

Fenomeni di riflessione e rifrazione

Introduzione

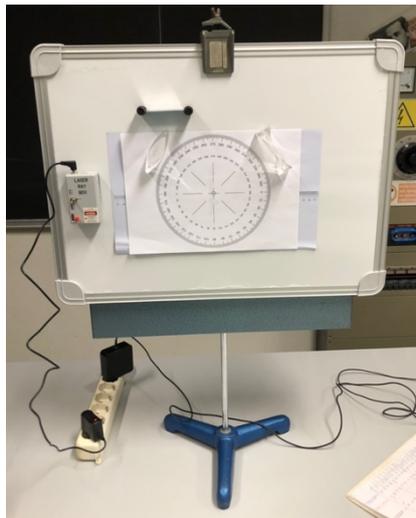
Lo scopo di questa relazione è quello di vedere e apprendere il comportamento della luce in diverse condizioni come per esempio la sua propagazione rettilinea, il fenomeno di riflessione e di rifrazione attraverso una sostanza solida come il plexiglass.

L'uso di un laser consente di poter vedere il raggio luminoso e attraverso un goniometro è stato possibile verificare le leggi che descrivono i fenomeni dell'ottica.

Elenco dei Materiali e degli Strumenti impiegati

Trabucolo magnetico formato da:

- Treppiedi reggente una lavagnetta magnetica;
- Goniometro stampato fissato grazie a dei supporti magnetici;
- Laser;
- Specchio magnetico.



Introduzione Teorica Generale

L'ottica è quella parte della fisica che si occupa di descrivere le leggi fisiche che riguardano la luce.

Molti fenomeni ottici si possono ridurre allo studio puramente geometrico, in quanto la luce ha una proprietà molto facile da determinare: la luce si propaga in linea retta.

La luce è costituita da raggi luminosi che si propagano in linea retta: la formazione delle ombre e penombre ci portano a confermare la propagazione rettilinea della luce.

La trasparenza e l'opacità dei corpi colpiti dai raggi luminosi generano ombre o penombre che si possono ricavare attraverso la semplice proiezione geometrica dei raggi stessi.

La stessa cosa per i fenomeni di riflessione e rifrazione dei raggi luminosi: la direzione dei raggi cambia secondo precise leggi geometriche:

La riflessione è il cambiamento della direzione dei raggi che può avvenire in più modi:



Riflessione speculare: cambiamento della direzione dei raggi tutti nella stessa direzione.

È il caso dello specchio: la sua superficie liscia permette ai raggi di riflettersi in modo uniforme

Riflessione diffusa: cambiamento della direzione dei raggi in direzioni diverse

È il caso di un corpo lucido ma non liscio: la sua superficie "diffonde" la luce in tutte le direzioni

La riflessione segue delle leggi geometriche precise e sono due:

Leggi della riflessione	
	<p>... è uguale all'angolo di riflessione.</p>
<p>1. L'angolo di incidenza del raggio sulla superficie è uguale all'angolo di riflessione Il punto di incontro del raggio incidente e del raggio riflesso si chiama punto di incidenza</p>	

2. Il raggio di incidenza e il raggio riflesso sono complanari ovvero giacciono sullo stesso piano

La luce può subire un cambiamento della direzione nel momento in cui attraversa un altro corpo: è il caso della rifrazione.

Essa è dovuta ad una diversa velocità della luce nel corpo.

Per esempio, nel vuoto la velocità della luce è di circa 300.000 km/s ovvero $c = 3 \cdot 10^8$ m/s

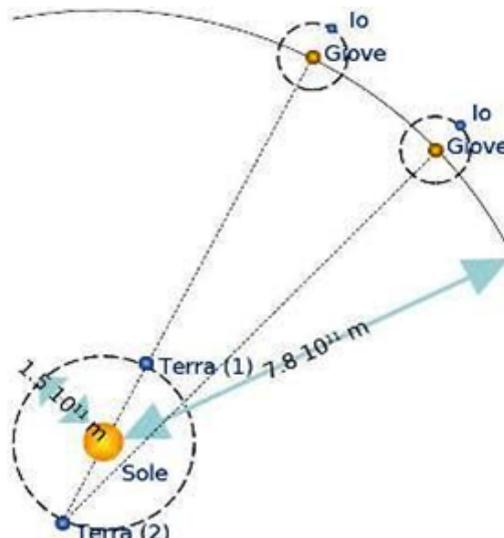
In acqua la velocità della luce si riduce, ed è di 225000 km/s ovvero $c = 2.25 \cdot 10^8$ m/s

