

必要があれば以下の定数を用いよ。論述は極力省略しないこと。

プランク定数： $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$	光速： $c=3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$	アボガドロ数： $N_A=6.02 \times 10^{23}$	気体定数： $R=8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
ボルツマン定数： $k=1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$	電子の質量： $m_e=9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$	絶対温度の変換： $^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273$	

0. 次の語句について、説明しなさい。必要があれば図や数式を用いよ。(20 点：各 5 点)

- (a) ド・ブロイ波長（導出法を示すことで解答としてもよい）
- (b) 縮退度（定義とその物理的意味）
- (c) ボルツマン分布（導出法を示す必要はない）
- (d) 分配関数（定義とその物理的意味）

1. H_2 分子（分子量 $2.0 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$ ）がある長さの一次元の領域に閉じ込められている。(20 点：各 5 点)

- (a) 領域の長さが 0.1m の時、並進エネルギーを n を含む式で表し、最小の並進エネルギーを求めよ。
- (b) 平均並進エネルギーが $\frac{1}{2}kT$ で与えられるとき、分子がこの平均エネルギーを持つときの状態の量子数はいくらか。領域の長さは 0.1m、温度 27°C とせよ。
- (c) (b)の平均エネルギーの分子が、1 つ量子数の大きい状態へ移るのに必要なエネルギーはいくらか。
- (d) 最低許容並進エネルギーが、温度 27°C における平均並進エネルギーに等しいとき、一次元の箱の大きさはいくらか。

2. 温度が 27°C のとき、 $n=10$ の状態の占有数が $n=1$ の占有数よりずっと小さく、1%しか存在しない場合において、 O_2 分子（分子量 $32.0 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$ ）を閉じ込める一次元の箱の大きさ a はいくらか？ 並進運動について考えて答えなさい。(15 点)

3. Maxwell-Boltzmann 分布式は $\frac{1}{N} \frac{dN}{dv} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left(\frac{m}{kT} \right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}}$ である。横軸に v ($v \geq 0$)、縦軸に $\frac{1}{N} \frac{dN}{dv}$ を

とって、分布の様子のグラフを書きなさい。(15 点) また、図中に、最も確率の高い気体分子の速さ v_{most} を与える v の位置を示し、 v_{most} の値を求めなさい。(10 点)

4. (a) 気体分子の熱エネルギーと分配関数の関係は $\bar{U} - \bar{U}_0 = \frac{N_A}{q} kT^2 \frac{dq}{dT}$ である。3 次元の並進分配関数

$$q_{\text{trans}} = \left(\frac{2\pi mkT}{h^2} \right)^{3/2} V$$

を用いて、1mol あたりの気体分子の並進熱エネルギーを R と T だけを用いて

表せ。(10 点)

- (b) H_2 分子と O_2 分子で 1mol あたりの並進熱エネルギーは異なるか？ 理由も含めて答えよ。ただし、気体分子は理想的である。(5 点)
- (c) 温度、体積一定で圧力を 100 倍に変化させるとき、気体分子の 3 次元並進分配関数の値はどのように変化するか？ 理由も含めて答えよ。ただし、気体分子は理想的である。(5 点)