

APPROFONDIMENTO Cenni di ottica ondulatoria

CHE COS'È LA LUCE?

Per molto tempo i fisici hanno discusso sulla natura della luce e sui fenomeni connessi, passando da un modello corpuscolare a un modello ondulatorio.

Il modello corpuscolare era sostenuto da Newton. Secondo questo modello la luce è un insieme di particelle microscopiche, emesse dalle sorgenti luminose. Le particelle di luce si muovono in linea retta, rimbalzano sui corpi opachi, attraversano i mezzi trasparenti cambiando direzione e raggiungono i nostri occhi provocando la visione degli oggetti.



Figura 1. Christiaan Huygens (1629-1695).

Il modello ondulatorio era sostenuto soprattutto dallo scienziato danese Christiaan Huygens (1629-1695). Secondo questo modello la luce si propaga come un'onda e quindi ha le stesse proprietà delle onde: si riflette sui corpi opachi, si propaga nei mezzi, viene assorbita e così via.

Entrambi i modelli spiegano bene alcuni fenomeni luminosi. Sulla velocità di propagazione della luce in un mezzo, invece, sono in completo disaccordo. Infatti, mentre il modello corpuscolare prevede una velocità della luce maggiore in un mezzo che nel vuoto, quello ondulatorio prevede il contrario.

La disputa sulla natura della luce andò avanti per diverso tempo, finché nel 1801 il fisico e medico inglese Thomas Young (1773-1829) ideò e realizzò un famoso esperimento che convinse gli scienziati del carattere ondulatorio della luce. Egli riuscì, infatti, a mettere in evidenza che la luce è soggetta all'interferenza, fenomeno caratteristico ed esclusivo delle onde.

Nel 1849 il francese Armand Louis Fizeau (1819-1896) diede una ulteriore conferma sperimentale al modello ondulatorio, dimostrando che la velocità della luce è maggiore nel vuoto che in un qualsiasi altro mezzo. Infine, verso la fine dell'Ottocento, il fisico inglese James Clerk Maxwell (1831-1879) confermò teoricamente la validità del modello ondulatorio.

Pertanto la luce si propaga come un'onda e quindi è caratterizzata da una lunghezza d'onda λ e una frequenza f , legate fra loro dalla velocità di propagazione c :

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

LA DISPERSIONE DELLA LUCE

Per via sperimentale si dimostra che un fascio di luce bianca, incidente su un prisma (figura 2), viene scomposto in sette fasci (non perfettamente distinti) che hanno colori diversi: rosso, arancio, giallo, verde, azzurro, indaco e violetto. Questo fenomeno si chiama **dispersione** della luce e fu studiato per primo da Newton, che chiamò **spettro** la distribuzione dei colori.

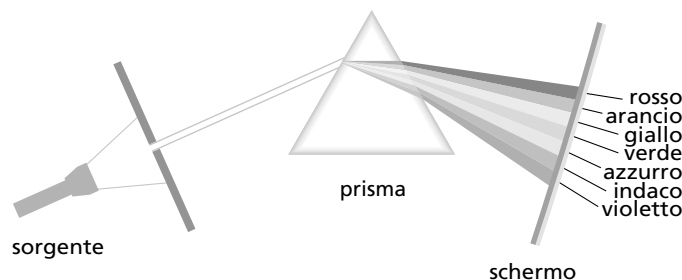


Figura 2. Il fascio attraversa la fenditura e viene rifratto due volte dal prisma (all'entrata e all'uscita). Sullo schermo il fascio risulta disperso, cioè suddiviso nei sette colori che formano la luce bianca.

Sappiamo che la deviazione del fascio di luce incidente prodotta dal prisma dipende dall'indice di rifrazione del vetro. Perciò il fatto che ci sia una dispersione dei colori, cioè che ogni colore ha una deviazione diversa, ci permette di affermare che l'indice di rifrazione dipende dal colore della luce incidente.

In particolare, il violetto viene deviato più degli altri e quindi rispetto a questo colore il vetro presenta l'indice di rifrazione maggiore (tabella 1).

Colore	Indice di rifrazione
Violetto	1,607
Azzurro	1,594
Verde	1,581
Giallo	1,575
Arancione	1,571
Rosso	1,569

Tabella 1. Indici di rifrazione del vetro flint.

LA DIFFRAZIONE DELLA LUCE

Secondo il modello ondulatorio, la luce è un'onda e quindi una perturbazione che si propaga nello spazio. Ne deriva che non possiamo rappresentarla con i raggi come fatto finora, ma mediante il **fronte d'onda**, cioè l'insieme delle posizioni raggiunte dalla perturbazione nello stesso istante. In pratica con i raggi si indica solamente la direzione di propagazione delle onde luminose.

