

Manfredi Gilberto
5 H

FOTONI E PRESSIONE DELLA LUCE

In questa relazione verrà spiegato il contenuto di tre video eseguiti da esperti professionisti.

Video 1:

<https://www.youtube.com/watch?v=8iGOQCebEA&list=PLrrEIoHpCEBHMPawoLgSGFVrSX8SoAl1i&index=15&t=960s>

Video 2:

https://www.youtube.com/watch?v=2aAP_W4p15s&list=PLrrEIoHpCEBHMPawoLgSGFVrSX8SoAl1i&index=17&t=8s

Video 3:

<https://www.youtube.com/watch?v=CkIOK5yUBOo&list=PLrrEIoHpCEBHMPawoLgSGFVrSX8SoAl1i&index=18&t=3s>

I FOTONI

Premessa teorica:

La prima esperienza è stata realizzata dal *Physical Science Study Committee* con il *Prof. John G. King* del *Massachusetts Institute of Technology* e la versione italiana è stata realizzata con la collaborazione della *Commissione Nazionale Per I Corsi Pilota In Fisica*.

L'esperimento ha il fine di dimostrare l'esistenza delle particelle di luce, il quale effetto è visibile solamente con una luce molto debole.

Per studiare la luce si usa una cella fotoelettrica, formata da una lastra metallica in un involucro vuoto. Quando la luce colpisce la lastra, vengono emessi elettroni i quali vengono raccolti da un elettrodo e l'intensità di corrente prodotta è pari all'intensità della luce che colpisce la cella.

Se la luce è debole, la corrente sarà molto bassa e quindi andrà amplificata con un fotomoltiplicatore, una cella fotoelettrica unita a un amplificatore nella stessa ampolla.

All'interno dello strumento c'è un certo numero di placche, la luce colpisce la prima placca e genera un elettrone il quale viene attirato dalla placca successiva che ha una tensione di 100V, così si generano altri quattro o cinque elettroni che vanno a colpire la placca successiva e così via.



Alla fine si va a creare una discreta corrente. In particolare nel fotomoltiplicatore di questa esperienza la moltiplicazione è di circa un milione. Ciò è misurabile con un amperometro sensibile, infatti misurando la corrente generata nel primo stadio e nell'ultimo si può fare il rapporto che sarà pari a un milione. E' importante sottolineare che il fotomoltiplicatore è uno strumento molto sensibile quindi la luce deve essere adeguatamente debole. L'intensità di corrente misurata nello

stadio 1 è di 5×10^{-11} A, mentre quella dello stadio finale è di 10^{-5} . Dunque è stato verificato che l'amplificazione del fotomoltiplicatore è di circa un milione.

Adesso viene collegato all'uscita del fotomoltiplicatore un oscilloscopio. Coprendo la luce e scoprendola velocemente, l'oscilloscopio misura una perturbazione. Con una luce molto fioca, l'oscilloscopio misura degli impulsi e ciò non dimostra necessariamente che la luce abbia una natura corpuscolare poiché gli impulsi vengono generati dagli elettroni prodotti nel fotomoltiplicatore e non dalla luce in sé.

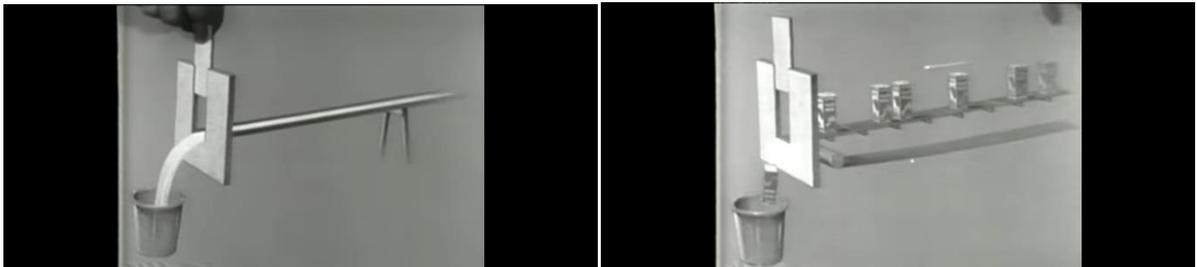
Un altro curioso effetto è che coprendo la luce con un panno nero, l'oscilloscopio misura sempre degli impulsi i quali possono essere in gran parte eliminati raffreddando il fotomoltiplicatore con ghiaccio secco e alcool.

