

\_\_\_\_\_ 理工学 \_\_\_\_\_ 専攻（博士前期）

試験科目：英語

試験時間：9:30～11:00（90）分

### 注意事項

1. 試験問題は3問（[1]～[3]）である。すべての問いに対する正解をもって満点とする。ただし、[3]はA., B., C., D., E., から一つを選んで和訳せよ。
2. [1]～[3]の解答は、各々別の解答用紙に記入し、受験番号、氏名および問題番号を明記すること。使用しなかった解答用紙も受験番号、氏名および問題番号を明記して提出すること。
3. 解答用紙に受験番号および氏名の記入が無い場合、その解答は無効とする。
4. 英和辞典・和英辞典を用いても良い。電子辞書は不可。（外国人は、母国語・英語辞典を用いても良い）

\_\_\_\_\_ 理工学 \_\_\_\_\_ 専攻（博士前期）

試験科目：英語

試験時間：9:30～11:00（90）分

[1] 次の英文を和訳せよ。

Both Simonetta and Mantilla start by analyzing the correlation between carbon emissions and monetary wealth. The data available clearly indicate that there exist a proportionality between the two parameters. And, of course, as long as that proportionality holds, there follows that, no matter how we redistribute the monetary wealth, nothing changes, which is Mantilla's main point. He then cites the example of Cuba as a relatively egalitarian but low-impact country.

However, the correlation wealth-emissions is lost when we go to the extreme end of the curve, that of the super-rich; who emit proportionally less than the poor. For instance, Bill Gates' net worth is presently estimated as around 80 billion USD; but it is unlikely that he emits one million times more CO<sub>2</sub> than a middle-class westerner whose net worth is, say, around 80 thousand USD. So, Simonetta argues that taking money from the rich and giving it to the poor would raise emissions and worsen the climate change problem.

Given their initial assumptions, both Mantilla and Simonetta may be right. But the problem is a different one and it lies in the fact that money is a purely virtual entity, while resources are real ones. Today, the fossil fuel industry that produces something of the order of 90 billion barrels per day of combustible liquids, and more fuels in the form of coal and gas. Why should a redistribution of the world's monetary wealth change these productive levels? The oil industry doesn't care about who buys oil and even the hypothetical disappearance of the category of the super-rich would simply mean that there would be fewer personal jets and more small cars. But, from the viewpoint of emissions and of resource depletion, nothing would change.

(Ugo Bardi: Would Robin Hood help us fight climate change?)

理工学 専攻（博士前期）

試験科目：英語

試験時間：9:30～11:00（90）分

[2] 次の和文を英訳せよ。

それは、量子力学の中で最も奇抜な概念かもしれない。例えば光子など1つの量子粒子の特性を測定することで、もう一方の量子粒子が何光年と離れていたとしても、その量子粒子の状態を瞬時に確定することができる、という概念である。アルバート・アインシュタインは、このような「不可思議な遠隔作用」にたじろいだ。なぜなら、光よりも速く移動できるものはないという、彼の仮説を打ち砕くと思われたからである。しかし今年、このような遠く離れた地点からの影響が存在することを、オランダの物理学者が合理的疑いの余地なく証明した、と多くの研究者が言う。このような奇妙な量子の相関関係のことを、もつれという。

（「立証された量子の不可思議」 Science Magazine）

理工学 専攻（博士前期）

試験科目：英語

試験時間：9:30～11:00（90）分

[3] 次の A., B., C., D., E., から一つを選んで和訳せよ。

A.

Two years ago, Apple started a programming language called Swift. Like various other languages created over the last several years, Swift aimed to simplify the art of coding without sacrificing the speed and power needed to build apps and online services in the modern world. Part of this push was a tool called Playgrounds, which until now only ran on laptops and desktops. It gave Apple coders a new way of looking at code. As they wrote their code on one half of the screen, they could watch it execute on the other.

Due to arrive in the App Store this autumn, the app is an educational tool. It teaches the fundamental concepts of programming, from commands and functions to loops and algorithms to variables and types. Minutes after launching the app, you can learn to string together a few commands. Then you can watch them execute. You can move Byte (the game hero) forward with a simple “moveforward ()” command. You can pack three “turnleft ()” commands into a function and use that to turn him right. You could move him up and down and across the floating island with several nested functions. Playgrounds teaches real problem solving without neglecting the syntax. It shows you what it means to “debug” a program, to find and remove mistakes. This problem-solving is so real, it can get frustrating. But that’s a good thing. As I played with the app, I got caught up in making sure that Byte behaved exactly the way I wanted him to.

The clear yet powerful lessons the app bring to the iPad are especially suited to kids, who are growing up with touchscreens, not keyboards, as their standard computing interface. Fareed Quraishi, a coder at a Swift-centric shop called Perfect, sees the app’s built in feedback loop—write program, see it run—as an ideal way of teaching programming to his young niece and nephew. “This could be used to teach almost anything,” he says.

**Adapted from:**

Cade Metz, Apple’s new APP will teach the next generation how to code, *Business*, July 14, 2016.

(<http://www.wired.com/2016/07/apples-new-app-will-teach-next-generation-code/>)

理工学 専攻（博士前期）

試験科目：英語

試験時間：9:30～11:00（90）分

B.

### Shades of gray

A transistor is basically a switch: When it's on, it conducts electricity; when it's off, it doesn't. In a computer chip, those two states represent 0s and 1s.

But in moving between its nonconductive and conductive states, a transistor passes through every state in between — slightly conductive, moderately conductive, fairly conductive — just as a car accelerating from zero to 60 passes through every speed in between. Because the transistors in a computer chip are intended to perform binary logic operations, they're designed to make those transitional states undetectable. But it's the transitional states that Sarpeshkar and his colleagues are trying to exploit.

“Let's say the cell is a pancreatic cell making insulin,” Sarpeshkar says. “Well, when the glucose goes up, it wants to make more insulin. But it's not bang-bang. If the glucose goes up more, it'll make more insulin. If the glucose goes down a little, it's going to make less insulin. It's graded. It's not a logic gate.”

Treated as an analog device, a single transistor has an infinite range of possible conductivities, so it could model an infinite range of chemical concentrations. But treated as a binary switch, a transistor has only two possible states, so modeling a large but finite range of concentrations would require a whole bank of transistors. For large circuits that model sequences of reactions within the cell, binary logic rapidly becomes unmanageably complex. But analog circuits don't. Indeed, analog circuits exploit the same types of physical phenomena that make the cellular machinery so efficient in the first place.

Source: “Mimicking cells with transistors,” Larry Hardesty, MIT News Office, September 28, 2011.

理工学 専攻（博士前期）

試験科目：英語

試験時間：9:30～11:00（90）分

C.

To begin, we need a working definition of a glass. A reasonable one may be simply stated: a glass is an amorphous solid. By amorphous, we mean that there is no long-range order or symmetry in the packing of the molecules. In this sense, the structure of a glass looks very much like the structure of a liquid. However, a glass is a solid: it does not flow over relevant timescales. Although the preceding statement is apparently innocent, the phrase “relevant timescales” hints at a fundamental complexity: if we are talking about an equilibrium state, time should play no role. What we will see is that glasses are generally non-equilibrium states, metastable in a sense, and kinetic issues will be of central importance. When a polymer liquid is cooled, the density increases and the molecular relaxation times increase. Over some range of temperature, the molecular motion will become so slow that an equilibrium packing of the molecules cannot be attained during the experiment. When this happens we say that the sample has undergone the glass transition, or has vitrified, and we associate with each polymer a glass transition temperature,  $T_g$ . The value of  $T_g$  is the single most important characteristic in choosing a polymer for a given application. It must lie significantly above any temperature at which we intend to use the polymer as a solid, but below any temperature at which we intend to process the polymer as a liquid. As we will see, in practice  $T_g$  is not a thermodynamic property of the polymer, and it can adopt a range of values for a given polymer, but nevertheless it is an extremely useful parameter.

“Polymer Chemistry – Second Edition”, P. C. Hiemenz, T. P. Lodge, Eds., CRC Press, 2007, p.465.

\_\_\_\_\_ 理工学 \_\_\_\_\_ 専攻（博士前期）

試験科目：英語

試験時間：9:30～11:00（90）分

D.

### **Engineering Innovations for the Golden Years**

Mechanical engineering has had its hand in many inventions that have changed our lives. But now, as much as ever, it has the opportunity to improve the quality of life in its latter stages. Here we look at some of the top mechanical engineering-influenced inventions both in existence and being worked on to help the older population not just with quantity of life but also quality.

#### Smart Medicine Cabinets

Few moments are more fun than the day you buy your first pill container with separate slots for each day of the week. But GE is hard at work on a smart medicine cabinet, with the goal of adjusting your medication to how you're doing in the moment. "The hope is we'll create it where it takes your biometric data on a daily basis and adjusts your medications based on heart rate, temperature, and more," says Lou Lenzi, industrial designer and design director for GE Appliances. "The idea is that the medications would be dispensed in liquid form. Hold a paper cup under the dispenser and here it comes. Imagine the possible effects if you could have this reading and a change in medication due to it."

#### Assistive Robots

For older people, they may want to stay in their home as long as they can and here's where robotics could have the most positive effect. MIT Ph.D. candidate Albert Wang is part of a team working on robotics in which one of the goals is to have robots step in for humans in disaster relief. He also sees the potential for this kind of invention to help out in the home. "For an older person to be able to control a robot could mean everything from opening jars to retrieving items," he says. "There are days when they just may not be at their best and it would be great for them to have this type of assistance."

Eric Butterman, Technology & Society Topics for Engineers, ASME

理工学 専攻（博士前期）

試験科目：英語

試験時間：9:30～11:00（90）分

E.

The hereditary nature of every living organism is defined by its genome, which consists of a long sequence of nucleic acid that provides the information needed to construct the organism. We use the term “information” because the genome does not itself perform any active role in building the organism; rather it is the sequence of the individual subunits (bases<sup>\*1</sup>) of the nucleic acid that determines hereditary features. By a complex series of interactions, this sequence is used to produce all the proteins of the organism in the appropriate time and place. The proteins either form part of the structure of the organism, or have the capacity to build the structures or to perform the metabolic reactions necessary for life.

The genome contains the complete set of hereditary information for any organism. Physically the genome may be divided into a number of different nucleic acid molecules. Functionally it may be divided into genes. Each gene is a sequence within the nucleic acid that represents a single protein. Each of the discrete nucleic acid molecules comprising the genome may contain a large number of genes. Genomes for living organisms may contain as few as <500 genes (for mycoplasma<sup>\*2</sup>, a type of bacterium) to as many as >40,000 for man.

The basic behavior of the gene was defined by Mendel more than a century ago. Summarized in his two laws, the gene was recognized as a “particulate factor” that passes unchanged from parent to progeny. A gene may exist in alternative forms. These forms are called alleles<sup>\*3</sup>.

In diploid organisms, which have two sets of chromosomes, one copy of each chromosome is inherited from each parent. This is the same behavior that is displayed by genes. One of the two copies of each gene is the paternal allele (inherited from the father), the other is the maternal allele (inherited from the mother). The equivalence led to the discovery that chromosomes in fact carry the genes.

\*1. Bases: 塩基

\*2. Mycoplasma: マイコプラズマ

\*3. Alleles: 対立遺伝子

Excerpted from “Genes VIII” Pearson Education, Inc, 2004, pp.1



理工学 専攻 数学 領域（博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（数学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

**注意**

1. 試験問題は6問（**1**～**6**）である。この中から4問を選んで解答せよ。
2. それぞれの解答用紙に、1問のみ解答すること。
3. 受験生は配布された4枚の解答用紙すべてに受験番号・氏名・問題番号を記入し、すべての解答用紙を提出すること。
4. 解答用紙に受験番号・氏名・問題番号の記入がない場合、その解答は無効とする。

理工学 専攻 数学 領域（博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（数学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

1 (1)  $\alpha, \beta \in \mathbb{R}$  について、広義積分

$$I(\alpha, \beta) = \int_0^{\infty} \frac{x^{\alpha} |\log x|}{(x+1)^{\beta}} dx$$

を考える。

(i)  $I(0, 2)$  を求めよ。

(ii)  $I(\alpha, \beta)$  が収束するための  $\alpha, \beta$  の条件を求めよ。

(2) 関数

$$f(x) = \sin(e^x - 1)$$

の  $x = 0$  におけるテーラー展開において、 $x$  について 5 次以下の項を具体的に求めよ。

理工学 専攻 数学 領域（博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通）  
 試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（数学基礎））  
 試験時間：（ 150 ）分

- 2 (1) 実数を成分とする 2 次正方行列の全体を  $M_2(\mathbb{R})$  と書く。

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 4 \\ -1 & 2 \end{pmatrix} \in M_2(\mathbb{R})$$

とし,  $M_2(\mathbb{R})$  の部分集合  $V$  を

$$V = \{B \in M_2(\mathbb{R}) \mid BA = AB\}$$

で定める。

- (i)  $V$  を求めよ。  
 (ii)  $V$  が  $\mathbb{R}$ -線型空間  $M_2(\mathbb{R})$  の部分空間をなすことを示せ。  
 (iii)  $V$  の  $\mathbb{R}$  上の次元, および基底の一組を求めよ。
- (2) 実数を成分とする 3 次正方行列

