

[第5回目] 気体の分子運動論

考える内容

- ・ 巨視的な状態量 (圧力, 温度) を微視的に (分子運動から) 説明する

授業の目標

圧力 p : (1 m^2 あたりの) 壁面が衝突した分子から受ける力の時間平均

$$p = \frac{Nm \langle v_x^2 \rangle}{V} \quad \text{は分子全体についての平均を表す}$$

絶対温度 T : 分子の平均運動エネルギー $\frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle$ に比例する量 (熱運動の激しさ)

$$\boxed{\frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} kT} \quad \text{運動エネルギー } K = \frac{1}{2} m v^2$$

ボルツマン定数 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

エネルギー等分配則 = 「 1 つの自由度につき平均として $\frac{1}{2} kT$ のエネルギーが等しく分配される 」

自由度 : 運動を表すために必要な変数の数

変数は (x, y, z) の 3 個 自由度は 3

$$\boxed{\frac{1}{2} m \langle v_x^2 \rangle = \frac{1}{2} m \langle v_y^2 \rangle = \frac{1}{2} m \langle v_z^2 \rangle = \frac{1}{2} kT} \quad v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$$

次回予定 [第6回目] 熱の仕事当量 (教科書 33 ページの下から 8 行目まで)

レポート問題 第5回目 (右側の半分の解答用紙を切り取って提出しなさい)

問 1

理想気体の状態方程式を, 分子数 N を用いた式で書きなさい。 [教科書の式 (3.6)]ボルツマン定数 k の値を書きなさい。 [教科書の式 (3.10)]理想気体の状態方程式を, 物質質量 (モル数) n を用いた式で書きなさい。 [教科書の式 (3.8)]気体定数 R の値を書きなさい。 [教科書の式 (3.9)]アボガドロ数 N_A の値を書きなさい。 [教科書の 23 ページの中段あたり]

問 2

セ氏温度で $t = 20$ は、絶対温度 T で何 K になるか。水素分子 (H_2) は 1 mol で 2 g である。水素分子の気体 20 g の物質質量 n は何 mol になるか。また, この気体に含まれる水素分子の数 N は何個か。 1.5 atm の圧力 p は、何 Pa か。 20 l の体積 V は、何 m^3 か。問 3 0 , 1 atm の気体 1 mol の体積を, 理想気体の状態方程式を用いて求め, l 単位で表せ。

問 4

理想気体の状態方程式からボイルの法則 [教科書の式 (3.2)] を導け。

圧力 $p_1 = 1 \text{ atm}$ で体積 $V_1 = 7 \text{ m}^3$ の気体がある。高圧ボンベ中につめるために, 温度一定に保ちながら, 圧力 $p_2 = 150 \text{ atm}$ をかけて圧縮した。圧縮後の気体の体積 V_2 を数値で求めよ。

[ボイルの法則を使う]

理想気体の状態方程式からアモントンの法則 [教科書の式 (3.4)] を導け。

容積 $V = 100 \text{ cm}^3$ の容器に, 温度 $t_1 = 27$ で圧力 $p_1 = 10 \text{ atm}$ の酸素を閉じ込めた。このまま容器を加熱し内部の圧力を $p_2 = 40 \text{ atm}$ にしたい。温度 t_2 を何 まで上昇させればよいか。

[アモントンの法則を使う] (材料を高圧酸素中で熱処理するときの問題)

問 5 圧力 p と 絶対温度 T について, 気体の分子運動から簡単に説明せよ。

解答用紙 (曜 限) 学籍番号 _____ 氏名 _____

問1 $k =$ []
 $R =$ []
 $N_A =$ [個/mol]

問2 $T =$ [K]
 $n =$ [mol], $N =$ [個]
 $p =$ [Pa]
 $V =$ [m³]

問3 セ氏温度で $t = 0$ は, 絶対温度で $T =$ [K],
 圧力 $p = 1 \text{ atm} =$ [Pa], 物質量は $n = 1 \text{ mol}$ である。

理想気体の状態方程式を体積 V を求める式に変形すると, $V =$

上の T , p , n の値と, 気体定数 R の値 [教科書 (3.9)] を使って計算すると,

$$V =$$

$$= \text{ [m}^3 \text{]} = \text{ [l]}$$

問4

$$V_2 = \text{ []}$$

$$t_2 = \text{ []}$$

問5 圧力 p は, _____

絶対温度 T は, _____

このレポートをやるのに _____ 時間 _____ 分,

それ以外に基礎物理 の予習復習を _____ 時間 _____ 分した。