

受験番号/Number

外国人留学生特別選抜受験者は日本語で解答用紙 I に解答すること

Applicant of INTERNATIONAL MASTER'S PROGRAM should answer in English on the Answer Sheet I.

問(I) ピストンとシリンダに囲まれた理想気体があり、気体の圧力を p 、体積を V 、温度を T 、エントロピーを S とする。この気体の圧力が p_1 、体積が V_1 、温度が T_1 のときの状態を状態1とする。このとき、以下の問いに答えよ。ただし、この気体の比熱比 κ は温度によらず一定とする。なお、問いに示されている物理量以外を回答に用いることはできない。(25点)

(a) この気体が状態1から圧力一定のまま膨張し体積 V_2 の状態2となる過程と、状態1から体積一定のまま加熱されて圧力 p_2' の状態2'となる過程を考える。ただし、過程1→2と過程1→2'はともに準静的過程であり、それぞれの過程において気体に加えらる熱量は等しい。

a-1 それぞれの過程を、図1の p - V 線図および T - S 線図に描くとともに、状態2, 2'を図中に示せ。

a-2 状態2の温度 T_2 を、 $T_1, p_1, V_1, V_2, \kappa$ のうち必要なものを用いて示せ。

a-3 過程1→2において気体に加えらる熱量 Q_{12} を、 $T_1, p_1, V_1, V_2, \kappa$ のうち必要なものを用いて示せ。

a-4 状態2'の温度 T_2' 、圧力 p_2' を示せ。 $T_1, p_1, V_1, V_2, \kappa$ のうち必要なものを用いて良い。

(b) つぎに、このピストンとシリンダに囲まれた理想気体による準静的過程からなる閉じたサイクルを考える。気体ははじめの状態1から状態2となり、状態2から体積一定のまま、圧力 p_3 の状態3となる。ここで、 $p_3 < p_1$ である。さらに、気体は状態3から断熱変化を経て、状態1へ戻る。このとき、以下の問いに答えよ。

b-1 このサイクルの p - V 線図および T - S 線図を図1に描くとともに、状態3を図中に示せ。

b-2 状態3の温度 T_3 、圧力 p_3 を、 $T_1, p_1, V_1, V_2, \kappa$ のうち必要なものを用いて示せ。

b-3 過程2→3において気体に加えらる熱量 Q_{23} を、 $T_1, p_1, V_1, V_2, \kappa$ のうち必要なものを用いて示せ。

b-4 サイクルの熱効率 η を、 $Q_{12}, Q_{23}, T_1, p_1, V_1, V_2, \kappa$ のうち必要なものを用いて表せ。

(I) An ideal gas is enclosed in a piston - cylinder system. The pressure, volume, temperature and entropy of the gas are denoted by p, V, T and S , respectively. At State 1, the pressure, volume and temperature of the gas are p_1, V_1 and T_1 , respectively. Answer the following questions. Here, the specific heat ratio of the gas κ is independent of temperature. Any other physical quantities not specified in the questions cannot be used in your answer.

(a) Consider two processes. One is a process where the gas expands at constant pressure from State 1 to State 2 with a volume of V_2 . The other is a process where the gas is heated at constant volume from State 1 until the gas becomes State 2' with a pressure of p_2' . Here, both processes 1→2 and 1→2' are quasi-static. The amount of the heat added to the gas is equal in both processes.

a-1 Draw these processes on the p - V and T - S diagrams in Fig. 1. Additionally, show State 2 and State 2' on the diagrams.

a-2 Express the gas temperature T_2 at State 2 using any of T_1, p_1, V_1, V_2 and κ as needed.

a-3 Express the amount of the heat added to the gas Q_{12} during the process 1→2 using any of T_1, p_1, V_1, V_2 and κ as needed.

a-4 Express the gas temperature T_2' and pressure p_2' at State 2' using any of T_1, p_1, V_1, V_2 and κ as needed.

(b) Consider a closed cycle consisting of quasi-static processes by this ideal gas in the piston - cylinder system. The gas at State 1 goes to State 2 through a constant pressure process and then to State 3 with a pressure of p_3 through a constant volume process. Here, $p_3 < p_1$. The gas at State 3 returns to State 1 through an adiabatic process.

b-1 Draw the processes of this cycle on the p - V and T - S diagrams in Fig. 1. Additionally, show State 3 on the diagrams.

b-2 Express the gas temperature T_3 and pressure p_3 at State 3 using any of T_1, p_1, V_1, V_2 and κ as needed.

b-3 Express the amount of the heat added to the gas Q_{23} during the process 2→3 using any of T_1, p_1, V_1, V_2 and κ as needed.

b-4 Express the thermal efficiency of the cycle η using any of $Q_{12}, Q_{23}, T_1, p_1, V_1, V_2$ and κ as needed.