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & x & y \\ 1 & y & x \end{pmatrix}$$

に対し, 座標平面上の点  $P = (x, y) \in \mathbb{R}^2$  で,  $A$  が可逆でないようなもの全体のなす集合を  $S$  とする。この集合  $S$  を座標平面上に図示せよ。

理工学 専攻 数学 領域（博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（数学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

- 3 (1)  $X, Y$  を集合とし、 $A$  を  $X$  の部分集合、 $B$  を  $Y$  の部分集合とする。 $f: X \rightarrow Y$  を写像とする。
- (i)  $A$  の  $f$  による像  $f(A)$  の定義を述べよ。
  - (ii)  $B$  の  $f$  による逆像  $f^{-1}(B)$  の定義を述べよ。
- (2)  $X, Y$  を集合とし、 $A, B$  を  $Y$  の部分集合とする。 $f: X \rightarrow Y$  を写像とする。次が成立することを証明せよ。

$$f^{-1}(A \cup B) = f^{-1}(A) \cup f^{-1}(B)$$

- (3)  $X, Y$  を集合とし、 $A, B$  を  $X$  の部分集合とする。 $f: X \rightarrow Y$  を写像とする。次のそれぞれの式について、正しいければ証明を与え、誤っていれば反例を与えよ。ただし、 $M^c$  で集合  $M$  の補集合を表す。
- (i)  $f(A^c) \subset (f(A))^c$
  - (ii)  $f(A \cap B) \subset f(A) \cap f(B)$
  - (iii)  $f(A \cap B) \supset f(A) \cap f(B)$

理工学 専攻 数学 領域（博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（数学基礎））

試験時間：（ 150 ）分

- 4 (1) 実線形空間  $V$  上の（実数値をとる）内積を  $(\cdot, \cdot)$ 、内積  $(\cdot, \cdot)$  から導かれるノルムを  $\|\cdot\|$  とする。 $f, g \in V$  について

$$(tf - g, tf - g) \quad (t \in \mathbb{R})$$

を  $t$  の 2 次関数とみなすことにより、シュバルツの不等式

$$|(f, g)| \leq \|f\| \|g\|$$

が成り立つことを示せ。等号が成立する条件も求めよ。

- (2) 確率空間  $(\Omega, \mathcal{F}, P)$  上で定義された実数値確率変数からなる実線形空間  $H$  を、次で定義する。

$$H = \left\{ X \mid E[X^2] = \int_{\Omega} \{X(\omega)\}^2 dP(\omega) < \infty \right\}$$

- (i)  $H$  の任意の 2 つの要素  $X_1, X_2 \in H$  に対し、実数

$$(X_1, X_2) = E[X_1 X_2] = \int_{\Omega} X_1(\omega) X_2(\omega) dP(\omega)$$

を対応させることにより、関数

$$(\cdot, \cdot) : H \times H \rightarrow \mathbb{R}$$

を定義する。このとき、 $(\cdot, \cdot)$  は  $H$  上の内積となることを示せ。ただし、 $H$  における等号は、 $P$ -a.s.（または  $P$ -a.e.）の意味での等号と解釈する。

- (ii)  $X_1, X_2 \in H$  に対し、期待値と標準偏差をそれぞれ

$$\mu_k = E[X_k], \quad \sigma_k = \sqrt{V[X_k]} \quad (k = 1, 2)$$

とする。 $\sigma_1 \sigma_2 \neq 0$  のとき、 $X_1$  と  $X_2$  の相関係数は

$$\rho = \frac{E[(X_1 - \mu_1)(X_2 - \mu_2)]}{\sigma_1 \sigma_2}$$

で定義される。 $|\rho| \leq 1$  が成り立つことを示せ。

理工学 専攻 数学 領域（博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通）  
 試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎（数学基礎））  
 試験時間：（ 150 ）分

5 群  $G$  が集合  $X$  に左から作用しているとする。

(1)  $x \in X$  に対して

$$G_x = \{g \in G \mid gx = x\}$$

とおくとき、 $G_x$  は  $G$  の部分群であることを示せ。

(2)  $x \in X$  を含む  $G$  軌道を

$$\text{Orb}(x) = \{gx \mid g \in G\}$$

と表すとき、 $G$  の  $G_x$  による左剰余類全体  $G/G_x$  と  $\text{Orb}(x)$  とは1対1に対応することを示せ。

(3)  $G, X$  ともに有限集合であるとする。 $g \in G$  に対して

$$\text{Fix}(g) = \{x \in X \mid gx = x\}$$

とおくとき、 $X$  の  $G$  軌道の個数は

$$\frac{1}{|G|} \sum_{g \in G} |\text{Fix}(g)|$$

で与えられることを示せ。

(4) 赤玉3個、青玉6個を使って数珠を作る。上の(3)を利用して、異なる数珠が何通り作れるか求めよ。

理工学 専攻 数学 領域 ( 博士前期 / 修士 ・ 博士後期 ・ 前後期共通 )

試験科目：第 外国語 ( ) / 専門科目 (理工基礎 (数学基礎) )

試験時間： ( 150 ) 分

- 6 座標平面  $\mathbb{R}^2 = \{(x, y) | x, y \in \mathbb{R}\}$  において, 2点  $p_1 = (x_1, y_1), p_2 = (x_2, y_2) \in \mathbb{R}^2$  に対し, その間の距離  $d(p_1, p_2)$  を

$$d(p_1, p_2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

で定める。 $\mathbb{R}^2$  を距離  $d$  により距離空間とし, 距離  $d$  から定まる位相により位相空間とする。

- (1)  $\mathbb{R}^2$  の部分集合  $X$  が開集合であることを, 距離  $d$  を用いて記述せよ。
- (2)  $\mathbb{R}^2$  内の空でない集合  $X, Y$  に対し, その間の距離  $d(X, Y)$  を

$$d(X, Y) = \inf\{d(x, y) | x \in X, y \in Y\}$$

で定める。

- (i)  $X = \{(x, \sin \frac{1}{x}) | x > 0\}, Y = \{(-1, 0)\}$  とするとき,  $d(X, Y)$  を求めよ。
- (ii)  $X$  を閉集合とし,  $p \notin X$  とするとき,  $d(X, \{p\}) > 0$  であることを示せ。
- (iii) 閉集合  $X, Y$  で,  $X \cap Y = \emptyset$  かつ  $d(X, Y) = 0$  となる例を挙げよ。
- (iv)  $\mathbb{R}^2$  の部分集合  $Y$  がコンパクトであるとは,  $Y$  の任意の開被覆に対して有限部分開被覆が存在することである。 $X$  が閉集合,  $Y$  がコンパクトで,  $X \cap Y = \emptyset$  であるとき,  $d(X, Y) > 0$  であることを示せ。

**注意事項**

1. 試験問題は7問（1 ～ 7）である。この中から 5問を選んで 解答せよ。  
5問を超えて解答してはならない。
2. それぞれの解答用紙に、1問のみ 解答すること。
3. 配布された5枚の解答用紙すべてに 受験番号、氏名、問題番号 を記入すること。
4. 解答用紙に受験番号、氏名、問題番号の記入がない場合、その解答は無効とする。
5. 解答できなかった場合も、受験番号、氏名、および問題番号を記入した解答用紙を提出すること。  
すなわち、各受験生は、始めに配布された 5枚の解答用紙をすべて提出 すること。



1

1. 行列  $A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -2 & -1 & 4 \end{pmatrix}$  について以下の問いに答えよ。

- (1)  $A$  の全ての固有値および固有ベクトルを求めよ。
- (2)  $A$  を対角化する正則行列  $P$  を求め,  $A$  を対角化せよ。
- (3)  $A$  の逆行列  $A^{-1}$  を求めよ。

2. 次の行列  $B$  の行列式の値を求めよ。

$$B = \begin{pmatrix} a & b & b & b \\ a & b & a & a \\ a & a & b & a \\ b & b & b & a \end{pmatrix}$$

2

1.  $x$  の関数  $y = y(x)$  に対する次の微分方程式の解を求めよ。但し、 $x = 1$  で  $y = 1$  とする。

$$x \frac{dy}{dx} - y = x .$$

2. 3次元空間内の曲面

$$S: x^2 + 2xy + 2y^2 + 3z^2 = 8 ,$$

上の点  $(1, 1, 1)$  における曲面  $S$  の接平面を求めよ。

3.  $xy$  平面内の曲線

$$C: y = \frac{1}{2}x^2, \quad 0 \leq x \leq 1 ,$$

に沿っての線素（曲線の微小部分の長さ）を  $ds$  とするとき、曲線  $C$  に沿っての以下の線積分を求めよ。

$$\int_C x \, ds .$$

4. 次の積分を評価せよ。但し、 $a$  と  $k$  は正の定数とする。

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\cos kx}{x^2 + a^2} \, dx .$$

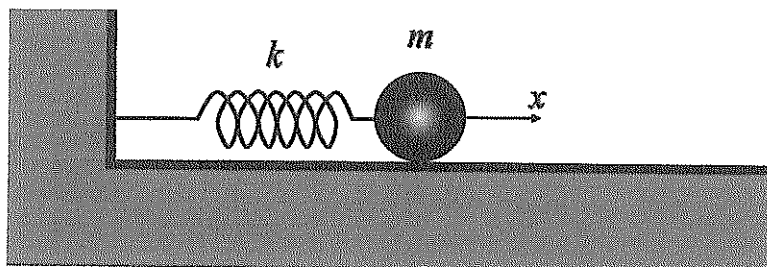
3

図のように、 $x$  軸上を運動する質量  $m$  の物体がバネ定数  $k$  のバネで壁とつながっている。  
ここで、物体と床の間の摩擦は考えないものとする。

1. 物体の運動方程式を  $\omega_0 (= \sqrt{k/m})$  を用いて書き表せ。
2. 解を  $x = e^{\lambda t}$  と仮定し、 $\lambda$  を決めることによって、この運動方程式の一般解を求めよ。

次に、物体に復元力だけでなく抵抗力  $F = -2m\gamma \frac{dx}{dt}$  も働く場合を考える。

3. この場合の物体の運動方程式を書き表せ。
4. この解を  $x = e^{\lambda t}$  と仮定し、 $\lambda, \gamma, \omega_0$  の間の関係を求めよ。
5.  $\omega_0 > \gamma$  の場合の変位  $x$  に対する一般解を求めよ。
6. 5. の変位  $x$  はどんな運動か。名称を答えよ。また、変位の時間変化の概形を示せ。
7. 振動の周期を書き表せ。



4

図1のように、自由電子 (電荷  $-e$ , 質量  $m$ ) が電気伝導を担う等方的な物質でできた  $L_x \times L_y \times L_z$  の直方体を考える。

1. 考えている物質中において速度  $v$  で動く電子には,  $-\frac{mv}{\tau}$  の抵抗力が働くとする。  $x$  軸方向の電場  $E_x$  が存在するときの電子の運動方程式を書け。ただし,  $\tau$  は緩和時間と呼ばれる物質固有の定数である。
2. 図の直方体内部に一樣に  $x$  軸方向の電場  $E_x$  をかけた。自由電子の密度を  $n$  として, 直方体の  $x$  軸方向に流れる電流  $I_x$  を求めよ。
3. 前問の状態で, 直方体の  $x$  軸に垂直な二つの面の間電位差を  $V_x$  とし,  $\frac{I_x}{V_x}$  を求めよ。
4. 前問の結果を使い, 直方体を作っている物質の電気伝導度を求めよ。
5. 上で考えたのとは違う物質 (自由電子の密度  $n'$ , 緩和時間  $\tau'$ ) で図1の直方体と同じ形状のものを作り, 図2のように二つの直方体を  $x$  軸方向に直列に貼り合わせる。出来上がった  $2L_x \times L_y \times L_z$  の直方体の  $x$  軸に垂直な二つの面の間電位差  $V_x$  を印加したときに, 直方体に流れる電流  $I'_x$  を求めよ。
6. 前問の状態で, 二つの直方体の中の界面には電荷  $Q$  が誘起されている。  $Q$  と  $I'_x$  の間の関係を求めよ。ただし, ここで考えている物質の分極効果は無視してよく, 誘電率を  $\epsilon_0$  とする。

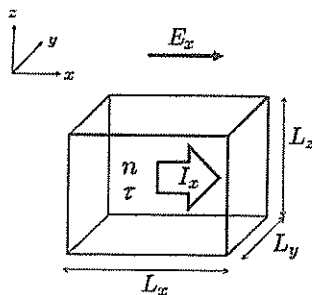


図1

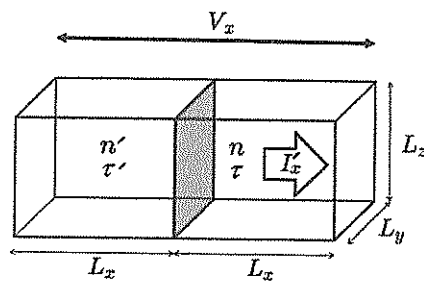


図2

5 質量  $m$  の2次元自由粒子のエネルギー  $\varepsilon$  は, 運動量  $\mathbf{p} = (p_x, p_y)$  を用いて,  $\varepsilon = \frac{p_x^2 + p_y^2}{2m}$  と表される。粒子のスピンを  $S$ ,  $A = \frac{m}{2\pi\hbar^2}$  ( $\hbar$  は換算プランク定数) とおくと単位面積当たりの1粒子状態密度  $\rho(\varepsilon)$  は

$$\rho(\varepsilon) = \begin{cases} (2S+1)A, & \varepsilon > 0 \\ 0, & \varepsilon < 0 \end{cases}$$

