

中間試験問題	試験日	2017年6月7日	解答用紙	2枚
原子物理学概論	担当	荒川 一郎	計算用紙	0枚

- ・電卓の持ち込み可です。携帯電話は不可です。
- ・式だけでなく、導出過程を丁寧に説明すること。答えだけでは満点にはなりません。
- ・ Boltzmann 定数： $k = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K.

$$\text{Hint : } \int_0^{\infty} x^{2n} \exp(-ax^2) dx = \frac{1 \cdot 3 \cdots (2n-1)}{2^{n+1}} \sqrt{\frac{\pi}{a^{2n+1}}}$$

$$\int_0^{\infty} x^{2n+1} \exp(-ax^2) dx = \frac{n!}{2} \frac{1}{a^{n+1}}, \quad \Gamma = \frac{n}{4} \int_0^{\infty} v f(v) dv$$

問 題

1. 気体分子の速さ v の分布を表す Maxwell-Boltzmann の速さ分布関数は、

$$f(v)dv = 4\pi\alpha v^2 \exp(-\beta v^2) dv$$

である。規格化条件と気体分子の平均運動エネルギーが $\frac{3}{2}kT$ であることを用いて、

$$\alpha = \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}}, \quad \beta = \frac{m}{2kT}$$

となることを導け。 m は気体分子の質量、 T は気体の温度である。

2. 以下の各量を求めよ。 m を気体分子の質量、 T を気体の温度、 D を分子直径、 n を気体分子数密度とする。
- 最大確率速さ v_M . (答えは m, T と定数で表せ.)
 - 算術平均速さ $\langle v \rangle$. (答えは m, T と定数で表せ.)
 - 二乗平均速さ $\sqrt{\langle v^2 \rangle}$. (答えは m, T と定数で表せ.)
 - 平均自由行程 λ . (答えは T, n, D と定数で表せ。すべての分子が運動していることを考慮したときの補正係数は結果だけを用いて良い.)
 - 単位面積への気体分子の入射頻度 Γ . (答えは m, T, n と定数で表せ.)
3. Ne 気体 (ネオン, モル質量 $M = 20$ g/mol, 分子直径 $D = 0.26$ nm とする) について以下の問に答えよ。前問の結果を利用して良い。
- 気体の温度 $T = 300$ K, 圧力 $p = 1 \times 10^{-4}$ Pa の時の分子の平均自由行程 λ を求めよ。
 - 気体の温度 $T = 300$ K, 圧力 $p = 1 \times 10^{-4}$ Pa の時の分子の入射頻度 Γ を求めよ。
 - 気体の温度が $T = 75$ K と $T = 300$ K の時のそれぞれの速さ分布を 1 枚のグラフ上に描け。横軸に v , 縦軸に $f(v)$ をとり, 各軸の目盛りと単位を忘れないこと。極大値を取る $v, f(v)$ の値を示すこと。細かいところまで精確である必要はないが, 特徴がわかるように書くこと。言葉で補っても良い。