

2007年度後期 熱力学（瀬戸）定期試験

(2008年1月31日 10:30～11:50)

解答用紙はA3を2つに折って裏表を用い、各1ページに1題ずつ解答を書くこと。また左上隅に所属と学籍番号、名前を記入すること。また解答用紙のみを提出し、問題用紙と計算用紙は持ち帰ること。

1. (1) 気体の分子量を μ として、絶対温度 T の時の分子の速度の平均2乗根 $\sqrt{v^2}$ を求めよ。ただしアボガドロ数を N_A 、ボルツマン定数を k とする。
(2) (1) で求めた式を用いて、酸素分子の 27°C における速度の平均2乗根を計算せよ。ここで酸素の分子量を 32、アボガドロ数を 6.022×10^{23} 、ボルツマン定数を $1.38 \times 10^{-23}(\text{J/K})$ とする。

2. (1) 27°C 、10 気圧の理想気体 1 mol を等温準静的に 1 気圧まで膨張させたとする。この時気体が外部に対してした仕事は何 J か。ここで、気体定数は $R = 8.31(\text{J/mol K})$ である。また、 $\log 10 = 2.30$ を用いて良い。
- (2) この時気体に供給する熱量を cal 単位で求めよ。ただし、熱の仕事当量を $4.18 (\text{J/cal})$ とする。
- (3) 圧力 p_1 、体積 V_1 で温度が $T_1(\text{K})$ の理想気体に断熱変化を行って体積を V_2 に膨張させた時に、気体が受ける仕事を p_1, V_1, V_2 , 及び気体の比熱比 γ を用いて書け。
- (4) (3) の気体が膨張した後の温度を $T_2(\text{K})$ として、温度変化 $T_1 - T_2$ を T_1, V_1, V_2, γ を用いて書け。
- (5) 27°C 、10 気圧の理想気体 1 mol を断熱的に 1 気圧まで膨張させたときの温度変化を計算せよ。ただし $\gamma = 1.67$ とする。

(裏に続く)

3. 内部エネルギーを U 、ヘルムホルツの自由エネルギーを F 、温度を T とすると、

$$U = F - T \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_V = -T^2 \left[\frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{F}{T} \right) \right]_V \quad (\text{A})$$

が成り立つことを示せ。

4. 2種類の理想気体 α, β があり、それぞれの分子が体積 V_α, V_β の中に N_α 個、 N_β 個ずつあるとする。また、温度と圧力は等しいものとし、 $N = N_\alpha + N_\beta$ とおく。更に分子 α, β の間に相互作用はないものとする。

- (1) 気体 α が体積 V_α から等温のまま膨張して体積が $V_\alpha + V_\beta$ になった時のエントロピー増を求めよ。ただしボルツマン定数を k 、温度を T とする。
- (2) 体積が $V_\alpha + V_\beta$ である気体 α, β を半透膜を通してそれぞれ体積一定のまま準静的に混合したとする。図2はこれを図示したもので、それぞれ体積 $V_\alpha + V_\beta$ の箱に入った気体 α, β を $C-D, A'-B'$ に張った半透膜を通して混合し、最終的に全体の体積が $V_\alpha + V_\beta$ になったことを表している。また半透膜 $C-D$ は気体 β のみを、半透膜 $A'-B'$ は気体 α のみを通すものとする。この過程でエントロピーがどのように変化するか答えよ。

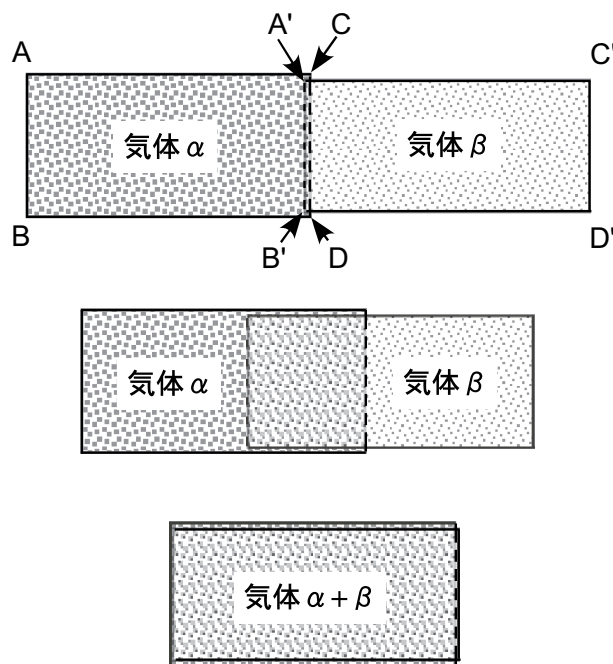


図2

- (3) 気体 α の全体に対する混合比を $\phi (= \frac{N_\alpha}{N})$ と置いたときの混合のエントロピーが

$$\Delta S = -Nk[\phi \log \phi + (1 - \phi) \log (1 - \phi)] \quad (\text{B})$$

と書けることを示せ。