

2024年10月、2025年4月入学 (October 2024 and April 2025 Admission)  
広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題

## 問題用紙

Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University  
Entrance Examination Booklet (General Selection)

## Question Sheets

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

試験科目 Subject	機械工学(専門科目 I) Mechanical Engineering I	プログラム Program	機械工学 Mechanical Engineering	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--	------------------	--------------------------------	---------------------------	---

試験時間 : 09時00分~12時00分 (Examination Time : From 09:00 to 12:00)

### 受験上の注意事項

- (1) これは問題用紙です。解答は別冊の解答用紙に記入してください。
- (2) 問題用紙は表紙を含み8枚あります。
- (3) 本表紙およびすべての問題用紙に受験番号を記入してください。
- (4) 問題用紙は解答用紙とともに回収します。

### Notices

- (1) This booklet consists of only question sheets. Use another booklet for answers.
- (2) This booklet consists of eight (8) sheets including this front sheet.
- (3) Fill in your examinee's number in all sheets including this front sheet.
- (4) Return these question sheets together with the answer sheets.

2024年10月, 2025年4月入学 (October 2024 and April 2025 Admission)  
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題  
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University  
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

試験科目 Subject	機械工学(専門科目 I) Mechanical Engineering I	プログラム Program	機械工学 Mechanical Engineering	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--	------------------	--------------------------------	---------------------------	---

[問題用紙]

I - 1 (数学) (Mathematics) [1/3]

問題 1 (Question 1)

1. 行列  $A = \begin{pmatrix} 2a & -0.2 \\ -0.2 & 3a \end{pmatrix}$  について以下の問いに答えよ。なお  $a$  は正の実数である。

(a) 行列  $A$  の固有値  $\lambda$  は正の実数  $b$  を用いて次の式で表される。 $b$  の値を求めよ。

$$\lambda = \frac{5a \pm \sqrt{a^2 + b}}{2}$$

(b) 行列  $A$  のひとつの固有値がもう一方の固有値の 2 倍であるとき,  $a$  の値と各固有値を求めよ。

(c) 上記(b)の条件下で行列  $A$  の固有ベクトルを求めよ。

(d) 上記(b)の条件下で  $\lim_{n \rightarrow \infty} A^n \mathbf{x} = c\mathbf{p}$  が成立することを示せ。ただし  $n$  は自然数,  $c$  は適当な実数,  $\mathbf{p}$  は固有

ベクトルのうちのどちらかひとつ,  $\mathbf{x} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$  は任意の非零実ベクトルとする。

(e) 上記(d)のベクトル  $\mathbf{x}$  を単位円 ( $x^2 + y^2 = 1$ ) 上の点の位置ベクトルとする。このとき  $\lim_{n \rightarrow \infty} A^n \mathbf{x}$  によって単位円はどのような図形に変化するか, 説明せよ。

2. 次の連立一次方程式が唯一解を持つような  $d$  の条件を示し, 解を求めよ。

$$\begin{cases} -x + y + z = 2 \\ x - y - d^2 z = 0 \\ x + y - dz = 4 \end{cases}$$

1. Answer the following questions about the matrix  $A = \begin{pmatrix} 2a & -0.2 \\ -0.2 & 3a \end{pmatrix}$ . Here  $a$  is a positive real number.

(a) The eigenvalues of the matrix  $A$  can be described as follows using a positive real number  $b$ . Find the value of  $b$ .

\_\_\_\_\_

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

= ).

\_\_\_\_\_

=

\_\_\_\_\_

2024年10月, 2025年4月入学 (October 2024 and April 2025 Admission)  
広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題  
Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University  
Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

試験科目 Subject	機械工学(専門科目 I) Mechanical Engineering I	プログラム Program	機械工学 Mechanical Engineering	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--	------------------	--------------------------------	---------------------------	---

[問題用紙]

I - 1 (数学) (Mathematics) [2/3]

問題 2 (Question 2)

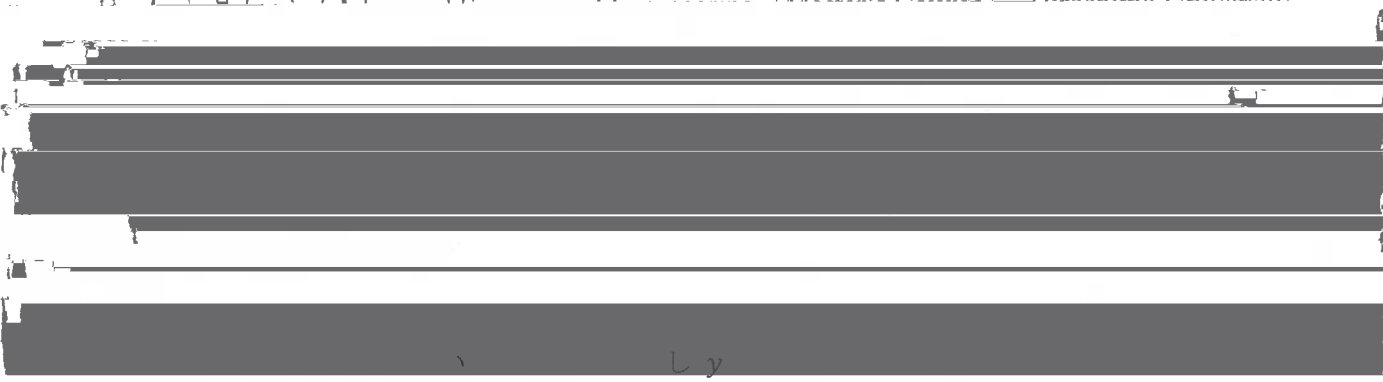
について, 以下の問いに答えよ。

- (a) 積分領域を  $x$ - $y$  平面図に示し, その領域にハッチングをつけ, かつ  $x$ ,  $y$  軸上の数値を記入せよ。
- (b) 2重積分  $I$  を求めよ。