Approfondimento Storia della misura della velocità della luce

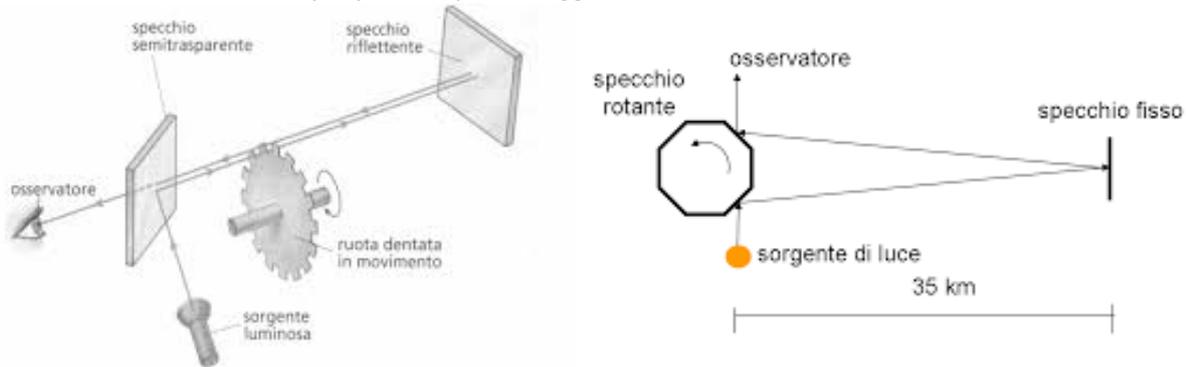
Il primo tentativo di misura della velocità della luce venne sperimentato da Galileo Galilei, il quale venne svolto da lui e da un suo allievo, posizionati a distanza di circa un miglio su due diverse colline e ognuno con in mano una lanterna coperta da un velo. Quando Galileo scopriva la sua lanterna, anche l'allievo avrebbe dovuto fare lo stesso e, misurando dopo quanto tempo avrebbe visto la luce dell'altra lanterna, avrebbe ottenuto la velocità della luce. Ovviamente questo metodo non portò a nulla, in quanto la velocità della luce è assai ben più veloce dei riflessi dello sperimentatore.



Il primo scienziato che si avvicinò alla reale misura della velocità della luce fu Ole Rømer, il quale notò che i tempi fra le eclissi di un satellite di Giove, *Io*, diventavano più brevi quando la terra si avvicinava a Giove e più lunghi quando si allontanava. Più precisamente, notò una differenza di circa 20 minuti: valore che divise al diametro dell'orbita terrestre. Poiché quest'ultimo valore era piuttosto inaccurato ai tempi, Rømer ottenne 214.300 km/s come velocità della luce, valore che non si distanzia più di troppo da quello reale se consideriamo il periodo storico (1670) nel quale questo esperimento si è svolto.



Sostanziali contributi furono dati da Hyppolite Fizeau, che eseguì il suo esperimento grazie ad una ruota dentata e a due specchi posizionati a otto chilometri di distanza che riflettevano il raggio di luce che passava attraverso i denti della ruota girevole. Fizeau ottenne un risultato molto vicino a quello reale (315.000 km/s), ma questo esperimento era ancora soggettivo in quanto dipendeva sempre dallo sperimentatore. A perfezionare lo strumento di Fizeau fu Léon Foucault, il quale sostituì la ruota con uno specchio ottagonale e misurò il tempo trascorso grazie al leggero cambiamento di direzione del raggio di luce riflesso. In questo modo la misura risultò assai più precisa, poiché oggettiva, e Foucault ottenne come risultato 298.000 km/s.