外国人留学生特別選抜受験者は日本語で解答すること

Applicant of INTERNATIONAL MASTER'S PROGRAM should answer in English.

令和 8 年度 大学院工学府修士課程外国人留学生入学特別選抜
Entrance Examination for International Master's Program 2026

Group A
熱工学/Thermal Engineering

受験番号/Number _____

解答用紙 I

外国人留学生特別選抜受験者は日本語で解答すること

Answer Sheet I

Applicant of INTERNATIONAL MASTER'S PROGRAM should answer in English.

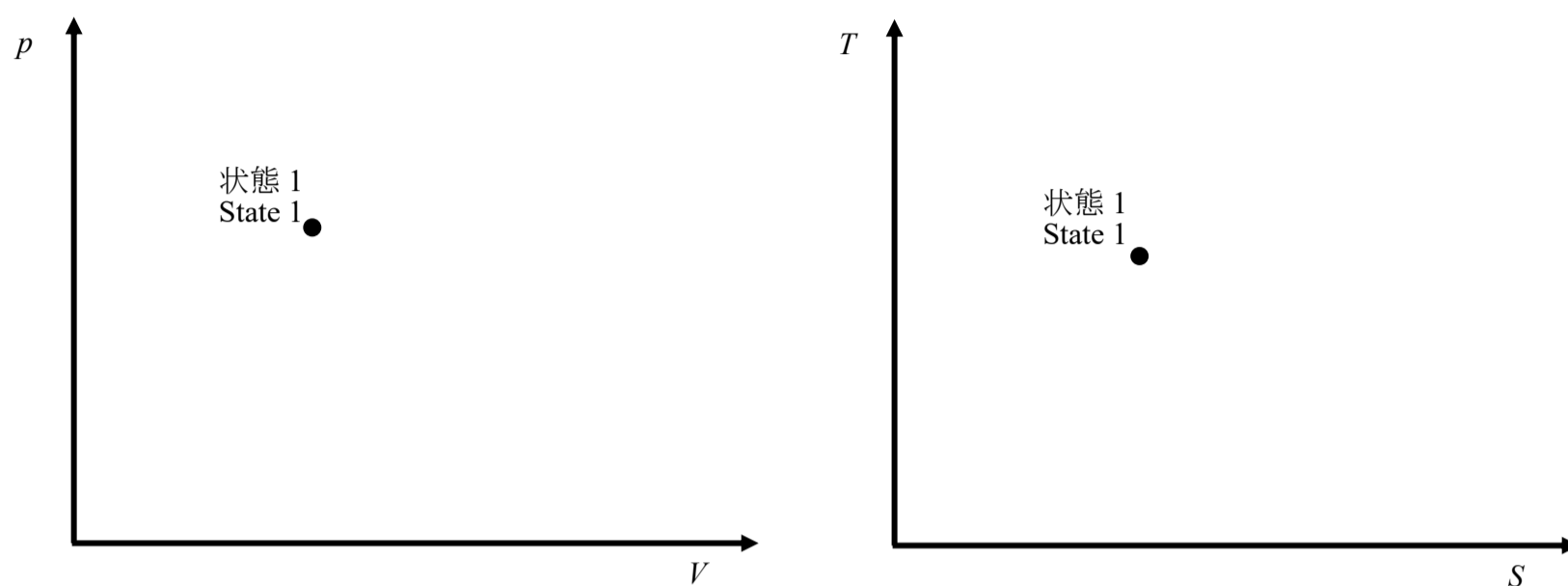


Fig. 1

外国人留学生特別選抜受験者は日本語で解答すること (紙面が不足する場合は, 続けてこの解答用紙 I の裏面に解答すること)
 Applicant of INTERNATIONAL MASTER'S PROGRAM should answer in English. (Continue your answer on the back of this Answer Sheet I if necessary.)

受験番号/Number _____

外国人特別選抜受験者は日本語で解答すること

Applicants of INTERNATIONAL MASTER'S PROGRAM should answer in English.

問(II) 図 2.1 に示す直径 D (m) のシャフトが温度 T_{air} (K) の空気中において、角速度 ω (rad/s) で回転しながら冷却されている。シャフトの表面温度 T_{shaft} (K) は時刻によって変化し、 T_{shaft} (K) $>$ T_{air} (K) である。簡単化のため、熱はシャフトの半径 r 方向のみに流れるとみなし、 T_{air} (K) は一定とする。以下の問いに答えよ。(25 点)

A shaft with a diameter D (m), as shown in Fig. 2.1, is cooled by rotation at an angular velocity of ω (rad/s) in air at a temperature of T_{air} (K). The surface temperature of the shaft T_{shaft} (K) varies with time and satisfies T_{shaft} (K) $>$ T_{air} (K). Heat is assumed to flow only in the radial direction r of the shaft, and T_{air} (K) is considered to be constant for simplicity. Answer the following questions. (25 points)