Answer the following questions about the double integral  $I$  on the region  $D = \{x^2 + y^2 \leq 1\}$

$$I = \iint_D \ln(x^2 + y^2) dx dy$$

- (a) Show and hatch the domain of the integral at the  $x$ - $y$  plane and express numerical values on the  $x$  and  $y$  axes.
- (b) Calculate the double integral  $I$ .



$xy'' + (5x + 2)y' + (6x + 5)y = 0 \quad (1)$

- (a)  $(xy)'$  を計算せよ。
- (b)  $(xy)''$  を計算せよ。
- (c) 式(1)を  $(xy)'$ ,  $(xy)''$ ,  $xy$  を用いて表せ。
- (d) 式(1)を解け。

Answer the following questions on the differential equation (1), where  $y$  is a function of  $x$ .

$xy'' + (5x + 2)y' + (6x + 5)y = 0 \quad (1)$

- (a) Calculate  $(xy)'$ .
- (b) Calculate  $(xy)''$ .
- (c) Express the left hand side of Eq. (1) using  $(xy)'$ ,  $(xy)''$ , and  $xy$ .
- (d) Solve Eq. (1).

試験科目 Subject	機械工学(専門科目 I) Mechanical Engineering I	プログラム Program	機械工学 Mechanical Engineering	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--	------------------	--------------------------------	---------------------------	---

[問題用紙]

I - 2 (材料力学) (Mechanics of Materials) [1/2]

問題 1 (Question 1)

Fig. 1 に示すような断面を持つはりがある。以下の問いに答えよ。

- (1)  $z'$  軸に関する断面一次モーメント  $S_{z'}$  を求めよ。
- (2)  $z'$  軸から断面の図心  $G$  までの距離  $e$  を求めよ。
- (3)  $z'$  軸に関する断面二次モーメント  $I_{z'}$  を求めよ。
- (4)  $z$  軸に関する断面二次モーメント  $I_z$  を求めよ。

There is a beam with a cross section shown in Fig. 1.

- (1) Calculate the first moment of area  $S_{z'}$  around the  $z'$ -axis for the cross-section.
- (2) Obtain the distance  $e$  from the  $z'$ -axis to the centroid  $G$  for the cross-section.
- (3) Calculate the second moment of area  $I_{z'}$  around the  $z'$ -axis for the cross-section.
- (4) Calculate the second moment of area  $I_z$  around the  $z$ -axis for the cross-section.

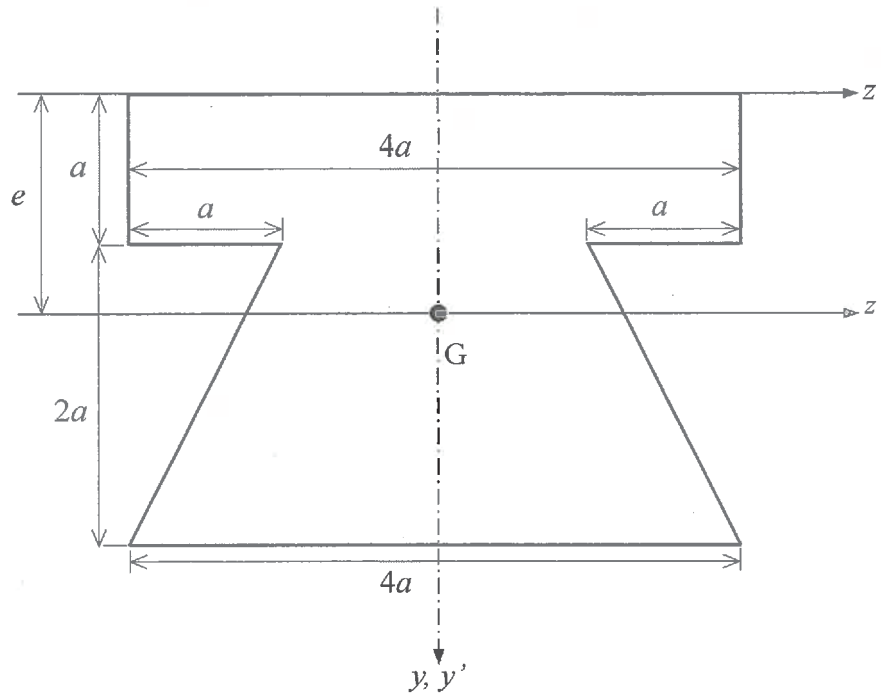


Fig. 1

2024年10月, 2025年4月入学 (October 2024 and April 2025 Admission)  
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題  
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University  
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

試験科目 Subject	機械工学(専門科目 I) Mechanical Engineering I	プログラム Program	機械工学 Mechanical Engineering	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--	------------------	--------------------------------	---------------------------	---

