

**UNIVERSITA' degli STUDI di GENOVA**  
**- Scuola di Specializzazione all'Insegnamento Secondario -**  
**a.a. 2005-2006**  
**CORSO di DIDATTICA della FISICA**

Elisa Briasco, Silvia Fidora, Maddalena Sturla

**Relazione del laboratorio del 22/03/07: ottica**

L'attività di laboratorio è stata suddivisa in due parti: una riguardante lo studio di fenomeni relativi all'ottica geometrica (riflessione e rifrazione) ed una relativa al fenomeno della polarizzazione e della rotazione del piano di polarizzazione della luce.

**PARTE 1 – OTTICA GEOMETRICA**

**SCOPO DELL'ATTIVITÀ:** osservare il comportamento di un raggio laser quando incide sulla superficie di separazione di due mezzi trasparenti diversi (nel nostro caso il plexiglas e l'aria). Studiare i raggi riflessi, i raggi rifratti e determinare l'angolo limite.

**STRUMENTI UTILIZZATI**

1. Puntatore laser
2. Goniometro
3. Righello

**MATERIALI**

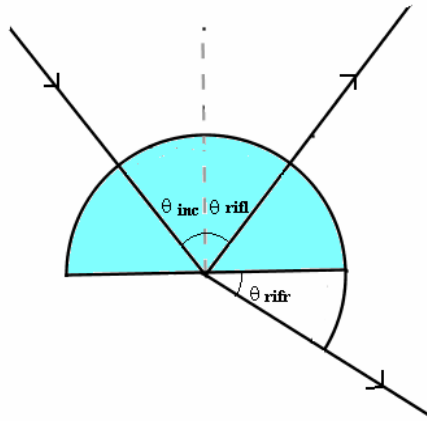
1. Semicerchio di plexiglas
2. Carta millimetrata

**PROCEDIMENTO**

Lo scopo dell'esperienza era di osservare il comportamento di un raggio laser quando incide sulla superficie di separazione di due mezzi trasparenti diversi (nel nostro caso il plexiglas e l'aria).

Per prima cosa abbiamo notato che il raggio incidente dà origine sia ad un raggio riflesso, (che ritorna nello stesso mezzo del raggio incidente, cioè nell'aria), sia ad un raggio rifratto che attraversa il plexiglas e fuoriesce seguendo una direzione differente da quella che aveva il raggio incidente (in particolare esso si allontana dalla normale alla superficie di separazione tra i due mezzi).

Per meglio studiare il fenomeno abbiamo tracciato su un foglio di carta millimetrata il contorno del semicerchio di plexiglas (avendo cura di collocare il lato dritto in corrispondenza di una delle linee orizzontali del foglio). Abbiamo, quindi, fatto incidere il raggio laser secondo diverse angolature, evitando di spostare il plexiglas. Con la matita abbiamo segnato sul foglio le direzioni dei raggi incidenti, dei raggi riflessi e dei raggi rifratti (in tutto abbiamo effettuato 8 misure).



Al termine dell'attività sperimentale abbiamo misurato con il goniometro l'ampiezza sia dell'angolo di incidenza, sia dell'angolo di riflessione (vedi tab.1)

**Tabella 1**

Angolo incidente (gradi) $\pm 1^\circ$	Angolo riflesso (gradi) $\pm 1^\circ$
5	5
8	8
12	12
16	16
21	21
27	27
32	31
37	37
42	42
46	46

***Osservando i valori ottenuti sperimentalmente e tenendo in considerazione gli errori, riteniamo di poter affermare che l'angolo di incidenza risulta uguale all'angolo di riflessione.***

Abbiamo cioè verificato sperimentalmente quanto affermato dalla seconda legge di Snell.

Ci siamo inoltre rese conto che, per osservare sulla carta millimetrata il raggio riflesso occorre fare in modo che anche il raggio di incidenza si trovasse sul piano della carta millimetrata e quindi che il raggio incidente e il raggio riflesso giacciono sullo stesso piano.

Dalla teoria sappiamo anche che il fenomeno della rifrazione avviene secondo le seguenti leggi (leggi di Snell):

1. il raggio incidente, la normale alla superficie di separazione dei due mezzi nel punto di incidenza e il raggio rifratto giacciono nello stesso piano;
2. tra il seno dell'angolo di incidenza e il seno dell'angolo di rifrazione esiste un rapporto costante al variare dell'angolo di incidenza, cioè:

$$\sin i / \sin r = n_2 / n_1 = n_{21}$$

$n_{21}$ , valore costante del rapporto, viene definito indice di rifrazione relativo del secondo mezzo rispetto al primo.

