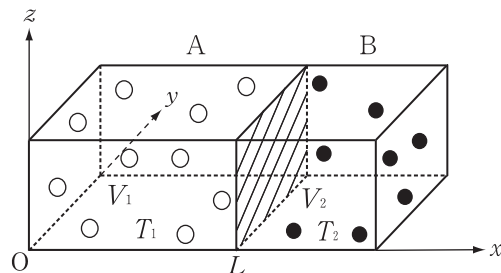


2

《気体分子運動論・気体の混合》

図のように、断熱材でできた直方体状の容器があり、ある頂点を原点 O として、各辺に沿って、 xyz 直交座標をとる。容器の内部には、 x 軸に垂直な隔壁が固定されており、隔壁によって、容積がそれぞれ V_1 , V_2 の2つの部屋に分けられている。なお、隔壁は断熱材でできている、その厚さは無視できるものとする。初めに、左側の部屋には分子1個の質量が m_1 の単原子分子理想気体 A の分子を N_1 個、右側の部屋には分子1個の質量が m_2 の単原子分子理想気体 B の分子を N_2 個封入する。初めの状態における気体 A, B の絶対温度はそれぞれ T_1 , T_2 であるとし、以下では、分子どうし、および分子と壁との衝突は弾性衝突であり、各衝突は瞬間的に起こるものとする。また、分子数 N_1 , N_2 はきわめて多く、分子はあらゆる方向に乱雑に運動しているため、たとえば、気体 A の分子について、速度の x , y , z 成分の2乗平均は等しいとみなせる(Bも同様)。気体定数を R , アボガドロ定数を N_0 , 初めの状態での気体 A, B の分子の2乗平均速度をそれぞれ v_1 , v_2 として、以下の設問に答えよ。(25点)



まず、初めの状態における気体 A の分子の運動について考える。ただし、左側の部屋の x 方向の長さを L とし、問1～問3では分子どうしの衝突は無視できるものとする。

問1 ここでは、気体 A の分子の x 方向の運動について考える。

- (1) 気体 A の分子について、速度の x 成分の2乗平均を、 v_1 を用いて表せ。(3点)
- (2) 気体 A の分子1個が、単位時間あたりに隔壁に与える力積の大きさの平均を、 m_1 , L , v_1 を用いて表せ。(4点)

問2 隔壁が気体 A から受ける圧力を、 N_1 , m_1 , V_1 , v_1 を用いて表せ。(4点)

問3 v_1 を、 N_0 , m_1 , R , T_1 を用いて表せ。(3点)

続いて、初めの状態から隔壁を取り除いて気体 A, B を混合した後、平衡状態に達したときの気体 A, B の分子の2乗平均速度をそれぞれ w_1 , w_2 とする。ただし、隔壁を取り除く際の、隔壁と気体との間でのエネルギーのやりとりは無視できるものとする。

問4 気体 A, B を混合しても, 容器内の気体の内部エネルギーの和は一定である。このことを表す式を, $N_1, N_2, m_1, m_2, v_1, v_2, w_1, w_2$ を用いて表せ。(2点)

問5 問3で得た結果は混合気体の場合も含めて各気体分子についても適用できることを用いて, $m_1 w_1^2$ と $m_2 w_2^2$ の間に成り立つ関係式を導け。(3点)

問6 問4, 問5の結果などを用いて, 平衡状態に達したときの混合気体の絶対温度を, N_1, N_2, T_1, T_2 で表せ。(2点)

問7 混合気体の圧力は, 各成分気体の分圧の和に等しいこと(ドルトンの分圧の法則)が知られている。また, たとえば気体 A の分圧を求めるには, 容器内に(N_1 個の)気体 A の分子しか存在しないものとして, 気体 A の圧力を求めればよい。これらのことから, 平衡状態における混合気体の圧力を, $N_0, N_1, N_2, V_1, V_2, T_1, T_2, R$ を用いて表せ。(4点)