

令和6年度専攻科入学者選抜前期学力検査問題

機械・電子システム工学専攻 機械系 専門I (熱力学)

(1/2)

受験番号	氏 名

得 点

総 得 点

【1】30[°C]の温水5[kg]の中に、0[°C]の氷2[kg]を入れた。熱損失はないものとして、熱平衡に達した時の温度 t を求めよ。なお、氷の融解潜熱は $r=334$ [kJ/kg]、水の比熱は $c=4.2$ [kJ/(kg·K)] とする。

温水が0[°C]になったと仮定した時の顕熱 Q_1 は $Q_1 = m_1 \times c \times \Delta t = 5 \times 4.2 \times 30 = 630$ [kJ] (10点)

氷が0[°C]の水になったと仮定した時の融解潜熱 Q_2 は、 $Q_2 = m_2 \times r = 2 \times 334 = 668$ [kJ]

$Q_1 < Q_2$ となり、氷は全て融解せず、一部氷が残る氷水となる。よって、熱平衡に達したときの温度 t は、0[°C]である。 $t = 0$ [°C]

【2】図1に示すように、第1ポンベと第2ポンベがバルブを介してつながれている。バルブを閉じた状態で、第1ポンベには、圧力 $p_1=0.8$ [MPa]、温度 $T_1=40$ [°C]、体積 $V_1=2$ [m³] の酸素が入っている。一方、第2ポンベには、圧力 $p_2=0.2$ [MPa]、温度 $T_2=20$ [°C]、質量 $m_2=4$ [kg]の酸素が入っている。酸素のガス定数を $R=260$ [J/(kg·K)]として、次の問いに答えよ。なお、バルブおよび接続管の体積は小さく無視できるものとする。(20点)

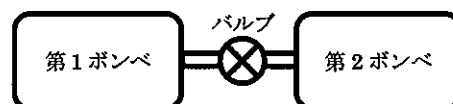


図1 ポンベ回路

(1) 第1ポンベに入っている酸素の質量 m_1 を求めなさい。(5点)

$$m_1 = \frac{p_1 \times V_1}{R \times T_1} = \frac{0.8 \times 10^6 \times 2}{260 \times (40 + 273)} = 19.7 \text{ [kg]}$$

$$m_1 = 19.7 \text{ [kg]}$$

(2) 第2ポンベに入っている酸素の体積 V_2 を求めなさい。(5点)

$$V_2 = \frac{m_2 \times R \times T_2}{p_2} = \frac{4 \times 260 \times (20 + 273)}{0.2 \times 10^6} = 1.52 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_2 = 1.52 \text{ [m}^3\text{]}$$

(3) バルブを開いて、第1ポンベと第2ポンベの酸素を混合したとき、酸素の温度は $T_3=30$ [°C] になった。このとき、酸素の圧力 p_3 を求めなさい。(10点)

$$m_3 = m_1 + m_2 = 19.7 + 4 = 23.7 \text{ [kg]}, V_3 = V_1 + V_2 = 2 + 1.52 = 3.52 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$p_3 = \frac{m_3 \times R \times T_3}{V_3} = \frac{23.7 \times 260 \times (30 + 273)}{3.52} = 0.530 \times 10^6 \text{ [Pa]}$$

$$p_3 = 0.530 \text{ [MPa]}$$

【3】図2は、高温熱源の温度 T_H [K]、低温熱源の温度 T_L [K]の間で作動する逆カルノーサイクルのT-s線図である。 q_1 は理想気体1[kg]あたりの放熱量で、 q_2 は吸熱量である。次の問いに答えよ。(20点)

(1) それぞれの行程における理想気体の状態変化を表1に記入しなさい。(2点×4=8点)

表1 行程

行程	1→2	2→3	3→4	4→1
状態変化	等温膨張	断熱圧縮	等温圧縮	断熱膨張

(2) 比エントロピ s の定義式を書きなさい。(4点)

$ds = \frac{dq}{T}$ ここで、 q :理想気体1[kg]あたりに供給される熱量[J/kg]、 T :理想気体の絶対温度[K]である。

(3) 比エントロピの定義式を基に、逆カルノーサイクルの吸熱量 q_2 を求める式を導出しなさい。(4点)

$$q_2 = \int_1^2 T_L ds = T_L \int_1^2 ds = T_L (s_2 - s_1)$$

(4) 逆カルノーサイクルを冷凍機として用いる場合の成績係数 ε_R を、高温熱源の温度 T_H 、低温熱源の温度 T_L を使って求める式を導出しなさい。(4点)