Il rapporto tra la velocità della luce nel vuoto e la velocità della luce nel mezzo è chiamata *indice di rifrazione*:

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

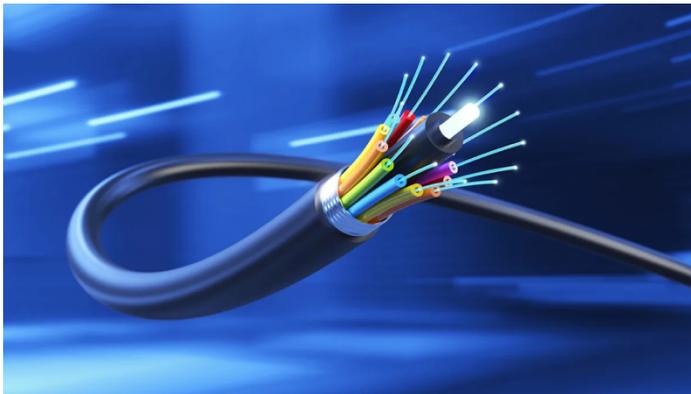
La rifrazione segue anch'essa delle leggi geometriche precise, che sono le seguenti:

Legge della rifrazione	
1.	<p><i>Legge di Snell – Cartesio</i>: se un raggio luminoso incide una superficie di separazione del mezzo 1 con indice di rifrazione n_1 e il mezzo 2 con indice di rifrazione n_2, il rapporto degli indici di rifrazione è il seguente:</p> $\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$
2.	<p>Il raggio di incidenza e il raggio rifratto sono complanari ovvero giacciono sullo stesso piano</p>

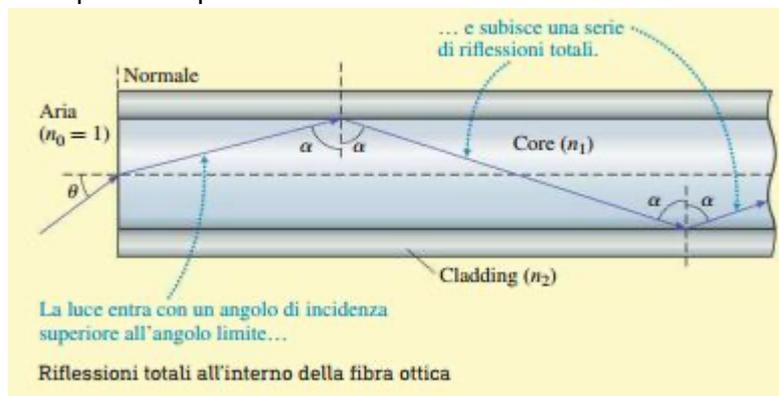
Approfondimento

Fibra ottica

La fibra ottica è un materiale costituito da filamenti vetrosi o polimerici, realizzato per poter condurre al suo interno la luce. È costituita da un nucleo di vetro chiamato CORE e un rivestimento esterno chiamato CLADDING. Il core e il cladding hanno due indici di rifrazione diversi.



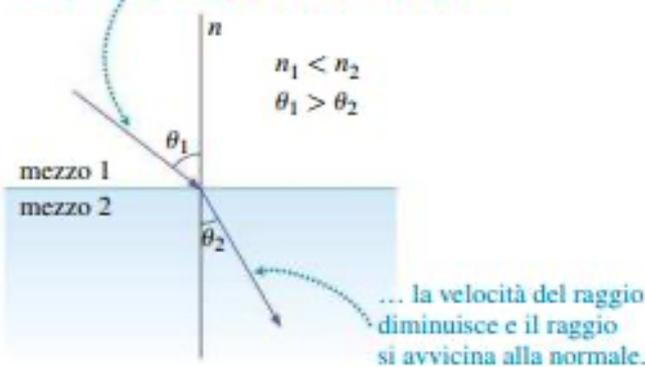
Il suo funzionamento avviene grazie al fatto che al suo interno avviene un fenomeno di riflessione totale: ogni singolo filamento imprigiona fasci di luce in quanto entrano con una incidenza maggiore dell'angolo limite che, sotto forma di impulsi, "rimbalzano" riuscendo a trasportare il segnale per lunghe distanze senza disperdere quasi nulla.



