

[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 m²あたりの) 壁面が, 衝突した分子から受ける力の時間平均

$$p = \frac{Nm\langle v_x^2 \rangle}{V}$$

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)

$$\frac{1}{2}m\langle v^2 \rangle = \frac{3}{2}kT$$

$$\text{運動エネルギー } K = \frac{1}{2}mv^2$$

ボルツマン定数 $k = 1.38 \times 10^{-23}$ 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 f : 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

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

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)

A... 問1 理想気体の状態方程式について [教科書の式を参考にせよ]

物質質量 (モル数) n を用いた状態方程式と, 気体定数 R の値も書け。[式 (3.8)(3.9)]

分子数 N を用いた状態方程式と, ボルツマン定数 k の値も書け。[式 (3.6)(3.10)]

分子数 N と物質質量 n の関係をアボガドロ数 N_A を用いて表し N_A の値も書け。[教科書 p.23]

問2

B... セ氏温度で $t=25$ は, 絶対温度 T は何 K になるか。

10.0 mol の水素 (H_2) 気体に含まれる水素分子の数 N は何個か。10.0 mol の水素気体の質量 m は何 g か。 (水素の分子量は 2, すなわち 1 mol の質量は 2 g である。)

1.5 atm の圧力 p は, 何 Pa か。 22.4 l の体積 V は, 何 m³ か。

B... 問3 理想気体の状態方程式から, 0, 1.00 atm の気体 1.00 mol の体積を l 単位で求めよ。

問4 それぞれの気体を理想気体であると考えて以下の問いに答えよ。

B... $T = \text{一定}$ のとき, 状態方程式からボイルの法則 $pV = \text{一定}$ [教科書の式 (3.2)] を導け。

B... 圧力 $p_1 = 1.00$ atm で体積 $V_1 = 7.00$ m³ の気体がある。温度 T を一定に保ちながら, 圧力 $p_2 = 150$ atm を加えて圧縮した。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]

B... $V = \text{一定}$ のとき, 状態方程式からアモントンの法則 $p/T = \text{一定}$ [教科書式 (3.4)] を導け。

B... 容積 V が変化しない容器に, 温度 $t_1 = 27$ で圧力 $p_1 = 10.0$ atm の酸素気体を閉じ込めた。このまま容器を加熱し内部の圧力を $p_2 = 40.0$ 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]

C... 容積一定の容器に, 温度 27 で圧力 1.00 atm の混合気体を閉じ込めて燃焼させたところ, 温度が 3727 となった。燃焼による分子数の変化はないとし, 燃焼後の圧力 p_2 を求めよ。

B... $p = \text{一定}$ のとき, 状態方程式からシャルルの法則 $V/T = \text{一定}$ [教科書の式 (3.3)] を導け。

B... ピストン付き容器に $V_1 = 1.50$ l の空気を閉じ込め, 一定の圧力をピストンに加えながら 7 から 107 まで加熱した。加熱後の空気の体積 V_2 を求めよ。[シャルルの法則を使う]

C... 問5 圧力 p と 絶対温度 T の意味について, 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

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

問2

$T =$ _____ [K]

$m =$ _____ [g], $N =$ _____ [個]

$p =$ _____ [Pa] $V =$ _____ [m³]

問3 $n = 1.00 \text{ mol}$, $T =$ _____ [K], $p = 1.00 \text{ atm} =$ _____ [Pa], 状態方程式を
 変形して, $V =$ = _____
 = _____ [m³] = _____ [l]

問4

$V_2 =$ _____ []

$t_2 =$ _____ []

$p_2 =$ _____ []

$V_2 =$ _____ []

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。