

問題2 宇宙に存在する水素

2-1. $[(8 \times 8.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 2.7 \text{ K}) / (3.14)(10^{-3} \text{ kg mol}^{-1})]^{1/2} = 240 \text{ m s}^{-1}$

2-2. 円柱の体積 = $(3.14)(10^{-8} \text{ cm})^2(2.4 \times 10^4 \text{ cm s}^{-1}) = 7.5 \times 10^{-12} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$

2-3. 衝突数/秒 = (円柱の体積) \times (原子数/単位体積) = $(7.5 \times 10^{-12} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1})(10^{-6} \text{ cm}^{-3}) = 7.5 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$

衝突するまでの時間 = $1 / (7.5 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}) = 1.3 \times 10^{17} \text{ s} = \text{約 } 40 \text{ 億年}$

2-4. $(240 \text{ m s}^{-1})(1.3 \times 10^{17} \text{ s}) = 3.2 \times 10^{19} \text{ m}$ (約 3,000 光年)

2-5. 速度は温度の平方根に比例する。 $(240 \text{ m s}^{-1})(40/2.7)^{1/2} = 920 \text{ m s}^{-1}$

2-6. 円柱の体積 = $(3.14)(10^{-8} \text{ cm})^2(9.2 \times 10^4 \text{ cm s}^{-1}) = 2.9 \times 10^{-11} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$

衝突数/秒 = (1 秒間に水素原子が通り抜ける体積) \times (原子数/単位体積) = $(2.9 \times 10^{-11} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1})(1 \text{ cm}^{-3}) = 2.9 \times 10^{-11} \text{ s}^{-1}$

衝突するまでの時間 = $1 / (2.9 \times 10^{-11} \text{ s}^{-1}) = 3.4 \times 10^{10} \text{ s} = \text{約 } 1000 \text{ 年}$

平均自由行程 = $(920 \text{ m s}^{-1})(3.4 \times 10^{10} \text{ s}) = 3.1 \times 10^{13} \text{ m}$

λ (星雲外空間)/(星雲空間) = $(3.2 \times 10^{19} \text{ m}) / (3.1 \times 10^{13} \text{ m}) = \text{約 } 10^6$

2.7 非常に小さい。