Dalla *legge di Snell – Cartesio* ne deriva che:

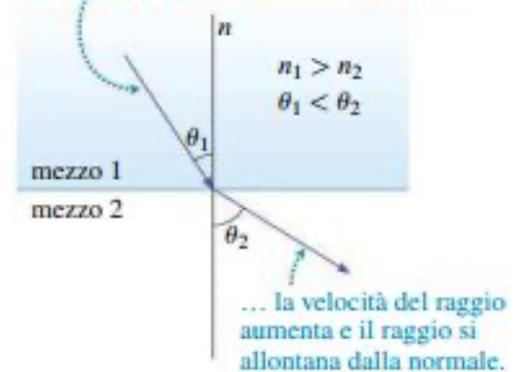
- se il raggio è normale alla superficie di separazione dei mezzi esso non viene rifratto: gli angoli sono entrambi zero
- se il passaggio tra un mezzo e l'altro dipende dal valore degli indici di rifrazione:

Se il raggio di luce entra in un mezzo che ha un indice di rifrazione più elevato (come ad esempio nel passaggio dall'aria all'acqua)...



a) Passaggio in un mezzo con indice di rifrazione maggiore

Se il raggio di luce entra in un mezzo che ha un indice di rifrazione minore (come ad esempio dal vetro all'aria)...

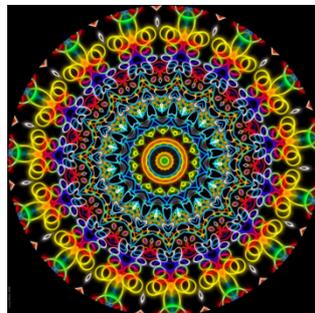


b) Passaggio in un mezzo con indice di rifrazione minore

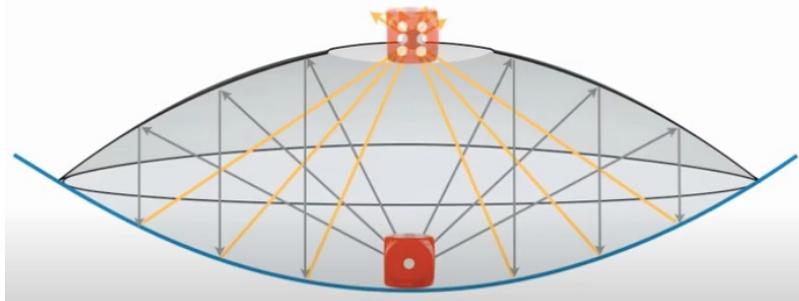
Approfondimento

Alcuni giochi...

In classe abbiamo visto e provato tre semplici giochi che sfruttano il fenomeno della riflessione della luce. Il primo di questi è il caleidoscopio, il quale è uno strumento ottico a forma di cannocchiale che si serve di piccoli frammenti di vetro colorati che formano diverse strutture simmetriche e giochi di colori grazie alla riflessione della luce su di essi.



Abbiamo poi visto il mirascopio, che è costituito da due piatti specchiati (di cui uno bucato nella parte superiore) a forma di parabola che, una volta chiusi, proiettano l'oggetto inserito al loro interno nella parte superiore, generando un'illusione ottica, come illustrato nel disegno sottostante.



Vi è infine la "scatola magica" che, sfruttando un principio simile a mirascopio, fa apparire la moneta che noi inseriamo all'interno più piccola e più lontana di quello che è realmente.

Di seguito vengono riportate le varie esperienze sulla luce relative a:

Prima prova: propagazione rettilinea della luce.



Seconda prova: riflessione della luce e le sue leggi.

Terza prova: rifrazione della luce e le sue leggi attraverso una sostanza (plexiglass).

Quarta prova: misura angolo limite.

