

(断面積, 平均自由行程 : filename=mean-freepath-uran-qa141112.tex)

1. まず一般的な場合を考える.

- (a) モル質量 (グラム原子量) M_A , 密度 ρ , アボガドロ数 N_a を用いて, 原子 (核) の数密度 n を表せ.
- (b) ある核反応の断面積 σ と原子 (核) の数密度 n によりマクロ断面積 Σ と対応する平均自由行程 ℓ を表せ.

2. 次に具体的な場合を考える.

- (a) アボガドロ数 $N_a = 6 \times 10^{23}$, ウランの密度 $\rho = 19.0\text{g/cm}^3$ として, $^{235}_{92}\text{U}$ の原子 (核) の数密度 n を具体的に計算せよ.
- (b) 熱中性子に対する $^{235}_{92}\text{U}$ の散乱 (scattering) および核分裂 (fission) の断面積はそれぞれ次のように与えられている : $\sigma_s = 15\text{b}, \sigma_f = 582\text{b}$, $1\text{b} = 1\text{barn} \equiv 10^{-24}\text{cm}^2$. 散乱, 核分裂のそれぞれの平均自由行程 ℓ_s, ℓ_f を cm 単位で計算せよ.

(解答例)

1. (a) 題意により

$$n = \frac{\rho}{M_A} N_a. \quad (1)$$

(b) 題意により, まずマクロ断面積は

$$\Sigma = n\sigma \quad (2)$$

である. 次に Σ を用いて平均自由行程 ℓ は

$$\ell = \frac{1}{\Sigma} = \frac{1}{n\sigma} \quad (3)$$

となる.

2. (a) $^{235}_{92}\text{U}$ のモル質量 (グラム原子量) は約 235g であるとして

$$n = \frac{19.0\text{gcm}^{-3}}{235\text{g}} \times 6 \times 10^{23} = 0.486 \times 10^{23}/\text{cm}^3. \quad (4)$$

(b)

$$\begin{aligned} \ell_s &= \frac{1}{n\sigma_s} = \frac{1}{0.486 \times 10^{23}\text{cm}^{-3} \times 15 \times 10^{-24}\text{cm}^2} \\ &= 1.37\text{cm}, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \ell_f &= \frac{1}{n\sigma_f} = \frac{1}{0.486 \times 10^{23}\text{cm}^{-3} \times 582 \times 10^{-24}\text{cm}^2} \\ &= 0.035\text{cm}. \end{aligned} \quad (6)$$

(補足) 核燃料集合体の中の燃料棒の直径が 1cm 程度であることは上記のような原子核的特性より決まることである.