と表される。

はじめに電子の場合を考える。電子はフェルミオンで, スピンは  $1/2$  なので単位面積当たりの粒子数密度  $n$  は

$$n = 2A \int_0^{\infty} \frac{1}{\exp(\beta(\varepsilon - \mu)) + 1} d\varepsilon$$

となる。ここで  $\mu$  は化学ポテンシャル,  $k_B$  をボルツマン定数,  $T$  を絶対温度として  $\beta = 1/k_B T$  である。

1. フェルミ・エネルギー  $\varepsilon_F$  を  $n, A$  で表せ。
2. 上式の被積分関数の分母・分子に  $\exp(-\beta(\varepsilon - \mu))$  をかけることで, 積分は公式  $\int dx \frac{e^{-x}}{e^{-x} + 1} = -\log(e^{-x} + 1)$  により実行できる。 $\mu$  を温度  $T, \varepsilon_F$  を使って表せ。
3. 低温 ( $k_B T \ll \varepsilon_F$ ), 高温 ( $k_B T \gg \varepsilon_F$ ) における化学ポテンシャルの振る舞いを求め, これより  $\mu$  の温度依存性を図示せよ。横軸に  $k_B T / \varepsilon_F$ , 縦軸に  $\mu / \varepsilon_F$  をプロットすること。

次に  ${}^4\text{He}$  などのボソンを考える。スピンは  $0$  なので, 粒子数密度  $n$  は

$$n = A \int_0^{\infty} \frac{1}{\exp(\beta(\varepsilon - \mu)) - 1} d\varepsilon$$

となる。

5. フェルミオンと同様に積分を行い,  $\mu$  を  $T, n, A$  を用いて表せ。
6. 低温 ( $k_B T \ll n/A$ ), 高温 ( $k_B T \gg n/A$ ) における化学ポテンシャルの振る舞いを求め, これより  $\mu$  の温度依存性を図示せよ。横軸に  $k_B T A / n$ , 縦軸に  $\mu A / n$  をプロットすること。

- 6 時間に依存する磁場  $B(t) = (B_0 \cos \omega_0 t, -B_0 \sin \omega_0 t, B)$  内におかれたスピン  $\frac{1}{2}$  の粒子 (質量  $m$ , 電荷  $e$ ) に対するハミルトニアン

$$H = -\frac{\hbar e}{2m} \boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{B}$$

を考える。ここで  $\hbar$  はプランク定数,  $\boldsymbol{\sigma}$  はパウリのスピン行列

$$\sigma_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad \sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, \quad \sigma_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

を表す。また,  $B_0, B$ , および,  $\omega_0$  は時間に依存しないものとする。

1. この粒子のスピン波動関数

$$\psi(t) = \begin{pmatrix} \psi^+(t) \\ \psi^-(t) \end{pmatrix}$$

が満たす時間に依存したシュレディンガー方程式を書け。その際, ハミルトニアンは  $2 \times 2$  行列で具体的に表せ。

2. このシュレディンガー方程式の解の形を

$$\begin{pmatrix} \psi^+(t) \\ \psi^-(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \exp\left(\frac{i\omega_0 t}{2} + \frac{i\Omega t}{2}\right) \\ b \exp\left(-\frac{i\omega_0 t}{2} + \frac{i\Omega t}{2}\right) \end{pmatrix} \quad (1)$$

とおく。ただし,  $a, b$ , および,  $\Omega$  は時間に依存しない定数とする。このとき,  $a$  と  $b$  に対する連立方程式を求めよ。

3. この  $a$  と  $b$  に対する連立方程式が  $a = b = 0$  以外の解を持つための  $\Omega$  に対する条件式, および, この条件式を満たす 2 つの解  $\Omega = \pm\omega$  を求めよ。これ以降は  $\omega$  を解答に用いて構わない。
4.  $a$  と  $b$  の関係式を  $\pm\omega$  を用いて表せ。
5. このシュレディンガー方程式の一般解は  $\pm\omega$  を式 (1) の  $\Omega$  に代入した 2 つの解の線形結合で表される。初期時刻  $t = 0$  で粒子のスピンが  $z$  軸方向に上向き, すなわち,

$$\psi(t=0) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

のとき, 時刻  $t$  における波動関数を求めよ。

6. 磁場の角振動数が  $\omega_0 = eB/m$  のとき, 時刻  $t$  で粒子のスピンが下向きである確率を求めよ。

7

ヘリウム原子基底状態に関する以下の問いに答えよ。ただし、ヘリウム原子核の質量は電子のそれに比べて無限に大きいと仮定し、原子核の位置に座標原点をとる。スピンについては(従ってパウリの排他原理も)考慮しないものとする。また、核電荷 $+Ze$  ( $e$ は電気素量)の1電子原子系のエネルギー $E_n$ 、および、基底状態に対する規格化された波動関数 $\psi$ は以下の通りである。

$$E_n = -\frac{RZ^2}{n^2}$$

$$\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{Z}{a_0}\right)^{3/2} e^{-Zr/a_0}$$

ここで、 $n$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ ) は主量子数、 $a_0$  は Bohr 半径であり、定数  $R$  は 13.6 eV とする。

- ヘリウム原子内の電子を2個ともイオン化させるのに必要な最低のエネルギー(つまり第二イオン化エネルギー)  $IE_2$  に対する実験値は 79.0 eV である。これと上式を利用し、ヘリウムの第一イオン化エネルギー  $IE_1$  を予想せよ。
- 電子1の位置座標を  $\mathbf{r}_1 = (x_1, y_1, z_1)$ 、電子2の位置座標を  $\mathbf{r}_2 = (x_2, y_2, z_2)$  として、ヘリウム原子系に対するハミルトン演算子  $\hat{H}$  を書きくだけせ。ポテンシャルの内容まで明らかにすること。原子核は座標原点に静止しているとし、ベクトル  $\mathbf{r}_1$ 、 $\mathbf{r}_2$  の長さをそれぞれ  $r_1$ 、 $r_2$  としてよい。また、真空の誘電率を  $\epsilon_0$ 、換算プランク定数を  $\hbar$ 、電子質量を  $m_e$ 、電気素量を  $e$  とする。
- ポテンシャルの電子間反発項を無視した場合、ハミルトン演算子は電子1に関する部分と電子2に関する部分の和で表すことができる。このことを利用し、電子間反発を無視した場合の基底状態のエネルギー、および、ヘリウム原子基底状態に対する規格化された波動関数  $\Psi$  を求めよ。
- 電子間反発を無視した場合の  $IE_1$ 、 $IE_2$  を求めよ。与えられた条件では計算することが不可能である場合には、その旨を解答に書くこと。
- 次に電子間反発まで考慮した場合のエネルギーを変分法を利用して計算する。上で求めた波動関数  $\Psi$  のうち、核電荷  $Z$  を変分パラメータ  $Z'$  に代えることにより、試行関数  $\Psi'$  を用意した。 $\Psi'$  を用いて以下の関数値

$$E[\Psi'] = \frac{\langle \Psi' | \hat{H} | \Psi' \rangle}{\langle \Psi' | \Psi' \rangle}$$

を計算したところ、 $E[\Psi'] = (-2Z'^2 + 4ZZ' - \frac{5}{4}Z') \cdot E_1$  を得た。これからヘリウム原子系の近似波動関数、および、近似エネルギーを求めよ。

- 上の変分法の結果を利用し、 $IE_1$  と  $IE_2$  を求めよ。与えられた条件では計算することが不可能である場合には、その旨を解答に書くこと。
- $r_1^2 + r_2^2$  の期待値  $\langle r_1^2 + r_2^2 \rangle$  は、電子間反発を考慮した場合と考慮しない場合とでどちらが大きいのか。

理工学 専攻 \_\_\_\_\_ 領域（博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ \_\_\_\_\_ ） / 専門科目（ 化学基礎 ）

試験時間：（ 150 ）分

**注意事項**

1. 試験問題は6問（ ~ ）である。すべての問に対する正解をもって満点とする。
2. それぞれの解答用紙に、1問のみを解答すること。
3. 配布された6枚の解答用紙すべてに受験番号、氏名、問題番号を記入すること。
4. 解答用紙に受験番号、氏名、問題番号の記入がない場合、その解答は無効とする。
5. 計算問題においては、関数電卓を使用してよい。解答は、ことわりのない問については有効数字3桁で求めよ。解答に至るまでの説明や計算過程をわかりやすく記すこと。
6. 記述した内容によって部分点を与えることがあるので、完全な解答に至らない場合でも、わかるところまで記せ。
7. 必要ならば次の物理定数および単位換算を用いよ。

(物理定数)

気体定数： $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 0.08206 \text{ dm}^3 \text{ atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

真空中の光速： $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

Planck 定数： $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$

Avogadro 定数： $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

(単位換算式)

圧力： $1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$



理工学 専攻 \_\_\_\_\_ 領域 (博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通)

試験科目: 第 外国語 ( ) / 専門科目 ( 化学基礎 )

試験時間: ( 150 ) 分

1 次の問1~問2に答えよ。

問1 次の文を読み、文中の  1  と  2  にあてはまる語句、および式(1-4)の中の  $X$ ,  $Y$  にあてはまる整数を答えよ。 $X$ ,  $Y$  については解答にいたる過程も記せ。

圧力  $p$ , モル体積  $\bar{V}$ , 定数を  $a$ ,  $b$  とすると,  1  状態方程式は, 式(1-1)で表される。

$$\left(p + \frac{a}{\bar{V}^2}\right)(\bar{V} - b) = RT \quad (1-1)$$

気体が凝集して液体になると, 気体とは区別できる表面が見える。しかし, ある温度  $T_c$  で圧縮が起こると, 気相と液相を分ける表面が出現しない点がある。この点を

2  と呼ぶ。 2  (温度  $T_c$ , 圧力  $p_c$ , 体積  $\bar{V}_c$ ) は  1  状態方程式における等温線の変曲点であるため, 次の関係が得られる。

$$\left(\frac{\partial p}{\partial \bar{V}}\right)_{T_c} = -\frac{RT_c}{(\bar{V}_c - b)^2} + \frac{2a}{\bar{V}_c^3} = 0 \quad (1-2)$$

$$\left(\frac{\partial^2 p}{\partial \bar{V}^2}\right)_{T_c} = \frac{2RT_c}{(\bar{V}_c - b)^3} - \frac{6a}{\bar{V}_c^4} = 0 \quad (1-3)$$

式(1-2)と式(1-3)の2つの条件から  $a$  と  $b$  を求め, これらを式(1-4)に代入すると

$$\frac{p_c \bar{V}_c}{RT_c} = \frac{X}{Y} \quad (1-4)$$

の関係が得られる。

問2 ある完全気体の  $C_{p,m}$  が  $C_{p,m}/(\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) = 20.0 + 0.400T$  にしたがって, 温度変化することがわかった。ここで  $T$  は温度( $T/\text{K}$ )である。以下の a)~c) に答えよ。b) と c) については解答にいたる過程も記すこと。

- $C_{p,m}$  は何と呼ばれるか。
- この気体 1 mol について温度を 300 K から 500 K まで定圧で上昇させたときの熱エネルギー  $q$ , 仕事  $w$ , 内部エネルギー変化  $\Delta U$ , エンタルピー変化  $\Delta H$  を kJ 単位, 有効数字 2 桁で求めよ。
- この気体 1 mol について温度を 300 K から 500 K まで定容で上昇させたときの  $q$ ,  $w$ ,  $\Delta U$ ,  $\Delta H$  を kJ 単位, 有効数字 2 桁で求めよ。

理工学 専攻 \_\_\_\_\_ 領域（博士前期 / 修士 博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ \_\_\_\_\_ ） / 専門科目（ 化学基礎 ）

試験時間：（ 150 ）分

2 次の問1～問2に答えよ。

問1 次の文を読み、以下の a) および b) に答えよ。解答にいたる過程も記すこと。

$x=0$  と  $x=a$  にある二つの壁の閉じ込められた質量  $m$  の粒子についてのシュレーディンガー方程式は式(2-1)で表される。

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi(x)}{\partial x^2} = E\Psi(x) \quad (0 \leq x \leq a) \quad (2-1)$$

ここで  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$  である。

a) 規格化された波動関数  $\Psi(x)$  は式(2-2)で表される。

$$\Psi_n(x) = C \sin \frac{n\pi x}{a} \quad (0 \leq x \leq a, \quad n = 1, 2, \dots) \quad (2-2)$$

