

LUCE E ONDE ELETTROMAGNETICHE

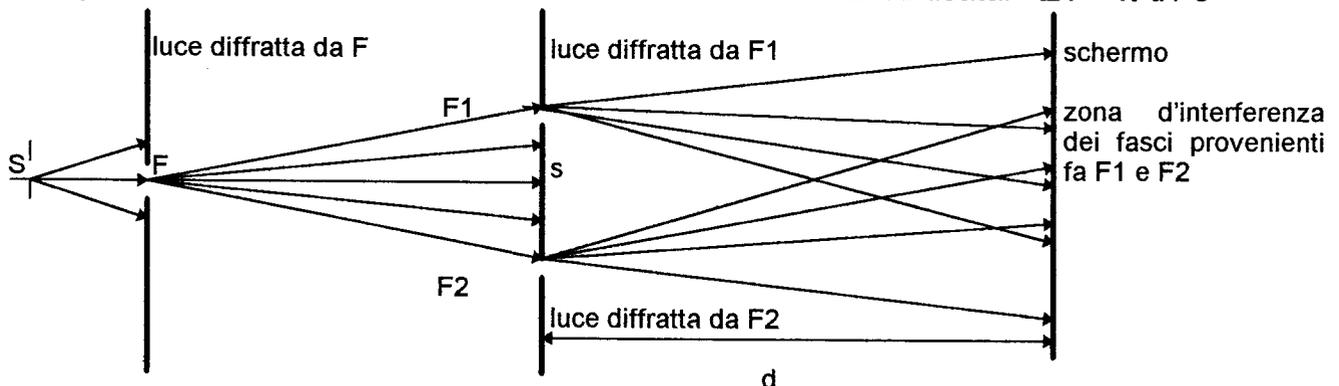
CONCETTI IN EVIDENZA

- **1) Con la luce si propaga energia.** Da questa constatazione derivano 2 problemi:
- Con quale meccanismo ? I corpi muovendosi possono trasportare energia da un punto ad un altro dello spazio, ma l'energia può propagarsi anche per onde.
 - Sotto quale forma ? Nel 1° caso si trasporta energia mediante trasporto di materia, nel 2° mediante trasporto di uno stato di moto. La risposta è che la velocità della luce coincide con quella delle onde e.m.

- **2) Il fatto che abbiano luogo i fenomeni della diffrazione ed interferenza dimostra inequivocabilmente il carattere ondulatorio del meccanismo di propagazione della luce.**

L'osservazione della diffrazione ed interferenza per le onde luminose non è immediata come per onde sonore e le onde sull'acqua e ciò a causa della λ minore di molti ordini di grandezza. Inoltre due sorgenti luminose identiche indipendenti non producono il fenomeno dell'interferenza perché non sono coerenti. Con l'esperimento di Young (1800)

1. veniva provato l'aspetto ondulatorio della luce
2. si poteva risalire al valore della λ della luce monocromatica usata: $\Delta Y = \lambda d / s$



Le due onde hanno la stessa fase quando si originano e perciò la loro differenza di fase quando emergono dalle fenditure è la stessa qualsiasi sia l'onda da cui sono state originate. Le due fenditure si possono considerare come 2 sorgenti che emettono onde sempre in fase tra loro all'origine. Di conseguenza, *la figura d'interferenza prodotta non cambia nel tempo ed è quindi percepibile da qualsiasi rivelatore.*

Sorgenti che emettono onde in fase o, più in generale con differenza di fase costante si dicono coerenti. Requisito essenziale per poter osservare fenomeni d'interferenza.

condizione per l'interferenza costruttiva:

$$\text{differenza di cammino} = 2n \lambda / 2$$

condizione per l'interferenza distruttiva:

$$\text{differenza di cammino} = (2n + 1) \lambda / 2$$

3) L'interferometro di Michelson (1881) consente di determinare la λ con maggiore accuratezza e con esso fu compiuto l'esperimento nel **1887** che ha demolito l'idea dell'etere aprendo la via alla relatività ristretta.

Risultò chiaramente che la velocità della luce rispetto all'etere non si componeva con quella della terra. Di conseguenza l'ipotesi dell'etere sistema di riferimento privilegiato per le onde e.m. doveva essere abbandonata.

LUCE E MATERIA: ONDE O CORPUSCOLI

Sin dall'inizio della scienza moderna si pose il problema della natura della luce.

Nel 600 era sconosciuto il concetto di onda e.m. L'interrogativo era allora:

la luce è propagazione di corpuscoli o di onde meccaniche?

HUYGENS (1629-1645)	NEWTON (1642- 1727)
modello ondulatorio	modello corpuscolare
<ul style="list-style-type: none"> • Ipotizza che la luce sia un'onda meccanica e quindi l'esistenza dell'etere • I fenomeni d'interferenza e diffrazione sono aspetti ondulatori • La velocità della luce deve diminuire nel passaggio da un mezzo ad un altro con indice di rifrazione maggiore 	<ul style="list-style-type: none"> • Ipotizza che la luce sia costituita da un flusso di corpuscoli che sono emessi di continuo da sorgenti luminose. • I raggi di luce dell'ottica geometrica sono le traiettorie di tali corpuscoli. • L'ottica geometrica concerne i fenomeni che si inquadrano nel modello dei raggi luminosi senza indagarne la natura • La velocità della luce deve aumentare nel passaggio da un mezzo ad un altro con indice di rifrazione maggiore

A quel tempo non si sapeva come misurare la velocità della luce in mezzi diversi (cosa che Foucault fece nel **1862** quando ormai era noto il fenomeno dell'interferenza) e perciò era impossibile discriminare tra le due teorie.