放熱量 $q_1 = T_H (s_2 - s_1)$, 吸熱量 $q_2 = T_L (s_2 - s_1)$, 仕事量 $w = q_1 - q_2$ より

$$\varepsilon_R = \frac{q_2}{w} = \frac{q_2}{q_1 - q_2} = \frac{T_L (s_2 - s_1)}{T_H (s_2 - s_1) - T_L (s_2 - s_1)} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

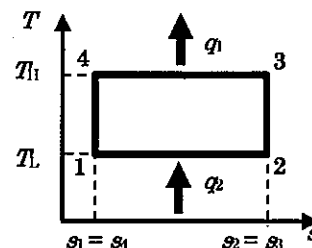


図2 T-s 線図

受験番号	氏 名

得 点
50

問1. 図1のように、タンク内の水が空気によって加圧されており、タンクには圧力測定のためのマンノメータが接続されている。ここで、水、オイルおよび水銀の密度はそれぞれ 1000kg/m^3 、 850kg/m^3 および 13600kg/m^3 とし、マンノメータ内の各液面までの高さはそれぞれ、 $h_1=0.2\text{m}$ 、 $h_2=0.3\text{m}$ および $h_3=0.46\text{m}$ であり、マンノメータの液面④は大気に開放されている。以下の各値を求めよ。21点 (7点×3)

※解答は有効数字3桁で、単位を付すこと。

※各値はゲージ圧で表すこと。

- (1) 液面③での圧力 P_3
- (2) 液面②での圧力 P_2
- (3) タンク内水面①での圧力 P_1

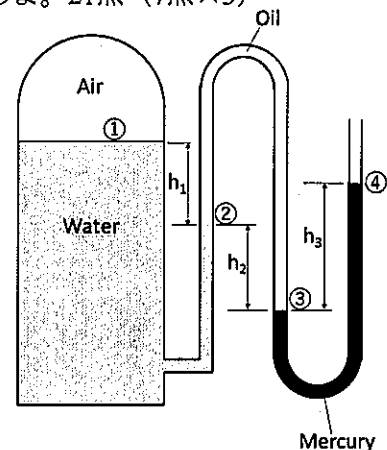


図 1

解答欄:

(1)	61.3 kPa
(2)	58.8 kPa
(3)	56.5 kPa

問2. 図2に示すような拡大円管内を流量 $Q=0.15\text{m}^3/\text{s}$ で空気が流れている。断面①における圧力 P_1 が30 Pa (ゲージ圧) であるとき以下の各値を求めよ。なお、空気の密度 ρ は 1.2kg/m^3 とする。21点 (7点×3)

※解答は有効数字3桁で、単位を付すこと。

- (1) 断面①での流速 V_1 (1) $V_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{4Q}{\pi D_1^2} = \frac{4 \times 0.15}{\pi \times 0.08^2} = 29.8\text{ m/s}$
- (2) 断面②での流速 V_2
- (3) 断面②での圧力 P_2 (2) $V_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{4Q}{\pi D_2^2} = \frac{4 \times 0.15}{\pi \times 0.12^2} = 13.3\text{ m/s}$

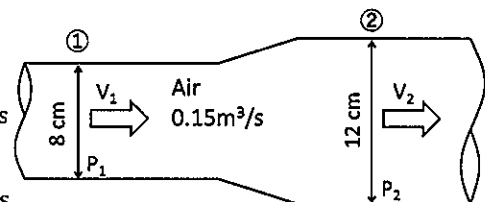


図 2

解答欄:

(1)	29.8 m/s
(2)	13.3 m/s
(3)	457 Pa

問3. 直径 $d=12.0\text{cm}$ 、長さ $L=100\text{m}$ の滑らかな水平の円形管路を通して、 $5\text{m}^3/\text{min}$ の割合で油を送る。このときの管路全体での圧力損失 ΔP [MPa]を求めよ。ただし、油の動粘度を $1.0 \times 10^{-4}\text{m}^2/\text{s}$ 、比重を0.85とする。また、管摩擦係数は層流の場合 $\lambda=64/\text{Re}$ 、乱流の場合 $\lambda=0.030$ とする。8点

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 5/60}{\pi \times 0.12^2} = 7.37\text{ m/s}$$

$$\text{Re} = \frac{Vd}{\nu} = \frac{7.37 \times 0.12}{1.0 \times 10^{-4}} = 8844 > 2300 \quad \text{よって流れは乱流}$$

$$\therefore \Delta P = \lambda \frac{L}{d} \frac{\rho}{2} V^2 = 0.03 \times \frac{100}{0.12} \times \frac{850}{2} \times 7.37^2 = 0.58\text{ MPa}$$

解答欄:

0.58 MPa