このとき式(2-2)における規格化定数  $C$  が  $C = \sqrt{\frac{2}{a}}$  となることを示せ。

b) 式(2-1)の  $E$  を  $a, \hbar, m, n$  を用いて表わせ。

問2 以下の a) ~ c) に答えよ。

a) ボルン-オッペンハイマー近似について説明せよ。

b) 二原子分子である  $\text{H}_2$  と  $\text{He}_2$  の基底状態の電子配置に関する分子オービタルエネルギー準位図をそれぞれ描け。

c)  $\text{He}_2$  がエネルギー的に不安定であり、二原子分子を作りにくいことを「結合」、「反結合」の語句をもちいて説明せよ。

理工学 専攻 \_\_\_\_\_ 領域 ( 博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通 )

試験科目：第 外国語 ( \_\_\_\_\_ ) / 専門科目 ( 化学基礎 )

試験時間： ( 150 ) 分

**3** 次の問1～問3に答えよ。

問1 金属結晶の最密構造について次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 最密構造には、六方最密構造と立方最密構造の二つがある。両者の違いについて説明せよ。  
説明に当たっては図を用いても良い。
- (2) 最密構造の空間充填率を計算せよ。

問2 原子半径およびイオン半径について次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) フッ化物イオン  $F^-$ 、ナトリウム原子  $Na$ 、ナトリウムイオン  $Na^+$ の半径の大小関係を、原子核と電子配置に基づき説明せよ。
- (2) f-ブロック元素であるランタノイド ( $_{57}La \sim _{71}Lu$ ) では、原子番号が増えるにつれて原子半径とイオン半径が小さくなる。これをランタノイド収縮という。ランタノイド収縮が生じる理由は何か。

問3 水  $H_2O$  について次の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 水分子のルイス構造を記述し、VSEPR理論からその構造を予想せよ。
- (2) 水の分子振動における基準振動を全て図示せよ。
- (3) 水は優れた溶媒であり、科学の世界においてきわめて重要な物質である。水が持つ溶媒としての優れた特徴を挙げ、その特徴がもたらされる理由を科学的に説明せよ。

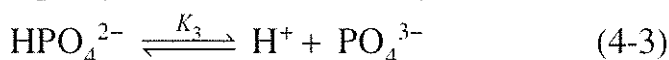
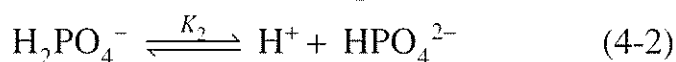
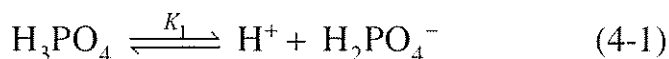
理工学 専攻 \_\_\_\_\_ 領域 ( 博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通 )

試験科目：第 外国語 ( \_\_\_\_\_ ) / 専門科目 ( 化学基礎 )

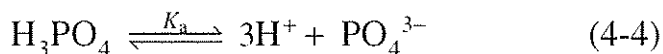
試験時間： ( 150 ) 分

4 次の問1～問2に答えよ。

問1 リン酸  $\text{H}_3\text{PO}_4$  の逐次酸解離は次の(4-1)式から(4-3)式で示される。ここで逐次酸解離定数は、それぞれ  $K_1 = 5.9 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ ,  $K_2 = 6.2 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ ,  $K_3 = 4.8 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$  である。次の(1)～(4)に答えよ。なお、計算結果に基づく解答は有効数字2桁で求めよ。



- (1) 逐次酸解離定数が  $K_1 > K_2 > K_3$  となるのはなぜか。その理由を述べよ。  
 (2) 逐次酸解離定数から、次の式(4-4)で示されるリン酸の三つのプロトンが一気に解離する場合の総括酸解離定数  $K_a$  を求めよ。



- (3) 二つの溶存化学種  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  のモル濃度と  $\text{HPO}_4^{2-}$  のモル濃度とが等しくなるときの pH はいくつか。ただし、水の電離は考慮しなくてもよい。  
 (4) pH が 3 の  $0.20 \text{ mol/L}$  リン酸水溶液における、解離していない溶存化学種  $\text{H}_3\text{PO}_4$  の濃度は何  $\text{mol/L}$  か、計算せよ。

問2 濃度不明の塩化カリウム  $\text{KCl}$  水溶液がある。この水溶液  $100.0 \text{ mL}$  に、 $0.250 \text{ mol/L}$  のクロム酸カリウム  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  溶液を  $0.50 \text{ mL}$  加えた後、これを  $0.0108 \text{ mol/L}$  の硝酸銀  $\text{AgNO}_3$  水溶液で滴定した。 $\text{AgNO}_3$  水溶液を滴下すると白色の塩化銀  $\text{AgCl}$  の沈殿が生成し始めた。さらに滴下を続け、赤褐色のクロム酸銀  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  の沈殿が生成し始めたところで滴定を終了した。このときの  $\text{AgNO}_3$  水溶液の全滴下量は  $12.50 \text{ mL}$  であった。 $\text{AgCl}$  と  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  の溶解度積はそれぞれ  $1.78 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ ,  $1.29 \times 10^{-12} (\text{mol/L})^3$  である。塩化カリウム水溶液の濃度は何  $\text{mol/L}$  か、計算せよ。

理工学 専攻 \_\_\_\_\_ 領域 ( 博士前期 / 修士 · 博士後期 · 前後期共通 )

試験科目: 第 外国語 ( \_\_\_\_\_ ) / 専門科目 ( 化学基礎 )

試験時間: ( 150 ) 分

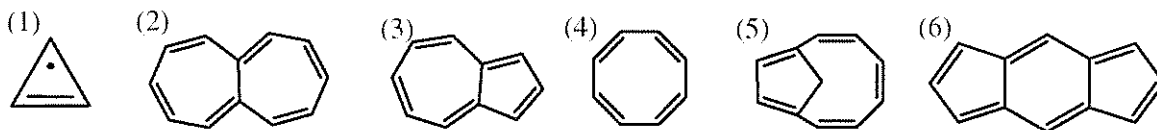
5 次の間1 ~ 間5に答えよ。

問1 以下に示す化合物(1) ~ (3)を構造式で示せ。

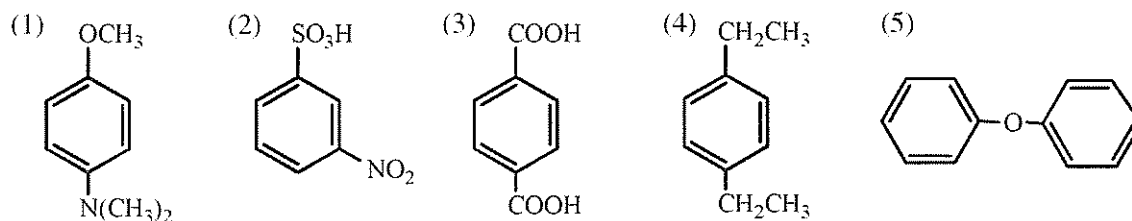
(1) (2Z, 4E)-3,5-dibromo-2,4-heptadiene

(2) 3-methyl-2-butenal

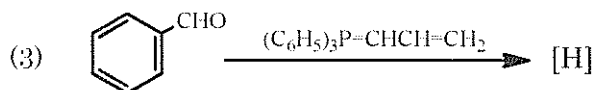
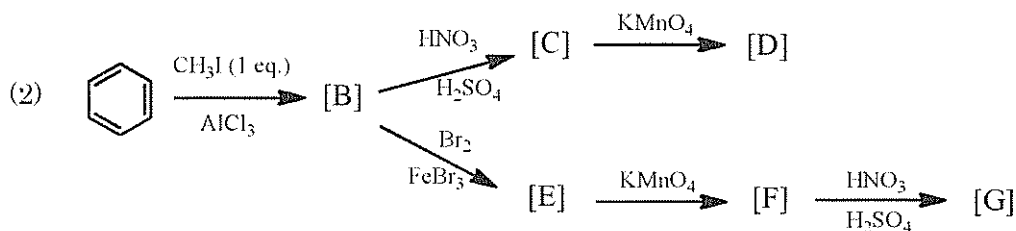
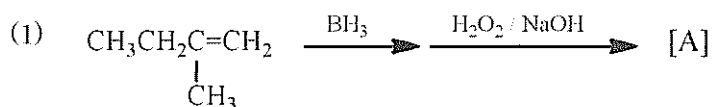
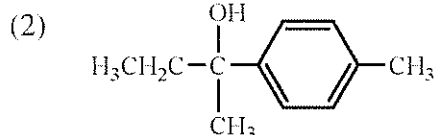
(3) 1,2-dimethyl-4-nitrobenzene

問2 次の化合物(1) ~ (6)の $\pi$ 電子数をそれぞれ求め、Hückel 則に基づいて、芳香族か非芳香族か区別せよ。

問3 次の化合物(1) ~ (5)のベンゼン環が活性化されているか、不活性化されているか、答えよ。



問4 次の(1) ~ (3)の反応式において、[A] ~ [H]に入る主生成物を構造式で答えよ。

問5  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{MgI}$ に何を作用させると、次の化合物(1)および(2)が生成するか、それぞれ答えよ。(1)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ 

理工学 専攻 \_\_\_\_\_ 領域 ( 博士前期 / 修士 ・ 博士後期 ・ 前後期共通 )

試験科目 : 第 外国語 ( \_\_\_\_\_ ) / 専門科目 ( 化学基礎 )

試験時間 : ( 150 ) 分

6 次の問1~問5に答えよ。

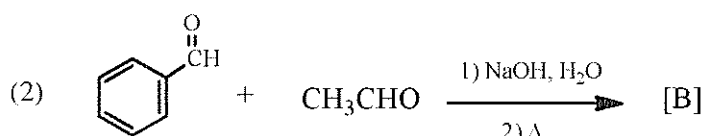
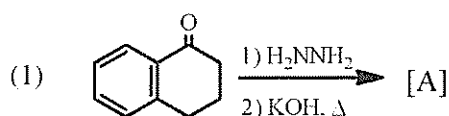
問1 分子式が  $C_5H_{10}$  の単環化合物をできるだけ多く書き, それぞれについて命名せよ。

問2 以下の(1)~(5)に答えよ。またそう考えた理由を簡単に述べよ。

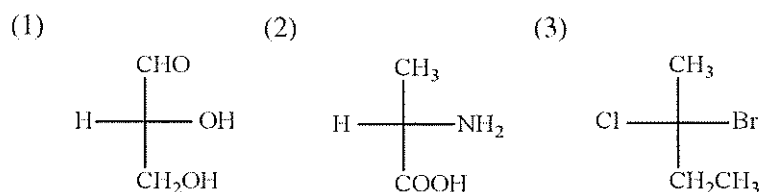
- (1)  $CH_3CHClCH_2OH$ ,  $CH_3CHBrCH_2OH$ ,  $BrCH_2CH_2CH_2OH$  を酸性度が高い順に左から並べよ。
- (2) cyclohexane, cyclohexanol, chlorocyclohexane を沸点の高い順に左から並べよ。
- (3)  $Br^-$ ,  $Cl^-$ ,  $I^-$ ,  $F^-$  を塩基性が高い順に左から並べよ。
- (4)  $H_2O$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$  を求核性の大きい順に左から並べよ。
- (5) 1-bromopentane, 1-iodopentane, 2-bromo-pentane を  $S_N2$  反応に対する反応性が高い順に左から並べよ。

問3 次の反応(1)および(2)の主生成物[A]および[B]は何か。構造式で答えよ。

また, (1)および(2)の反応の一般的な呼称を記せ。

問4 下記の反応(1)~(6)の主生成物を構造式で答えよ。また, その主生成物は, どの機構( $S_N1$ ,  $S_N2$ ,  $E1$ ,  $E2$ )によって進行するか答えよ。

- (1)  $(CH_3)_3COH$  中, 1-bromobutane と  $KOC(CH_3)_3$  の反応
- (2)  $CH_3CH_2OH$  中, 1-bromobutane と  $NaOCH_2CH_3$  の反応
- (3)  $(CH_3)_2CO$  中, (*R*)-2-chlorobutane と  $NaCN$  の反応
- (4)  $CH_3NO_2$  中, 2-bromo-2-methylpropane と  $KCl$  の反応
- (5) 2-methyl-2-propanol と  $H_2SO_4$  の反応
- (6) 液体  $NH_3$  中, iodocyclohexane と  $NaNH_2$  の反応

問5 次の(1)~(3)について, Fisher 投影式で表された分子の立体配置は *R* か *S* か答えよ。

理工学 専攻 生物科学 領域（博士前期/修士）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（生物科学基礎）

試験時間：（150）分

### 注意事項

1. 問題用紙は本ページを含め3ページ、7問である。

問題  は全員解答すること。問題  ～  からは3問選択して解答すること。問題  を含めて5問以上解答してはならない。

2. それぞれの解答用紙に、1問のみ解答すること。なお、各解答用紙の最上部に、選択した問題番号を明記すること。

3. 配布された4枚の解答用紙すべてに受験番号、氏名、問題番号を記入すること。

4. 解答用紙に受験番号、氏名、問題番号の記入がない場合、その解答は無効とする。

理工学 専攻 生物科学 領域（博士前期 / 修士）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（生物科学基礎）