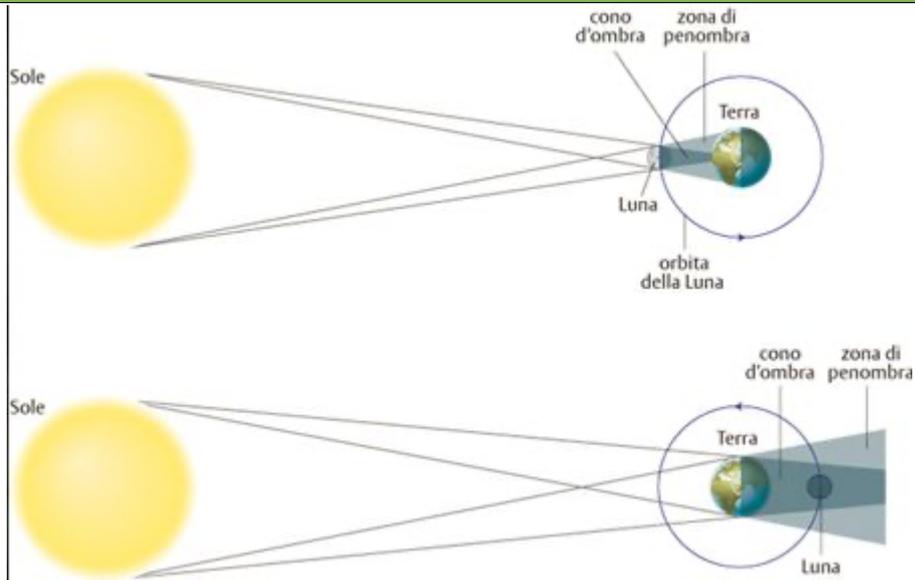
Esecuzione dell'esperienza e descrizione dei risultati ottenutiPrima prova: propagazione in linea retta della luce

Strumenti utilizzati: laser, borotalco e cucchiaio

Esecuzione: il raggio laser non si nota molto con le normali condizioni di illuminazione ma se in una stanza spegniamo la luce, creando una zona con della polvere (in questo caso borotalco), si può notare che il raggio laser si propaga attraverso l'aria e la polvere di talco in modo perfettamente rettilineo.

**Approfondimento****Eclissi**

La propagazione in linea retta della luce trova una sua applicazione nell'eclissi di Sole (o di Luna) secondo lo schema di figura:

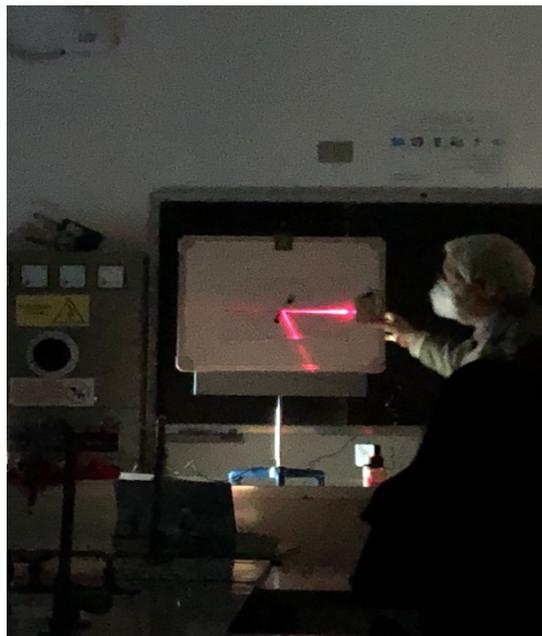


I raggi luminosi del Sole incontrano un corpo opaco (la Luna o la Terra) e si produce un cono d'ombra con zone di ombra e penombra generando le eclissi di Sole o di Luna totali all'interno del cono d'ombra o parziali nella zona di penombra.

Seconda Prova: riflessione

Strumenti utilizzati: raggio laser, goniometro, specchio piano, specchio argentato piano

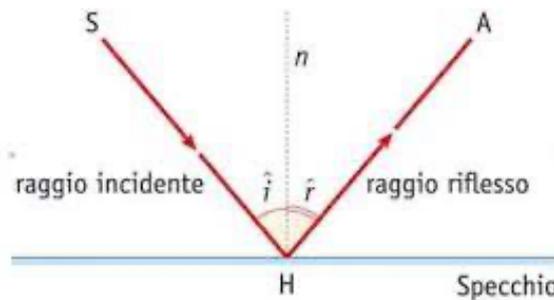
Esecuzione: grazie al posizionamento dello specchio argentato piano (in plexiglass), abbiamo potuto fare diverse misurazioni.