[問題用紙]

I - 2 (材料力学) (Mechanics of Materials) [2/2]

問題 2 (Question 2)

はりの長さを  $l$ , 曲げ剛性を  $EI$  とする時, 以下の問いに答えよ。

- (1) Fig. 2(a)に示すような, 等分布外力  $q_1$  が作用する片持ちはり AB における点 A のたわみ  $\delta_A$  を求めたい。この時, 点 A に仮想的に作用する鉛直方向下向きの集中外力  $T$  を考え, はり上の座標  $x$  における曲げモーメント  $M_1$  を, 自由体図を描いてモーメントのつり合い式を得た上で求めよ。
- (2) (1)の  $T$  を考えた状態で はりに蓄えられるひずみエネルギーを求めよ

73)

---



---



---



---



---

(2)の結果から  $\delta_A$  を  $q_1$  を用いて求めよ。

- (4) 片持ちはり AB の一端 A から鉛直方向下向きに微小距離  $a$  離れた位置に剛体ローラーが置いてある。Fig. 2(b)に示すように, 片持ちはり AB に等分布外力  $q_2$  が作用するとき, 点 A が剛体ローラーに接触しないための  $q_2$  の条件を求めよ。

- (3) 点 A が摩擦なくローラーに接触しているとき, 剛体ローラーから点 A に作用する支持外力  $R$  を求めよ。

(3) (2).

- (4) Answer the following problems when the length and flexural rigidity of the cantilever are assumed to be  $l$  and  $EI$ , respectively.

(1) As shown in Fig. 2(a), the deflection at point A on the cantilever AB under a uniformly distributed external force  $q_1$  is to be determined. At this time, consider a concentrated external force  $T$  acting vertically downwards at point A, and the bending moment  $M_1$  on the cantilever at a position  $x$  on the cantilever. Draw a free-body diagram and derive the equilibrium equation for the moment.

---



---



---

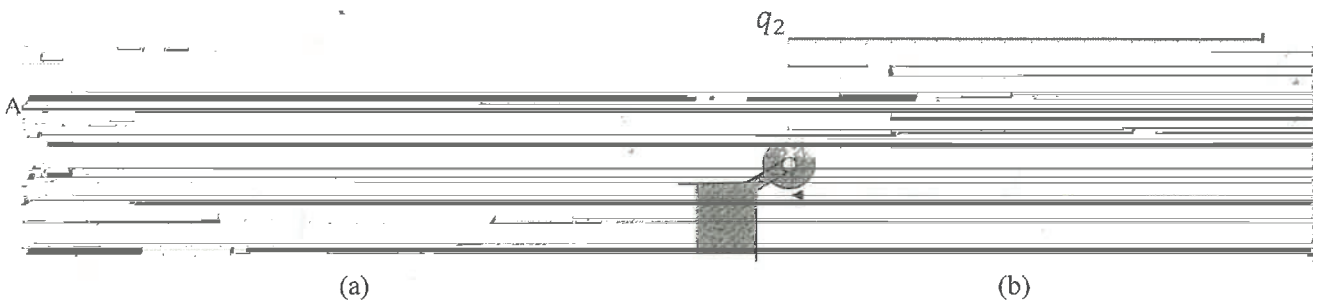


Fig. 2

2024年10月, 2025年4月入学 (October 2024 and April 2025 Admission)  
広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題  
Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University  
Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

試験科目 Subject	機械工学(専門科目 I) Mechanical Engineering I	プログラム Program	機械工学 Mechanical Engineering	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--	------------------	--------------------------------	------------------------------	---

[問題用紙]

I-3(機械力学)(Mechanical Vibrations)[1/2]

問題 1 (Question 1)

Fig. 1 の系を考える。物体 P は水平な直線レール上をなめらかに動き、ばね A およびダンパ B を介して壁と接続され、ダンパ C を介して点 Q と接続されている。物体 P の質量は  $m$ 、ばね A のばね定数は  $k$  であり、ダンパ B とダンパ C の減衰係数はいずれも  $c$  である。これらの定数は  $c^2 < mk$  を満たす。物体 P および点 Q の壁からの距離をそれぞれ  $x$  および  $y$  とする。 $x = L$ ,  $\dot{x} = 0$ ,  $\dot{y} = 0$  であるとき、系は平衡状態にあり、ばね A から壁に加わる力はゼロである。ここで  $L$  は正の定数である。以下の問いに答えよ。なお、加法定理の公式  $\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta = \cos(\alpha - \beta)$  を用いてよい。

- (1) 物体 P の運動方程式を書け。
- (2) 点 Q が一定の速度  $\dot{y} = v$  で移動しているとする。ここで  $v$  は正の定数である。
  - (2a) このとき、(1) の運動方程式の一般解を求めよ。
  - (2b) 物体 P が壁からの距離が  $2L$  を満たす位置で平衡状態になるために、正の定数  $v$  が満たすべき条件を

[Blank area for answer (2b)]

$= v$  with  $v$ .