Dopo aver misurato l'ampiezza degli angoli riflessi, abbiamo perciò focalizzato la nostra attenzione sul comportamento del raggio laser quando incontra la superficie di separazione tra plexiglas ed aria ed abbiamo misurato l'angolo di incidenza e l'angolo di rifrazione (vedi tab.2)

**Tabella 2**

Angolo incidente (gradi) $\pm 1^\circ$	Angolo rifratto (gradi) $\pm 1^\circ$
5	8
8	12
12	18
16	24
21	31
27	43
32	52
37	63

Osserviamo che i raggi rifratti si allontanano dalla normale alla superficie di separazione dei due mezzi: possiamo, quindi, dire che i raggi stanno passando da un mezzo più rifrangente (plexiglas) ad un mezzo meno rifrangente (aria). Aumentando l'ampiezza dell'angolo di incidenza (angolo di  $42^\circ$  ed angolo di  $47^\circ$ ) notiamo che il raggio rifratto sparisce, mentre il raggio riflesso aumenta la sua intensità: abbiamo quindi superato l'angolo limite (angolo di incidenza per il quale l'angolo rifratto è uguale a  $90^\circ$ ). Sperimentalmente, considerando gli errori, vediamo che l'angolo limite corrisponde a circa  $42^\circ$ .

Conoscendo gli angoli di incidenza e gli angoli di rifrazione abbiamo provato a calcolare  $n_{\text{plexiglas}}$  rispetto all'aria, attraverso la legge di Snell.

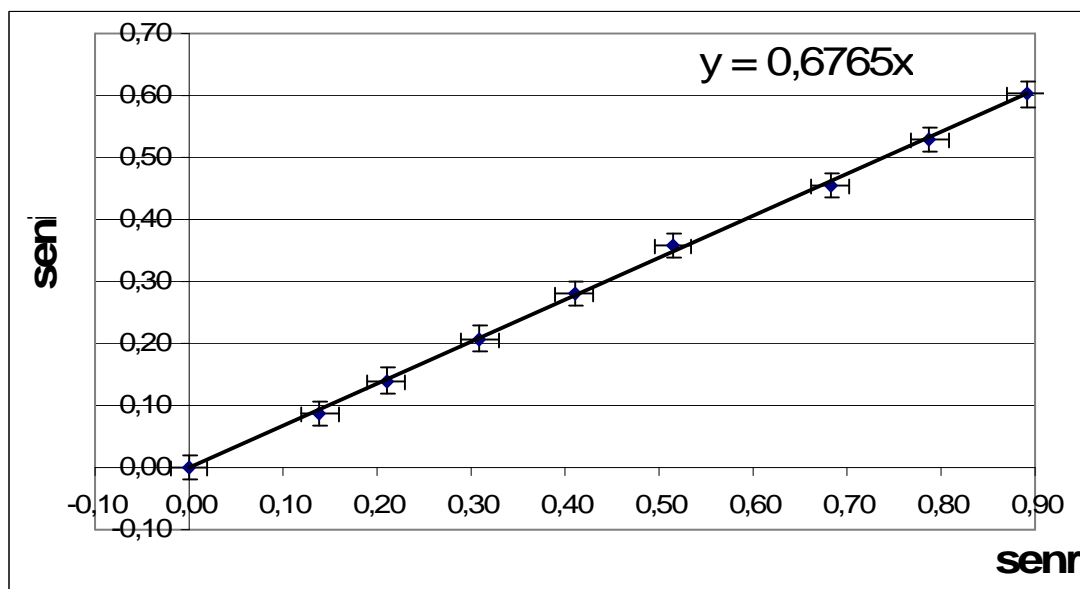
Sen i	sen r	sen i/sen r	errore
0,09 $\pm 0,02$	0,14 $\pm 0,02$	0,6	$\pm 0,2$
0,14 $\pm 0,02$	0,21 $\pm 0,02$	0,7	$\pm 0,2$
0,21 $\pm 0,02$	0,31 $\pm 0,02$	0,7	$\pm 0,1$
0,28 $\pm 0,02$	0,41 $\pm 0,02$	0,68	$\pm 0,08$
0,36 $\pm 0,02$	0,52 $\pm 0,02$	0,7	$\pm 0,1$
0,45 $\pm 0,02$	0,68 $\pm 0,02$	0,66	$\pm 0,05$
0,53 $\pm 0,02$	0,79 $\pm 0,02$	0,67	$\pm 0,04$
0,60 $\pm 0,02$	0,89 $\pm 0,02$	0,68	$\pm 0,04$

Quindi  $n_{\text{plexiglas/aria}}$  medio sperimentale è  $(0.65 \pm 0,08)$  e quello teorico è di 0.68, (sappiamo che  $n_{\text{aria}} = 1$  e che  $n_{\text{plexiglas}} = 1,48$ ): il dato sperimentale è prossimo a quello teorico e attendibile.

