

LE ONDE ELETTROMAGNETICHE – LO SPETTRO ELETTROMAGNETICO

Esperimenti a cura del PSSC (Physical Science Study Committee)

Lo spettro elettromagnetico è l'insieme di tutte le possibili frequenze delle radiazioni elettromagnetiche. Al suo interno si distinguono sette tipi di **bande**. A ciascuna di esse corrisponde un intervallo di lunghezze d'onda (e quindi di frequenze, poiché: $\lambda \cdot f = v$).

TIPO D'ONDA	LUNGHEZZA D'ONDA <i>di riferimento</i> (m)
Onde radio	≥ 1
Microonde	10^{-2}
Infrarosso	10^{-5}
Luce visibile	5×10^{-7}
Ultravioletto	5×10^{-8}
Raggi X	10^{-10}
Raggi gamma	10^{-12}

Lo spettro elettromagnetico comprende dunque un enorme campo di lunghezze d'onda. A causa della varietà delle lunghezze d'onda, in ogni banda riscontriamo caratteristiche differenti. Tutte le radiazioni elettromagnetiche hanno però le stesse proprietà fisiche. Se scegliamo una qualunque frequenza dello spettro troviamo infatti le stesse proprietà fisiche che riscontriamo in qualunque altra parte dello spettro.

Tali proprietà comuni sono:

- 1) La trasmissione, dalla sorgente ad un ricevitore, va come un'onda;
- 2) Tali onde nascono sempre da cariche accelerate;
- 3) Tali onde viaggiano sempre nello spazio vuoto con la stessa velocità: quella della luce;
- 4) Tali onde sono trasversali, cioè la vibrazione elettrica è ad angolo retto con la direzione in cui l'onda si propaga;
- 5) Le onde possono essere polarizzate.

Queste ultime due proprietà sono in stretta relazione.

La velocità con cui le onde viaggiano si misura *facilmente*, in maniera diretta, e si verifica così che corrisponde alla velocità della luce per tutte le onde dello spettro.

Le altre proprietà si determinano tramite esperimenti *indiretti*; i cui risultati cioè dipendono da queste proprietà.

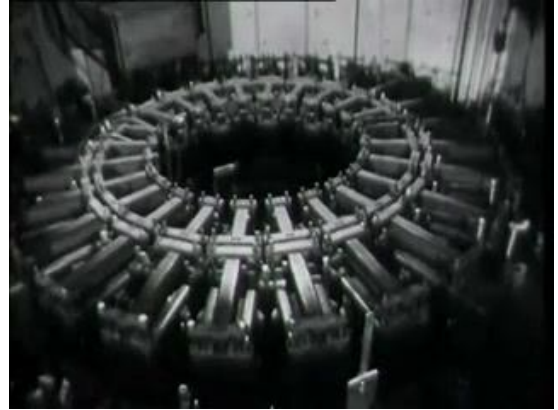
Consideriamo ora il caso della **luce visibile** e dimostriamo come le suddette proprietà la caratterizzino.

ESPERIMENTO I – La luce viene emessa da cariche accelerate (il sincrotrone)

Scopo: Dimostrare che la luce visibile è prodotta da cariche accelerate.

Strumenti: Sincrotrone

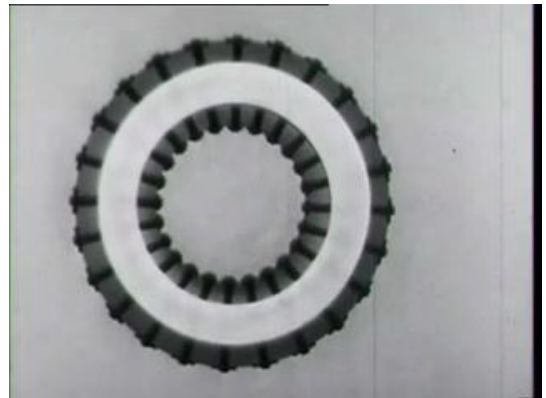
Premessa: Quando osserviamo la luce visibile noi non vediamo i particolari di come la luce viene emessa perché di solito la luce viene emessa da cariche che si muovono su scala atomica, troppo piccola per i nostri occhi!



Questo fenomeno è invece visibile negli acceleratori per elettroni ad alta energia, che si usano in fisica nucleare, poiché in essi le cariche si muovono su larga scala.

Il sincrotrone è appunto un acceleratore per elettroni. E' composto da un grande tubo circolare, al cui interno è stato creato il vuoto spinto, simile ad una ciambella (in matematica si dice: a forma di TORO!).

Dentro di esso girano gli elettroni ad altissima velocità. Grandi magneti servono a mantenere gli elettroni su orbite circolari. Se potessimo guardare dentro il sincrotrone vedremmo all'incirca questo:



Metodologia: Nel moto circolare, il cambiamento di direzione della velocità implica un'accelerazione radiale: l'accelerazione centripeta.

Se, come abbiamo supposto, una carica accelerata irradia onde elettromagnetiche, ci aspettiamo che l'accelerazione centripeta degli elettroni nel sincrotrone dia luogo ad un'emissione di radiazione elettromagnetica. In questo caso, di luce.



Un oblò nella ciambella ci permette di vedere effettivamente la luce irradiata.

La luce tremola, poiché gli elettroni vengono iniettati nella macchina a brevi impulsi. Ma ciò che a noi interessa è che la luce viene emessa dagli elettroni, sottoposti a forti accelerazioni, quando si muovono sulla grande orbita del sincrotrone.

Abbiamo così dimostrato che cariche accelerate emettono onde elettromagnetiche nella banda del visibile.

ESPERIMENTO II – La luce è un’onda (esperimento di diffrazione e interferenza)

Scopo: dimostrare che la luce è un fenomeno di tipo ondulatorio.

