

(d,p) 反応率の計算 filename=reactionrate-qa141112.tex

厚さ  $x = 2.0 \times 10^{-4}$  cm, 面積 (=幾何学的面積)  $S = 1$  cm<sup>2</sup> 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 1cm<sup>2</sup> あたり、1  $\mu$ A の電流に相当する場合、次の間に答えよ。ただし、この核反応のミクロ断面積を  $\sigma = 0.2$  barn, (1 barn  $\equiv 10^{-24}$  cm<sup>2</sup>), 炭素の密度  $\rho = 2.0$  g/cm<sup>3</sup>、電気素量の大きさを  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  C 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  $N_a = 6.0 \times 10^{23}$ /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  $R_{\text{total}}$  (=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  $M_A$  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  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  C 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。

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

5. 反応率  $R_{\text{total}}$  は入射強度  $I_0$ 、標的核の数密度  $n$ 、標的の幾何学的断面積  $S$  と幅  $x$  に比例し、その比例係数が反応のマイクロ断面積  $\sigma$  であるから次のように求められる。

$$\begin{aligned} R_{\text{total}} &= \sigma I_0 \times (nSx) \\ &= (0.2 \times 10^{-24} \text{cm}^2) \times 6.25 \times 10^{12} \text{s}^{-1} \text{cm}^{-2} \times (10^{23} \text{cm}^{-3}) \times 1 \text{cm}^2 \\ &\quad \times (2 \times 10^{-4} \text{cm}) \\ &= 2.5 \times 10^7 / \text{s}. \end{aligned} \tag{5}$$

すなわち、1秒間に2500万回も核反応が起きている。