

Natura della Luce

Si è visto precedentemente che adottando per la luce il modello di raggio che si propaga in linea retta e con le leggi di riflessione e di rifrazione è possibile descrivere un'ampia gamma di fenomeni ottici. Tuttavia, la teoria geometrica della luce non può descrivere né interpretare i fenomeni di interferenza e diffrazione che avvengono quando la luce incontra spigoli vivi, bordi, fili sottili o strette fessure. La prima descrizione accurata della diffrazione è del 1665, ad opera del gesuita astronomo Francesco Maria Grimaldi.

Ad approfondire il tema della natura della luce si cominciò nel XVII secolo con lo studio e l'osservazione di fenomeni ottici non descrivibili con le sole leggi di riflessione e rifrazione e si sviluppò attraverso un serrato dibattito tra due grandi antagonisti: Newton e Huygens.

- Newton propose e sostenne un modello che materializzava la luce in piccoli corpuscoli che si propagavano in linea retta (**teoria corpuscolare**);
- Huygens propose invece di applicare alla propagazione della luce gli stessi principi che descrivevano efficacemente la propagazione del suono: propose di trattare la luce come un'onda (**teoria ondulatoria**)

Teoria corpuscolare



Newton
(1642-1727)

La teoria della luce di Newton si fondava sulle affermazioni seguenti:

- La luce è composta da piccolissime particelle di materia emesse da sostanze luminose in tutte le direzioni.
- Tali particelle vengono liberate dai corpi luminosi e si propagano in linea retta (in un mezzo omogeneo).
- La riflessione è spiegata tramite il rimbalzo delle particelle nel momento dell'urto con una superficie.
- La rifrazione è dovuta alle forze che le molecole di una sostanza esercitano sulle particelle di luce deviandone la direzione.
- La luce è più veloce nei corpi rispetto al vuoto.
- Luci di colori diversi vengono rifratte con angoli differenti.
- Le particelle hanno diversa massa:
 - i corpuscoli più grossi provocano la sensazione del rosso;
 - i corpuscoli più piccoli danno la sensazione del violetto
- **Newton** riuscì a spiegare:
 - riflessione,
 - differenze di colore,
 - propagazione della luce dal Sole alla Terra.
- La teoria corpuscolare però non poteva dare una spiegazione a:
 - assorbimento della luce dei corpi opachi
 - rifrazione
 - diffrazione e interferenza.

Teoria ondulatoria



Huygens
(1629-1695)

La teoria ondulatoria di Huygens invece si può fondare sulle ipotesi seguenti:

- La luce è costituita da un insieme di onde meccaniche che si propagano in linea retta a velocità finita (a differenza di Cartesio che riteneva istantanea la propagazione della luce). Il “raggio” è perpendicolare al fronte d’onda, è la direzione di propagazione dell’onda.
- Le vibrazioni dei corpi luminosi producono tali onde.
- La propagazione della luce è dovuta all’oscillazione dell’etere.
- L’etere è un mezzo isotropo, estremamente sottile, composto da corpiccioli elastici.
- L’etere propaga la luce oscillando ma non assume un moto traslatorio
- Le onde luminose obbediscono al principio di Huygens, riassumibile in tre punti:
 - Ciascun punto del fronte d’onda è il centro di onde particolari
 - Il fronte d’onda è determinato dalla tangente comune alle estremità di queste onde elementari
 - Le onde particolari sono percepibili soltanto nel luogo definito dalla loro tangente comune
 - La velocità della luce è inferiore nei mezzi che non siano l’etere (ipotesi confermata dai successivi studi sulla velocità della luce).

Con il suo modello **Huygens** riuscì a spiegare la rifrazione e la doppia rifrazione nel cristallo “*spato d’Islanda*”:

poggiando, ad esempio, un cristallo di spato di Islanda (calcite trasparente e incolore) su una pagina stampata, si osserva che tutte le parole risultano sdoppiate. Ciò significa che i raggi luminosi provenienti dalla pagina non vengono deviati dal blocco di cristallo in maniera univoca: nell’entrare nello spato di Islanda ciascun raggio viene diviso in due e pertanto il cristallo fornisce una doppia immagine di ogni oggetto dietro di esso.