試験時間：（150）分

次の問題  1 は全員解答すること。

1 次の（1）～（5）の語句をそれぞれ120字程度で説明せよ。

- （1）不連続複製
- （2）選択的スプライシング
- （3）プロトプラスト
- （4）逆転写酵素
- （5）ノルアドレナリン

以下の問題  2 ～  7 より3問選択して解答すること。4問以上選択してはならない。

2 ある真核生物は35Mbpのゲノムを持ち、タンパク質をコードする遺伝子は平均1.9kbpの長さである。これらの遺伝子は、1遺伝子あたり1.2個のイントロンを含み、各イントロンは平均して150bpである。タンパク質をコードする遺伝子の総数を12000とした場合、以下の問いに答えよ。

- ① 平均的なmRNAの長さはいくらか。ただし、polyA テールは200bとし、非翻訳領域等は考えないものとする。
- ② 全ゲノムのうち、タンパク質のコード領域の割合は何%か。
- ③ この生物のタンパク質の平均的なサイズはおよそ何kDaか。ただし、アミノ酸の平均分子量は110とし、糖などによる修飾は考えないものとする。
- ④ もしこのゲノム全体がランダムな塩基配列を持つと仮定した場合、終止コドンと同じトリプレットは全体で何個存在すると考えられるか。

3 ヘモグロビンは、血中酸素分圧の高いところ（肺）で酸素と結合し、低いところ（末梢組織）で酸素を放出する。このような特性がヘモグロビンのどのような分子構造に由来しているかを説明せよ。

4 ある真核生物の遺伝子Aの産物は、ミトコンドリアのマトリックスで働くタンパク質であると予想される。これを証明する実験方法と期待される結果を説明せよ。

5 ES細胞とiPS細胞は、共に培養細胞である。両細胞がどのような性質をもつか、またそれぞれどのように作成されるかを説明せよ。

6 植物のDNA形質転換法について、アグロバクテリウム法の原理を説明せよ。



理工学 専攻 生物科学 領域（博士前期 / 修士）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（生物科学基礎）

試験時間：（150）分

7 ある生物のシングルコピー遺伝子を相同組み換えによって破壊した。その生物は、一倍体ゲノムの状態で生活しており、遺伝子破壊株の選択は抗生物質による薬剤耐性によって行った。以下の問いに答えよ。

- ① 薬剤耐性だけでは相同組み換えが起こったかどうかはわからない。その理由を説明せよ。
- ② 薬剤耐性株で実際に相同組み換えによる遺伝子破壊が起こったことを確認する方法を説明せよ。
- ③ ②の実験で予想される結果について説明せよ。

理工学 専攻 機械工学 領域（~~博士前期/修士・博士後期・前後期共通~~）

試験科目：~~第 外国語（ ）~~ / 専門科目（機械工学基礎）

試験時間：（150）分

### 注意事項

1. 試験問題は4問である。すべての問に対する正解をもって満点とする。
2. ①～③の解答は、それぞれの解答用紙に、1問のみを解答すること。また、④については7つの設問から2つを選択して、それぞれの解答用紙に一つの設問のみを解答すること。
3. 解答できなかった場合も、受験番号、氏名、および問題番号を記入した解答用紙を提出すること。すなわち、各受験生は、始めに配布された5枚の解答用紙をすべて提出すること。
4. 解答用紙に受験番号、氏名、および問題番号の記入が無い場合、その解答は、無効とする。

理工学 専攻 機械工学 領域（博士前期/修士・~~博士後期・前後期共通~~）試験科目：第~~一~~外国語（） / 専門科目（機械工学基礎）

試験時間：（150）分

**1** 以下の設問に答えよ。

(1) 次の行列式を求めよ。

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 4 \\ 2 & 3 & 5 & 1 \\ 0 & 3 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

(2) 次の積分を求めよ。

$$\int_C \frac{e^{iz}}{z-\pi} dz$$

ただし、 $C$ は複素平面上で  $|z-\pi|=1$  で定義される閉曲線であり、積分は反時計方向に1周行うものとする。なお、 $i$ は虚数単位である。

(3) 次式で定義される関数  $f(t)$  のフーリエ変換  $F(\omega)$  を求めよ。ただし、 $\alpha > 0$  とする。

$$f(t) = \begin{cases} e^{-\alpha t}, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases}$$

理工学 専攻 機械工学 領域（博士前期/修士・~~博士後期・前後期共通~~）試験科目：第~~一~~外国語（） / 専門科目（機械工学基礎）

試験時間：（150）分

**2** 以下の設問に答えよ。

(1) 次の関数の極値を求めよ。また、求めた極値が極大か極小かを判定せよ。

$$f(x, y) = x^2y - 3x^2 - 2y^2$$

(2) 次の連立微分方程式の一般解を求めよ。

$$2\frac{dx_1}{dt} + \frac{dx_2}{dt} = 8x_1 + 4x_2$$

$$\frac{dx_1}{dt} + 2\frac{dx_2}{dt} = 7x_1 + 5x_2$$

(3) 次の微分方程式の一般解を求めよ。

$$\frac{d^3y}{dx^3} + \frac{2}{x}\frac{d^2y}{dx^2} - \frac{9}{x^2}\frac{dy}{dx} + \frac{9}{x^3}y = 0$$

(4)  $x$ - $y$  平面において、次式で規定される領域  $D$  を考える。

$$x^2 + \frac{y^2}{4} \leq 1, \quad x \geq 0, \quad y \geq 0$$

このとき、積分  $\iint_D x^2 y dx dy$  を求めよ。

理工学 専攻 機械工学 領域（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

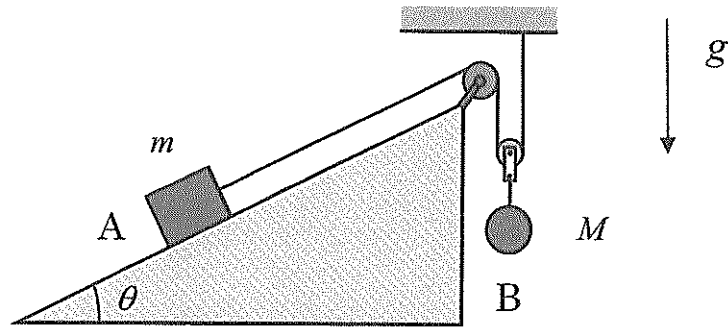
試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（機械工学基礎）

試験時間：（150）分

3 以下の設問に答えよ。

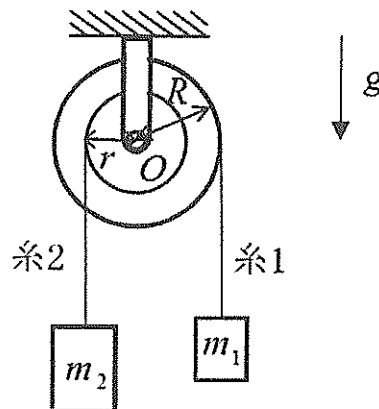
(1) 図のように、水平と角度 $\theta$ をなす斜面上にある質量 $m$ の物体Aと質量 $M$ の物体Bが、摩擦のない滑車を介して伸びない糸で連結され釣り合っている。斜面の静摩擦係数は $\mu$ であり、糸と滑車の質量は無視できるものとする。このとき、以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度を $g$ とする。

- ① 糸に働く張力を求めよ。
- ② この状態で釣り合うための質量比 $m/M$ の条件を求めよ。



(2) 図に示すように、共通の軸 $O$ を中心になって回転する半径 $R$ と半径 $r$ の滑車に糸1と糸2を巻き、それぞれに質量 $m_1$ 、 $m_2$ の物体が吊るされている。この滑車全体の慣性モーメントを $I_O$ とし、糸の質量は無視できるものとする。このとき、以下の問いに答えよ。ただし、滑車と糸は滑らないものとし、糸は伸びないものとする。また、重力加速度を $g$ とする。

- ① 滑車全体および吊るされている物体のフリーボディダイアグラムを描き、運動方程式を記せ。
- ② 滑車全体の回転の角加速度、糸1と糸2の張力を求めよ。ただし、滑車の回転は反時計方向を正とする。



理工学 専攻 機械工学 領域（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（機械工学基礎）

試験時間：（150）分

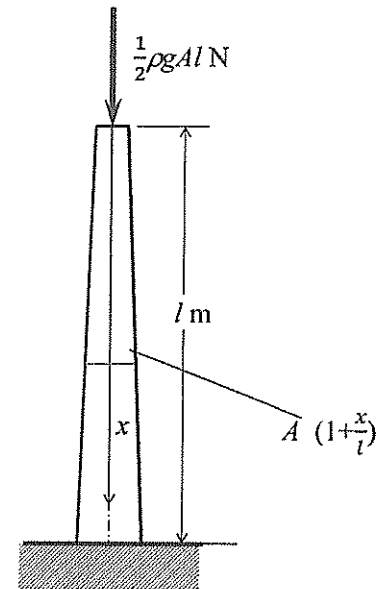
4

以下の（1）から（7）までの7つの設問から二つを選択し、一つの設問につき解答用紙1枚を使って解答せよ。

（1）材料力学

図に示すように、断面積が線形に変化する（下部で  $2A \text{ m}^2$ 、上部で  $A \text{ m}^2$ ）高さ  $l \text{ m}$  のまっすぐな柱がある。柱の材料の質量密度  $\rho \text{ kg/m}^3$ 、ヤング率  $E \text{ Pa}$ 、重力加速度  $g \text{ m/s}^2$  であり、上部に  $\frac{1}{2}\rho g A l \text{ N}$  の力がかかっている。座標  $x$  は、上端を原点として下向きに取る。ただし断面の寸法に比べて高さが十分大きく断面積が緩やかに変わると仮定してよい。以下の問に答えよ。

1. 断面に働く内力分布  $S(x)$  と応力分布  $\sigma(x)$  及びひずみ分布  $\epsilon(x)$  を求めよ。
2. 上端の変位を求めよ



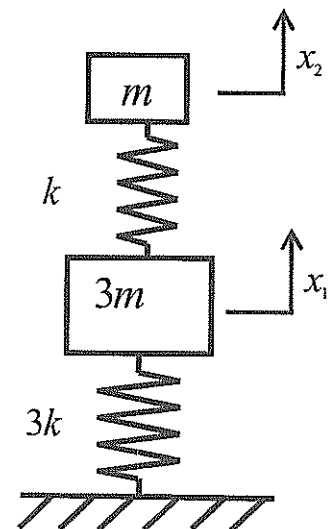
図

（2）機械力学

図に示す2自由度系について、以下の問いに答えよ。ただし、 $m$ 、 $k$  はそれぞれ、質量、ばね定数を表す。

1. この系の運動方程式を立てよ。
2. この系の2つの固有角振動数  $\omega_1$ 、 $\omega_2$  を求めよ。
3.  $m=10\text{kg}$ 、 $k=3000\text{kgN/m}$  として、2つの固有振動数を求めよ。
4. 主振動系が  $3m$ 、 $3k$  の場合と  $m$ 、 $k$  の場合で発生する振動現象を比較して論じよ。

（主振動系とは、図1では  $3m$  の質量と  $3k$  のばね定数のばねから成る系を指す。）



図

理工学 専攻 機械工学 領域（博士前期/修士・~~博士後期~~・前後期共通）

試験科目：第 ~~外国語~~（） / 専門科目（機械工学基礎）

試験時間：（150）分

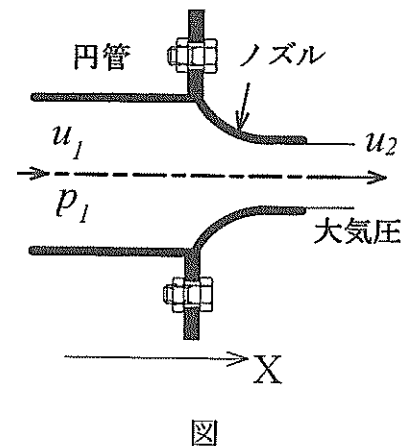
(3) 熱工学

- 再生を伴うエリクソンサイクルのPV線図, TS線図を示せ.
- また, 理論熱効率を導出しサイクルの特徴について述べよ.

(4) 流体力学

図に示したように, 円管の出口に取り付けられたノズルから, 比重0.9の液体が, 大気中に噴出している. 以下の問いに答えよ. ただし, 円管の内径は0.20m, ノズル上流部の圧力 $p_1$ は1.35kPa,  $u_1=1.0$ m/sとする. 密度を $\rho$ とし, 他の記号は図中に示す.

- 液体の密度を求めよ.
- 流速が $u_1$ の位置と $u_2$ の位置とでベルヌーイの式をかけ.
- 大気中に噴出している流体の速度 $u_2$ を求めよ.
- 質量流量 $m$ を求めよ.
- ノズルにかかる力 $f_x$ とその方向を求めよ.



