

令和5年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[熱力学]

1 摩擦のないピストンがついたシリンダーに質量 $m = 2 \text{ kg}$ の理想気体（以下、気体）が密閉されている。初期温度 $T_0 = 400 \text{ K}$ 、初期圧力 $p_0 = 100 \text{ kPa}$ 、気体定数 $R = 300 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ 、定圧比熱 $c_p = 1,000 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ として以下の問いに答えよ。過程はすべて準静的過程とする。答えには単位を記すこと。必要に応じ $\ln 2 = 0.7$ の近似を用いよ。

【35点】

- (1) 気体の初期体積 V_0 を求めよ。
- (2) 初期状態から体積を一定に保って気体に $Q = 140 \text{ kJ}$ の熱を加えた。この過程による気体の内部エネルギーの変化 ΔU 、加熱後の気体の温度 T 及び圧力 p を求めよ。
- (3) 初期状態から圧力を一定に保って気体に $Q = 140 \text{ kJ}$ の熱を加えた。この過程による気体の内部エネルギーの変化 ΔU 、気体が外部になした仕事 L 、加熱後の気体の温度 T 及び体積 V を求めよ。
- (4) 初期状態から気体を加熱してその温度を一定に保ちつつ、体積を2倍に膨張させた。この過程による気体の内部エネルギーの変化 ΔU 、過程後の気体の圧力 p 、気体が外部になした仕事 L 、及びこの過程で気体に加えられた熱 Q を求めよ。

2 以下の問いに答えよ。答えには単位を記すこと。必要に応じ $\ln 1.2 = 0.18$ の近似を用いよ。

【35点】

- (1) 断熱容器に入った質量 $m_L = 100 \text{ kg}$ 、温度 $T_L = 300 \text{ K}$ の液体に、質量 $m_S = 50 \text{ kg}$ 、温度 $T_S = 400 \text{ K}$ の固体を投入した。液体の比熱を $c_L = 2,200 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ 一定、固体の比熱を $c_S = 600 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ 一定として、熱平衡到達後の温度 T を求めよ。ただし相変化はしないとする。
- (2) 外気温が $3 \text{ }^\circ\text{C}$ のとき、ヒートポンプ式暖房機により室内を $23 \text{ }^\circ\text{C}$ に保っている。消費電力が $L = 1 \text{ kW}$ であり、この暖房機の成績係数が $\varepsilon = 4$ であるとき、室内に毎秒供給されている熱 Q を答えよ。また、この状況における理論上最大の成績係数 ε_R を答えよ。
- (3) 質量 $m = 10 \text{ kg}$ 、温度 $T_i = 300 \text{ K}$ の固体の物体が加熱により $T_e = 360 \text{ K}$ となった。物体の比熱を $c = 4,000 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ 一定として、この昇温による物体のエントロピーの変化 ΔS を求めよ。物体は相変化や変形などはしないとする。

3 永久機関に関する出願は特許されない。第一種永久機関（熱力学の第一法則に反するもの）は見破りやすい一方、第二種永久機関（熱力学の第二法則に反するもの）はより見破りにくい。以下の文(1)～(3)は第二種永久機関の例を記載している。空欄（ア）から（カ）に当てはまる最も適切な語句を選択肢群から選んで解答せよ。ただし、同じ語句を2回以上用いてもよい。

【30点】

- (1) 熱が（ア）側から（イ）側に流れている箇所がある装置。
- (2) 環境の熱エネルギーを取り込み、その（ウ）を環境より（エ）の場所に捨てることなく（オ）に仕事（機械的、電気的、化学的仕事を含む）を発生する装置。
- (3) 窒素と二酸化炭素の混合気があり、その混合エントロピーが ΔS であるとき、その混合気からの二酸化炭素の完全分離を（カ）以下の仕事で行う装置。なお、ここでの混合エントロピーは、純粋な窒素と二酸化炭素とを混ぜて混合気とした際のエントロピーの増加量を指す。

（選択肢群）：

継続的、一時的、完全、不完全、全部、一部、断熱、等温、低エネルギー、高エネルギー、低エントロピー、高エントロピー、低圧、高圧、低温、高温、混合気の等圧比熱と ΔS との積、ギブス自由エネルギーと ΔS との積、温度と ΔS との積、圧力と ΔS との積、熱容量と ΔS との積