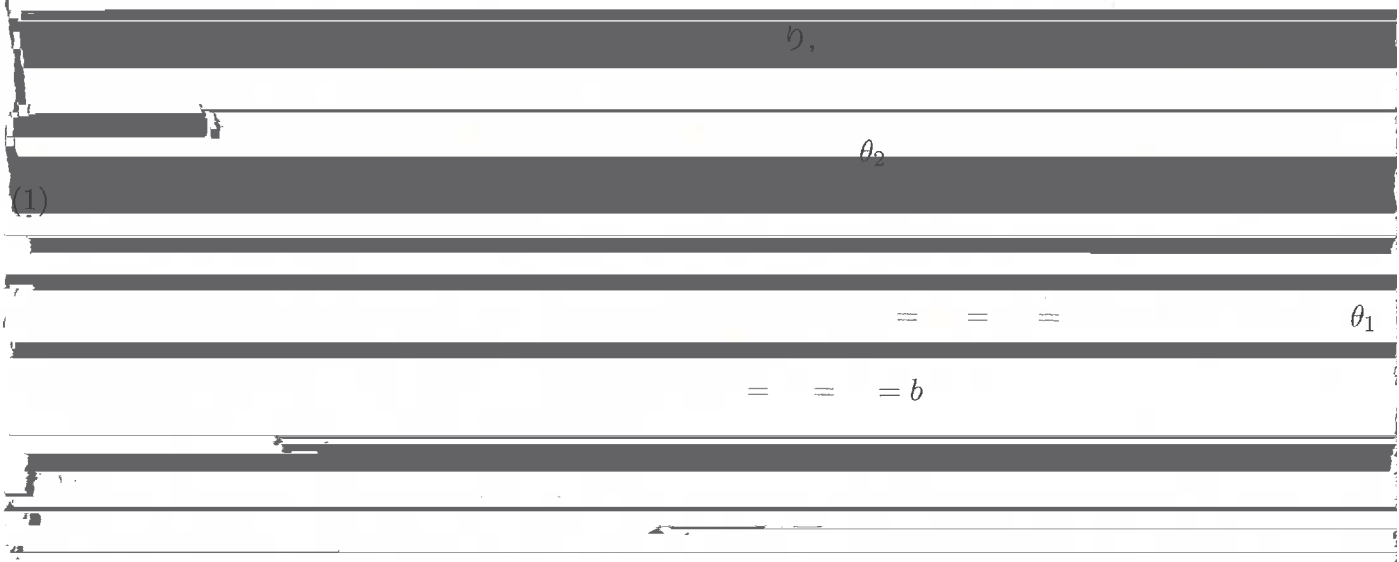
(2a)

(2b)

- めよ。
- (3) 点 Q の位置が  $y = 2L + B \sin(\omega t)$  のように変動しているとする。ここで  $B$  と  $\omega$  は正の定数である。
  - (3a) このとき、(1) の運動方程式の強制振動解を求めよ。
  - (3b) (3a) の強制振動解と点 Q の位置  $y$  の位相差がゼロとなる角周波数  $\omega$  を求めよ。

Consider the system illustrated in Fig. 1. The object P is allowed to move smoothly on a horizontal rail, and it is connected to the wall through the spring A and the damper B, and to the point Q through the damper C. The mass of the object P is  $m$ , the spring constant of the spring A is  $k$ , and the damping coefficients of both dampers B and C are  $c$ . These constants satisfy  $c^2 < mk$ . The distances of the object P and the point Q from the wall are  $x$  and  $y$ , respectively. When  $x = L$ ,  $\dot{x} = 0$ , and  $\dot{y} = 0$ , the system is in equilibrium, and the force acting from the spring A to the wall is zero. Here,  $L$  is a positive constant.

[Blank area for answer (3b)]



Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

(1) 試験科目	機械工学(専門科目 I)	プログラム	機械工学	受験番号	
(2) Subject	Mechanical Engineering I	Program	Mechanical Engineering	Examinee's Number	M
(3)					

【問題用紙】

4-3 (機械力学) (Mechanical Vibrations) [2/2]

$= \theta_2 =$

問題 2 (Question 2) =

Fig. 2 の系を考える。3 枚の円盤が 2 本の軸でつながれており、軸は軸受けで支持されている。3 枚の円盤の軸まわりの慣性モーメントはそれぞれ  $J$ ,  $3J$ , および  $2J$  であり、軸のねじり剛性はそれぞれ  $k$  および  $2k$  である。軸の質量と軸受けの摩擦は無視できるほど小さく、軸は曲がらないものとする。円盤の回転角度をそれぞれ  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ , および  $\theta_3$  とし、両方の軸のねじれがゼロのとき  $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3$  となる。以下の問いに答えよ。

- $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $\theta_3$  に関する運動方程式を書け。
- この系の固有角振動数をすべて求めよ。また、それぞれの固有角振動数に対応するモードベクトルを求めよ。
- 円盤の初期角度を  $\theta_1 = -a$ ,  $\theta_2 = a$ ,  $\theta_3 = -a$ , 初期角速度を  $\dot{\theta}_1 = \dot{\theta}_2 = \dot{\theta}_3 = 0$  とする。このとき、 $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $\theta_3$  を時刻  $t$  の関数として表せ。 $a$  は正の定数とする。
- 円盤の初期角度を  $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = 0$ , 初期角速度を  $\dot{\theta}_1 = \dot{\theta}_2 = \dot{\theta}_3 = b$  とする。このとき、 $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $\theta_3$  を時刻  $t$  の関数として表せ。 $b$  は正の定数とする。

Consider the system illustrated in Fig. 2. Three rigid disks are coaxially connected by two shafts. The moments of inertia of the disks are  $J$ ,  $3J$ , and  $2J$ , and the torsional stiffnesses of the shafts are  $k$  and  $2k$ . The masses of the shafts and the friction in the bearings are both negligibly small, and the shafts are assumed not to bend. The angular positions of the disks are denoted respectively by  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ , and  $\theta_3$ , and they satisfy  $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3$  when the shafts are not twisted. Answer the following questions.