Esecuzione dell'esperienza:

L'esperienza viene spiegata semplicemente con l'esempio del latte. Se vogliamo avere un litro di latte al minuto, esso può essere erogato in modi diversi.

Nel primo caso un litro di latte viene versato in 10 secondi ogni minuto, nel secondo caso il latte è disposto in modo arbitrario in scatole di un litro ciascuna su un nastro trasportatore ma sempre in modo tale che passi un litro ogni dieci secondi sul nastro e che lo sportello si apra una volta al minuto.

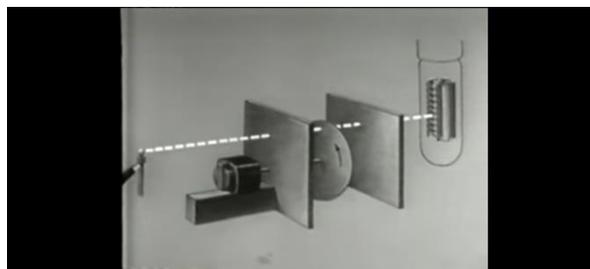
Per capire se il latte è in scatole o sfuso c'è un sistema, all'apertura dello sportello bisogna aspettare in un caso dieci secondi, mentre nell'altro non è detto che esca il cartone di latte subito o dopo dieci secondi (non c'è un ritardo sistematico).



Queste idee sono la base dell'esperienza per capire se la luce è in pacchetti o è sfusa.

Nell'esperienza verrà utilizzato anche un otturatore, un disco con un piccolo foro, ogni volta che farà un giro il foro coincide con un buco nella piastra e la luce passa.

Questo è lo schema dell'apparato:



La luce arriva al fotomoltiplicatore solo quando i due fori dell'otturatore coincidono, per un breve tempo. Il fine è cercare un ritardo nell'emissione dei fotoelettroni da quando la luce arriva al fotomoltiplicatore.

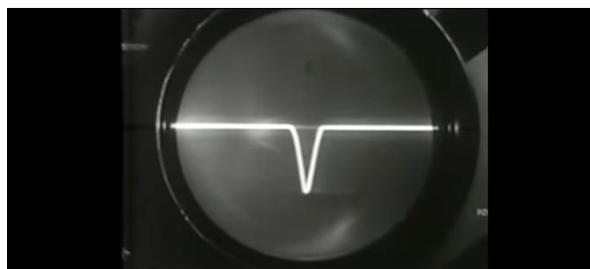
Per sapere quando effettivamente la luce passa, viene utilizzato un amperometro.

Per eliminare la luce diffusa viene inserito uno schermo e anche dei filtri che diminuiscono l'intensità della luce di cento volte. L'intensità iniziale è di 3×10^{-4} A ma con il filtro scende a 4×10^{-6} A, aggiungendone un altro si raggiungono i 5×10^{-8} e con un altro ancora i 3×10^{-10} A. Quindi l'intensità della luce misurata (3×10^{-10} A), è quella misurata all'uscita del fotomoltiplicatore, dunque la corrente generata dalla cella fotoelettrica sarà di 3×10^{-16} A cioè circa 2000 elettroni al secondo, cioè circa un elettrone ogni duemillesimo di secondo. Se un elettrone viene emesso ogni duemillesimi, è come l'esempio del latte in scatola per cui non bisogna aspettare un tempo prima di avere un litro intero e quindi può capitare che appena si apra lo sportello esca subito il cartone di latte e la stessa cosa può capitare con l'otturatore. Collegiamo dunque il fotomoltiplicatore all'oscilloscopio e togliamo i tre filtri. Quando l'otturatore è aperto, se si sincronizza la traccia dell'oscillatore con la rotazione del disco in modo tale che il periodo di apertura sia nello stesso tempo.



