

Le origini della meccanica quantistica

A P P R O F O N D I M E N T O

Alla fine del diciannovesimo Secolo ('800) la teoria ondulatoria (classica), che spiegava bene diversi fenomeni delle radiazioni elettromagnetiche (diffrazione, rifrazione ecc.), affermava che l'energia associata a una radiazione elettromagnetica è proporzionale ai quadrati delle ampiezze (**A**) del campo elettrico (**E**) e del campo magnetico (**H**) della radiazione stessa e non alla sua frequenza (**v**):

$$E \propto (A_E^2 + A_H^2)$$

Per la teoria classica, l'energia associata a un'onda elettromagnetica è quindi indipendente dalla sua frequenza (**v**) o dalla sua lunghezza d'onda (**λ**).

La teoria classica della radiazione, inoltre, prevedeva che un corpo ad altissima temperatura dovesse emettere delle onde elettromagnetiche con uguale distribuzione in tutte le regioni dello spettro elettromagnetico.

Ma questa teoria, che aveva pur dato un buon contributo nella spiegazione dei fenomeni ottici, non riusciva a spiegare i fenomeni quali l'**emissione del corpo nero** e l'**effetto fotoelettrico**.

Il fenomeno dell'**emissione del corpo nero** si verifica quando, riscaldando la superficie di un corpo nero resistente al calore, esso libera energia sotto forma di radiazioni elettromagnetiche.

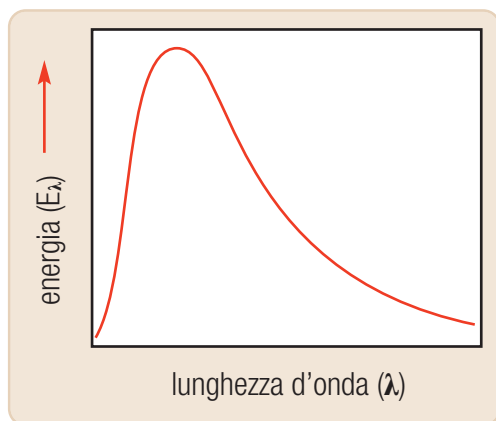


Figura 1
Distribuzione delle energie delle radiazioni emesse dal corpo nero in funzione della loro lunghezza d'onda

I fisici dell'epoca videro con enorme sorpresa che, aumentando progressivamente la temperatura del corpo nero, il colore della luce irradiata dal corpo passava progressivamente al rosso, poi al giallo e infine al bianco.

Questo significava che all'aumentare della sua temperatura il corpo emetteva radiazioni con una frequenza (**v**) maggiore (figura 1).

La progressione dell'aumento della frequenza (**v**) della radiazione emessa non era continua ma a sbalzi, cioè si passava a frequenze maggiori in maniera discontinua.

Analogamente a quanto osservato per l'emissione del corpo nero anche l'effetto fotoelettrico non era spiegabile con la teoria classica della radiazione.

L'**effetto fotoelettrico** è quel fenomeno fisico che si manifesta quando, nel vuoto spinto, una lamina metallica, colpita da una radiazione elettromagnetica, emette elettroni.

