

1. 状態方程式を $F(V, T, P) = 0$ と表すとき、 $(\partial P / \partial T)_V (\partial T / \partial V)_P (\partial V / \partial P)_T = -1$ を証明せよ。
2. 理想気体の体積が準静的に V から V' まで膨張するとき、気体が外部に行った仕事を求めよ。
3. 比熱は dQ/dT で定義する。このとき、内部エネルギー U が温度 T だけの関数ならば、定積比熱 C_V も定圧比熱 C_P も温度だけで決まることを示せ。
4. 1 気圧、 0°C における空気 1 モルの体積は $22.4 \times 10^{-3} (\text{m}^3)$ 、定圧比熱 C_P は $6.88 (\text{cal}/\text{モル} \cdot \text{度})$ 比熱比 γ は 1.41 である。空気を理想気体とみなして、熱の仕事当量 (J/cal) を求めよ。
5. 高温熱源 (T_H) から熱量 Q_H を受け取り低温熱源 (T_L) に熱量 Q_L を排出する、理想気体を作業物質とするカルノーサイクルについて、以下の問いに答えよ。
 - 5-1. 1 サイクルで外に対して行う正味の仕事 W を Q_H と Q_L で書け。
 - 5-2. 理想気体の状態方程式と断熱過程の式から、 Q_H , Q_L , T_H , T_L に成り立つ関係式を導出せよ。
 - 5-3. 前問の結果をもちいて、 W を Q_H , T_H , T_L で表わせ。
 - 5-4. 外気が 5°C 室温が 20°C のとき、逆カルノーサイクルで暖房すると、同じ電力の電熱器に比べて何倍の熱が得られるか。
 - 5-5. 1 サイクルあたり、 $T_H = 652^\circ\text{C}$ の熱源から 500 kJ の熱を受け取り、 $T_L = 30^\circ\text{C}$ の熱源に排熱する。このサイクルの効率 η と Q_L を求めよ。
6. 沸騰する水と融点にある氷を熱源とした可逆サイクルの熱効率を測定したところ 26.8% であった。
 - 6-1. この温度差を 100 等分したケルビン目盛を採用する利点をのべよ。
 - 6-2. 温度差を 200 等分した目盛では、融点は何度になるか (小数点以下 1 桁)。
7. 700 K の熱源から 1200 kJ の熱を受け取り 300 K の熱源に 450 kJ の熱を放出して 750 kJ の仕事をする、二つの熱源で構成する熱機関について、
 - 7-1. クラウジウスの不等式から実現の可能性を判定せよ。
 - 7-2. カルノーの定理から実現の可能性を判定せよ。
 - 7-3. クラウジウスの不等式に反する熱機関はカルノーの定理にも反することを示せ。
8. エントロピーについて、
 - 8-1. 熱力学第一法則はエントロピー S を用いると状態量だけの関係式となることを示せ。
 - 8-2. 1 モルの理想気体を、温度を一定に保ちながら体積を V_1 から V_2 まで増加したときのエントロピーの変化量を求めよ。
 - 8-3. エントロピーが状態量であることから、理想気体の断熱自由膨張は前問と同じ結果となることを説明せよ。

以上