

厚さ $d = 2.0 \times 10^{-4}$ cm, 面積 (=幾何学的面積) $S = 1$ cm² の炭素膜に、エネルギー $E = 8$ MeV の重陽子のビーム (線束) が垂直に入射して、次の核反応が起こるとする。



重陽子の入射強度 I_0 が面積 1cm² あたり、1 μA の電流に相当する場合、次の問に答えよ。ただし、この核反応のミクロ断面積を $\sigma = 0.2$ barn, (1 barn $\equiv 10^{-24}$ cm²), 炭素の密度 $\rho = 2.0$ g/cm³、電気素量の大きさを $e = 1.6 \times 10^{-19}$ coul とする。

1. 重陽子とは何か簡単に説明せよ。
2. 炭素のグラム原子量 m_A はいくらか。
3. アボガドロ数を $N_a = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ として、炭素原子 (核) の数密度 N を計算せよ。
4. 重陽子の入射強度 I_0 を計算せよ。
5. 反応率 R_{total} (=この核反応が 1 秒間に何回起こるか) を計算せよ。

(解答例)

1. 重陽子は陽子 1 個と中性子 1 個からなる最も軽い原子核である。
2. 炭素のグラム原子量は約 12.0 g/mol である。
3. 炭素原子 (核) の数密度 N は次のように表される。

$$N = \frac{\rho}{m_A} N_a. \quad (2)$$

与えられた具体的な値を代入すると次のように求められる。

$$\begin{aligned} N &= \frac{2.0 \text{ gcm}^{-3}}{12.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times (6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}) \\ &= 10^{23} / \text{cm}^3. \end{aligned} \quad (3)$$

4. 重陽子 1 個の運ぶ電荷は $e = 1.6 \times 10^{-19}$ coul に等しいことを考慮すると、この反応における重陽子ビームの入射強度 I_0 は次のように求められる。

$$\begin{aligned} I_0 &= \frac{1.0 \times 10^{-6} \text{ coul s}^{-1} \text{ cm}^{-2}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ coul}} \\ &= 6.25 \times 10^{12} / (\text{s} \cdot \text{cm}^2). \end{aligned} \quad (4)$$

5. 反応率 R_{total} は入射強度、標的核の数密度、標的の幾何学的断面積と幅に比例し、その比例係数が反応の (ミクロ) 断面積であるから次のように求められる。

$$\begin{aligned} R_{\text{total}} &= \sigma I_0 N S d \\ &= (2 \times 10^{-25} \text{ cm}^2) \times 6.25 \times 10^{12} \text{ s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \times (10^{23} \text{ cm}^{-3}) \times 1 \text{ cm}^2 \\ &\quad \times (2 \times 10^{-4} \text{ cm}) \\ &= 2.5 \times 10^7 / \text{s}. \end{aligned} \quad (5)$$