図

(5) 精密工学

$\omega$ が既知であるとして測定値集合 $\{(t_k, Y_k) \mid k=1..n\}$ から関数 $Y=A \sin \omega t + B \cos \omega t$ の係数 $A$ および $B$ を定めたい. 時刻 $t_k$ の関数推定の誤差(残差) $\delta_k$ は, 下式のように表せる. この時, “最小二乗法の原理”すなわち「誤差の二乗和 $J = \sum_{k=1}^n \delta^2$ を最小にする $A$ および $B$ が最も確からしい同定値である」に基づいて, 二元連立方程式となる“正規方程式”を導出せよ.

$$\delta_k = Y_k - (A \sin \omega t_k + B \cos \omega t_k)$$

理工学 専攻 機械工学 領域（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（機械工学基礎）

試験時間：（150）分

（6）制御工学

以下の設問に答えよ。

- ①  $G(s) = \frac{100}{s+10}$  なる伝達関数を持つシステムのボード線図におけるゲイン線図の概略を折れ線近似を用いて描け。
- ②  $G(s) = \frac{1}{s+2}$ ,  $F(s) = 2$ ,  $H(s) = \frac{1}{s-1}$  としたとき、下図で示されるような、 $r$  から  $y$  までの閉ループ系伝達関数を求めよ。

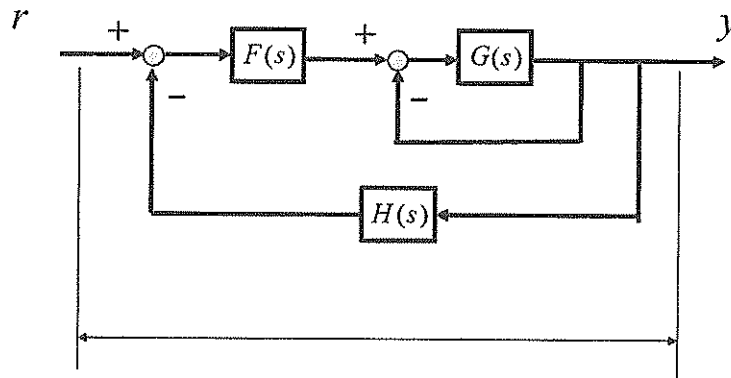


図 フィードバック

- ③ 上の②で求めた、閉ループ系の安定性を調べよ。
- ④ ある状態方程式

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t) \\ y(t) = c^T x(t) \end{cases}$$

について正則行列により変数変換を行っても入力から出力までの伝達関数が変わらないことを証明せよ。ただし、 $x(t)$ 、 $u(t)$ 、 $y(t)$ はそれぞれ、状態変数、入力、出力とする。



理工学 専攻 機械工学 領域（博士前期/修士・~~博士後期~~・前後期共通）

試験科目：第~~一~~外国語（） / 専門科目（機械工学基礎）

試験時間：（150）分

（7）材料科学

- ① fcc 単位格子において、以下の問いに答えよ。
  - (a) fcc 単位格子中の原子数を求めよ。
  - (b) fcc 格子の単位格子当りの原子充てん率を求めよ。
- ② 立方格子において、以下の方向と面を図示せよ。
  - (a)  $[\bar{1} 2 \bar{1}]$ ,      (b)  $[0 1 1]$ ,      (c)  $(0 3 2)$ ,      (d)  $(2 \bar{1} \bar{3})$
- ③  $(0 \bar{1} 1)$  と  $(0 1 1)$  を描き、交線のミラー指数を求めよ。
- ④ bcc 単位格子において、単位格子の格子定数を  $a$  として  $(1 0 0)$  の面密度を求めよ。
- ⑤ 金属結晶が塑性変形する理由をミクロな観点から説明せよ。

以上

\_\_\_\_\_ 理工学 \_\_\_\_\_ 専攻 電気・電子工学 領域（ 博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通 ）

試験科目：第 外国語（ \_\_\_\_\_ ） / 専門科目（ 理工基礎 ）

試験時間：（ 150 ）分

### 注意事項

1. 試験問題は7問（1 ～ 7）である。  
選択問題はないので、全問題に解答すること。
2. それぞれの解答用紙に、1問のみ解答すること。
3. 配布された7枚の解答用紙すべてに受験番号、氏名、問題番号を記入すること。
4. 解答用紙に受験番号、氏名、問題番号の記入がない場合、その解答は無効とする。
5. 白紙の解答用紙も持ち帰らず、7枚すべてを提出すること。
6. 計算用紙も提出すること。ただし、計算用紙は採点対象としない。

理工学 専攻 電気・電子工学 領域 ( 博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通 )

試験科目：第 外国語 ( ) / 専門科目 ( 理工基礎 )

試験時間： ( 150 ) 分

1

(1) 微積分に関する以下の問いに答えよ。

(a) 次の微分方程式の一般解を求めよ。

(i)  $\frac{dy}{dx} + 3y = e^{-3x}$

(ii)  $\frac{dy}{dx} = \frac{11xy + 4y^2}{7x^2 + 4xy}$

(b) 実数  $x, y, z$  が  $x + 2y + 3z = 1$  を満たすとき,  $(x, y, z) = \left(\frac{1}{3}, \frac{1}{6}, \frac{1}{9}\right)$  において積  $xyz$  が極値を取ること  
を説明せよ。(2) 次の行列  $A$  とベクトル  $p, q$  がある。このとき、次の問いに答えよ。

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & a \\ 0 & 0 & 1 \\ b & c & d \end{bmatrix}, \quad p = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad q = [e \quad f \quad g]$$

(a) 行列  $A$  の固有値  $\lambda$  が満たすべき方程式を示せ。(b) 行列  $B = pq$  を計算せよ。(c) 行列  $C = A + B$  の固有値が  $0, -1, -2$  であるとき,  $a, b, c, d$  を用いてベクトル  $q$  の  $e, f, g$  を表せ。(d) ベクトル  $q$  を適切に選ぶことで, 行列  $A$  の  $a, b, c, d$  の値に関わらず, 行列  $C$  の固有値を任意に定められることを説明せよ。

理工学 専攻 電気・電子工学 領域（博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎）

試験時間：（150）分

2

(a)

(i) 複素数  $\frac{1}{2} + \frac{3}{2}\sqrt{7}i$  ( $i$ は虚数単位)の偏角を $\theta$ とすると、 $\cos\frac{\theta}{2}$ と $\sin\frac{\theta}{2}$ を求めよ。

(ii) (i)の結果を踏まえて、複素数 $z$ に対する方程式 $z^2(1-z^2)=16$ を解き、根の表す点を複素平面上に図示せよ。異なる根が存在する場合はその全てを記すこと。

(b)

絶対積分可能である実数関数 $f(t)$ に対し、 $F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-i\omega t} dt$ をフーリエ変換という。

$$f(t) = \begin{cases} 1 & \left(|t| \leq \frac{1}{2}\right) \\ 0 & \left(|t| > \frac{1}{2}\right) \end{cases}$$

のフーリエ変換 $F(\omega)$ を求め、 $F(\omega)$ のグラフを $-6\pi \leq \omega \leq 6\pi$ の範囲でできるだけ詳しく図示せよ。

理工学 専攻 電気・電子工学 領域（博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎）

試験時間：（ 150 ）分

3

図1に示すような構造の同軸ケーブルがあり、内側の導体Aには電荷が一様に分布しており、外側の導体Bは接地されている。導体Aの外半径は  $a$  [m]、導体Bの内半径は  $b$  [m] ( $0 < a < b$ ) であり、導体Aと導体Bとの間は比誘電率  $\epsilon_r$  の絶縁体で隙間なく充填されている。この同軸ケーブルについて以下の問いに答えよ。

真空の誘電率を  $\epsilon_0$  [F/m] とする。また、同軸ケーブルは軸方向に十分長く、端効果（導体の端部における電界の乱れ）は無視できるものとする。

- (1) 導体Aの電荷密度が  $\lambda$  [C/m] ( $\lambda > 0$ ) であるとき、中心軸から距離  $r$  [m] ( $a < r < b$ ) の位置における電界を求めよ。
- (2) 単位長さ当たりの電気容量（静電容量）を求めよ。
- (3) このケーブルにおいて導体Aと導体Bとの間に電圧  $V_M$  [V] を加えたときの最大電界を  $E_M$  [V/m] 以下としたい。このとき  $a$  と  $b$  との間に成り立つ関係を求めよ。

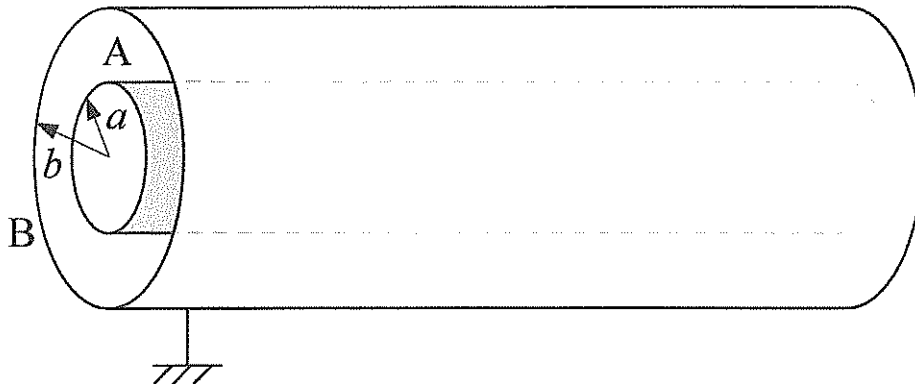


図1 同軸ケーブル

理工学 専攻 電気・電子工学 領域 ( 博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通 )

試験科目：第 外国語 ( ) / 専門科目 ( 理工基礎 )

試験時間： ( 150 ) 分

4

図1は、原点を中心とする半径  $a$  の円に内接する正  $n$  角形であり、その外周にのみ、図のベクトルで示した方向に電流  $I$  が流れている。この電流によって発生する原点  $O$  における磁界を求める時、次の問いに答えよ。ただし、必要があれば真空の透磁率  $\mu_0$  を用いよ。

- (1) 図2は、図1の正  $n$  角形の一部を拡大したものである。線分  $PQ$  が正  $n$  角形の外周の一部であり、原点からの距離は  $d$  である。このとき  $d$  を、 $a$  と  $n$  の関数として表せ。
- (2) 微小線要素ベクトル  $ds$  は線分  $PQ$  上にあり、電流と同じ向きで、原点からの距離は  $|r|$  である。今ベクトル  $r$  を  $ds$  から原点に向かうベクトルと定義する時、 $ds$  が原点に作る磁界の磁束密度  $d\mathbf{B}$  の大きさ  $|d\mathbf{B}|$  と方向を示せ。ただし  $\mathbf{z}$  は、 $\mathbf{x} \times \mathbf{y}$  の方向である。
- (3) 図3は、微小線要素ベクトル  $ds$  付近の拡大図である。今、 $\theta'$  と  $\theta$  がほぼ等しく、 $\alpha = \theta' - \theta = d\theta$  とできるとき、 $ds$ 、原点から  $ds$  までの距離  $r$ 、および  $d\theta$  の間に成立する関係を求めよ。
- (4) 計  $n$  本の線分上にある微小線要素ベクトルが原点に作る磁界の磁束密度の大きさ  $|d\mathbf{B}_n|$  を、 $d$ 、 $n$ 、 $I$ 、 $\theta$  の関数として表せ。
- (5) 正  $n$  角形の外周に流れる電流による原点上の磁束密度の大きさ  $|\mathbf{B}_n|$  を  $a$ 、 $n$ 、 $I$  で表せ。

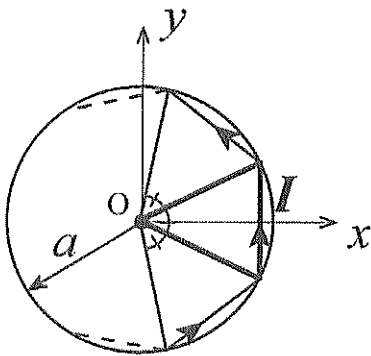


図1：正  $n$  角形外周に流れる電流

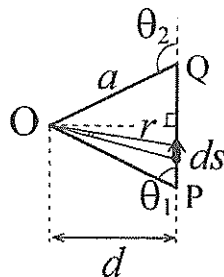


図2：正  $n$  角形電流の一部拡大図

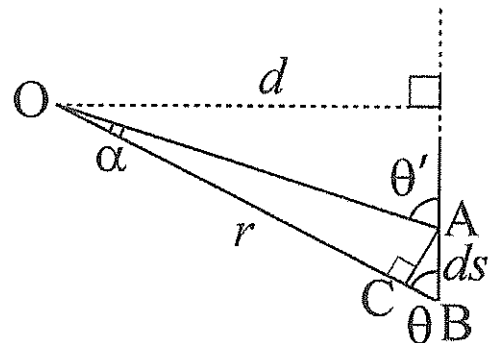


図3：微小線要素ベクトル付近の拡大図

理工学 専攻 電気・電子工学 領域 ( 博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通 )

試験科目: 第 外国語 ( ) / 専門科目 ( 理工基礎 )

