

Proposta di percorso di ottica corpuscolare-ondulatoria

Quello che propongo è un doppio percorso tra fisica e attività di laboratorio di informatica. Lo scopo è quello di dedurre la legge di Snell in due modi:

1. con la normale attività in laboratorio di fisica e le solite misure per ricavare sperimentalmente la legge della rifrazione. A tale scopo si possono usare le scatole contenenti corpi semi cilindrici in plexiglass, proiettore e disco di Hartl che spesso sono disponibili nei laboratori didattici, oppure dei mezzi più "artigianali" come descritto in numerosi testi (p. es. "laboratorio di fisica per il triennio" edito dall'IP di Bolzano). È comunque necessario procurarsi i corpi semi cilindrici.

Attività sperimentale per dedurre la legge della rifrazione: attività di rilevamento misure; tabella e grafico angolo di incidenza (α) vs. angolo di rifrazione (β) e poi $\sin \alpha$ vs. $\sin \beta \Rightarrow$ legge di Snell;

2. simulare il percorso della luce immaginando un percorso effettuato in due mezzi in cui è possibile spostarsi con velocità diverse. Si immagina un quadrato di lato l ed altezza $2h$: nel rettangolo superiore di altezza h e lunghezza l ci si sposta a velocità v_1 mentre nel rettangolo sottostante, di uguali misure, la velocità di propagazione è v_2 .

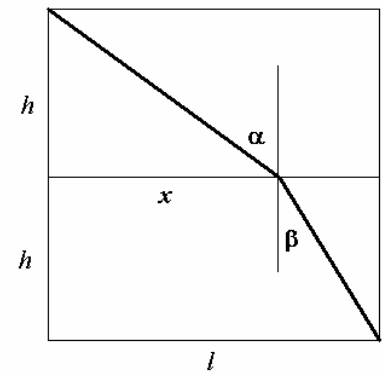
In queste condizioni si richiede agli studenti di calcolare la traiettoria che richiede il minor tempo per spostarsi dal vertice in alto a sinistra a quello in basso a destra (in pratica il punto x in cui tagliare la zona di confine).

Il calcolo deve essere effettuato con un foglio elettronico

o mediante un programma scritto con un qualunque linguaggio di programmazione.

Una volta effettuata questa attività ed individuato il punto x che soddisfa la condizione di minimo, si potrà constatare che il rapporto tra il seno dell'angolo α e quello dell'angolo β , che si potrà calcolare in relazione alla posizione del punto di attraversamento della zona di frontiera, è costante e uguale al rapporto delle velocità di propagazione.

Per "complicare" il problema si possono parametrizzare le quantità v_1 , v_2 , h ed l in modo da variare le condizioni "sperimentali".



Questo percorso permette di dare un modello del comportamento della luce nella transizione da un mezzo con una certa densità ottica ad uno di densità diversa e di dedurre e verificare le proprietà collegate mediante variazioni dei parametri nel programma di simulazione.

Il file Snell.xls (Excel) allegato è un esempio di come si può risolvere il problema di modellizzazione.

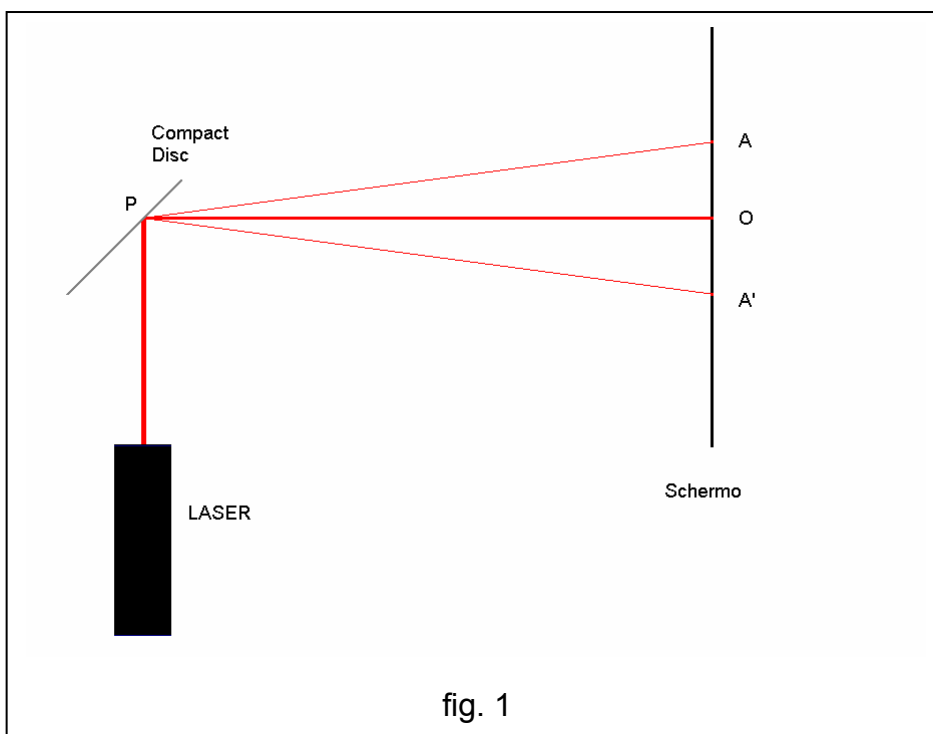
Una volta finito il percorso sull'ottica geometrica e affrontato il discorso dal punto di vista ondulatorio può essere divertente effettuare la misura illustrata nella scheda seguente

Misura del passo della traccia di un CD.