Conoscendo la legge di Snell per la rifrazione, inoltre, è possibile ricavare dalle misure il valore teorico dell'angolo limite. Nel nostro caso dalla formula della legge di Snell si ricava:

$$\sin i / \sin r = 0,68$$

Se l'angolo di incidenza è uguale all'angolo limite, l'angolo rifratto sarà uguale a  $90^\circ$  ed il  $\sin r = 1$ , il  $\sin i$  corrisponde perciò a 0,68. Teoricamente l'angolo limite è dunque pari a circa  $43^\circ$ : questo valore non si discosta molto da quello evidenziato sperimentalmente pari a  $42^\circ \pm 0,1^\circ$



Analizzando il grafico di seni in funzione di senr si nota che la pendenza della retta di tendenza corrisponde proprio a  $n_{\text{plexiglas/aria}}$  e, quindi, al valore del seno dell'angolo limite.

### Considerazioni didattiche

Attraverso l'esperienza descritta è possibile stimolare gli alunni della scuola media (con livelli di approfondimento differenti a seconda dell'età) ad osservare e ad esplorare il fenomeno della rifrazione dei raggi di luce che si propagano in due mezzi diversi, rilevando misure e formulando ipotesi di spiegazione del fenomeno.

### Obiettivi generali

- osservazione di un fenomeno reale, individuazione di cause ed effetti, ricerca delle variabili che intervengono nelle cause;
- avvio all'uso di un linguaggio specifico;
- avvio alla consapevolezza che la fisica costruisce modelli capaci di descrivere al meglio la realtà; ma che ogni modello ha dei limiti di cui è necessario tener conto.

### Obiettivi specifici

- introduzione alle *leggi della propagazione* della luce, con particolare riguardo al fenomeno della *rifrazione*;
- introduzione al ruolo del *mezzo di propagazione*;
- sviluppo della capacità di creare un *sistema di riferimento* stabile e di effettuare *misure*.

### Approccio didattico

1. **Fase di preparazione:** per svolgere l'attività i ragazzi vengono suddivisi in gruppi di 3/4 persone. Ai ragazzi vengono distribuiti ruoli precisi all'interno del gruppo. In primo luogo il gruppo prepara il materiale necessario per svolgere l'esperienza.
2. **Fase di osservazione:** il gruppo osserva che cosa succede. Ognuno è libero, in questa fase, di adoperare le proprie conoscenze naturali e di rifarsi alle proprie strategie mentali. Si evidenziano le trasformazioni e si individua il fenomeno da capire, si iniziano a formulare ipotesi interpretative che possono essere supportate da nuovi esperimenti. Infine si confrontano le ipotesi fatte in modo collettivo.
3. **Esecuzione di nuovi esperimenti:** il gruppo esegue nuove prove per meglio interpretare il fenomeno studiato ed utilizza strumenti di misura, al fine di effettuare un primo approccio quantitativo al problema proposto.
4. **Conclusioni:** attraverso un nuovo momento collegiale, opportunamente mediato dal docente, si cerca di arrivare alla comprensione del modello sottostante al fenomeno osservato ed a una costruzione condivisa della conoscenza.

Infine, per terminare l'attività, è possibile proporre che:

- o qualora essa venga effettuata nelle prime due classi delle Medie Inferiori si può terminare l'attività chiedendo agli studenti di produrre una relazione di quanto osservato, in modo da verificare sia la capacità di esporre in modo sequenziale un'esperienza di laboratorio, sia la loro capacità di verbalizzazione;
- o qualora essa venga proposta in una terza media, si può richiedere agli studenti di compiere osservazioni più impegnative, al fine di giungere ad una semplice elaborazione di un modello che rappresenti la propagazione della luce, partendo dall'analisi di una situazione reale e concreta.

## PARTE 2 – POLARIZZAZIONE

**SCOPO DELL'ATTIVITÀ:** osservare il fenomeno della rotazione del piano di polarizzazione della luce quando attraversa una soluzione di acqua e glucosio.

