

問題 4 : 太陽中心部における理想気体の法則

地球上の生命は太陽エネルギーのおかげで生まれた。太陽は「主系列星」の一つ、つまり水素を（酸化ではなく核融合で）燃やす典型的な星である。中心部は、質量で水素（ ${}^1\text{H}$ ）が 36%、ヘリウム（ ${}^4\text{He}$ ）が 64% を占める。太陽の中心部は高温・高圧のため、原子はすべての電子を失った原子核として存在する。通常の原子では電子が占めていた広い空間を、陽子（水素原子核）も、ヘリウム原子核も、電子も自由に飛び回っている。こうした状態をプラズマという。太陽中心部の密度は 158 g/cm^3 、圧力は $2.5 \times 10^{11} \text{ atm}$ と推定される。以下の問いに答えよ。

4-1 . 太陽中心部では、体積 1 cm^3 あたり、陽子、ヘリウム原子核、電子がそれぞれ何 mol ずつ存在するか計算せよ。

4-2 . $300 \text{ K} \cdot 1 \text{ atm}$ の水素ガス、液体水素、太陽中心部のプラズマにつき、それぞれ、粒子が占めている空間の割合（%）を計算せよ。液体水素の密度は 0.09 g/cm^3 とする。原子核の半径 r は、 $r = (1.4 \times 10^{-13} \text{ cm}) (\text{質量数})^{1/3}$ で見積もれ。水素原子はボーア半径（ $0.53 \times 10^{-8} \text{ cm}$ ）に等しい半径の球と見なし、水素分子の体積は水素原子の 2 倍とする。有効数字 1 桁で答えよ。

4-3 . 理想気体の状態方程式を用い、太陽中心部の温度を見積もれ。その結果を、水素原子核からヘリウム原子核への核融合を起こすのに必要な温度（ $1.5 \times 10^7 \text{ K}$ ）と比較せよ。