Questo periodo può essere misurato con l'oscillatore catodico o calcolarlo dalle dimensioni del disco ed è pari a un cinquemillesimo di secondo.

Allargando la traccia, l'impulso si vede più chiaramente e segniamo dov'è l'inizio e la fine di esso.

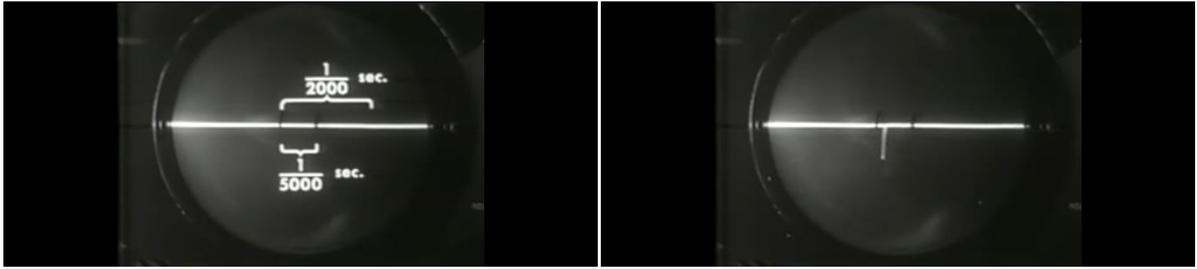


In seguito inseriamo uno dei filtri usati in precedenza per diminuire l'intensità luminosa e con una maggiore amplificazione si vede l'effetto degli elettroni.

Inserendo un secondo filtro si possono vedere i singoli impulsi e anche degli impulsi fuori dal periodo buono.



Con il terzo filtro l'intensità luminosa è molto bassa e ci sarà un elettrone ogni duemillesimi di secondi, tuttavia se dovessimo aspettare questo tempo per avere un elettrone (come nel latte sfuso), non ci sarebbe nessun elettrone che passerebbe nel foro, il quale c'è solo per cinquemillesimi di secondo. Ma invece ci sono (come nel latte in scatola), per esempio questo:



Questo è capitato sei microsecondi dopo l'apertura dell'otturatore.

Ciò dimostra che la luce non eroga la sua energia in un flusso continuo ma in particelle e che la luce ha anche una natura corpuscolare.

LA PRESSIONE DELLA LUCE

Premessa teorica ed esecuzione dell'esperienza:

La seconda esperienza è stata realizzata dal *Physical Science Study Committee* con il *Prof. Jerrold R. Zacharias* del *Massachusetts Institute of Technology* e la versione italiana è stata realizzata con la collaborazione della *Commissione Nazionale Per I Corsi Pilota In Fisica*.

La luce è un flusso di particelle che si muove in linea retta e quindi si può comparare con il moto delle pallottole. In quest'esperienza viene osservato il moto dei proiettili per osservarne la compatibilità con la luce. Colpendo un corpo con una pallottola, essa scontrandosi non si ferma e cade a terra semplicemente ma per breve tempo produce un impulso, quindi anche la luce dovrebbe produrre una spinta anche se minima. Questo perché una teoria che abbia valore deve riassumere tutto quello che si sa e deve esprimere nuovi esperimenti da fare.

I primi tentativi di misurare la pressione prodotta dalla luce furono durante l'Ottocento, ma solamente agli inizi del Novecento si riuscì a dimostrarla effettivamente.

Prendiamo uno specchietto e lo mettiamo in equilibrio su un lato, se lo illuminiamo esso non cade e se invece soffiamo esso cade. Ciò sembra abbastanza ovvio quindi bisogna trovare un altro modo per dimostrare l'esistenza della pressione della luce.

Possiamo utilizzare un mulinello che in determinate condizioni, come un vuoto spinto, inizia a girare una volta illuminato dalla luce. Questo strumento fu inventato da Crookes e prende il nome di radiometro di Crookes, il suo fine era quello di dimostrare la pressione della luce.



