



演習問題3-1

- ${}^{238}_{92}\text{U}$ はエネルギーゼロの中性子を吸収しても核分裂しない。どのくらいのエネルギーの中性子を吸収すると核分裂するか。ここで、 ${}^{238}_{92}\text{U}$ のクーロンエネルギーを、218[MeV]、発生エネルギーを、212[MeV]とする。



演習問題解答3-1

- このエネルギーの差が中性子によって与えられなければならない。よって核分裂を起こすには中性子は、
 $218[\text{MeV}] - 212[\text{MeV}] = 6[\text{MeV}]$
以上のエネルギーをもたなければならない。



演習問題3-2

- 核分裂で発生する即発中性子の平均エネルギーを求めよ。



演習問題解答3-2

- 即発中性子の運動エネルギー $F(E)$ は

$$F(E) = 0.770 \cdot \sqrt{E} \cdot \exp(-0.766 \cdot E)$$

- で与えられる。一方、即発中性子の平均エネルギーは、

$$\tilde{E} = \int_0^{\infty} E \cdot F(E) dE$$

- であるから、

$$\tilde{E} = \int_0^{\infty} 0.770 \cdot E^{3/2} \cdot \exp(-0.766 \cdot E) dE$$



演習問題解答3-2(続き)

- ここで、 $K=0.766E$ と置くと、

$$\begin{aligned}\tilde{E} &= \int_0^{\infty} 0.770 \cdot E^{3/2} \cdot \exp(-0.766 \cdot E) dK \\ &= \int_0^{\infty} 0.770 \cdot \left(\frac{1}{0.766}\right) \cdot \left(\frac{K}{0.766}\right)^{3/2} \cdot \exp(-K) dK \\ &= 0.770 \cdot \left(\frac{1}{0.766}\right)^{5/2} \int_0^{\infty} K^{(5/2-1)} \cdot \exp(-K) dK\end{aligned}$$

- また、 $\int_0^{\infty} K^{(x-1)} \cdot \exp(-K) dK = \Gamma(x)$

$$\Gamma\left(\frac{5}{2}\right) = \frac{3}{2} \cdot \Gamma\left(\frac{3}{2}\right) = \frac{3}{2} \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

- であるから、



演習問題解答3-2(続き)

- よって

$$\tilde{E} = 0.770 \cdot \left(\frac{1}{0.766} \right)^{5/2} \int_0^{\infty} K^{(5/2-1)} \cdot \exp(-K) dK$$

$$= 0.770 \cdot \left(\frac{1}{0.766} \right)^{5/2} \frac{3}{2} \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

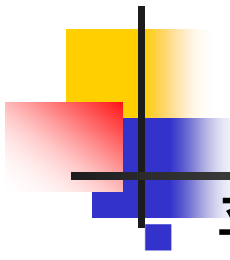
$$= 1.9929 [MeV]$$

- となる。



演習問題3-3

- 粒子の平均自由行路がマクロ断面積の逆数であることを示せ。



演習問題3-3解答の方針

平均自由行路 λ は、

$$\lambda = \frac{\int_0^{\infty} \exp(-\Sigma x) \cdot x d(\Sigma x)}{\int_0^{\infty} \exp(-\Sigma x) \cdot d(\Sigma x)}$$

であるから、

$$\int_0^{\infty} \exp(-\Sigma x) d(\Sigma x) = \int_0^{\infty} \exp(-y) dy =$$

より

$$\begin{aligned} \lambda &= \int_0^{\infty} x \exp(-\Sigma x) d(\Sigma x) / 1 \\ &= \frac{1}{\Sigma} \cdot \int_0^{\infty} y \exp(-y) dy \\ &= \end{aligned}$$

演習問題解答3-3

平均自由行路 λ は、

$$\lambda = \frac{\int_0^{\infty} \exp(-\Sigma x) \cdot x d(\Sigma x)}{\int_0^{\infty} \exp(-\Sigma x) \cdot d(\Sigma x)}$$

であるから、

$$\begin{aligned} & \int_0^{\infty} \exp(-\Sigma x) d(\Sigma x) \\ &= \int_0^{\infty} \exp(-y) dy \\ &= [-\exp(-y)]_0^{\infty} \\ &= -[\exp(-\infty) - \exp(-0)] \\ &= -[0 - 1] = 1 \end{aligned}$$

より

$$\begin{aligned} \lambda &= \int_0^{\infty} x \exp(-\Sigma x) d(\Sigma x) / 1 \\ &= \frac{1}{\Sigma} \cdot \int_0^{\infty} y \exp(-y) dy \\ &= \frac{1}{\Sigma} \left([y \{-\exp(-y)\}]_0^{\infty} - \int_0^{\infty} \{-\exp(-y)\} dx \right) \\ &= \frac{1}{\Sigma} \left([\infty \times (-0) - \{0 \times 1\}] + [-\exp(-y)]_0^{\infty} \right) \\ &= \frac{1}{\Sigma} (0 - [\exp(-\infty) - \exp(-0)]) \\ &= \frac{1}{\Sigma} (0 - [0 - (1)]) \\ &= \frac{1}{\Sigma} [0 + 1] = \frac{1}{\Sigma} \end{aligned}$$