

2026年度 北海道科学大学大学院・専攻科

入学試験問題の出題意図及び解答例

選抜区分名	大学院修士課程一般[前期]		
研究科名	工学研究科	専攻名	機械工学専攻
科目名	専門科目（工業熱力学）		

【問1】 出題意図 熱力学の基礎的事項を問う問題である。

【問1】 解答例
 共通問題
 1. 質量5.0 kg, 温度15°Cの水を入れた容器に質量1.5 kg, 温度80°Cの銅球を投入して十分攪拌した。熱平衡後の水温を求めなさい。ただし、水および銅の比熱はそれぞれ4.2 kJ/(kg・K)と0.40kJ/(kg・K), 容器の熱容量は10 kJ/Kとして、混合の際の熱損失は無視する。

(解答例)
 混合の際の熱損失を無視するため、銅球が放出した熱量と水、容器が吸収した熱量が等しくなる。よって、銅と水をそれぞれ添字 1 および 2 をつけて表し、容器の熱容量を $m'c'$ [kJ/K], 熱平衡後の温度を T_m [K] とすると、次式が得られる。

$$m_1 c_1 (T_1 - T_m) = (m_2 c_2 + m'c') \times (T_m - T_2)$$

T_m を算出する式に変形すると次式となる。

$$T_m = (m_1 c_1 T_1 + (m_2 c_2 + m'c') T_2) / ((m_2 c_2 + m'c') + m_1 c_1)$$

上式に以下の値を代入し、

$$m_1 = 1.5 \text{ kg}, \quad c_1 = 0.40 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}, \quad T_1 = 80 + 273.15 = 353.15 \text{ K},$$

$$m_2 = 5.0 \text{ kg}, \quad c_2 = 4.2 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}, \quad T_2 = 15 + 273.15 = 288.15 \text{ K},$$

$$m'c' = 10 \text{ kJ/K}$$

T_m を算出すると

$$T_m = 289.38 \text{ K}$$

故に、 $t_m = 289.38 - 273.15 = 16.23$ より、熱平衡後の温度は16.2°Cとなる。

【問2】 出題意図 理想気体の等容変化における基礎的事項を問う問題である。

【問2】 解答例
 共通問題
 容積500ℓ, 温度50°C, 圧力450kPaの空気を容積一定のもとで温度150°Cまで加熱した。この変化における以下の値を求めなさい。ただし、空気的气体定数, 定圧比熱および定容比熱はそれぞれ $R=287\text{J/(kg}\cdot\text{K)}$, $c_p=1.005 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$, $c_v=0.718\text{kJ/(kg}\cdot\text{K)}$ とする。

- (1) 空気の質量 (2) 加熱後の圧力 (3) 加熱量
 (4) 内部エネルギーの変化量 (5) エンタルピーの変化量

(解答例)

(1) 理想気体の状態方程式 $pV = mRT$ より空気の質量は次式から求められる。

$$\begin{aligned} m &= pV/RT \\ &= 450 \times 10^3 \times 500 \times 10^{-3} / (287 \times ((50+273.15))) \\ &= 2.4260 \\ &\doteq 2.43 \text{kg} \end{aligned}$$

(2) 等容変化における p と T の関係式 $p_1/T_1 = p_2/T_2$ より加熱後の圧力は次式から求められる。

$$\begin{aligned} p_2 &= p_1 T_2 / T_1 \\ &= 450 \times 10^3 \times (150+273.15) / (50+273.15) \\ &= 589.2 \times 10^3 \\ &\doteq 589 \text{kPa} \end{aligned}$$

(3) 等容変化における加熱量は次式から求められる。

$$\begin{aligned} Q &= mc_v(T_2 - T_1) \\ &= 2.4260 \times 0.718 \times 10^3 \times ((150+273.15) - (50+273.15)) \\ &= 174.186 \times 10^3 \\ &\doteq 174 \text{kJ} \end{aligned}$$

(4) 内部エネルギーの変化量は次式から求められる。

$$\Delta U = mc_v(T_2 - T_1) = Q \doteq 174 \text{kJ}$$

(5) エンタルピーの変化量は次式から求められる。

$$\begin{aligned} \Delta H &= mc_p(T_2 - T_1) \\ &= 2.4260 \times 1.005 \times 10^3 \times ((150+273.15) - (50+273.15)) \\ &= 243.813 \times 10^3 \\ &\doteq 244 \text{kJ} \end{aligned}$$

【問3】 出題意図 開いたに関する基礎的事項を問う問題である。

選択問題 (以下の2問から1問を選択して解答しなさい。)

【問3】 解答例

3. 圧力101.5kPa, 温度20.0°Cの空気を毎分2.46kg吸い込み, 圧力1.12MPa, 温度88.2°Cの空気にするタービン圧縮機において, 必要な動力を求めなさい。ただし, 空気のガス定数および定容比熱はそれぞれ $R=287\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, $c_v=718\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ とする。

(解答例)

理想気体の状態方程式 $pV = mRT$ より入口空気の比容積は次式から求められる。

$$\begin{aligned} v_1 &= V_1/m = RT_1/p_1 \\ &= 287 \times (20.0+273.15) / (101.5 \times 10^3) \\ &= 0.8289 \\ &\doteq 0.829 \text{m}^3/\text{kg} \end{aligned}$$

同様に出口空気の比容積は次式から求められる。

$$\begin{aligned} v_2 &= V_2/m = RT_2/p_2 \\ &= 287 \times (88.2+273.15) / (1.12 \times 10^6) \\ &= 0.09259 \\ &\doteq 0.0926 \text{m}^3/\text{kg} \end{aligned}$$

タービン圧縮機の必要な動力は次式より求められる。

$$\begin{aligned} W &= m((p_1 v_1 + c_v T_1) - (p_2 v_2 + c_v T_2)) \\ &= 2.46/60 \times ((101.5 \times 10^3 \times 0.8289 + 718 \times (20.0+273.15)) - (1.12 \times 10^6 \times 0.09259 + 718 \times (88.2+273.15))) \\ &= -2809.9 \\ &\doteq -2.81 \text{kW} \end{aligned}$$

よって, 圧縮機に必要な動力は2.81kWとなる。

【問4】 出題意図 冷凍サイクルに関する基礎的事項を問う問題である。

選択問題

【問4】 解答例

4. -12.0°Cの低温環境から吸熱し, 30.0°Cの高温環境へ放熱する冷凍サイクルのCOPを求めなさい。また, この冷凍サイクルで毎時40.0MJの熱量を吸収させる場合に, 外部から供給する動力[kW]を求めなさい。

成績係数 ε は、動力 W 、低温 (T_2) 環境からの吸熱量 Q_2 より、以下の式を用いて求められる。

$$\begin{aligned}\varepsilon &= Q_2 / W = T_2 / (T_1 - T_2) \\ &= (-20 + 273.15) / ((30.0 + 273.15) - (-20 + 273.15)) \\ &= 5.063 \\ &\simeq 5.06\end{aligned}$$

また、外部から供給する動力は以下の式を用いて求められる。

$$\begin{aligned}W &= Q_2 / \varepsilon \\ &= (40.0 \times 10^6 / 3600) / 5.063 \\ &= 2194.5 \\ &\simeq 2.19 \text{ kW}\end{aligned}$$