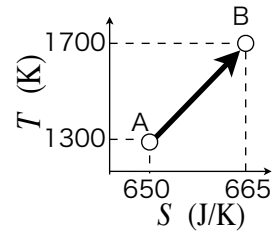


熱力学基礎 問題

1. 熱量と仕事と第一法則

理想気体 1 モルが右のTS図上の直線に沿ってA→Bと準静的に変化した。

- ① この過程で気体に入出入りした熱量 ΔQ を計算せよ。
- ② A,B間の温度差 ΔT から、定積比熱 C_v を 29.0J/K として内部エネルギー変化 ΔU を計算し、さらに気体がした仕事あるいはされた仕事 ΔW も計算せよ。(符号に注意) さてこの後、気体は不可逆的に変化してBからAに戻った。
- ③ この課程で気体は 15kJ の仕事をされたとして、気体に入出入りした熱量 ΔQ を計算せよ。(まずこの変化の内部エネルギー変化に留意すること)



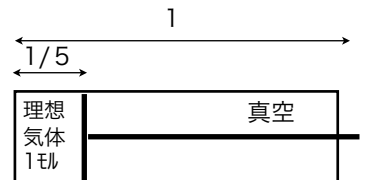
2. 不可逆過程とエントロピー (第二法則)

1500Kの理想気体 1 モルを 0.35m³ から 0.093m³ まで不可逆的に圧縮させたところ、最終的に温度の変化はなく、1500Kのままであった。さらに調べてみると、等温可逆で圧縮する場合よりも 20% 多い仕事が必要であった。外界が 900K の熱源であったとして、気体、外界(熱源)、全体のエントロピー変化を求めよ。計算の過程を解答用紙に従って完成させること

3. 断熱変化と自由膨張

右図に示すように、1/5のところまで仕切られた断熱容器の片側に理想気体 1 モル (比熱比 $\gamma=1.4$) が封入されている。準静的に隔壁を動かして、容器の端まで膨張させた。

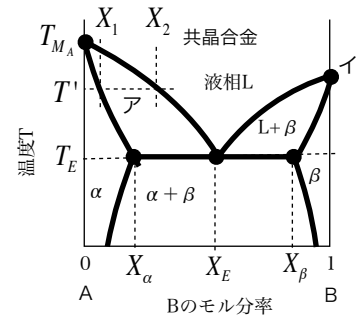
- ① 最初の温度が2000Kとして膨張後の温度とエントロピー変化を求めよ。
- 一方、最初の状態からある瞬間に隔壁を取り除いて、自由膨張させた。
- ② 熱の出入りとボルツマンの定義式それぞれからエントロピー変化を計算せよ。



4. 合金の状態図

A-B 2 元系共晶合金の状態図を右に模式的に示す。以下の問いに答えよ。

- ① イの温度は何を示すのか。またイにおける自由度を求めよ。(成分の数に注意)
- ② アの領域の相について、相平衡の状況、自由度について解答に従って説明せよ。
- ③ $T=T_E$ における α , β , L相の自由エネルギー曲線を描き、相の共存とその原理について解答に従って説明せよ。



5. 自由エネルギー

- ① 本講義の最終的な結論を完成しなさい。
「熱力学は物質の状態変化を (ア) の流れとして捉え、物質の (イ) を論じる学問である。(イ) の方向を決定する状態変数は (ウ) であり、孤立系 (トータルとして考えた系) では (ウ) は必ず増加する。このとき、等温、定圧では (エ) は減少することになる。つまり、等温、定圧では (エ) は状態変化を予測できる (ア) であり、(ア)(オ) の原則が成立している。等温、定圧過程に着目する理由はそれらが (カ) 変数であるからである。」
- ② 50Wの電力を20秒間電動モータに投入して 10 kgの物体を鉛直に 5 m引き上げた。投入した (ア) ΔE_0 と、結果としてできた仕事 ΔW_{ir} を求め、大小関係を確認せよ。モータ内の磁石によって形成される磁場中で、回転子はある保存力場に置かれていると考えることができる。しかし、力の作用する方向と回転する動く方向が必ずしも一致しないので、そもそも投入した電力の60%しか有効に使えないとする。この40%の減少分を ΔE_t とする。さらに、減速ギアなどの摩擦やジュール発熱などのよって取り返すことのできないエネルギーが散逸する。これを $\Delta Q'$ とする。これに関する線図を完成させながら、解答用紙に従って解説せよ。

各種関係式、用語、物理定数等 (ここにある語句を解答に使う場合もある)

- 理想気体 1 モルの状態方程式: $PV=RT$, P : 圧力(Pa), V : 体積(m³), T : 温度(K), R : 気体定数(8.31J/K)
- 理想気体の内部エネルギーと温度変化の関係: $\Delta U=C_v\Delta T$
- 熱力学の第一法則: $\Delta U=\Delta Q+\Delta W$, Δ : 過程における変化を表す。系のエネルギーが増加する場合が+
- 熱力学の第二法則: $dS(\text{孤立系}) \geq 0$, 等号は可逆過程のとき
- S : エントロピー(J/K), U : 内部エネルギー(J), H : エンタルピー(J), G : ギブズの自由エネルギー(J)
- 状態量: 変化の過程に依存しない量 (P, T, V, S, U, H, F, G), 注意! Q : 熱(J), W : 仕事(J)は状態量でない。
- 断熱変化の関係式: $TV^{\gamma-1} = \text{const.}$ $PV^\gamma = \text{const.}$
- エントロピーの定義: $S=k_B \ln W$, k_B : ボルツマン定数 ($R=k_B N_A$, N_A : アボガドロ定数, W : 状態の取りうる場合の数)
- エントロピー変化の定義: $dS = \delta Q_r/T$, r は可逆を示す。
- Clapeyronの式 $\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H}{T\Delta V^{\text{cp}}}$ Clausius-Clapeyronの式 $\Delta H = -R \frac{d(\ln P)}{d(1/T)}$
- Gibbsの相律: $f = 2 - \pi + m$, 合金の状態図では $f = 1 - \pi + m$, f : 自由度, π : 相の数, m : 化学種の数
- 重力によるポテンシャルエネルギー: $E=mgh$, E : エネルギー(J), $g=9.8\text{m/s}^2$ (重力加速度), h : 鉛直方向に動いた距離(m)

上記以外の語句は以下の語群から選んでよい

微分, 積分, 示量性, 示強性, 面積, 体積, 等温可逆, 定圧可逆, 断熱可逆, 三重点, 臨界点, 固体, 液体, 気体, α , β , 液, 正, 負, 第一, 第二, ミニマム, 状態変化, 化学ポテンシャル, 融点, 沸点, 傾き, 小さい, 大きい, 等しい, 接線, 共通接線, エネルギー, 移動, 生成, 消滅