

光の粒子性

1887 年 ヘルツ(Hertz)：光電効果の発見

1905 年 アインシュタイン(Einstein)：光量子(light quantum)

光子 1 個あたりのエネルギー： $E = h\nu$ (h ：プランク定数、 ν ：振動数)

光電子放出：光を金属に当てた時、金属から放出される電子のエネルギー E_e

$E_e = h\nu - \phi$ (ϕ ：金属の仕事関数)

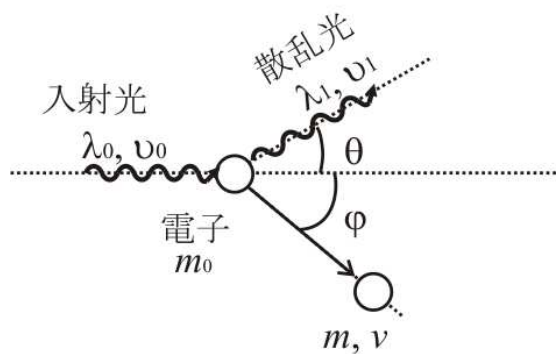
コンプトン効果 Compton effect

X 線を物質に照射すると、一部は透過・吸収し、残りは散乱する。

- ・トムソン散乱(Thomson Scattering)：同じ波長の電磁波が放射される。
- ・コンプトン散乱(Compton Scattering)：照射 X 線より長い波長の X 線が放射される。

コンプトン散乱

静止している電子に振動数 ν_0 (波長 λ_0) の光を照射する。



入射光

エネルギー $h\nu_0$

運動量 $\frac{h\nu_0}{c}$

静止している電子 (質量 m_0)

エネルギー m_0c^2

運動量 0

散乱光

エネルギー $h\nu_1$

運動量 $\frac{h\nu_1}{c}$

速度 v で運動している電子 (質量 $m = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$)

エネルギー mc^2

運動量 mv

散乱前後の運動量保存則より

$$\frac{h\nu_0}{c} = \frac{h\nu_1}{c} \cos \theta + mv \cos \varphi \quad (\text{水平成分})$$

$$0 = \frac{h\nu_1}{c} \sin \theta + mv \sin \varphi \quad (\text{垂直成分})$$

上式から φ を消去すると

$$mv^2 = \frac{h^2}{\lambda_0^2} + \frac{h^2}{\lambda_1^2} - 2 \frac{h^2}{\lambda_0 \lambda_1} \cos \theta$$

散乱前後のエネルギーの保存則より

$$h\nu_0 + m_0 c^2 = h\nu_1 + mc^2 \quad \rightarrow \quad \frac{h}{\lambda_0} + m_0 c - \frac{h}{\lambda_1} = mc$$

$$\text{電子の質量は相対論より } m = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2} \quad \rightarrow \quad m^2 v^2 = m^2 c^2 - m_0^2 c^2$$

以上の式より

$$\frac{2h^2}{\lambda_0 \lambda_1} \cos \theta = \frac{2h^2}{\lambda_0 \lambda_1} + 2m_0 c \left(\frac{h}{\lambda_1} - \frac{h}{\lambda_0} \right)$$

入射光と散乱光の波長の波長差 $\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_0$ として $\Delta\lambda$ について整理すると

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta)$$

と求められる。 $\frac{h}{m_0 c} = 2.426 \times 10^{-12} \text{ m}$ は（電子の）コンプトン波長と呼ばれる。