Il fenomeno della riflessione avviene quando la luce raggiunge la superficie di separazione tra due mezzi, allora il raggio di luce riflette (torna indietro) e va nel primo mezzo.

Il fenomeno ha due leggi:

- il raggio incidente, il raggio riflesso e la normale sono complanari (giacciono nello stesso piano).
- gli angoli (angolo di incidenza e l'angolo di riflessione) sono sempre congruenti.



Per verificare il fenomeno abbiamo fatto 4 misurazioni spostando lo specchio. Le misurazioni ricavate sono: 60° , 120° , 20° e 150° . Non c'è stata alcuna differenza perché gli angoli venivano sempre congruenti.

Per misurare la normale abbiamo messo un foglio di carta perpendicolare allo specchio così da vedere e misurare i due angoli.

Terza Prova: rifrazione

Angolo di incidenza (I)	Angolo di rifrazione (R)	$\sin \hat{I}$	$\sin \hat{R}$	$N_{21} = \frac{\sin I}{\sin R}$
0°	0°	0	0	0
15°	5°	0,258	0,087	2,965
30°	10°	0,5	0,174	2,874
45°	15°	0,7	0,258	2,713
60°	25°	0,866	0,423	2,047
75°	41°	0,965	0,656	1,471

Strumenti utilizzati: raggio laser, goniometro, specchio piano, specchio argentato piano

Esecuzione: per verificare la terza prova, quella della rifrazione abbiamo utilizzato il goniometro.

Per capire questo esperimento dobbiamo prima seguire due regole:

-il raggio di incidenza, l'angolo di rifrazione e la normale sono complanari (giacciono nello stesso piano)

-la legge di Cartesio-Snell:

$$\frac{\sin \hat{I}}{\sin \hat{R}} = \frac{N_2}{N_1}$$

Dove:

$\sin \hat{I}$ = seno dell'angolo di incidenza

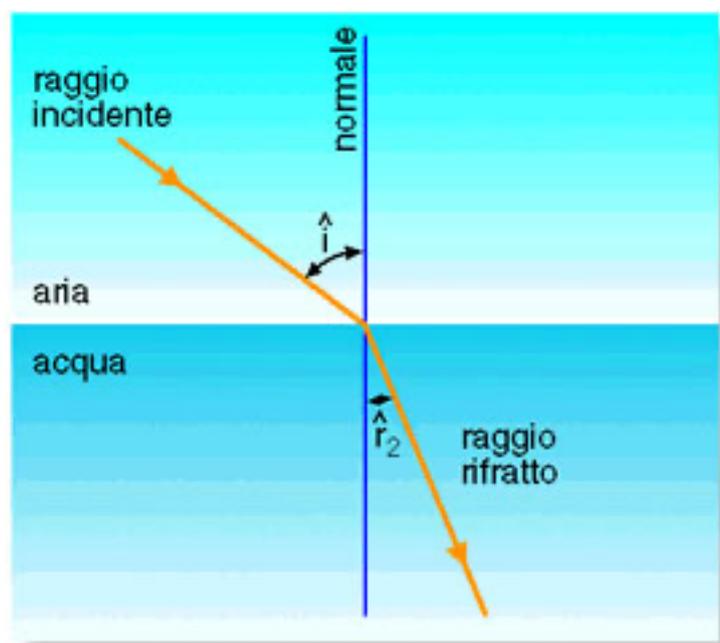
$\sin \hat{R}$ = seno dell'angolo di rifrazione

N_{21} = indice di rifrazione del secondo mezzo fratto l'indice di rifrazione del primo mezzo.

Bisogna ricordarsi anche una cosa importantissima, la luce da un mezzo più rifrangente a uno meno rifrangente non si avvicina mai alla normale ma si allontana!

