

代表的な核融合反応である DD 反応における電氣的斥力エネルギー（クーロン障壁）について以下の問いに答えよ。ただし、真空の誘電率を ϵ_0 , ボルツマン定数を k_B として、

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.9876 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{coul}^2, k_B = 1.380 \times 10^{-23} \text{joule/deg}, 1\text{eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{joule}, \\ 1e = 1.60 \times 10^{-19} \text{coul} \quad (1)$$

とする。

1. $e^2/(4\pi\epsilon_0)$ を fm($\equiv 10^{-15}\text{m}$), MeV の単位で表せ。
2. D と D の間隔を $r = 5 \text{ fm}$ として、クーロン障壁エネルギー E_c を MeV 単位で表せ。
3. クーロン障壁を D(のプラズマ)の熱平衡状態における平均の運動エネルギー(大きさ $k_B T$) として与えられるとして、必要な絶対温度 T を計算せよ。

(解答例)

1. 題意により

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} = 8.9876 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{coul}^2 \times (1.6 \times 10^{-19} \text{coul})^2, \\ = (8.9876 \times 1.6) \times 10^{9+15-19} \text{fm} \cdot \text{eV} \\ = 1.438016 \text{MeV} \cdot \text{fm}. \quad (2)$$

2. 重陽子核 D の電荷は陽子 1 個の電荷に等しいので、DD 間の電氣的斥力のエネルギー

$$E_c = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{1}{r} \\ = 287.6032 \text{keV} = 287603.2 \text{eV} \\ = 0.2876032 \text{MeV}. \quad (3)$$

3. 題意より

$$E_c = k_B T \\ \rightarrow T = \frac{E_c}{k_B} \\ = \frac{0.2876032 \times 10^6 \text{eV}}{1.380 \times 10^{-23} \text{J/deg}} \\ = 0.336 \times 10^{10} \text{K} = 3360,000,000 \text{K} \\ = (33.6 \text{億度}). \quad (4)$$