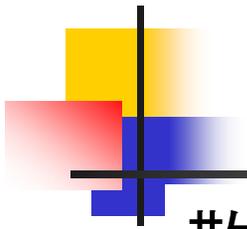


演習問題6—1

- 中性子が、質量数 A の原子核によって散乱されるとき、以下の問いに答えなさい。ただし、中性子の散乱角度を θ とする。
 - (1) 散乱後の中性子の速度が最大になる条件。
 - (2) 散乱後の中性子の速度が最小になる条件。
 - (3) 中性子が失うエネルギーの最大値。



演習問題6-1 解答

散乱前後のエネルギー変化は、以下であるから、

$$\frac{E_L'}{E_L} = \frac{1}{2}((1+\alpha) + (1-\alpha)\cos\theta_C)$$

(1) 散乱後の中性子の速度が最大になるのは

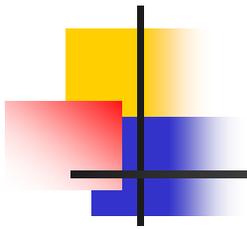
$$\theta_C = 0 \quad \frac{E_L'}{E_L} = 1$$

(2) 散乱後の中性子の速度が最小になるのは

$$\theta_C = \pi \quad \frac{E_L'}{E_L} = \alpha$$

(3) 中性子が失うエネルギーの最大値は

$$\Delta E = E - \alpha E = (1-\alpha)E$$



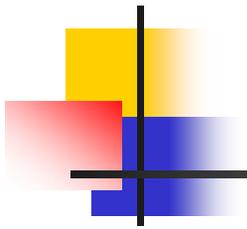
演習問題6-2 解答 (1/2)

- 2MeVの中性子が0.025eVに減速する場合に必要なレサジー増加は：
$$u = \ln\left(\frac{2 \times 10^6}{0.025}\right) = 18.2$$

- 一回の衝突で得るレサジー増加を ξ とすると、何回の衝突で減速できるかは、以下の式で求められる。

$$\text{散乱回数} = \frac{u}{\xi} = \frac{\ln\left(\frac{2 \times 10^6}{0.025}\right)}{\xi} = \frac{18.2}{\xi}$$

- また、 $\xi = 1 + \frac{(A-1)^2}{2A} \ln \frac{A-1}{A+1} \approx \frac{2}{A + \frac{2}{3}}$ であるから



演習問題6-2 解答 (2/2)

- 水素 ($A=1$) の場合、 $\xi = 1$ であるから、

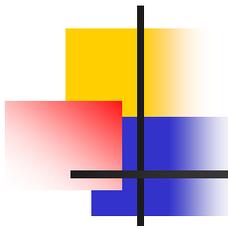
$$n = \frac{18.2}{1} = 18.2$$

- 重水素 ($A=2$) の場合、 $\xi = 0.725$ であるから、

$$n = \frac{18.2}{0.725} = 25.1$$

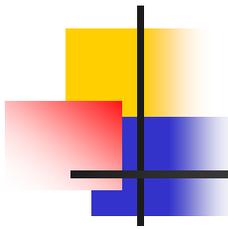
- ウラン235 ($A=235$) の場合、 $\xi = 0.008$ であるから、

$$n = \frac{18.2}{0.008} = 2275$$



演習問題6-2

- 2MeVのエネルギーをもつ中性子が、以下の原子核と衝突して0.025eVまで減速されるためには何回の衝突をしなければならないか。
 - (1) 水素
 - (2) 重水素
 - (3) ウラン



演習問題6-3

- 年齢ゼロの中性子がA点で体系内に放出されB点で年齢 τ に達したとする。この時の年齢 τ を、距離ABによって表しなさい。

演習問題6-3 解答 (1/2)

AB間の距離を r として、無限に広い媒質中に毎秒 S 個の中性子を等方的に放出する点源を考える。

点源を中心にした半径 r 、厚さ dr の球殻内で年令 τ を通過して減速する中中性子の数は $q(r, \tau)dV=4\pi r^2 q(r, \tau)dr$ である。

源から放出された中中性子がこの球殻内で年令 τ に達する確率を $p(dr)$ とすると、これは $q(r, \tau)dV/S$ で表される。また毎秒 S 個の中中性子を放出する点源による減速密度は

$$q(r, \tau) = \frac{S e^{-r^2/4\tau}}{(4\pi\tau)^{3/2}} \quad \text{①}$$

であるからこの式によって

$$p(r) = \frac{4\pi r^2 e^{-r^2/4\tau}}{(4\pi\tau)^{3/2}} \quad \text{②}$$

となる。

演習問題6-3 解答 (2/2)

確率分布関数 $p(r)$ の2次モーメントを $\overline{r^2}$ とかけば、これは次の積分によって定義される。

$$\overline{r^2} = \int_0^{\infty} r^2 p(r) dr \quad \textcircled{3}$$

②式を考慮すると、これは次のようになる。

$$\overline{r^2} = \frac{4\pi}{(4\pi\tau)^{3/2}} \int_0^{\infty} r^4 e^{-r^2/4\tau} dr \quad \textcircled{4}$$

ここで積分公式

$$\int_0^{\infty} x^{2n} e^{-ax^2} dx = \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdots (2n-1)}{2^{n+1} a^n} \sqrt{\frac{\pi}{a}} \quad \textcircled{5}$$

を用いると④式から $\overline{r^2} = 6\tau$ が得られる。したがって、

$$\tau = \frac{1}{6} \overline{r^2}$$