Write the equations of motion of the system with respect to  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ , and  $\theta_3$ .

Find all the natural angular frequencies of the system. Also, find their correspondent mode vectors.

Suppose that the disks start rotating from the initial angles of  $\theta_1 = -a$ ,  $\theta_2 = a$ ,  $\theta_3 = -a$  and the initial velocities of  $\dot{\theta}_1 = \dot{\theta}_2 = \dot{\theta}_3 = 0$ , where  $a$  is a positive constant. Write  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ , and  $\theta_3$  as functions of time  $t$ .



2024年10月, 2025年4月入学 (October 2024 and April 2025 Admission)  
広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題

## 問題用紙

Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University

120

1

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

試験科目 Subject	機械工学(専門科目Ⅱ) Mechanical Engineering II	プログラム Program	機械工学 Mechanical Engineering	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--	------------------	--------------------------------	---------------------------	---

[問題用紙]

Ⅱ-1 (機械材料) (Mechanical Materials) [1/2]

問題 1 (Question 1)

- (1) 面心立方構造 (fcc) および体心立方構造 (bcc) の(100)面, (110)面および(111)面の原子配置を図示せよ。
- (2) アルミニウム (Al) および $\alpha$ 鉄 ( $\alpha$ Fe) の格子定数は, それぞれ 0.404nm および 0.286nm である。Al および $\alpha$ Fe の第一近接原子間距離, 第二近接原子間距離および第三近接原子間距離を求めよ。
- (3)  $\alpha$ Fe の X 線回折分析を行った場合, (110)面, (200)面および(211)面から得られる回折角  $2\theta$  を求めよ。ここで, X 線の波長は 0.154nm とする。
- (4) Fig. 1 は Cu-Ni 合金の平衡状態図である。a, b, c 点での相の種類 (L,  $\alpha$ ) とその組成および割合について答えよ。

- (1) Draw the atomic configuration of the (100), (110) and (111) planes of the face-centered cubic structure (fcc) and body-centered cubic structure (bcc).
- (2) The lattice constants of aluminum (Al) and  $\alpha$ -iron ( $\alpha$ Fe) are 0.404 nm and 0.286 nm, respectively. Calculate the first nearest neighbor (1st-nn) atomic distance, second nearest neighbor (2nd-nn) atomic distance and third nearest neighbor (3rd-nn) atomic distance of Al and  $\alpha$ Fe.
- (3) Calculate the diffraction angles  $2\theta$  obtained from the (110), (200) and (211) planes in the case of X-ray diffraction analysis of  $\alpha$ Fe. Here, the wavelength of the X-ray is 0.154 nm.
- (4) Fig. 1 shows the equilibrium phase diagram of a Cu-Ni alloy. Answer the types of phases (L,  $\alpha$ ), their compositions and their ratio at points a, b and c.

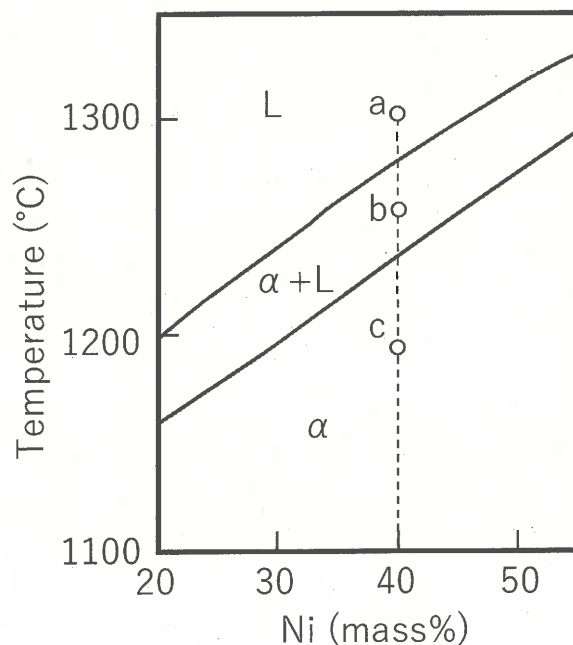


Fig. 1 The equilibrium phase diagram of a Cu-Ni alloy.

Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University  
Entrance Examination Booklet (General Selection)

[問題用紙]

Ⅱ-1 (機械材料) (Mechanical Materials) [2/2]

ンレ 鋼

問題 2 (Question 2)

ステンレス鋼について以下の問いに答えよ。

- (1) フェライト系およびオーステナイト系ステンレス鋼の代表的な添加元素と代表的な含有量を答えよ。
- (2) 液体窒素用容器および硝酸水溶液用容器を製作するために最適なス      ス を答えよ。またその選択理由を述べよ。
- (3) マルテンサイト系ステンレス鋼の特徴および用途を述べよ。
- (4) オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 を 600～800℃ に長時間保持した後、流水環境下で使用オスレ時因腐食が生

2024年10月, 2025年4月入学 (October 2024 and April 2025 Admission)  
広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題  
Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University  
Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

試験科目	機械工学(専門科目Ⅱ)	プログラム	機械工学	受験番号 Examinee's	M
------	-------------	-------	------	--------------------	---

り,

り

→

→

→

Answer the questions (a) through (e) for a thermodynamic cycle consisting of the following four reversible processes. Here  $p$ ,  $V$ , and  $T$  denote pressure, volume and thermodynamic temperature, respectively, and subscripts 1 to 4 denote states 1 to 4. The operating gas is 1.00 kg of ideal gas with the gas constant  $R$  of 0.287 kJ/(K·kg). The specific-heat ratio  $\kappa$  is 1.40 and constant. The pressure ratio  $p_2 / p_1$  is 15.0, and  $T_1$  and  $T_3$  are 300 K and 1400 K, respectively.

[Process 1→2] Adiabatic compression from state 1 to state 2 ( $p_1, V_1, T_1 \rightarrow p_2, V_2, T_2$ )

[Process 2→3] Isobaric heating from state 2 to state 3 ( $p_2, V_2, T_2 \rightarrow p_2, V_3, T_3$ )

[Process 3→4] Adiabatic expansion from state 3 to state 4 ( $p_2, V_3, T_3 \rightarrow p_1, V_4, T_4$ )

[Process 4→1] Isobaric cooling from state 4 to state 1 ( $p_1, V_4, T_4 \rightarrow p_1, V_1, T_1$ )

- (a) Calculate the temperature  $T_2$  of the state 2.
- (b) Calculate the heat  $q_{23}$  added during the isobaric heating.
- (c) Calculate the heat  $q_{41}$  rejected during the isobaric cooling.
- (d) Calculate the thermal efficiency  $\eta$  of this cycle.
- (e) Calculate the net work done by the operating gas by one cycle.

Graduate School of Advanced Science and Engineering Master's Course Hiroshima University  
Entrance Examination Booklet (General Selection)

2024 8 22

/ August 22, 2024

Subject	Mechanical Engineering II	Program	Mechanical Engineering	Examinee's Number	M
---------	---------------------------	---------	------------------------	-------------------	---

[問題用紙]

II - 2 (熱力学) (Thermodynamics) [2/2]

問題 2 (Question 2)

りら と う そ さ ま  
 む とあ む  $R = 287 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$   $\kappa = 1.40$  入 てき う  
 さそ  $-dp/dz - \rho g = 0$  う りら そ さ z  
 $p$   $\rho$   $g (= 9.8 \text{ m s}^{-2})$  こ ら  
 ル ル  $n$  て と て  $T$   $dT/dz$  て くら  
 $dT/dz = -6.5 \text{ K km}^{-1}$  て み り えよ けり  $n =$  ら  
 て とす せけ りら ら そ さ  
 ら  $dT/dz =$   $\text{K km}^{-1}$  ら お  $dT/dz = -6.5 \text{ K km}^{-1}$  と さ  
 そ よむ お よむ とよけ  
 き むさ お よ お  $dT/dz = -13 \text{ K km}^{-1}$  とりの さそ  
 よむ お よむ とよけ き  
 さそ お きと よ こ きと  
 下 ら お下 らて さそ さく お さく もお  
 り あら て お さきとら こ さ おこ おらて  
 お さ みら けいとらて お おせ そみ ら

Answer the appropriate mathematical formulas, numerical values, or words that should be placed in [ ] through [ ] in the following text. Note that the gas, with or without water vapor, should be treated as a calorimetrically perfect gas with the gas constant of  $R = 287 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  and the specific-heat ratio of  $\kappa = 1.40$ .

The pressure distribution in the stationary atmosphere is given by the equation  $-dp/dz - \rho g = 0$ , where  $z$ -axis is the vertical upward coordinate axis,  $p$  and  $\rho$  are the pressure and mass density of the atmosphere, respectively, and  $g (= 9.8 \text{ m s}^{-2})$  is the magnitude of the gravitational acceleration. If we consider the change of state of the atmosphere as a polytropic change of an ideal gas with the polytropic index  $n$ , the gradient of temperature,  $dT/dz$ , can be written as [ ]. The International Standard Atmosphere Model defines  $dT/dz = -6.5 \text{ K km}^{-1}$ , which corresponds to  $n =$  [ ].

Next, an air mass containing water vapor is displaced adiabatically upward. Note that the horizontal pressure gradient is negligible, the air mass can be regarded as a closed system, and the partial pressure of water vapor contained in the air mass is lower than the saturated vapor pressure. In this case, the rate of temperature change during the upward displacement of the air mass is  $dT/dz =$  [ ]  $\text{K km}^{-1}$ . If the temperature gradient of the surrounding atmosphere is  $dT/dz = -6.5 \text{ K km}^{-1}$ , the mass density of the upward-displaced air mass is [ ] than that of the surrounding atmosphere, so the gravity force is [ ] than the buoyancy force, and therefore the air mass moves [ ]. In contrast, if cold air enters and the temperature gradient of the surrounding atmosphere becomes  $dT/dz = -13 \text{ K km}^{-1}$ , the mass density of the upward-displaced air mass is [ ] than that of the surrounding atmosphere, so the gravity force is [ ] than the buoyancy force, and therefore the air mass moves [ ].

