

(原子核における速度と反応時間) filename=reactiontime-in-nucleiqa101019a.tex

原子核における速度と典型的時間として、次のような手順で陽子が原子核を通過する時間を考えて計算してみよう。

1. ある粒子の質量 m 、運動エネルギー K のとき、この粒子の v と光速度 c の比 v/c を m, c, K で表わす式を求めよ。(非相対論近似を用いてよいとする。)
2. 運動エネルギー $K = 10\text{MeV}$ をもつ陽子の場合に、 $mc^2 \approx 940\text{MeV}$ として、 v/c を計算せよ。
3. 質量数 A の原子核の半径は $R(A) \approx 1.2A^{1/3}\text{fm}$, ($1\text{fm} \equiv 10^{-15}\text{m}$) と表されるとして、この陽子が原子核程度の幅を通過する時間 Δt を計算せよ。ただし、 $A=125({}_{52}^{125}\text{Te})$ 、光速度は $c = 2.99792458 \times 10^8\text{m/s}$ を用いよ。

(解答例)

1. 運動エネルギーの定義式を mc^2 を用いるように書き直すと

$$\begin{aligned} K &= \frac{1}{2}mv^2 \\ &= \frac{1}{2}mc^2\left(\frac{v}{c}\right)^2 \\ \rightarrow \frac{v}{c} &= \sqrt{\frac{2K}{mc^2}}. \end{aligned} \tag{1}$$

2. 前問の結果を用いて

$$\begin{aligned} \frac{v}{c} &\approx \sqrt{\frac{2 \times 10 \text{ MeV}}{940 \text{ MeV}}} \\ &\approx 0.15. \end{aligned} \tag{2}$$

3. 題意より、通過に要する時間 t は

$$\begin{aligned} t &= \frac{2R}{v} \\ &\approx \frac{2 \times 1.2 \times 5 \times 10^{-15}\text{m}}{0.15 \times 3 \times 10^8\text{m/s}} \\ &= \frac{2 \times 1.2 \times 5}{0.15 \times 3} \times 10^{-15-8}\text{s} \\ &\approx 10^{-22}\text{s}. \end{aligned} \tag{3}$$