo, necessitando della conoscenza delle trigonometria, può essere affrontato nella scuola soltanto dagli studenti del triennio della secondaria superiore. Nei testi scolastici destinati agli altri studenti quasi sempre viene spiegato il cambiamento di direzione della luce con considerazioni qualitative. A volte vengono proiettati ortogonalmente i raggi di una circonferenza, coincidenti con i tragitti luminosi, sulla superficie di separazione in maniera che $AO/OB = n_2 / n_1$ e ciò può consentire di ricavare l'angolo di rifrazione (fig.2).

Di seguito viene presentato un procedimento nuovo e semplice, che permette di risolvere il problema graficamente.
Per ottenere il risultato basta disegnare due circonferenze concentriche di raggio n_1 ed n_2 (fig.3), tracciare il raggio incidente EO formante con la normale N l'angolo di incidenza i misurato col goniometro, prolungare EO di OF=OE, condurre la parallela ad N per F fino ad incontrare l'altra circonferenza in G, costruire il raggio rifratto OG, determinare l'angolo di rifrazione r col goniometro. Si vede subito che questo criterio grafico deriva dalla legge di Snell.

Oltre alla misura dell'angolo di rifrazione per qualsiasi raggio incidente, si traggono altre conseguenze:

1) Per i= 0 il grafico porge r= 0, ossia il raggio nella direzione di N prosegue indisturbato nel secondo mezzo (fig.4);
2) L'aumento dell'angolo di incidenza implica la crescita dell'angolo di rifrazione, come dal cammino a-a al percorso b-b (fig.5) ;
3) Se l'angolo di incidenza nel materiale con minore indice è 90°, quello di rifrazione (angolo limite) assume il massimo valore ed è misurabile col goniometro (fig.6); per il passaggio dall'aria ($n_1 \cong 1$) al vetro ($n_2 = 1,5$), le circonferenze di rifrazione, con raggi proporzionali ad 1 e 1,5, forniscono un angolo limite l di quasi 42°. Se la luce giunge dal vetro, effettua il percorso

GOE in senso inverso a quello diretto EOG. Superando l'angolo limite, non si può avere la rifrazione in aria e rimane soltanto la riflessione, che per tale motivo viene detta totale. La luce può essere deviata a 90° (fig.7) e 180° (fig.8) sfruttando la riflessione totale in un prisma di vetro con sezione a forma di triangolo rettangolo isoscele. Infatti l'angolo di incidenza di 45°, uguale a quello di riflessione, oltrepassa l'angolo limite di 42°;

4) L'aumento dell'indice di rifrazione del secondo mezzo induce un maggiore avvicinamento alla normale. Ciò si verifica anche quando nella direzione EO vengono inviati sul vetro due raggi luminosi di colore diverso, ad esempio blu e rosso (fig.9 non in scala per distinguere i raggi rifratti). Il blu si discosta di più dalla direzione iniziale perché nel vetro ha un maggiore indice di rifrazione (n_3) del rosso (n_2);
5) Si può verificare la legge di Snell e misurare l'indice di rifrazione facendo incidere la luce di un laser ortogonalmente alla superficie curva di un semicilindro di vetro. Con un goniometro si possono misurare più angoli di incidenza e quelli corrispondenti di rifrazione. Si disegni la circonferenza del vetro di raggio OA arbitrario e si rappresentino l'angolo di incidenza $\mathbf{A\hat{O}B}$ e quello di rifrazione $\mathbf{C\hat{O}D}$ (fig.10). Si conduca EF_1 parallela alla normale CA; per semplificare il disegno si possono tracciare OB e OD e soltanto i punti E ed F_1. Questa costruzione si deve ripetere per tutte le coppie di angoli, ottenendo vari punti F_1, F_2, F_3,…La legge di Snell risulterà valida, entro gli errori di misura, se è possibile disegnare una circonferenza per F_1, F_2, F_3,…con centro in O. L'indice di rifrazione del vetro rispetto a quello dell'aria verrà calcolato tramite il rapporto OB/OF_1 dei raggi delle due circonferenze.

Figura 1

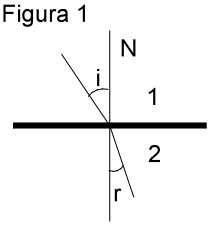

Figura 2

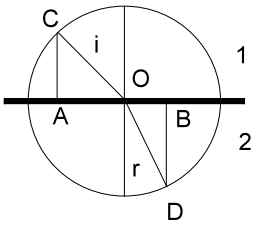

Figura 3

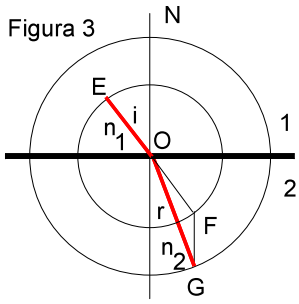

Figura 4

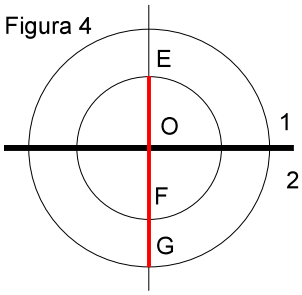

Figura 5

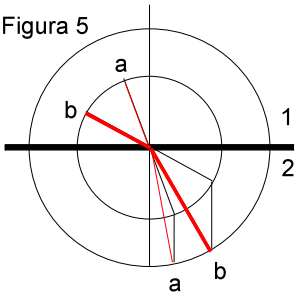

Figura 6

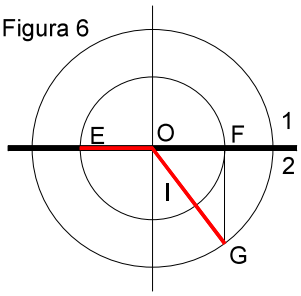

Figura 7

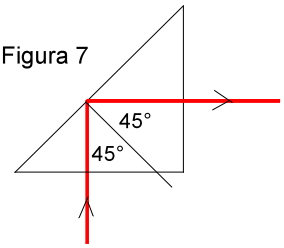

Figura 8

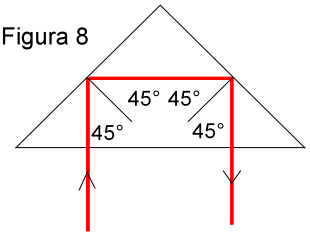

Figura 9

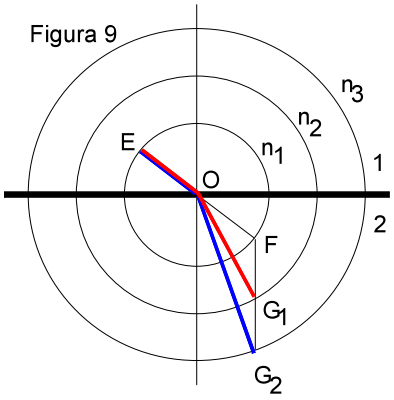

Figura 10

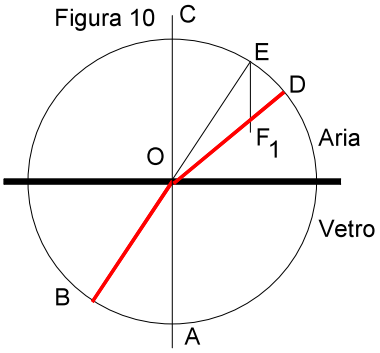

Figure 1 - 2
3 - 4
5 - 6
7 - 8
9 - 10