



Scuola di Ferrara 2019

## Effetto Compton

Grazie all'esperimento condotto nel 1923, Arthur Holly Compton fornì la conferma definitiva dell'aspetto particellare della radiazione. Attraverso il fenomeno di *scattering* di raggi X da parte di elettroni liberi, egli scoprì che la lunghezza d'onda della radiazione 'scatterata' [lett. *sparpagliata*] è maggiore della lunghezza d'onda della radiazione incidente. Questo fatto può essere spiegato solamente se i fotoni X si comportano come particelle.

Nel testo dello stesso Compton, leggiamo quanto segue.

*"Dal punto di vista della teoria quantistica noi possiamo supporre che un qualche particolare quanto di radiazione X [non sia diffuso da tutti gli elettroni del radiatore ma] spenda tutta la sua energia su un qualche particolare elettrone [del materiale investito].*

*Questo elettrone, a sua volta, diffonderà il raggio in una qualche direzione definita, formante un certo angolo con la direzione del fascio incidente. Questa variazione della radiazione del quanto di radiazione si accompagna ad una variazione del suo momento [quantità di moto]. Conseguentemente l'elettrone diffondente rinculerà con un momento uguale alla variazione del momento del raggio X. L'energia del raggio diffuso sarà uguale a quella del raggio incidente diminuita dell'energia cinetica dell'elettrone diffondente che rincula e poiché il raggio diffuso deve essere un quanto completo, la sua frequenza sarà ridotta nello stesso rapporto dell'energia. Perciò, in base alla teoria quantistica, noi dovremmo aspettarci che la lunghezza d'onda del raggio X diffuso sia più grande di quella del raggio X incidente".*

A. H. COMPTON – A QUANTUM THEORY OF THE SCATTERING OF X-RAYS BY LIGHT ELEMENTS

Compton fu in grado di spiegare con successo i suoi risultati sperimentali solamente dopo aver considerato la radiazione incidente come un fascio di particelle – fotoni – che urtano *elasticamente* singoli elettroni. Questo processo di *scattering* può essere studiato ricorrendo alle leggi dell'urto elastico, segnatamente la conservazione dell'energia e la conservazione della quantità di moto.

**Quesito 1.** Se  $\vec{p}$  è la quantità di moto del fotone dopo lo *scattering* a un angolo  $\theta$  e  $\vec{P}_e$  la quantità di moto dell'elettrone che rincula, se:

$$E_e = \sqrt{\vec{P}_e^2 c^2 + m_e^2 c^4}$$

è l'energia dell'elettrone *dopo* la collisione, anche in base alle informazioni che si possono ottenere dal testo di Compton, ricavare la relazione che collega le lunghezze d'onda iniziale e finale del processo.

**Quesito 2.** Supponiamo che fotoni a alta energia – segnatamente raggi  $\gamma$  – siano ‘scatterati’ da elettroni inizialmente a riposo. Ipotizziamo che gli elettroni siano ‘scatterati’ all’indietro e che le loro energie siano di gran lunga maggiori della energia che compete all’elettrone a riposo, ovvero  $E \gg m_e c^2$ .

a. Determinare la variazione della lunghezza d’onda nel processo.

b. Dimostrare che l’energia dei fotoni ‘scatterati’ è uguale alla metà della energia a riposo dell’elettrone, a prescindere dall’energia dei fotoni incidenti.

c. Calcolare l’energia cinetica di rinculo dell’elettrone se l’energia dei fotoni incidenti è di  $150\text{MeV}$ .

**Quesito 3.** Quale può essere la spiegazione dal punto di vista classico del fenomeno e quali eventuali incongruenze emergono rispetto ai dati sperimentali?

**Quesito 4.** Nella ipotesi che possa sussistere una spiegazione classica del fenomeno, quali sono i parametri che compaiono nella funzione d’onda e quali modificazioni portano sulla forma della funzione stessa le loro variazioni?

### Fonti bibliografiche

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