Studiando più a fondo il fenomeno, si trova che dei due raggi uno segue le normali leggi della rifrazione, e viene pertanto detto raggio ordinario, mentre l’altro non le segue affatto e viene detto raggio straordinario.



Birifrazione nello spato d’Islanda

Osservò anche un nuovo fenomeno detto *polarizzazione della luce* che consiste nell’intervento sulla propagazione di un fascio di luce obbligandolo a “viaggiare” in un’unica direzione con l’aiuto di un filtro polarizzatore; diversamente, le onde verrebbero emesse in tutte le direzioni

Per quanto riguarda la diffrazione e l’interferenza si deve aspettare fino al 1818, anno in cui A. Fresnel si accorse della possibilità di utilizzare la teoria ondulatoria per una compiuta spiegazione del fenomeno.

Nel Seicento e nel Settecento la questione relativa alla natura della luce rimase senza una chiara e soddisfacente definizione principalmente per due ordini di motivi:

- L’incertezza o addirittura la carenza di dati sperimentali attendibili: nessuno all’epoca sapeva misurare le velocità della luce nei mezzi materiali e nessuno, dopo la diffusione degli strumenti ottici, aveva pensato di osservare le immagini di diffrazione mediante un oculare micrometrico in modo da avere una precisa mappa delle zone chiare e scure.
- La totale mancanza di un formalismo matematico, capace di trasformare le intuizioni in formule adeguate a fornire previsioni da sottoporre al vaglio dell’esperimento.

In questa situazione di carenza teorico-sperimentale prevalse perciò la teoria che meglio si inseriva nella concezione fisica generale dell’epoca, ossia la teoria meccanico-atomistica, secondo la quale

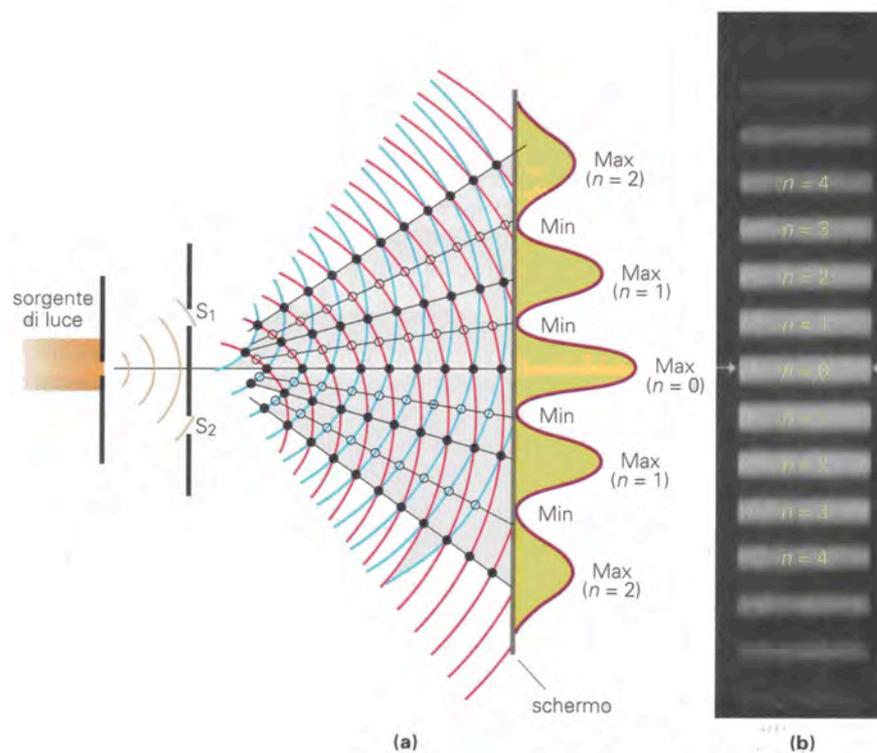
la luce doveva essere un insieme di particelle governate dalla legge di gravitazione, e che era sostenuta da chi, in quell'epoca, aveva più autorità : Newton.

