

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°C , 圧力 10^5Pa 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 = 101300Pa , ($1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$), $0^\circ\text{C} = 273\text{K}$, 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°C から 47°C にした. 気体の吸収した熱 Q , エンタルピー変化 ΔH , エントロピー変化 ΔS 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°C から 47°C にした. 気体の吸収した熱 Q , 内部エネルギー変化 ΔU , エントロピー変化 ΔS 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°C から 47°C にした. 気体になされた仕事 W , エントロピー変化 ΔS 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)