試験時間: ( 150 ) 分

5

1. 図1に示すダイオード回路に関する次の問いに答えよ。

- (1) ダイオードの電流  $i_D$  と電圧  $v_D$  の関係式を求めよ。
- (2) ダイオードの電流-電圧特性が図2で表わされ、 $V_S=4[V]$ 、 $R_1=400[\Omega]$ 、 $R_D=100[\Omega]$ であるとき、直流負荷線の式、および動作点 (Q点) の電圧と電流を求めよ。

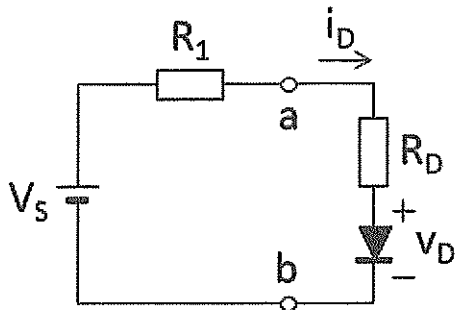


図1

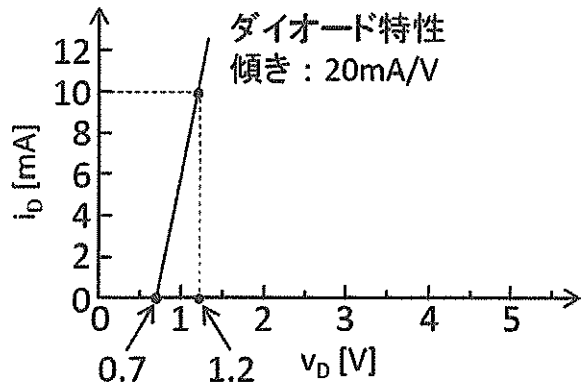


図2

2. 図3に示すバイポーラトランジスタ増幅回路に関する次の問いに答えよ。

ただし、 $v_s$ は交流小信号電圧源であり、コンデンサは交流信号を通し、直流を遮断する。

- (1) 直流バイアスに対する等価回路を図示せよ。ベース回路はテブナンの定理を用いて簡単化し、等価電源電圧  $V_{Th}$  と等価抵抗  $R_{Th}$  の値を示せ。
- (2) hパラメータによる交流小信号等価回路を以下の記号を用いて図示せよ。(ベース電流  $i_b$ 、コレクター-エミッタ間電圧  $v_{ce}$ 、入力インピーダンス  $h_{ie}$ 、電圧帰還比  $h_{re}$ 、電流利得  $h_{fe}$ 、出力アドミタンス  $h_{oe}$ )

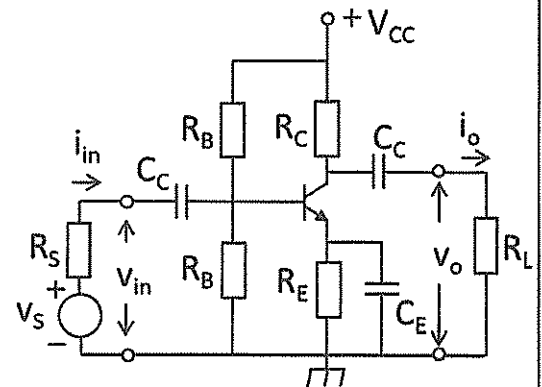


図3

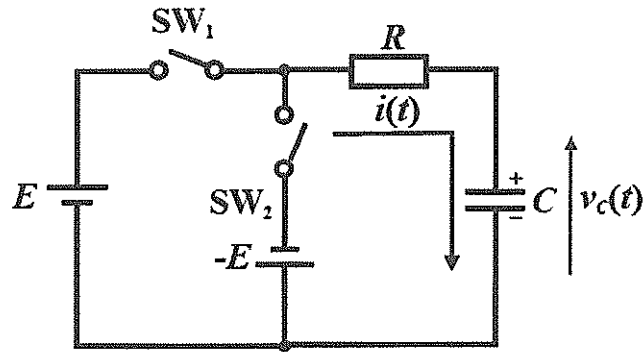
- (3) 交流小信号における入力電圧  $v_{in}$  と出力電圧  $v_o$  を、ベース電流  $i_b$  を用いてそれぞれ表せ。

理工学 専攻 電気・電子工学 領域（博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎）

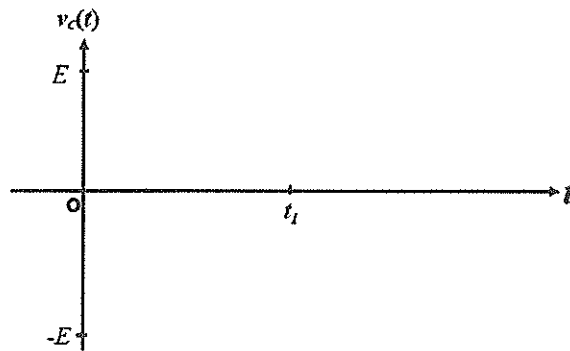
試験時間：（150）分

6



上記の抵抗  $R$ 、キャパシタ  $C$  と一定直流電圧源  $E$  で構成されている回路において、 $t = 0$  でスイッチ  $SW_1$  を閉じ、定常状態後に、 $t = t_1$  でスイッチ  $SW_1$  を開くと同時に  $SW_2$  を閉じた。このとき、以下の問いに答えよ。ただし、 $t = 0$  でキャパシタ  $C$  に電荷は蓄えられていない。

- (1)  $t = 0, t_1$  でキャパシタ  $C$  の両端電圧  $v_C(0)$  と  $v_C(t_1)$  を求めよ。
- (2) 上記の回路に示す抵抗  $R$  とキャパシタ  $C$  に流れる電流  $i(t)$ 、キャパシタ  $C$  の両端電圧  $v_C(t)$  を求めよ。
- (3)  $t > 0$  でキャパシタ  $C$  の両端電圧  $v_C(t)$  が 0 になる時間  $t_a$  を求めよ。また、 $v_C(t)$  を解答用紙に下図のように図示せよ。





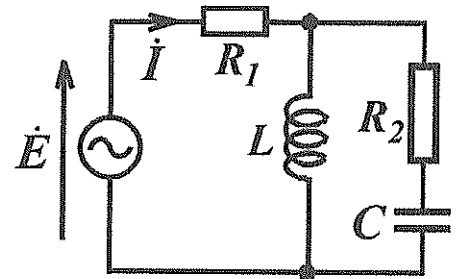
理工学 専攻 電気・電子工学 領域（博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（理工基礎）

試験時間：（ 150 ）分

7

右の直並列回路において、コイル $L$ のリアクタンス $X_L$ とコンデンサ $C$ のリアクタンス $X_C$ が等しいとする。  
ただし、 $X_C$ は正の値と定義し、負号は $X_C$ に含まないものとする。  
また、交流電圧源 $\dot{E}$ を接続し十分に長い時間が経過した後の定常状態を考える。



- (1) 回路右側の並列部分（素子 $L$ 、 $R_2$ 、 $C$ ）のインピーダンスを $\dot{Z}_2$ とする。  
このとき、 $R_2$ と $X_L$ を用いて $\dot{Z}_2$ を表わしなさい。その際、直交形式で $\dot{Z}_2$ を記述すること。  
直交形式とは $\dot{Z}_2 = \square + j\square$ という形式であり、  
 $X_L$ や $R_2$ で構成される単項式或多項式（分数を含む）が、 $\square$ 部分に入るものとする。
- (2) 回路全体の合成インピーダンスを $\dot{Z}$ とする。  
このとき、 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $X_L$ を用いて $\dot{Z}$ を表しなさい。  
ただし、(1)と同様に $\dot{Z}$ を直交形式で記述すること。
- (3) 電流 $\dot{I}$ の位相が、電源電圧 $\dot{E}$ の位相より30度だけ遅れているとする。  
このとき、 $R_2$ と $X_L$ を用いて、 $R_1 = X_L(\sqrt{3} - \square)$ という式により、 $R_1$ を記述すること。  
ただし、 $X_L$ や $R_2$ で構成される単項式或多項式（分数を含む）が、 $\square$ 部分に入るものとする。

工学 専攻 情報学 領域（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：専門科目（情報学基礎）

試験時間：（150）分

### 注意事項

1. 試験問題は10問（1～10）である。この中から5問を選んで解答せよ。  
5問を超えて解答してはならない。
2. それぞれの解答用紙に、1問のみ解答すること。
3. 配布された5枚の解答用紙すべてに受験番号、氏名、問題番号を記入すること。
4. 解答用紙に受験番号、氏名、問題番号の記入がない場合、その解答は無効とする。
5. 解答用紙は記入の有無にかかわらず持ち帰ってはならない。

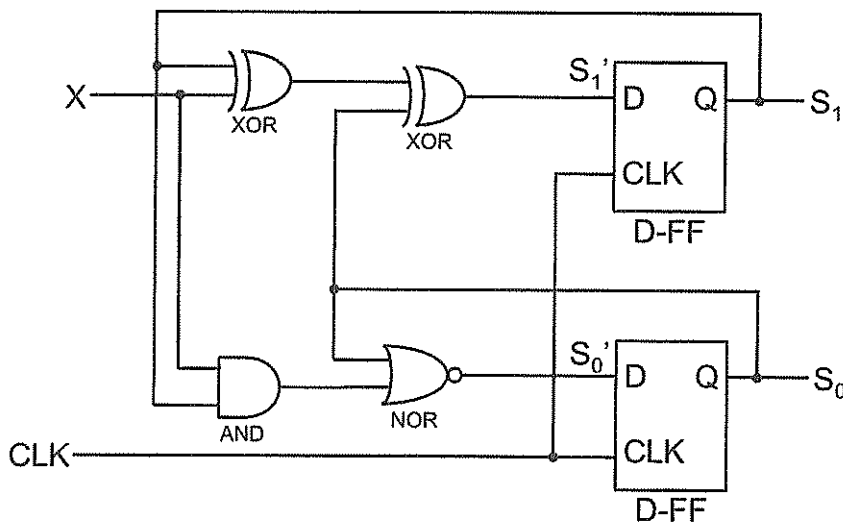
理工学 専攻 情報学 領域 (博士前期/修士・博士後期・前後期共通)

試験科目：専門科目（情報学基礎）

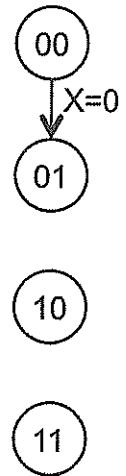
試験時間：（150）分

1

下図の順序回路 A の二つの D-FF は D 型フリップフロップであり、CLK の立ち上がりエッジの時刻にある D 入力の論理（前状態）をセット（保持）し、Q 出力にその論理（次状態）を出力する。また、状態遷移図 B において、(00), (01), (10), (11) は  $(S_1S_0)$  の状態であり、入力 X (1 または 0) は有向枝（矢印）で示されるものとする。次の問いに答えよ。



順序回路A



状態遷移図B

- (1) 順序回路と組み合わせ回路の違いを説明せよ。
- (2) D-FF の動作をタイミングチャートの例を用いるなどして説明せよ。
- (3) コンピュータの中央処理装置（CPU）におけるレジスタについて説明せよ。
- (4)  $S_0'$  と  $S_1'$  の論理式を入力 X と  $S_0$  および  $S_1$  で表現せよ。
- (5)  $S_0'$  と  $S_1'$  の論理式をすべての変数  $\{S_0, S_1, X\}$ （反転を含む）からなる論理積和（標準形）で表現せよ。
- (6) 状態遷移図 B を完成させよ。

理工学 専攻 情報学 領域 (博士前期/修士・博士後期・前後期共通)

試験科目：専門科目（情報学基礎）

試験時間：（150）分

2

以下の設問について答えよ。

- (1) プログラム内蔵方式とは何かを述べよ。また、その効用について述べよ。
- (2) 主記憶装置には、ROMとRAMがある。ROMとRAMのそれぞれについて、性質とどのように使われているかを述べよ。但し、ROMには、Flash ROMを含まないものとする。
- (3) コンピュータにおいて、プログラムとデータとはそれぞれ何かを述べよ。また、プログラムとデータの組み合わせの具体例を挙げよ。
- (4) 文字データの標準化とは何かを述べよ。また、それによって何が良いのかを述べよ。
- (5) I/O bound process と computation bound process のそれぞれについて述べよ。

理工学 専攻 情報学 領域 (博士前期/修士)・博士後期・前後期共通)

試験科目：専門科目（情報学基礎）

試験時間：（150）分

3

コンパイラ形式のプログラムの実行について、以下の問題に答えよ。整数型は 8bit の固定小数点形式とする。また、文字コードは、下記の JIS コード表の通り。

- (1) 下記のプログラムをコンパイルするとき、コンパイラは何を行うかをそれぞれの行について述べよ。
- (2) リンカについて、このプログラムの場合、何行目のどの部分に対し、何を行うのかを述べよ。
- (3) (2) で出力されたプログラムを実行し、次のようにキーボードから入力し Enter キーを押した。

