

コンプトン効果が観測される条件 (filename=compton0-qa091201.tex)

物質に短波長の X 線を照射して散乱させる場合、散乱 X 線の波長には、入射波の波長より長い波長をもつ X 線が含まれることがあり、コンプトン散乱 (コンプトン効果) と呼ばれている。波長 λ の光子が静止していた電子と衝突して、入射方向から角度 θ の方向に散乱されて、波長 λ' になったとする。電子の (静止) 質量を m 、プランク定数を h 、真空中の光速を c とする。散乱前後の波長のずれについて次の関係式が成立する。

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta) \quad (1)$$

1. $h \cong 6.63 \times 10^{-34} \text{joule} \cdot \text{s}$ 、 $c \cong 3.0 \times 10^8 \text{m/s}$ 、 $m \cong 0.91 \times 10^{-30} \text{kg}$ として、電子のコンプトン波長を $\text{\AA} = 10^{-10} \text{m}$ 単位で計算せよ。
2. 波長の長い X 線 (波長は $100 \text{\AA}$ 程度) や可視光線 (波長は $5000 \text{\AA}$ 程度) に対してはコンプトン効果は見られない。これはどうしてか、理由を述べよ。

(解答)

1.

$$\begin{aligned} \frac{h}{mc} &= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{joule} \cdot \text{s}}{0.91 \times 10^{-30} \text{Kg} \times 3.0 \times 10^8 \text{m/s}} \\ &= \frac{6.626}{0.91 \times 3} \times 10^{-34+30-8} \frac{\text{joule} \cdot \text{s}}{\text{Kg} \times \text{m} \cdot \text{s}^{-1}} \\ &= 0.024 \text{\AA}. \end{aligned} \quad (2)$$

2. まず、式 (1) の両辺を入射波の波長 λ で割ると

$$\frac{\lambda' - \lambda}{\lambda} = \frac{\left(\frac{h}{mc}\right)}{\lambda}(1 - \cos\theta) \quad (3)$$

となる。

- (a) この式の左辺は波長の相対的变化率を表す。
- (b) 右辺の三角関数を含む項の大きさは高々 1 の程度の大きさにとどまる。
- (c) したがって、波長の相対的变化率は電子のコンプトン波長 h/mc と入射波の波長の比で決まる。
- (d) 波長が $100 \text{\AA}$ 程度の X 線の場合、この比は約 2×10^{-4} となるので、コンプトン効果は見えないといってよい。可視光線の場合にはさらに 50 分の 1 になるので、より一層見えなくなる。