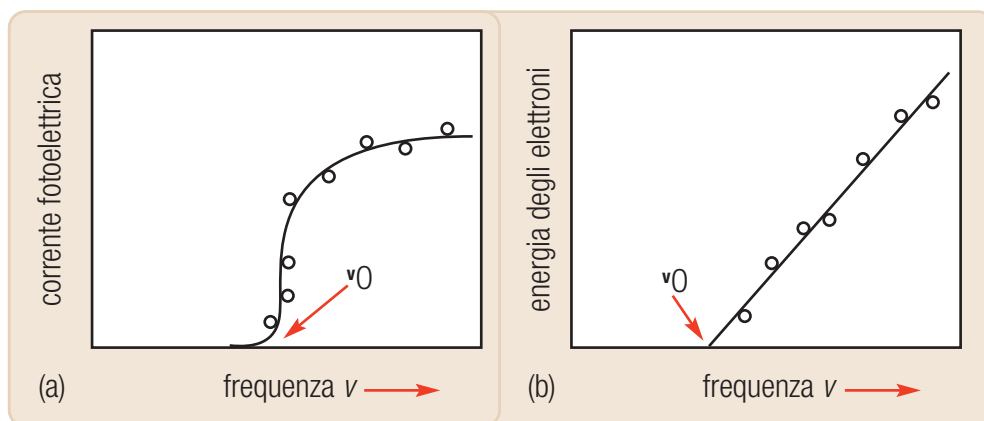
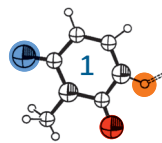


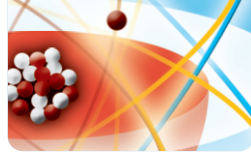
Figura 2
La corrente elettronica emessa in funzione della frequenza (a) e l'energia degli elettroni in funzione della frequenza (b)

Vi sono inoltre due aspetti sorprendenti, che la teoria classica della radiazione non riesce a spiegare.

Il primo è che per far avvenire l'effetto fotoelettrico occorre che la radiazione incidente sulla lamina abbia una certa frequenza di soglia (**ν₀**).

Il secondo è che l'energia posseduta dagli elettroni emessi è proporzionale alla frequenza della radiazione incidente (figura 2).





La spiegazione teorica dei fenomeni osservati nel paragrafo precedente fu trovata nel 1900 da **Max Planck** (premio Nobel per la Fisica nel 1918), il quale dimostrò come la materia non può possedere una qualsiasi quantità di energia, ma solo **determinate quantità di energia**.

Riferendoci all'emissione del corpo nero, notiamo che esso emette una radiazione con una certa frequenza (ν) che dipende dalla temperatura a cui si trova, poiché le particelle di cui è composto oscillano con quella stessa frequenza (ν).

Allo stesso modo, per allontanare un elettrone da una lamina metallica sotto vuoto per mezzo dell'effetto fotoelettrico, si deve irradiare la lamina con una radiazione che abbia una frequenza (ν_0) tale da conferire agli elettroni un'energia sufficiente per poter sfuggire agli atomi.

Questi due fenomeni ci fanno capire che le interazioni che si realizzano tra la materia e l'energia non hanno una proporzione continua e lineare, cioè la materia non può assorbire o emettere una qualsiasi quantità di energia.

La materia può possedere e liberare quantità precise di energia (**quantizzate**): nel gergo dei fisici si dice che questa energia è «a pacchetti»; questi pacchetti vengono detti **quanti**. La teoria formulata da Planck venne dunque chiamata **teoria dei quanti**.

Planck stabilì così che l'energia associata ad una radiazione elettromagnetica è direttamente proporzionale alla frequenza (ν) e inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda (λ); la costante di proporzionalità tra l'energia e la frequenza (o la lunghezza d'onda) è la **costante di Planck «h»** ($h = 6,626075 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$).

$$E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda$$

L'**equazione di Planck** pertanto è:

Dove:

- **h** è la costante di Planck;
- **ν** è la frequenza della radiazione elettromagnetica;
- **c** è la velocità della luce ($3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$);
- **λ** la lunghezza d'onda della radiazione elettromagnetica.

Nel 1905 Albert Einstein ipotizzò inoltre che l'effetto fotoelettrico producesse particelle dotate di energia **h ν** ; a queste particelle venne dato il nome di **fotoni**.

Le teorie più moderne definiscono i fotoni come particelle mediatrici della forza elettromagnetica, poiché l'effetto di queste particelle si manifesta solo all'atto dell'esplicazione della stessa forza elettromagnetica, come potrebbe essere l'emissione di un quanto di luce da parte di un elettrone.