Dopo la premessa teorica abbiamo fatto delle misurazioni ricavando diversi dati:

Il calcolo della media dell'indice di rifrazione escludendo il primo valore (ovvero 0°) risulta



$$media = \frac{2,965 + 2,874 + 2,713 + 2,047 + 1,471}{5} = 2,414$$

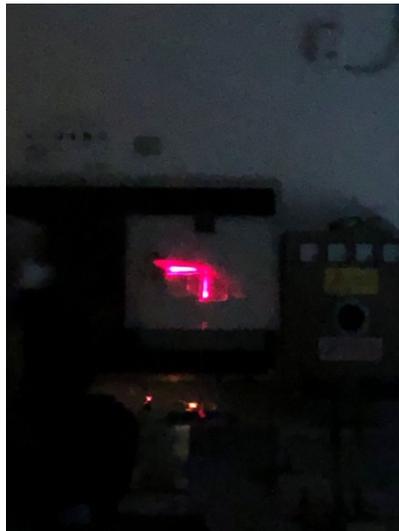
Confrontando questi risultati con quelli trovati nel libro troviamo delle differenze:

l'indice di rifrazione del plexiglass è di 1,48, molto diverso da quelli trovati da noi, solo l'ultima misurazione si avvicina molto al dato teorico. Questa differenza potrebbe essere **per** errori di misura o di calcolo.

Quarta Prova: Misura dell'angolo limite

Strumenti utilizzati: raggio laser, goniometro, specchio piano, specchio argentato piano

Esecuzione: con l'utilizzo del goniometro e lo specchio argentato piano (plexiglass) abbiamo cercato di fare la riflessione totale.



Girando il plexiglass il raggio risulta più rifratto, a 90 ° c'è la riflessione totale e l'angolo rifratto sparisce.

Calcolando la normale di 43 °, l'angolo di incidenza e di riflessione sono congruenti.

Per trovare l'indice di rifrazione assoluto del plexiglass utilizzo questa formula:

$$\sin \alpha_{\text{angolo limite}} = \left(\frac{N_2}{N_1} \right)$$

Dove:

N_2 = indice di rifrazione dell'aria = 1

N_1 = indice di rifrazione dell'assoluto del plexiglass

Ricavando l'indice di rifrazione del plexiglass $N_2 = \frac{1}{\sin 43} = \frac{1}{0,68} = 1,47$

Confrontando i dati con quelli online possiamo dire che sono molto simili. Con errori non rilevanti: angolo limite online: 42° , invece nella nostra esperienza è 43° . Simile è la situazione con l'angolo di rifrazione assoluta del plexiglass che ha un errore di 0,01.

Approfondimento

Velocità della luce nel plexiglass

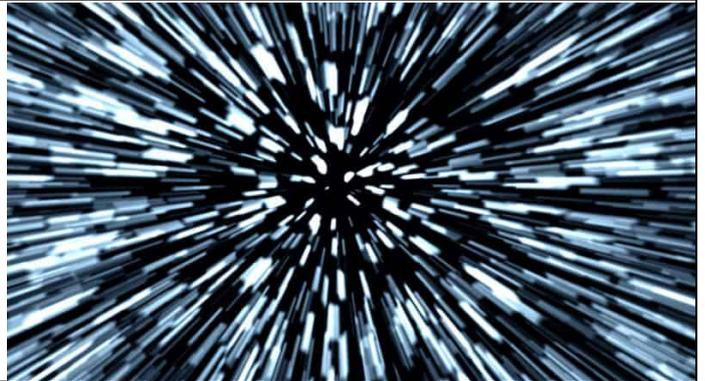
In classe abbiamo parlato della velocità della luce e su come hanno fatto i grandi fisici e scienziati del passato a calcolarla.

Con un semplice calcolo si può stimare anche la velocità della luce nel plexiglass:

$$300000 \text{ km/s}$$

indice di rifrazione assoluta del plexiglass

Sostituendo l'indice di rifrazione assoluta del plexiglass con 1,48 ricaviamo 202702,7 km/s



Conclusioni

Queste esperienze di laboratorio sono servite per dimostrare che l'ottica segue delle regole geometriche studiate anche in passato che trovano applicazione nelle più recenti tecnologie, come la fibra ottica senza la quale la trasmissione di dati sarebbe molto lenta.

Bibliografia

Appunti alle lezioni di Fisica e alle lezioni di matematica e libri

Fisica: Ugo Amaldi La fisica per i licei scientifici

Walker: Modelli teorici e problem solving primo biennio