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、

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

(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。

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

- また、 $\xi = 1 + \frac{(A-1)^2}{2A}\ell n\frac{A-1}{A+1} \approx \frac{2}{A+\frac{2}{3}}$ 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を通って減速する中性子の数は$q(r,\tau)dV=4\pi r^2 q(r,\tau)dr$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個の中性子を放出する点源による減速密度は

$$q(r,\tau)=\frac{Se^{-r^2/4\tau}}{(4\pi\tau)^{3/2}} \qquad ①$$

であるからこの式によって

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

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。

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

②式を考慮すると、これは次のようになる。

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

ここで積分公式

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

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

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