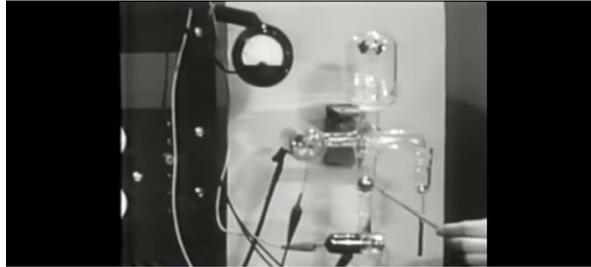
Crookes credeva che le quattro pale (con un lato chiaro e uno scuro), ruotassero perché una particella di luce che colpisce il lato chiaro viene riflessa indietro mentre quella che colpisce il lato scuro viene assorbita, dunque la particella che si scontra sul lato bianco imprime una forza maggiore e le pale quindi ruotano. Ciò è misurabile ponendo una piastra d'acciaio sospesa su un filo in modo tale da oscillare e mettendo sulla parte superiore della piastra stessa del grasso da

ingranaggi che fa da assorbitore delle pallottole. In seguito fissiamo uno zero e misuriamo l'oscillazione della piastra in base che venga colpita sul grasso oppure no.

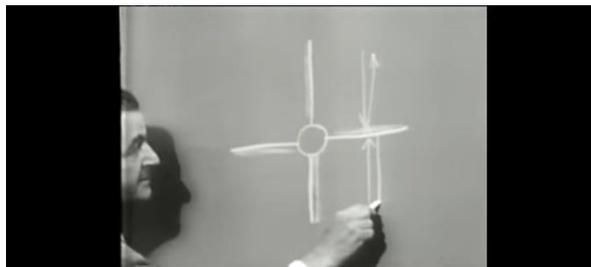
Se la piastra viene colpita sul grasso, essa oscilla molto di meno, quasi della metà.

Crookes credeva che il suo mulinello funzionasse in questo modo, tuttavia può succedere che le pale girino nel verso opposto rispetto a quello aspettato e quindi evidentemente la teoria era errata. Allora fu intuito che togliendo il grosso dell'aria dall'ampolla, il poco gas rimasto era la causa della rotazione.

Per dimostrare ciò si può costruire un radiometro fatto in casa, con esso dopo aver raggiunto un vuoto molto spinto si nota che anche se si illuminano le pale, esse non ruotano più. Quindi evidentemente è il gas interno al radiometro a causare la rotazione.



Ciò accade perché le molecole del gas colpiscono le pale, su entrambe le facce. La luce scalda di più la faccia scura di quella chiara, il rinculo prodotto è maggiore dunque la spinta del gas agisce prevalentemente sulla faccia scura e così il mulinello gira.



In seguito viene tirato un filo sottilissimo di grandezza pari a circa un decimo del capello umano con appesa una foglia sottile di alluminio con sotto una pompa elettronica che tiene tutto sotto vuoto. Tutto ciò viene fatto per eliminare ogni possibile interferenza presente nel radiometro di Crookes, l'attrito con la sospensione della lamella e gli effetti del gas con un vuoto fortissimo, con una paletta lucida su entrambe le parti e sottile in modo tale da raggiungere sempre una temperatura uguale.



Successivamente con una lampada di 20 W, puntata su una faccia della lamella, non succede praticamente nulla. Allora illuminando un lato della lamella, essa subisce una spinta e fa delle rotazioni; la spinta in questione è la pressione generata dalla luce, una forza piccola ma comunque esistente che può essere misurata che è di circa 10^{-9} atmosfere per una lampada di 20 W.

Per esempio la pressione della luce solare è circa di 3×10^{-11} atmosfere.

Essendo una forza molto piccola, è lecito chiedersi che effetti abbia nell'universo. Sicuramente influenza le code delle comete che non seguono precisamente il moto della testa, anche se non è l'unico fattore. Inoltre mantiene le stelle alle grandezze che hanno e che vediamo.

Conclusione:

In conclusione abbiamo dimostrato la natura corpuscolare della luce che ha vari effetti su tutti i fenomeni. La luce è veramente confrontabile con un fascio di proiettili che colpisce tutti i corpi.