In general, if the upward-displaced air mass moves downward, the atmospheric state is stable; but if it moves upward further, the atmospheric state is unstable. If the atmospheric state is unstable, the upward-displaced air mass will continue to move upward and the temperature will continue to decrease and at some altitude the partial pressure of the contained water vapor will become equal to the saturated vapor pressure. Furthermore, if the temperature of the air mass decreases further as the air mass moves upward further, the water in the air mass will begin to [ ]. When this happens, the rate of ascent of the air mass increases. The reason for this is that [ ].

2024年10月, 2025年4月入学 (October 2024 and April 2025 Admission)  
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題  
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University  
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

試験科目 Subject	機械工学(専門科目Ⅱ) Mechanical Engineering II	プログラム Program	機械工学 Mechanical Engineering	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--	------------------	--------------------------------	---------------------------	---

[問題用紙]

Ⅱ-3(流体力学)(Fluid Mechanics)[1/2]

問題1 (Question 1)

Fig. 1に示すように, 水の噴流がノズルから体積流量  $Q$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ], 断面積  $A$  [ $\text{m}^2$ ], 流速  $V$  [ $\text{m}/\text{s}$ ] で圧力  $p_0$  の大気中に水平に流出し, 噴流と同じ向きに一定の速さ  $U_p$  [ $\text{m}/\text{s}$ ] ( $0 \leq U_p < V$ ) で動く, 角度  $\theta$  だけ傾いた大きな平板に衝突している。噴流が平板に衝突したあとは2方向に分かれ, 衝突点から十分離れた断面①と断面②でそれぞれ体積流量  $Q_1, Q_2$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] で平板に沿って流れる。噴流の断面積と流速をそれぞれ  $A=0.01 \text{ m}^2, V=2.0 \text{ m}/\text{s}$ , 角度  $\theta=60^\circ$ , 水の密度は  $\rho=1000 \text{ kg}/\text{m}^3$  として, 以下の問いに答えよ。ただし, Fig. 1に示す流れは水平面上にあり, 定常, 非圧縮, 非粘性, 層流で, 重力の影響は無視できるとする。

(a) ノズル出口の体積流量  $Q$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] を求めよ。

(a) ノズル出口の体積流量  $Q$  を求めよ。

The diagram shows a horizontal jet of water exiting a nozzle. The jet has a volume flow rate  $Q$ , a cross-sectional area  $A$ , and a velocity  $V$ . It strikes a large flat plate that is inclined at an angle  $\theta$  to the horizontal. The plate is moving to the right with a constant velocity  $U_p$ . After striking the plate, the jet splits into two parts. The upper part flows along the plate towards cross-section ①, with a volume flow rate  $Q_1$ . The lower part flows along the plate towards cross-section ②, with a volume flow rate  $Q_2$ . The jet is assumed to be steady, incompressible, inviscid, and laminar, and the effects of gravity are neglected.

(c) 設問(b)のとき, 体積流量  $Q_1, Q_2$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]をそれぞれ求めよ。

(d) 平板が速さ  $U_p = 0.5 \text{ m}/\text{s}$  で移動しているとき, 流れが平板におよぼす力  $F$  [ $\text{N}$ ]を求めよ。

As shown in Fig. 1, a horizontal jet of water exits a nozzle with the volume flow rate  $Q$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ], an area of cross section  $A$  [ $\text{m}^2$ ] and the velocity  $V$  [ $\text{m}/\text{s}$ ] into the atmosphere at a pressure  $p_0$ . The jet strikes a large flat plate, which is moving at a speed  $U_p$  [ $\text{m}/\text{s}$ ] ( $0 \leq U_p < V$ ) along the

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

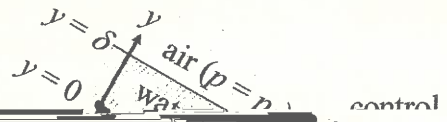
試験科目 Subject	機械工学(専門科目Ⅱ) Mechanical Engineering II	プログラム Program	機械工学 Mechanical Engineering	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--	------------------	--------------------------------	------------------------------	---

【問題用紙】

Ⅱ-3(流体力学)(Fluid Mechanics)[2/2]

問題2 (Question 2)

Fig. 2 のように, 空気中で, 水平面に対して傾いて静止した無限平板の上



2024年10月, 2025年4月入学 (October 2024 and April 2025 Admission)  
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題  
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University  
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

試験科目 Subject	機械工学(専門科目Ⅱ) Mechanical Engineering II	プログラム Program	機械工学 Mechanical Engineering	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--	------------------	--------------------------------	------------------------------	---

[問題用紙]

Ⅱ-4(制御工学)(Control Engineering)[1/2]

問題1 (Question 1)

つぎの連立微分方程式を考える。

$$\begin{aligned}\frac{dx_1(t)}{dt} &= x_2(t) \\ \frac{dx_2(t)}{dt} &= -x_1(t) - 2\zeta x_2(t) + u(t) \\ y(t) &= x_1(t)\end{aligned}$$

ただし,  $\zeta \geq 0$  かつ  $x_1(0) = x_2(0) = 0$  とする。

以下の問いに答えよ。

- $u$  から  $y$  への伝達関数を求めよ。
- $\zeta = 1$  のとき, 単位インパルス応答を求めよ。
- $0 < \zeta < 1$  のとき, 単位インパルス応答を求めよ。
- $\zeta = 0$  のとき, 単位インパルス応答を求めよ。

Consider the following set of differential equations.

$$\begin{aligned}\frac{dx_1(t)}{dt} &= x_2(t) \\ \frac{dx_2(t)}{dt} &= -x_1(t) - 2\zeta x_2(t) + u(t) \\ y(t) &= x_1(t),\end{aligned}$$

where  $\zeta \geq 0$  and  $x_1(0) = x_2(0) = 0$ .