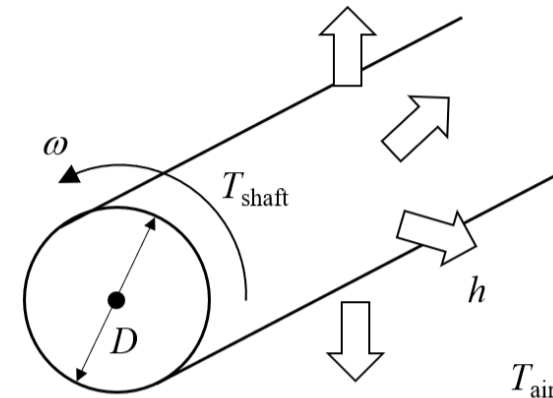


図 2.1 Fig. 2.1

- (1) 空気の動粘度を ν (m²/s) とするとき、レイノルズ数 Re_D を求めなさい。ここで代表速度を ωD (m/s)、代表長さをシャフト直径 D (m) とする。
Calculate the Reynolds number Re_D for the rotating shaft. The characteristic speed is ωD (m/s), and the characteristic length is the shaft diameter, D (m). The kinetic viscosity of air is ν (m²/s).

- (2) 回転するシャフト表面における平均ヌセルト数 \overline{Nu}_D は、レイノルズ数 Re_D とプラントル数 Pr を用いて、 $\overline{Nu}_D = 0.133 Re_D^{2/3} Pr^{1/3}$ となることが知られている。

Using the Reynolds number Re_D and the Prandtl number Pr , it is known that the averaged Nusselt number for the rotating shaft is given by $\overline{Nu}_D = 0.133 Re_D^{2/3} Pr^{1/3}$.

- (i) プラントル数 Pr が一定の下で角速度 ω (rad/s) を上げたとき、熱伝達率 h (W/(m²·K)) の増減について理由とともに述べよ。
Discuss how the heat transfer coefficient h (W/(m²·K)) changes and explain the reasons, when the angular velocity ω (rad/s) is increased while keeping the Prandtl number Pr constant.

- (ii) なぜ平均ヌセルト数 \overline{Nu}_D がレイノルズ数とプラントル数の関数になるのか述べよ。

Discuss why the \overline{Nu}_D number is a function of the Re_D and the Pr .

- (3) シャフト直径 D が 0.03 m、シャフトの熱伝導率 k が 60 W/(m·K)、シャフト表面と空気との間の熱伝達率 h が 200 W/(m²·K) のとき、シャフトの半径を代表長さとして、空気中に置かれたシャフトのビオ数 Bi を求めよ。求めたビオ数 Bi の大きさを考慮し、シャフト中心から十分離れた空気に至るまでの半径 r 方向温度分布の概略を T_{shaft} を通るように図 2.2 中に描け。

When the shaft diameter D is 0.03 m, the thermal conductivity of the shaft k is 60 W/(m·K), and the convective heat-transfer coefficient between the shaft surface and air h is 200 W/(m²·K), determine the Biot number of the shaft placed in air. The characteristic length is defined by the shaft radius. In addition, sketch in Fig. 2.2 a schematic radial temperature distribution from the center of the shaft to the ambient air sufficiently far from the shaft surface passing through T_{shaft} by considering the magnitude of the calculated Biot number.

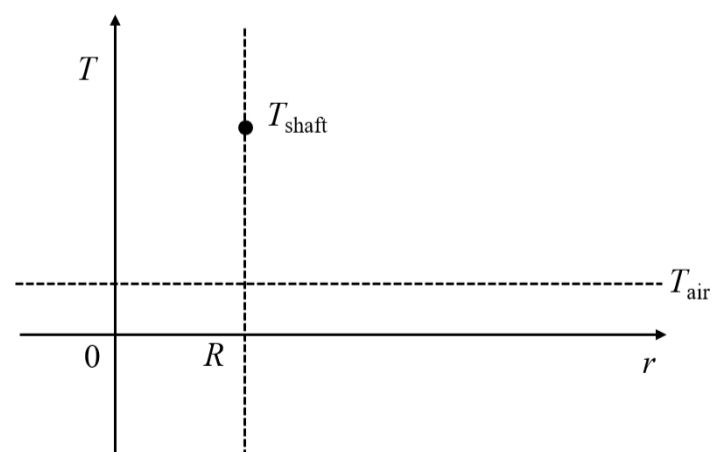


図 2.2 Fig. 2.2

□外国人留学生特別選抜受験者は日本語で解答すること

□Applicants of INTERNATIONAL MASTER'S PROGRAM should answer in English.