Agli inizi del XIX secolo, però, la situazione subì una rapida evoluzione a favore della teoria ondulatoria. Proprio agli inizi di quel secolo, il medico e fisico inglese Thomas Young fu in grado di verificare con la necessaria precisione sperimentale che la luce filtrata attraverso due piccoli forellini molto vicini l'uno all'altro era in grado di produrre un fenomeno di interferenza del tutto analogo a quello prodotto da due sorgenti di onde circolari.



Young
(1773-1829)

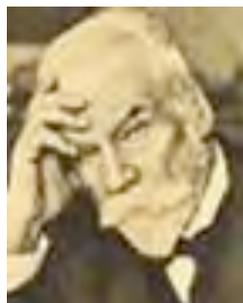
- Young effettuò un esperimento cruciale ottenendo prove convincenti riguardo la natura ondulatoria della luce.
- Esperimento della doppia fenditura.
 - La luce che attraversa due sottili fenditure forma su uno schermo un'immagine che presenta un massimo luminoso centrale e, simmetricamente ad esso, una serie di frange laterali alternativamente chiare e scure.



- L'immagine che si forma è una figura d'interferenza spiegabile solo attraverso la teoria ondulatoria.
- Nelle zone chiare vi è interferenza costruttiva.
- Nelle zone scure vi è interferenza distruttiva.
- Il risultato dell'interferenza dipende dalla differenza di lunghezza tra i cammini percorsi dalle onde provenienti dalle due fenditure.

L'esperimento di Young (1801), che oggi riteniamo di fondamentale importanza per l'affermazione della teoria ondulatoria, fu quasi ignorato e osteggiato all'epoca in cui venne eseguito principalmente per la naturale resistenza che ciascuno oppone al mutamento delle proprie convinzioni.

Tuttavia una decina di anni dopo a questo primo risultato si aggiunse l'imponente lavoro teorico sperimentale di A. J. Fresnel, il quale non solo confermò l'esperimento di Young, ma dimostrò l'esistenza di molti altri effetti interpretabili solo alla luce della teoria ondulatoria.



Fresnel
(1788-1827)

Dualismo onda-particella

Agli inizi del 1900 la teoria ondulatoria non era più in discussione. Inoltre, grazie ai notevoli progressi teorici e sperimentali dell'elettromagnetismo, si era giunti all'importante conclusione che la luce è costituita da onde elettromagnetiche del tutto simili alle onde radio. Questa prima grande unificazione di diverse realtà fisiche, l'ottica e l'elettromagnetismo, unitamente all'elegantissima forma matematica delle equazioni di Maxwell su cui l'elettromagnetismo si basa, davano ai fisici dell'epoca una fiducia enorme su questo impianto teorico. Tuttavia, proprio a seguito degli importanti progressi dell'ottica, emersero alcuni fenomeni che non trovavano nessuna spiegazione con il modello elettromagnetico-ondulatorio:

- Lo spettro di emissione dei corpi caldi, anche detto spettro "del corpo nero"
- Gli spettri della luce emessa e assorbita dagli elementi atomici, luce prodotta da lampade che scoccavano un arco elettrico nel vapore dell'elemento considerato (es. H, Na, Hg). Contemporaneamente anche il modello planetario dell'atomo era incompatibile con l'elettromagnetismo.
- L'effetto fotoelettrico, che riguardava l'estrazione di elettroni dai metalli causata dalla luce ultravioletta.

Si dovette quindi costruire una nuova teoria che non riguardava solo la luce, ma un po' tutta la concezione fisica del tempo, fatta salva la gravità. Il compito era arduo perché sia l'elettromagnetismo che il modello ondulatorio della luce hanno comunque importanti conferme sperimentali, ed andavano quindi inclusi nella nuova teoria. Quindi ciò che si dovette costruire non fu un mero ritorno al modello corpuscolare newtoniano, ma si dovette impiantare un nuovo complesso teorico che va oggi sotto il nome di Fisica Moderna, in cui la luce si comporta nelle diverse circostanze a volte come onda e altre volte come particella.