Quando la luce attraversa una fenditura molto grande rispetto alla sua lunghezza d'onda λ , prosegue in linea retta. Al di là della fenditura passano solo i raggi che non sono intercettati dallo schermo. Quando invece la luce attraversa una fenditura molto stretta, di dimensioni confrontabili con la sua lunghezza d'onda, il fascio di luce si apre a ventaglio e si propaga anche dietro la fenditura, dove ci dovrebbe essere buio (figura 3). Il fenomeno si verifica anche quando la luce incontra sul suo cammino un ostacolo, a patto che abbia dimensioni confrontabili con la lunghezza d'onda della luce.

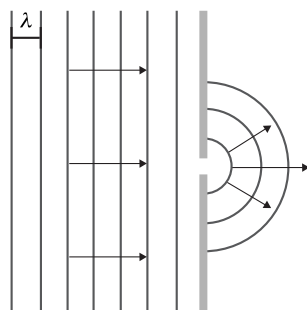


Figura 3. Quando la fenditura è molto stretta, la luce si diffrange, cioè si propaga anche ai lati della fenditura.

L'INTERFERENZA DELLA LUCE

Per le onde luminose vale il principio di sovrapposizione: due onde che passano nello stesso istante per lo stesso punto si sovrappongono, dando origine al fenomeno dell'**interferenza**. L'ampiezza dell'onda risultante dipende dalla distanza percorsa dalle due onde e quindi nel punto ci può essere interferenza costruttiva (luce) o distruttiva (buio).

Per ottenere interferenza sono necessarie due sorgenti. Nel caso delle onde luminose invece di usare due sorgenti se ne usa una sola e si fa passare la luce attraverso una doppia fenditura (figura 4).

Nella figura 4a le onde che attraversano le due fenditure arrivano nel punto A dello schermo dopo aver percorso la stessa distanza. Se sulle fenditure le due onde presentavano due creste (cioè erano in

fase), le due creste arrivano nel punto *A* nello stesso istante, le ampiezze si sommano, l'interferenza è *costruttiva*.

Nella figura 4b le onde arrivano in *B* dopo aver percorso distanze che differiscono per mezza lunghezza d'onda, quindi una ci arriva con la cresta, l'altra con il ventre (sono sfasate). L'ampiezza risultante è nulla e l'interferenza è *distruttiva*.

Nella figura 4c, pur percorrendo distanze diverse, le due onde giungono in *C* ancora in fase e una cresta si sovrappone all'altra. L'interferenza è di nuovo costruttiva e così via. In pratica, sullo schermo si ottengono zone luminose e zone buie che si chiamano **frange di interferenza**.

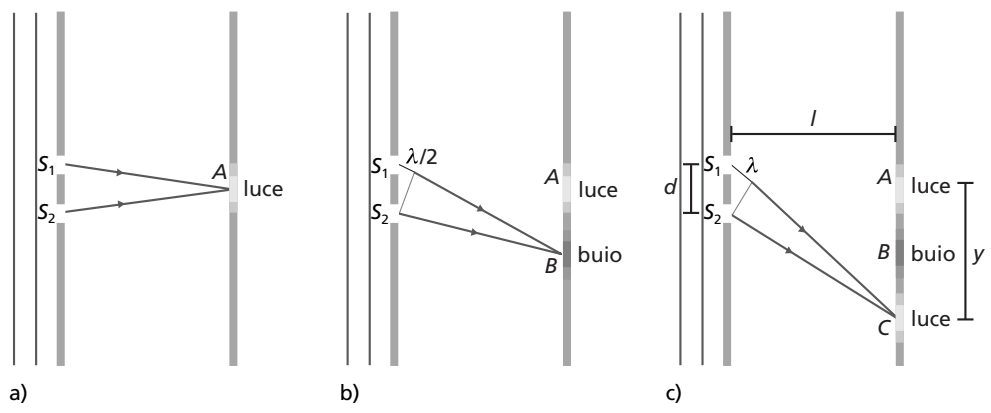


Figura 4.

- a) Nel punto *A* arrivano due onde in fase, le ampiezze si sommano e l'interferenza è costruttiva.
- b) Nel punto *B* arrivano due onde sfasate di mezza lunghezza d'onda, l'interferenza è distruttiva.
- c) Nel punto *C* arrivano due onde in fase, l'interferenza è di nuovo costruttiva.

L'interferenza attraverso due fenditure permette di misurare la lunghezza d'onda della luce. Infatti, si può dimostrare che vale la seguente relazione:

$$\lambda = \frac{yd}{l},$$

dove l indica la distanza tra il piano delle fenditure e lo schermo, d la distanza tra le fenditure e y la distanza della prima zona luminosa da quella centrale.

Misurando y , d e l si calcola il valore della lunghezza d'onda.