

Effetto Compton

L'**effetto Compton** descrive l'urto tra un fotone ed un elettrone. Il fenomeno fu osservato per la prima volta da Arthur Compton nel 1923 e divenne ben presto uno dei capisaldi per la descrizione quantistica della luce.

L'esperimento che Compton realizzò, consisteva nell'inviare un fascio di luce su un oggetto ed osservarne la diffusione. Il fisico statunitense osservò che i fotoni con alta energia (fra gli 0,5 ed i 3,5 MeV), che passavano all'interno del materiale, subivano una perdita di energia, ovvero viravano verso il rosso.

Questo effetto può essere spiegato semplicemente: bisogna pensare ai fotoni come a particelle che, per riuscire a superare gli elettroni presenti negli atomi, sono costretti a cedere loro parte della loro energia. Per ridurre il paradosso che confutava la teoria ondulatoria della luce descritta dalle equazioni di Maxwell, si è dovuto introdurre una soluzione basata sulla teoria quantistica della luce.

Dal punto di vista matematico, l'Effetto Compton può essere così rappresentato: si devono impostare le equazioni di un urto tra un fotone, inteso come particella, ed un elettrone.

Posti φ e ψ gli angoli rispettivamente di deviazione della direzione iniziale del fotone e dell'elettrone finale, e dette v e v' le frequenze iniziale e finale della luce, andiamo ad impostare un sistema di equazioni che tenga conto delle conservazioni dell'energia e del momento:

$$\begin{aligned}h\nu + m_0c^2 &= h\nu' + mc^2 \\ \frac{h\nu}{c} &= \frac{h\nu'}{c} \cos \varphi + mv \cos \psi \\ 0 &= \frac{h\nu'}{c} \sin \varphi - mv \sin \psi\end{aligned}$$

dove v è la velocità dell'elettrone uscente, h la costante di Planck, c la velocità della luce,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

m_0 la massa a riposo dell'elettrone e $\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ è la massa relativistica dell'elettrone.

Risolviendo il sistema di equazioni, si ottiene una variazione della lunghezza d'onda ($\lambda = cv^{-1}$) del fotone pari a:

$$\Delta\lambda = \lambda_0 (1 - \cos \varphi)$$

dove

$$\lambda_0 = \frac{h}{m_0c}$$

è detta **lunghezza d'onda Compton**, ed il suo valore approssimato è 2,43 pm oppure $2,43 \cdot 10^{-12}$ m.

La scoperta e la soluzione matematica di questo principio, ha portato molti aspetti positivi per quanto riguarda le teorie sulla luce poiché:

- è grazie a questo effetto che ha avuto inizio il dibattito sulla dualità onda-particella;

- si è verificato che il fotone iniziale e quello finale non sono gli stessi ma due diversi, perché diversa è la loro energia e quindi frequenza.

La differenza tra la lunghezza d'onda del fotone e dell'elettrone dopo l'urto si chiama **Spostamento Compton** ed è tanto maggiore quanto più è ampio l'angolo da cui si osserva il fenomeno (ovvero dipende da dove è posizionato il rilevatore rispetto alla normale traiettoria del fotone prima dell'urto).

Nell'Universo però, si è potuto riscontrare un paradosso di questa teoria e cioè: quando un fotone a bassa energia ed un elettrone ad elevata energia interagiscono, è l'elettrone a cedere energia. Questo principio viene chiamato: **"Effetto Compton inverso"** e si realizza quando l'energia del fotone è molto più piccola di quella dell'elettrone.

Questo è facilmente riscontrabile: quando un elettrone di altissima energia, ad esempio generato dai raggi cosmici, interagisce con un fotone a bassa energia quale ad esempio quello dovuto alla radiazione cosmica di fondo. Avendo carica energetica più alta, sarà l'elettrone a cedere energia al fotone. E' questo importantissimo processo che permette di generare fasci di fotoni ad alta energia (centinaia di MeV).

dott. Diego Tasselli astrofisico e socio del GAE - Gruppo Astrofili Eporediesi