Strumenti: BANCO OTTICO composto da: una lampada ad arco, un condensatore, una fenditura, una doppia fenditura e uno schermo

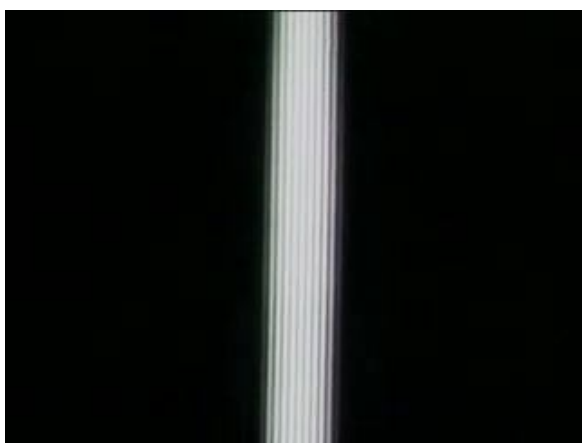
Premessa: Procediamo ad un esperimento di diffrazione e interferenza. Poiché si tratta di fenomeni tipicamente ondulatori, l’esito di questo esperimento è probante della natura ondulatoria della propagazione luminosa.



Metodologia: La lampada ad arco è una sorgente di luce visibile. La luce passa attraverso il condensatore, fino a arrivare alla prima fenditura. La fenditura diventa così una sorgente di onde elettromagnetiche, che viaggiano fino alla doppia fenditura raggiungendo contemporaneamente le due fenditure. Ciascuna di esse diventa così una nuova sorgente di onde elettromagnetiche, in

fase.

Queste onde diffrangono - cioè cambiano direzione di propagazione – e passano dalla direzione rettilinea comune a tutte, che avevano prima di raggiungere la doppia fenditure, a propagarsi in maniera radiale in più o meno tutte le direzioni; e cominciano a sovrapporsi, creando delle frange d’interferenza.

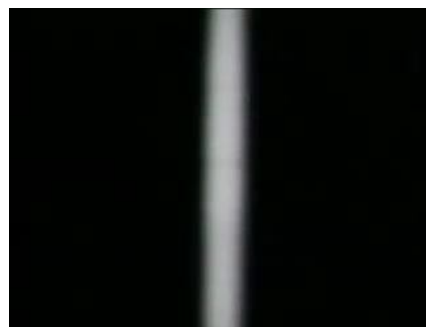


Notiamo che si presentano, sullo schermo posto dopo le fenditure, fasce chiare e fasce scure. Si hanno zone chiare quando creste che arrivano da una delle fenditure, incontrano creste che arrivano dall’altra (**interferenza costruttiva**)

Si hanno zone scure quando creste che arrivano da una delle fenditure incontrano gole che arrivano dall’altra (**interferenza distruttiva**).

Chiudiamo ora una fenditura, per dimostrare che entrambe sono implicate nel fenomeno. Le frange chiare e scure scompaiono e resta solo la figura di diffrazione di una singola fenditura. Devono essere entrambe le fenditure ad emettere onde simultaneamente, perché interferiscano.

Abbiamo così dimostrato che diffrazione e interferenza caratterizzano la luce visibile, e dunque che essa è un fenomeno di tipo ondulatorio.



ESPERIMENTO III – La luce è un'onda trasversale (esperimento di polarizzazione)

Scopo: dimostrare che la luce è un'onda trasversale mostrando che è polarizzabile. Queste due proprietà sono infatti interconnesse.



Strumenti: BANCO OTTICO con: lampada ad arco e due filtri polaroid identici.

Premessa: Occorre innanzitutto spiegare cosa significa polarizzare la luce visibile. Significa costringere la vibrazione elettrica di tutte le onde che compongono un raggio luminoso a giacere su di un piano prescelto, contenente la direzione di propagazione.

Se la luce è trasversale, la vibrazione elettrica avviene ad angolo retto con la direzione di propagazione; allora per polarizzarla occorre avere un asse privilegiato su di un piano perpendicolare alla direzione del raggio di luce, in modo che l'asse privilegiato selezioni quelle onde le cui vibrazioni elettriche sono parallele a tale asse.

Metodologia: La luce passa attraverso il primo filtro polaroid. Le onde che passano hanno la vibrazione elettrica diretta lungo l'asse del polaroid. La luce passa poi attraverso il filtro polaroid posto dopo il primo, e posizionato in modo che i loro assi risultino paralleli. La luce passa attraverso entrambi i filtri.

Se ruotiamo il secondo polaroid in modo che il suo asse sia posto a 90° rispetto a quello del primo, molta meno luce arriva fino allo schermo. Questo perché le vibrazioni allineate col primo asse raggiungono il secondo polaroid e qui trovano un asse perpendicolare ad esse e perciò non possono attraversarlo. Se lo ruotiamo di altri 90° l'intensità sale di nuovo. Questo poiché le vibrazioni allineate col primo polaroid trovano un nuovo asse parallelo e perciò passano.

Abbiamo così dimostrato che la luce è un'onda per lo più trasversale. Non è possibile infatti che essa sia un'onda longitudinale (la cui vibrazione avviene lungo la direzione in cui si propaga), poiché, se così fosse, l'asse del polaroid sarebbe sempre perpendicolare alla vibrazione (anche quando lo ruotiamo) e nessun angolo sarebbe diverso dagli altri agli effetti dell'intensità della luce. Se avessimo disposto di filtri polaroid di migliore qualità, avremmo potuto dimostrare che la luce è completamente trasversale.

Abbiamo così dimostrato che la luce si può polarizzare, che è trasversale e che le due proprietà sono strettamente connesse.