1800: Young riesce ad osservare effetti d'interferenza della luce

Malus, studiando la propagazione della luce nelle sostanze cristalline, scopre che la luce ha le proprietà delle onde trasversali

I risultati di Young e Malus stimolarono la costruzione della teoria ondulatoria della luce.

1865: SINTESI MAXWELLIANA TRA FENOMENI OTTICI ED ELETTROMAGNETICI

Momento cruciale per la storia delle idee sulla luce.

Maxwell trova che le onde e.m. hanno la stessa velocità della luce e che sono entrambi trasversali.

1887: l'esperimento di Michelson - Morley demolisce l'idea dell'etere aprendo la via alla relatività ristretta.

Fine 800 - inizio 900 :

Operando con fasci di bassa intensità si osservarono fenomeni contrastanti con la possibilità di pensare l'energia luminosa distribuita su un'onda. Einstein parla di QUANTI DI LUCE.	Si osservò pure che fasci di elettroni davano luogo a fenomeni d'interferenza e diffrazione.
↓	↓
Come conciliare il fatto che la luce presenta interferenza (<i>aspetto ondulatorio</i>) con quello che la sua energia appare localizzata nello spazio come se fosse portata da corpuscoli?	Come conciliare il fatto che l'elettrone è qualcosa d'indivisibile e localizzabile nello spazio (<i>aspetto corpuscolare</i>) con il fatto che fasci di elettroni danno luogo al fenomeno dell'interferenza?

Questa volta il problema concerneva la NATURA DELLA MATERIA, non solo della luce. Tali scoperte portarono ad una visione nuova del mondo microscopico e ad idee nuove e di non facile intuizione: particella \neq corpuscolo classico il cui moto è descritto come moto di onde di probabilità, la cui natura è matematica.

- 4) Teoria elettromagnetica della luce.

Accertato il carattere ondulatorio, resta da individuare la natura delle onde luminose. Elemento determinante è stato un risultato ottenuto nel 1885 da Maxwell come conseguenza delle equazioni dell'elettromagnetismo:

la velocità delle onde e.m. nel vuoto è data da $1 / (\epsilon_0 \mu_0)^{1/2} = 3,000 \cdot 10^8$ m/s

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ N / m² permeabilità magnetica nel vuoto

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ C² / Nm² costante dielettrica nel vuoto

Il valore che si ottiene risulta identico al valore c della velocità della luce misurato da Foucault nel 1882 : $c = (2,99792458 \pm 0,000 \ 000 \ 012)$ m/s

Questa identità di valori suggerisce che le onde luminose sono onde e.m., ossia:

Un'onda luminosa consiste in un campo elettrico e in un campo magnetico che si propagano vibrando perpendicolarmente tra loro e perpendicolarmente alla direzione di propagazione. (Teoria elettromagnetica della luce)

Tutte le proprietà fisiche delle onde e.m. e delle onde luminose sono comuni:

- sono o. trasversali: ciò è nelle prime evidenziato dagli esperimenti di Hertz, nelle seconde evidenziato dai fenomeni di polarizzazione
- interagiscono coi corpi elettricamente carichi
- trasportano una quantità di moto $q \cdot d \cdot m =$ energia / velocità di propagazione

-5) Proprietà ottiche, elettriche e magnetiche della materia.

Le onde luminose traggono origine da oscillazioni di cariche elettriche elementari, le quali si verificano quando gli elettroni legati agli atomi assorbono energia e subiscono in conseguenza transizioni tra livelli di diverso contenuto energetico. Inoltre la frequenza e quindi il colore della luce, dipende dalla quantità di energia che l'elettrone prima assorbe e poi rimette come radiazione ottica.

La connessione tra fenomeni ottici, proprietà elettriche e magnetiche della materia è proprio nella relazione $1 / (\epsilon_0 \mu_0)^{1/2}$.

Se la luce anziché nel vuoto, si propaga in un mezzo materiale, la sua velocità è diversa da c e vale: $v = 1 / (\epsilon \mu)^{1/2}$ e siccome $(\epsilon_0 \mu_0) < (\epsilon \mu) \rightarrow v < c$.

$$v = 1 / (\epsilon_0 \mu_0)^{1/2} \cdot 1 / (\epsilon_r \mu_r)^{1/2} \rightarrow v = c / (\epsilon_r \mu_r)^{1/2}$$

Se ora ricordiamo che l'indice di rifrazione assoluto di una sostanza

$$n = c / v \rightarrow n = (\epsilon_r \mu_r)^{1/2} \rightarrow n = (\epsilon_r)^{1/2}$$

essendo $\mu_r \approx 1$. Esempio, questo, di correlazione tra proprietà ottiche ed elettriche della materia e contributo alla verifica del fatto che con la teoria di Maxwell l'ottica diventa una parte dell'elettromagnetismo.