

核分裂エネルギーの起源を理解するために、次の手順で核分裂生成核による電氣的反発エネルギーを計算しよう。

1. 真空の誘電率 ϵ_0 の値として $1/(4\pi\epsilon_0) = 9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{coul}^2$ を用いて、 $e^2/(4\pi\epsilon_0)$ の値をエネルギーの単位を MeV, 長さの単位を fm($= 10^{-15}\text{m}$) として表せ。ただし、 $e = 1.60 \times 10^{-19}\text{coul}$, $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\text{joule}$, $1\text{MeV} = 10^6 \text{eV}$ である。
2. 質量数 A の原子核の平均半径 $R(A)$ が $R(A) = 1.4A^{1/3}\text{fm}$ のように表されるとき、質量数 A_1, A_2 をもつ二つの原子核が球状で表面を接しているとして、中心間の距離 d はどう表されるか。
3. 核分裂生成核の組み合わせとして $^{141}_{56}\text{Ba}$ と $^{92}_{36}\text{Kr}$ を想定する場合、中心間の距離 d と電氣的斥力エネルギー E_c を計算せよ。

(解答例)

1.

$$\begin{aligned} \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} &= (1.60 \times 10^{-19}\text{coul})^2 \times (9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{coul}^2) \\ &= (9.0 \times 1.6^2) \times 10^{9-38} \text{Nm}^2 \\ &= \frac{9.0 \times 1.6^2}{1.6} 10^{9-38+28} \text{MeV} \cdot \text{fm} \\ &= 1.44 \text{MeV} \cdot \text{fm}. \end{aligned} \quad (1)$$

2.

$$d = 1.4 \times (A_1^{1/3} + A_2^{1/3})\text{fm}. \quad (2)$$

3.

$$\begin{aligned} d &= 1.4 \times (141^{1/3} + 92^{1/3})\text{fm} \\ &= 13.6\text{fm}, \\ E_c &= \frac{Z_1 e Z_2 e}{4\pi\epsilon_0 d} \\ &= \frac{1.44 \text{MeV} \cdot \text{fm}}{13.6\text{fm}} \times 56 \times 36 \\ &= 213.5 \text{MeV}. \end{aligned} \quad (3)$$

$$= 213.5 \text{MeV}. \quad (4)$$

参考：1回の核分裂により発生するエネルギーは約200MeVである。ここでは近似的な計算を行ったが、核分裂の際に発生するエネルギーは実は、核力により閉じ込められた陽子集団間の電氣的斥力エネルギーの解放によるとも考えることができる。