

熱力学 平成 18 年度夏学期 教員 国場敦夫

1. 次の事柄について 3, 4 行程度で説明せよ. 式や図を使ってもよい.

- (1) カルノーの定理と熱力学的温度
- (2) エントロピー増大則とその例
- (3) 相平衡条件とクラペイロンの式

2. 温度  $0^\circ\text{C}$ , 圧力  $10^5\text{Pa}$  で  $2.73 \times 10^{-3}\text{m}^3$  の体積を持つ単原子理想気体がある. 以下の問に数値で答えよ. 単位も記すこと. 簡単のため 1 気圧 =  $101300\text{Pa}$ , ( $1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$ ),  $0^\circ\text{C} = 273\text{K}$ , 気体定数  $R = 8.3\text{J}/(\text{mol K})$  とするが, これら厄介な数字を全部は使わないで済む可能性がある. また,  $\log(\cdot)$  はそのままにしてよい.

- (1) 閉じた容器内で加熱し,  $27^\circ\text{C}$  から  $47^\circ\text{C}$  にした. 気体の吸収した熱  $Q$ , エンタルピー変化  $\Delta H$ , エントロピー変化  $\Delta S$  を求めよ.
- (2) 圧力を 5 気圧に保つように調整しながら加熱し,  $27^\circ\text{C}$  から  $47^\circ\text{C}$  にした. 気体の吸収した熱  $Q$ , 内部エネルギー変化  $\Delta U$ , エントロピー変化  $\Delta S$  を求めよ.
- (3) 体積一定の容器に入れて断熱し, 羽根車をかき混ぜることにより  $27^\circ\text{C}$  から  $47^\circ\text{C}$  にした. 気体になされた仕事  $W$ , エントロピー変化  $\Delta S$  を求めよ.

3. 磁性体の熱力学を考えよう. 磁場  $H$  をかけると磁化  $M$  が生じる. (本問では記号  $H$  はエンタルピーではない.) 体積変化は無く, 状態は示量変数  $M$  とエントロピー  $S$  で指定できるとする. 準静的な磁化の変化  $dM$  に伴い磁性体の受ける仕事は  $HdM$  であり, 熱力学第一法則は  $dU = TdS + HdM$  となる. 気体の場合と比べて, 磁場  $H$  が圧力, 磁化  $M$  ( $0$  の  $-1$  倍) が体積と類似の役割を果たすことに留意して以下の問に答えよ.

- (1) 自由エネルギー  $F = U - TS, G = F - HM$  の微分  $dF, dG$  を  $S, T, H, M$  およびそれらの微分で書き表せ.
- (2)  $F$  と  $G$  に付随するマクスウェル関係式をそれぞれ書き下せ.
- (3) 以下の関係式を導け.  
$$\left(\frac{\partial U}{\partial M}\right)_T = H - T \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_M$$
- (4) 状態方程式が  $M = cH/T$  で与えられる磁性体を考える. ただし  $c$  は正の定数. (これをキュリーの法則という.)  $U$  は温度のみの関数であることを示せ.
- (5) キュリーの法則の成立する磁性体を断熱し, かけている磁場  $H > 0$  を消すと温度が下がる. (断熱消磁による冷却という.) このことを示すには, ある偏微分係数が正あるいは負となることを示せばよい. それを書き, 証明せよ. ただし,  $\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_H > 0$  と仮定してよい. また, 必要ならば以下の公式を用いよ.  
$$\left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)_z = - \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y / \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_x$$

4. 内容や授業に関する自由な意見, 感想. 批評も歓迎. (何を書いても書かなくても評点に  
関係なし)