### STRUMENTI UTILIZZATI

1. Banco ottico
2. Polarizzatore
3. Filtro giallo
4. Sorgente di luce bianca

### MATERIALI

1. Soluzione di acqua e zucchero satura
2. Vaschette di vetro di varia lunghezza.

### PROCEDIMENTO

Durante questa attività abbiamo osservato un fascio di luce bianca che attraversa due filtri polarizzatori polaroid. Il primo polarizza la luce, lasciando passare solo le onde luminose che vibrano con il campo elettrico su un certo piano e assorbe tutte le altre, l'altro (posto in sequenza) analizza la luce, per questo motivo si nota una ridotta intensità luminosa. Nel caso limite di direzioni ortogonali essi fanno da schermo totale e noi vediamo buio.

Quindi mentre il primo polaroid polarizza linearmente la luce, il secondo analizza la polarizzazione della luce trasmessa dal primo se, invece, inseriamo tra i due polaroid una vaschetta piena di acqua e zucchero (sostanza otticamente attiva), il piano di polarizzazione

dell'onda viene ruotato. L'ampiezza dell'angolo di rotazione dipenderà dalla lunghezza d'onda del raggio luminoso, dalla sostanza otticamente attiva e dal suo spessore.

Una parte dell'esperienza è stata dedicata ad osservazioni qualitative: ogni componente del gruppo ha osservato il colore della luce quando attraversa una soluzione di acqua zuccherata posta tra i due polaroid. Abbiamo notato che nonostante la luce in partenza fosse bianca, noi riuscivamo a vederne una sola frequenza ("colore"). Variando l'angolo tra i due polarizzatori cambiava il colore in uscita.

Successivamente abbiamo provato ad inserire vaschette con spessore differente (avevamo a disposizione 3 vaschette di uguale larghezza ma di diversa lunghezza). Mantenendo fissa la posizione del polaroid analizzatore abbiamo notato che la luce cambiava colore al variare dello spessore. In questa fase il rilevamento dati era molto soggettivo, ognuno, infatti, ha una percezione del colore propria e difficilmente confrontabile con quella altrui.

In sintesi, attraverso le osservazioni precedentemente descritte, abbiamo capito che la rotazione del piano di polarizzazione della luce dipende dalla lunghezza d'onda del fascio luminoso, (ruotando l'analizzatore vediamo che la luce bianca viene scomposta nelle sue componenti) ed è funzione dello spessore della sostanza otticamente attiva attraversata.

Nella seconda parte dell'attività abbiamo cercato di determinare la rotazione che subisce la luce polarizzata di una data lunghezza d'onda, a tale scopo ci siamo serviti di filtri colorati (in particolare abbiamo adoperato un filtro giallo). Abbiamo perciò individuato l'angolo di rotazione del piano di polarizzazione per 4 diversi spessori di soluzione disponibili.

Come riferimento per la misura dell'angolo abbiamo preso quello in cui l'intensità luminosa era minima ( $40^\circ$ ) e abbiamo misurato, per ogni spessore, quanto dovevamo ruotare il secondo polaroid analizzatore per ritrovare il buio. Ecco i dati osservati:

1 lunghezza:  $3,5 \pm 0,1$  cm  
 $40^\circ$  - giallo  
 $57^\circ$  - buio  
Differenza –  $17^\circ$

2 lunghezza:  $5,5 \pm 0,1$  cm  
 $40^\circ$  - giallo  
 $67^\circ$  - buio  
Differenza –  $27^\circ$

3 lunghezza:  $10,5 \pm 0,1$  cm  
 $40^\circ$  - giallo  
 $94^\circ$  - buio  
Differenza –  $54^\circ$

4 lunghezza:  $15,5 \pm 0,1$  cm  
 $40^\circ$  - giallo  
 $125^\circ$  - buio  
Differenza –  $85^\circ$

Gli angoli sono stati misurati con un goniometro che ha una sensibilità di  $1^\circ$

Da questa esperienza si è potuto osservare che una luce polarizzata se attraversa una sostanza otticamente attiva come l'acqua zuccherata subisce una rotazione del suo piano di polarizzazione.

L'entità di questa rotazione è funzione della lunghezza d'onda del fascio luminoso, e questo è provato dall'osservazione di come la luce bianca venga scomposta nelle sue componenti individuabili ruotando l'analizzatore.

L'entità della rotazione inoltre è funzione anche dello spessore del mezzo attraversato.