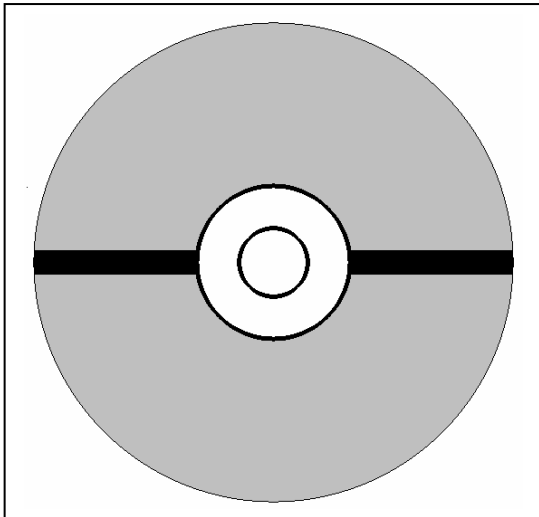
Lo scopo dell'esperienza è quello di misurare il passo della traccia di un CD audio. La sequenza dei "solchi" di un CD costituisce sostanzialmente un reticolo di diffrazione. È infatti evidente che la luce che cade sulla superficie di un compact disc subisce un processo di dispersione. Ciò è dovuto appunto al fatto che la superficie incisa è costituita dall'alternarsi di solchi a loro volta composti dagli avvallamenti del piano in cui sono memorizzate le informazioni.

Per effettuare la misura è necessario un laser di bassa potenza (qualche mW), tipicamente un laser He-Ne ($\lambda = 632.8 \text{ nm}$), uno schermo opaco, un metro a nastro e un CD.

La disposizione è quella di fig. 1



Le grandezze da misurare sono PO , AO ed $A'O$ dove P è il punto in cui il raggio laser incide sul CD. Il punto O è la posizione dello spot luminoso dovuto all'ordine zero di diffrazione mentre i punti A ed A' sono le posizioni del 1° ordine di diffrazione. I punti A ed A' sono simmetrici rispetto ad O e costituiscono un buon riferimento per il corretto allineamento del dispositivo.



Un suggerimento operativo: in figura è rappresentata la zona del CD, in nero, da colpire con il fascio laser (il punto P) affinché i punti A, O ed A' siano allineati orizzontalmente sullo schermo.

Il CD deve essere disposto perpendicolarmente al piano di lavoro.

Misure: i dati da raccogliere sono la distanza PO e la media delle distanze AO e A'O (o, in alternativa, la media delle distanze PA e PA').

Elaborazione dei dati: dalle equazioni che regolano il funzionamento di un reticolo di diffrazione otteniamo che si ha interferenza costruttiva se si verifica la condizione $d \sin \alpha = n\lambda$ dove d è il passo del reticolo, α è approssimativamente l'angolo OPA, n è l'ordine del massimo considerato e λ è la lunghezza d'onda della luce monocromatica incidente. Nel nostro caso l'ordine del massimo di diffrazione è 1 e la lunghezza d'onda è quella del laser. Per quanto riguarda α , con le note approssimazioni, possiamo ottenerne una stima per mezzo del rapporto AO/PA.

Il passo della spirale del CD, che è il passo del nostro reticolo, si otterrà mediante il seguente calcolo:

$$d = \frac{\lambda}{\sin \alpha} = \frac{\lambda \sqrt{PO^2 + OA^2}}{OA}$$

Il passo, per un CD commerciale, è di 1.6 μm .

Per la buona riuscita dell'esperimento è necessario che la distanza PO sia dell'ordine di qualche metro.

N.B.: nelle fasi di allineamento e di misura è assolutamente necessario seguire le norme di sicurezza relative all'uso dei dispositivi laser, è buona norma mantenere l'altezza dal suolo delle riflessioni al di sotto del livello degli occhi dell'operatore.

ATTENZIONE ALLE RIFLESSIONI.

Di seguito sono forniti i valori delle grandezze misurate nel corso di una esperienza:

PO = 2.05 \pm 0.01 m; AO = 0.9 \pm 0.01 m (valor medio tra AO e A'O); λ = 632.8 nm .

Questo tipo di esperienza pone in risalto una tecnica di indagine che permette la misura di oggetti microscopici con precisioni molto elevate e non danneggia il campione. Si può integrare questa esperienza con quella analoga che ha per scopo la determinazione del diametro di un filo molto sottile (capello o altro) e basata sull'interferenza tra due sorgenti monocromatiche coerenti (Young).