



Scuola di Ferrara 2019

Effetto Fotoelettrico

Nel 1905, Albert Einstein propose la sua ipotesi teoretica sull'effetto fotoelettrico secondo la quale la radiazione elettromagnetica deve essere descritta in termini quantistici; si deve quindi immaginare che essa viaggi in *pacchetti di energia* – che Einstein chiamò *quanti di energia* – di valore $h\nu$ localizzati nello spazio, con caratteristiche che, fino a quel momento, sembravano essere prerogativa unicamente delle particelle materiali.

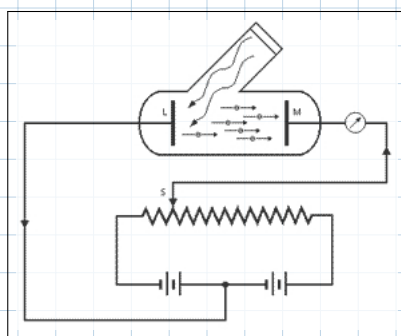
"Secondo l'idea che la luce incidente consista di quanti di energia con energia $h\nu$, si può scrivere la produzione di raggi catodici per mezzo della luce come segue.

I quanti di energia penetrano in uno strato superficiale del corpo e la loro energia è almeno parzialmente trasformata in energia cinetica dell'elettrone. La rappresentazione più semplice è che un quanto di luce trasferisca tutta la sua energia ad un singolo elettrone; noi assumeremo che accada proprio così.

Non dobbiamo tuttavia escludere la possibilità che gli elettroni ricevano solo una parte dell'energia associata al quanto di luce. Un elettrone che acquisisce energia cinetica entro un corpo ne avrà perso una parte quando avrà raggiunto la superficie. Inoltre si deve assumere che ciascun elettrone per lasciare il corpo debba produrre un lavoro W che è caratteristico del corpo".

A. EINSTEIN – SU UN PUNTO DI VISTA EURISTICO RELATIVO ALLA CREAZIONE E ALLA CONVERSIONE DELLA LUCE

Qui è riportato lo schema dell'apparato che, invece, Philip Lenard realizzò per i suoi studi sull'effetto fotoelettrico.



Il materiale fotoelettrico L (il catodo) è collocato in prossimità di un anodo M all'interno di un tubo a vuoto. Quando la luce colpisce la superficie catodica, gli elettroni espulsi sono attratti dall'anodo e generano, di conseguenza, una corrente fotoelettrica. Il valore della corrente fotoelettrica generata è proporzionale alla intensità della radiazione incidente, la velocità degli elettroni non dipende dalla intensità della radiazione ma dalla sua frequenza.

Quesito 1. Ricavare, dal documento di Einstein, le informazioni che permettono di ricavare l'equazione dell'effetto fotoelettrico.

Quesito 2. Il valore numerico della costante di Planck può anche essere ricavato in laboratorio, in quanto la relazione tra la *d.d.p.* di arresto degli elettroni emessi e la frequenza della radiazione che attiva l'effetto fotoelettrico è di tipo lineare. Se si è in grado di ricostruire la retta sperimentale che mette in correlazione queste grandezze, misurando la frequenza della radiazione incidente e l'energia cinetica degli elettroni emessi, si può giungere al valore di h . Alcuni esperimenti di effetto fotoelettrico condotti con radiazione visibile, nei quali è utilizzato come catodo fotoemettitore del sodio, hanno portato ai seguenti valori.

Frequenza della radiazione incidente	Potenziale di arresto
$5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	0.3V
$6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	0.75V
$7 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	1.1V

Sulla base di questi valori, determinare il potenziale di estrazione del sodio e il valore della costante di Planck.

Quesito 3. Da una attività di laboratorio sull'effetto fotoelettrico è stata ricavata la seguente tabella di dati.

	$\lambda \text{ (nm)}$	Pot. di arresto	Frequenza (Hz)
Giallo	588.00	0.173	$5.102 \cdot 10^{14}$
Rosso	611.00	0.118	$4.91 \cdot 10^{14}$
Azzurro	472.00	0.689	$6.3559 \cdot 10^{14}$
Verde	525.00	0.458	$5.7143 \cdot 10^{14}$
Verde/azzurro	505.00	0.525	$5.94 \cdot 10^{14}$

Quali sono le informazioni che possono essere ricavate – in merito al fenomeno – dai dati? Qual è il significato della intersezione della retta interpolante con l'asse delle ascisse?

Quesito 4. Quando due raggi ultravioletti, le cui lunghezze d'onda sono $\lambda_1 = 280 \text{ nm}$ e $\lambda_2 = 490 \text{ nm}$, incidono su una superficie di piombo, producono fotoelettroni sui quali agisce un campo magnetico B il cui vettore di induzione magnetica vale $32 \cdot 10^{-6} \text{ T}$, perpendicolare alla loro direzione di propagazione. Risentendo del campo, gli elettroni si muovono su traiettorie circolari i cui raggi massimi sono $r_1 = 0.3085 \text{ m}$ e $r_2 = 0.2722 \text{ m}$ – misurati al decimo di millimetro –.

- Stimare, attraverso la relazione dell'effetto fotoelettrico, il valore numerico della costante di Planck.
- Calcolare la funzione lavoro e la frequenza di soglia del piombo.

Quesito 5. Quale può essere la spiegazione dal punto di vista classico del fenomeno e quali eventuali incongruenze emergono rispetto ai dati sperimentali?

Fonti bibliografiche

- M.E. Bergamaschini, P. Marazzini, L. Mazzoni *“L'indagine del mondo fisico”*
Volume F – Carlo Signorelli Editore 2001
- James S. Walker *“Fisica – Modelli teorici e problem solving”*
Volume 3 Pearson – Linx 2016