

15. 基本物理化学 I 期末試験

以下の問 1~14 全てについて解答用紙に解答せよ。ただし、 p を圧力、 V を体積、 V_m をモル体積、 n を物質量、 T を温度、 C_p を定圧熱容量、 C_v を定積熱容量、 t を時間、 R を気体定数、 M をモル質量、とする。 $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ 、 N の原子量 14.0、である。

問1 実験装置の内部に所定量の気体を入れて栓をできるようにし、また実験装置全体に熱をかけたり、実験者が実験装置に仕事を加えることで実験装置内部の体積を変更できるようにした。熱力学ではこうした (a) 実験装置、およびその (b) 外側を何と呼ぶか。(a),(b)それぞれ、漢字 1~2 文字で答えよ。

問2 下図の体積 V の直方体に質量 m の分子が入っているとす。この分子が x 方向に速さ v_x で動き、壁 A, A' に跳ね返される運動を繰り返すとき、壁 A に及ぼす圧力 $P = \frac{mv_x^2}{V}$ となると考えられる。こう考える計算過程を、式を示しながら説明せよ。ただし、 $V = abc$ とする。

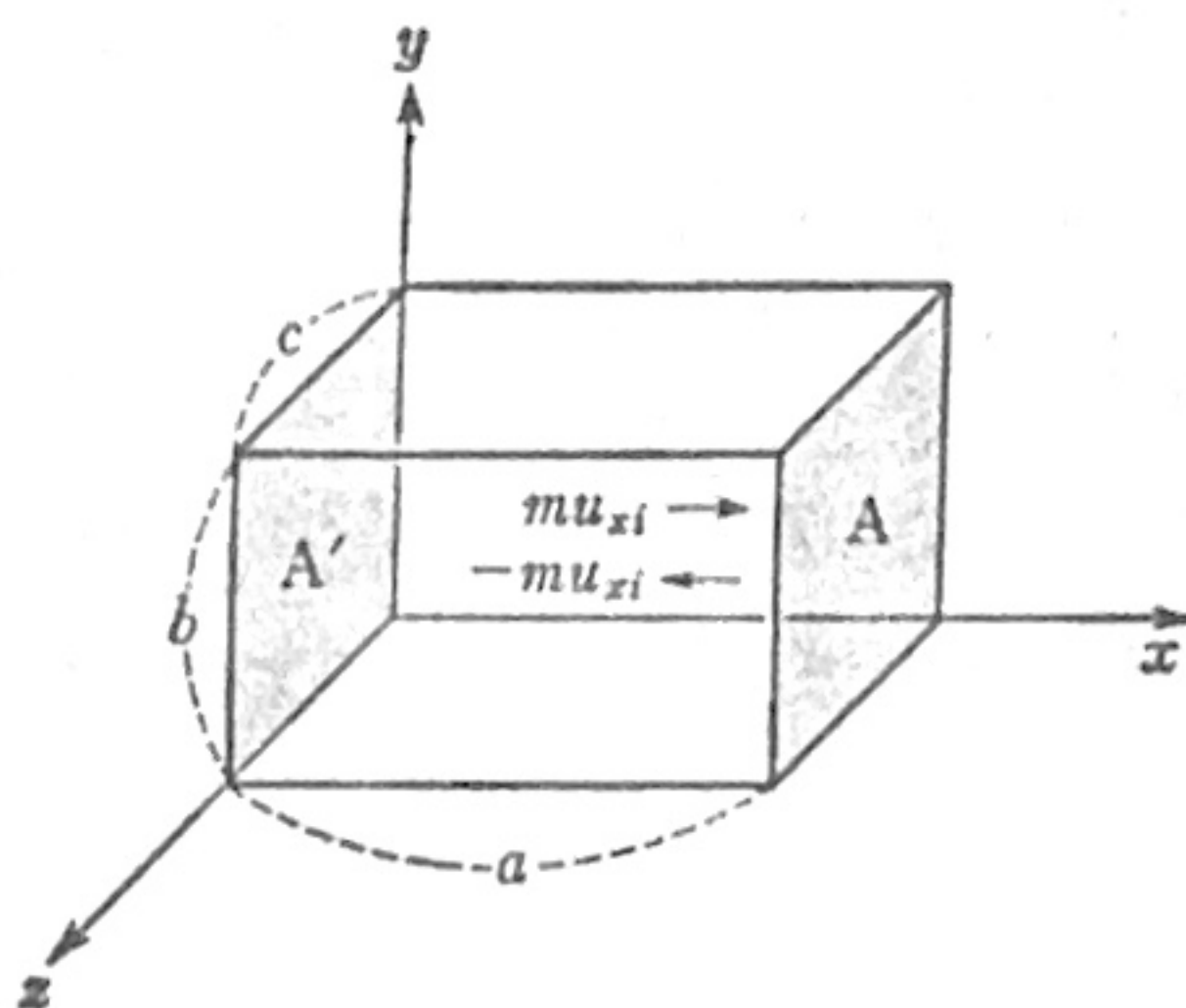


図 1.1 直方体の中の分子

問3 以下の式は、気体分子の速さ c の分布に関する式である。この式は主に 2 人の科学者によって導かれた。この 2 人の科学者の名前を以下のリストから選べ。

$$f(c)dc = \left(\frac{M}{2\pi RT}\right)^{3/2} e^{-\frac{Mc^2}{2RT}} 4\pi c^2 dc$$

【リスト】 アボガドロ・ニュートン・ボルツマン・福井謙一・ファンデルワールス・ジュール・クラウジウス・カルノー・マックスウェル・パスツール

問4 気体の圧力 p と体積 V との関係を調べたグラフ中に、臨界点という記述があった。この臨界点でこの物質はどのような状態になっていると言えるか、簡潔に述べよ。

問5 ある科学者が次の状態方程式を提案した。

$$P = \frac{RT}{V_m} - \frac{B}{V_m^2} + \frac{C}{V_m^3}$$

ここで B, C は定数である。この場合、気体の臨界モル体積、臨界温度、臨界圧力をそれぞれ B, C, R で表せ。また臨界圧縮因子 $Z = P_c V_{m,c} / (RT_c)$ の値を導け。

問6 問 1(a) の全エネルギーを、内部エネルギー U という。内部エネルギーの変化 ΔU と与えた熱 q および仕事 w とには熱力学第一法則が成り立つ。この関係式を書け。

問7 エンタルピー H は $U + pV$ と表される。問 1(a) の微小な状態変化について dH を考える。問 6 の関係を用い、また定圧可逆膨張を仮定すると $d'w_{\text{rev}} = -pdV$ が成り立つ。定圧条件では dH はどのような式で表せるか、導け。結果の式だけでなく、導く過程も簡潔に示せ。ここで、 $dpdV$ のような微小量の積は極小として無視せよ。

問8 物質 M_1, M_2 が M_3 に化学変化する際の化学反応式を

$$\nu_1 M_1 + \nu_2 M_2 + \nu_3 M_3 = 0$$

のような方程式と捉えるとき、 $\nu_{1,2,3}$ を何と呼ぶか。漢字 4 文字で答えよ。

問9 A, B が濃度 x だけ反応し、P の濃度が 0 から x になったとき、 $A + B \rightarrow P$ の反応

式での濃度増加速度 $-\frac{d(a-x)}{dt} = -\frac{d(b-x)}{dt} = \frac{dx}{dt}$ を 反応速度定数 k 、濃度 x 、定数 a, b を含む（微分をふくまない）式で表せ。得られた微分方程式を本問では解かなくてよい。