Answer the following questions.

- Derive the transfer function from  $u$  to  $y$ .
- When  $\zeta = 1$ , calculate the unit impulse response.
- When  $0 < \zeta < 1$ , calculate the unit impulse response.
- When  $\zeta = 0$ , calculate the unit impulse response.



2024年10月, 2025年4月入学 (October 2024 and April 2025 Admission)  
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題  
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University  
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

試験科目 Subject	機械工学(専門科目Ⅱ) Mechanical Engineering II	プログラム Program	機械工学 Mechanical Engineering	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--	------------------	--------------------------------	---------------------------	---

[問題用紙]

Ⅱ-4(制御工学)(Control Engineering)[2/2]

問題2 (Question 2)

以下の問いに答えよ。

1. Fig. 1のシステムを考える。ただし、 $K(s) = \frac{\alpha s + \beta}{s}$ 、 $P(s) = \frac{1}{s(s+1)}$ であり、 $\alpha$ 、 $\beta$ は実数とする。システムが安定となるように $\alpha$ 、 $\beta$ が選ばれているものとする。 $r(t) = 2t, t \geq 0$  および  $d(t) = t + 1, t \geq 0$ に対する信号 $e(t)$ の定常値を求めよ。

2. Fig. 2のシステムを考える。ただし、図中の $G$ の要素は次式で表されるものとする。

$$\dot{y}(t) = -2y(t) + 4e(t)$$

また、図中の $K$ の要素は次式で表されるものとする。

$$\dot{x}(t) = \sqrt{2}y(t - h)$$

ここで、 $h$ は非負の実数である。

- (a) 一巡伝達関数を求めよ。
- (b)  $h = 0$ とする。ゲイン交差周波数 $\omega_{gc}$  [rad/s]と位相余裕PM [rad]の値を求めよ。
- (c) システムが安定となるために $h$ が満たすべき条件を求めよ。

Answer the following questions.

1. Consider the system in Fig. 1. Let  $K(s) = \frac{\alpha s + \beta}{s}$  and  $P(s) = \frac{1}{s(s+1)}$ , where  $\alpha$  and  $\beta$  are real numbers. Suppose that  $\alpha$  and  $\beta$  are chosen such that the system becomes stable. Derive the steady-state value of the signal  $e(t)$  for  $r(t) = 2t, t \geq 0$  and  $d(t) = t + 1, t \geq 0$ .

2. Consider the system in Fig. 2. The element  $G$  in the figure is described by the following equation

$$\dot{y}(t) = -2y(t) + 4e(t).$$

In addition, the element  $K$  in the figure is described by the following equation.

$$\dot{x}(t) = \sqrt{2}y(t - h).$$

where  $h$  is a nonnegative real number.

- (a) Derive the loop transfer function.
- (b) Let  $h = 0$ . Derive the values of the gain crossover frequency  $\omega_{gc}$  [rad/s] and the phase margin PM [rad].
- (c) Derive the condition of  $h$  under which the system is stable.





$$\begin{aligned}
&= \frac{\rho}{\rho} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial \theta}{\partial x} + \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) + \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial \theta}{\partial x} + \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) + \mathbf{g} \cdot \mathbf{e} \Rightarrow \dots = -\frac{\rho g}{\mu} \theta \\
&= \frac{\rho}{\rho} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial \theta}{\partial x} + \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) + \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial \theta}{\partial x} + \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) + \mathbf{g} \cdot \mathbf{e} \Rightarrow \dots = -\rho g \theta \\
&= \rho \left( \frac{\partial \theta}{\partial x} + \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) + \mu \left( \frac{\partial \theta}{\partial x} + \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) + \rho g \theta
\end{aligned}$$

$$(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = -\frac{\rho}{\rho} \nabla \theta + \frac{\mu}{\rho} \nabla^2 \theta + \mathbf{g} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} = -\frac{\partial}{\rho \partial} + \frac{\mu}{\rho} \left( \frac{\partial}{\partial} + \frac{\partial}{\partial} \right) + \mathbf{g} \cdot \mathbf{e} \Rightarrow \dots = -\frac{\rho g}{\mu} \theta \\ \frac{\partial}{\partial} + \frac{\partial}{\partial} = -\frac{\partial}{\rho \partial} + \frac{\mu}{\rho} \left( \frac{\partial}{\partial} + \frac{\partial}{\partial} \right) + \mathbf{g} \cdot \mathbf{e} \Rightarrow \dots = -\rho g \theta \end{array} \right.$$

$$-\rho g \theta \Rightarrow \int \dots = -\rho g \theta \int_{\delta} \dots \Rightarrow \dots = -\rho g \theta (-\delta) \Rightarrow \dots = +\rho g \theta (\delta - \dots)$$

□□□□