

電子半径の推定；electronradius.tex

特殊相対論によれば質量 m_e の電子は静止していても静止エネルギーをもつ。この静止エネルギーが電子の電荷による静電エネルギーに相当するとして電子の半径（古典電子半径）を推定せよ。ただし、光速度、電荷素量、電子の質量、真空の誘電率はそれぞれつぎのように与えられるとする。

$$c \cong 3.0 \times 10^8 \text{m/s}, \quad (1)$$

$$e \cong 1.6 \times 10^{-19} \text{coul}, \quad (2)$$

$$m_e \cong 0.91 \times 10^{-30} \text{kg}, \quad (3)$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cong 9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{coul}^2. \quad (4)$$

（解答例）

1. 電子の静止エネルギーは $m_e c^2$ であり、電子半径を r と表して、静電エネルギーの目安として $e^2/(4\pi\epsilon_0 r)$ を考えると

$$\begin{aligned} m_e c^2 &= \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \\ \rightarrow r &= \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 (m_e c^2)}. \end{aligned} \quad (5)$$

2. 具体的数値を代入すると

$$\begin{aligned} r &= 9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{coul}^2 \times \frac{(1.6 \times 10^{-19} \text{coul})^2}{0.91 \times 10^{-30} \text{kg} \times (3.0 \times 10^8 \text{m/s})^2} \\ &= \frac{9.0 \times 1.6^2}{0.91 \times 3^2} \times 10^{9-38+30-16} \cdot \left(\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{coul}^2}\right) \cdot \text{coul}^2 \cdot \frac{1}{\text{kgm}^2\text{s}^{-2}} \\ &= 2.8 \times 10^{-15} \text{m}. \end{aligned} \quad (6)$$

[考えて見よう]

水素原子の基底状態における平均半径は約 $0.5 \times 10^{-10} \text{m}$ 、原子核の大きさは 10^{-15}m 程度であることがわかっている。すると原子の内部はほとんど真空となるので、原子からできている巨視的物質は透明になるはずである。しかし、現実の物質はそうならないのはなぜだろうか。