入力内容： Takada, 90

- (a) キーボードから入力したものは、ある 2 進の bit 列になっている。それは、どのような形式かを説明せよ。また、この入力の場合の値を 16 進表記で書け。
- (b) 変数 score に入っている bit 列は、どのような形式か述べよ。また、この入力の場合の値を、2 進表記で書け。
- (c) 変数 name に入っている bit 列は、どのような形式か述べよ。また、この入力の場合の値を 16 進表記で書け。

#### プログラム

```

1:  int score;
2:  char name[10];
3:  scanf("%s, %d", name, &score);
4:  if (score)>=90) {
5:      printf("Grade=A%n");
6:  } else {
7:      printf("Grade=F%n");
8:  }

```

#### JIS コード表

		列(上位4bit)																
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	
行 ( 下 位 4 b i t )	0	<NUL>	<DLE>	<SP>	0	θ	p											
	1	<SOH>	<DC1>	!	1	A	Q	a	q									
	2	<STX>	<DC2>	"	2	B	R	b	r									
	3	<ETX>	<DC3>	#	3	C	S	c	s									
	4	<EOT>	<DC4>	\$	4	D	T	d	t									
	5	<ENQ>	<NAK>	%	5	E	U	e	u									
	6	<ACK>	<SYN>	&	6	F	V	f	v									
	7	<BEL>	<ETB>	'	7	G	W	g	w									
	8	<BS>	<CAN>	(	8	H	X	h	x									
	9	<HT>	<EM>	)	9	I	Y	i	y									
	A	<LF>	<SUM>	*	:	J	Z	j	z									
	B	<VT>	<ESC>	+	;	K	[	k	[									
	C	<FF>	<FS>	.	<	L	\	l	\									
	D	<CR>	<GS>	-	=	M	]	m	]									
	E	<SO>	<RS>	.	>	N	^	n	^									
	F	<SD>	<US>	/	?	O	_	o	_	<DEL>								

理工学 専攻 情報学 領域 (博士前期/修士・博士後期・前後期共通)

試験科目：専門科目（情報学基礎）

試験時間：（150）分

4

次の問に答えなさい。

プログラミング言語にはC言語を用いること。

(1) 次の関数 `std_out()` は、配列 `t[]` に  $n$  個の浮動小数の系列が与えられているとき、例のように配列名、要素番号、及びその値を出力するものである。□内に入れるべき命令文として、(a)for 文、(b)while 文を用いた2通りを示しなさい。命令文の中でスペースは「」で示すこと。

例  $n=3$  のとき

`t[0]= 10.00 t[1]= 20.18 t[2]= 15.09`

※ここで、1個の浮動小数表示に6カラム（変換指定は`%6.2lf`を用いる）、要素間はスペースで区切る。また、最後の要素を表示した後、改行しておくこと。

```
#include <stdio.h>
```

```
void std_out(double t[], int n)
```

```
{ int i;
```

```
□
```

```
}
```

(2) 次のプログラムは、変数  $a$ 、 $b$  に2つの整数、文字型変数  $s$  に演算の種類を示す1文字 '`*`'、'`/`'、'`%`'のいずれかをキーボードから入力し、指定した演算の結果を例のように出力するものである。ただし、'`*`'は2つの整数の積、'`/`'は  $a$  を  $b$  で割る整数除算の商、'`%`'は整数除算の余りを示すものとする。また、 $b$  の値は0でないものとする。

例 `input a s b: 10 * 30` (入力は数値以降の部分)

`10 * 30 = 300` (出力)

但し、 $s$  に '`*`'、'`/`'、'`%`' 以外が入力された場合には、演算結果の部分に?を出力すること。

□内に入れるべき命令文を示せ。

```
#include <stdio.h>
```

```
main()
```

```
{ int a, b, c; char s;
```

```
printf("input a s b: ");
```

```
□
```

```
}
```

理工学 専攻 情報学 領域 (博士前期/修士・博士後期・前後期共通)

試験科目：専門科目（情報学基礎）

試験時間：（150）分

5

素数を使って整数の素因数分解を行うことを考える。ただし、プログラミング言語にはC言語を用いる。

- (1) 次の関数 `p_flag()` は、整数  $i$  ( $2 \leq i \leq n$ ) について、 $i$  が素数であるとき、配列要素 `flag[i]` に 1 を代入し、そうでないとき 0 を代入するプログラムである。素数でないものは、それより小さい素数の整数倍としてふるい落とすことができる。

□内に入れる命令を書け。

```
void p_flag(int flag[], int n)
{ int i, j;
  for (i = 2; i <= n; i++)
    flag[i] = 1;
  □
}
```

- (2) 次のプログラムは、変数  $m$  に 2 以上の整数を読み込み、その素因数を例のように出力するものである。

例 (入力) 132 (出力) 2 2 3 11

入力された  $m$  の値を、小さい素数で順に割っていき、商が 1 になるまで繰り返すものである。

(ア)~(ク)に入れるべき語句、又は命令を書け。但し、 $m \leq 10000$  とする。

```
#include <stdio.h>
main()
{ void p_flag( (ア) );
  int flag[ (イ) ], m, md, i;
  scanf( (ウ) );
  p_flag( (エ) );
  md=m;
  for( i = 2; (オ) ; i++){
    if( (カ) ){
      while( (キ) ){
        printf( (ク) );
        md= (ケ) ;
      }
    }
  }
}
```

理工学 専攻 情報学 領域 (博士前期/修士・博士後期・前後期共通)

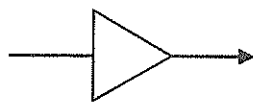
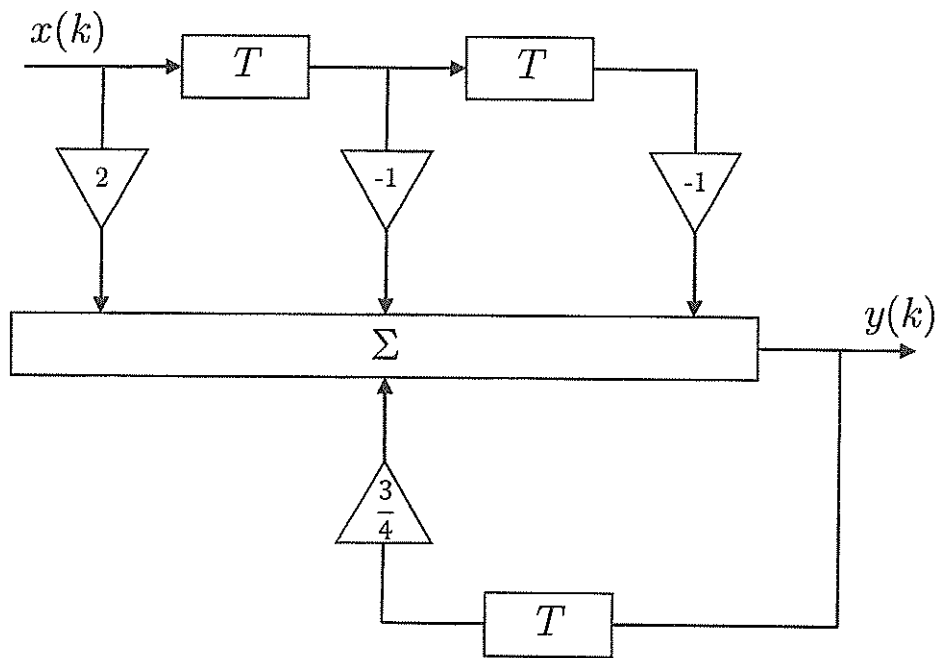
試験科目：専門科目（情報学基礎）

試験時間：（150）分

6

図に示すデジタルフィルタについて、以下の問に答えよ。

- (1) 入力  $x(k)$ 、出力  $y(k)$  の間の関係を差分方程式として表現せよ。
- (2) 伝達関数  $H(z)$  を求めよ。
- (3) 単位インパルス応答の  $z$  変換  $Y(z)$  を求めよ。
- (4) 単位インパルス応答  $y(k)$  を求めよ。
- (5) フィルタの安定性を判別せよ。



重み付け

単位時間遅延素子



理工学 専攻 情報学 領域 (博士前期/修士・博士後期・前後期共通)

試験科目：専門科目（情報学基礎）

試験時間：（150）分

7

- (1)  $f(n)$  と  $g(n)$  を自然数  $n$  から実数への関数とする. すべての  $n$  に対して  $f(n) < c \cdot g(n) + d$  となる定数  $c, d$  が存在するとき  $f(n) = O(g(n))$  であるといい,  $g(n) = \Omega(f(n))$  であるという.

また,  $f(n) = O(g(n))$  かつ  $f(n) = \Omega(g(n))$  のとき,  $f(n) = \Theta(g(n))$  であるという.

以下の(ア)から(オ)がそれぞれ

(あ)  $f(n) = O(g(n))$  であるが  $f(n) = \Omega(g(n))$  でない,

(い)  $f(n) = \Omega(g(n))$  であるが  $f(n) = O(g(n))$  でない,

(う)  $f(n) = \Theta(g(n))$ ,

のいずれに該当するか, 簡単な根拠とともに答えよ.

(ア)  $f(n) = n + 100$ ,  $g(n) = n + 200$

(イ)  $f(n) = n^{1/2}$ ,  $g(n) = n^{2/3}$

(ウ)  $f(n) = \log(2n)$ ,  $g(n) = \log(3n)$

(エ)  $f(n) = n^{1.01}$ ,  $g(n) = n^{(\log n)^2}$

(オ)  $f(n) = n^{1/2}$ ,  $g(n) = 5^{\log_2 n}$

- (2) 単始点最短路問題 (single source shortest path problem) を考える. 以下の問に答えよ.

(ア) 問題の入力 (問題例) として, 頂点集合  $V = \{A, B, C, D, F\}$  と有向枝集合  $E = \{(A, B), (A, C), (A, D), (B, C), (B, F), (C, D), (D, F), (F, C)\}$  からなる有向グラフ  $(V, E)$ , 枝長さ関数  $l: E \rightarrow (\text{自然数})$ , 始点  $A \in V$  が与えられたとする. ただし, 枝長さ関数の値は  $l((A, B)) = 2$ ,  $l((A, C)) = 6$ ,  $l((A, D)) = 7$ ,  $l((B, C)) = 3$ ,  $l((B, F)) = 4$ ,  $l((C, D)) = 1$ ,  $l((D, F)) = 7$ ,  $l((F, C)) = 5$  であるとする. この入力を与えられた場合の最適解を書け.

(イ) 単始点最短路問題の最適解を出力するアルゴリズムの手続きを書け. また, そのアルゴリズムの時間複雑度も書け.

- (3) 以下の(ア), (イ)のうちいずれか1つを選び答えよ.

(ア) 状態の集合  $Q = \{A, B, C\}$ , アルファベットの集合  $\Sigma = \{0, 1\}$ , 状態遷移関数  $\delta: Q \times \Sigma \rightarrow Q$ , 開始状態  $q_0 = A$ , 受理状態  $F = \{C\}$  からなる決定性有限オートマトン  $(Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$  を考える. ただし, 状態遷移関数の値は  $\delta(A, 0) = B$ ,  $\delta(A, 1) = A$ ,  $\delta(B, 0) = B$ ,  $\delta(B, 1) = C$ ,  $\delta(C, 0) = B$ ,  $\delta(C, 1) = A$  である. このオートマトンの状態遷移図を描け, そして, このオートマトンが受理する文字列はどのようなものか説明せよ.

(イ) NP 完全問題とは何かを説明せよ. また, NP 完全問題の例を簡単な説明とともに1つ挙げよ.

工学 専攻 情報学 領域 (博士前期/修士・博士後期・前後期共通)

試験科目：専門科目（情報学基礎）

試験時間：（150）分

8

1. データベース管理システムに必要な4つの基本機能について説明せよ。
2. SQLの副問合せ、相関副問合せとはどのような問合せか説明せよ。
3. データベース設計における関係代数の関係演算のうち、選択、射影についてそれぞれの演算に対応するSQL文の例を一つずつあげて説明せよ。
4. 回転速度が1,500回転/分、平均シーク時間が20ミリ秒、1トラックあたりの記憶容量が20Kバイトである磁気ディスクから、5Kバイトのデータを転送するのに要する時間は何ミリ秒か答えよ。ただし、1Kバイト=1,000バイトとする。
5. デッドロックを防ぐための手法の一つである、トランザクションの時刻印(timestamp)を使う方法について説明せよ。

工学 専攻 情報学 領域 (博士前期/修士)・博士後期・前後期共通)

試験科目：専門科目（情報学基礎）

試験時間：（150）分

9

以下の微分方程式を解け。

(1)  $y' \cos x = y \sin x$

(2)  $x^2 yy' = 2y^3 + 2xy^2 - x^2 y$

(3)  $yy' - y^2 - ye^x \sin x = 0$

(4)  $y' + y - y^2 \sin x = 0$

理工学 専攻 情報学 領域 (博士前期/修士・博士後期・前後期共通)

試験科目：専門科目（情報学基礎）

試験時間：（150）分

10

ある機械は状態1, 状態2, 状態3のいずれかの状態をとる.

状態1のときにボタンを押すと, 等しい確率で状態1, 状態2, 状態3のいずれかの状態になる.

状態2のときにボタンを押すと, 等しい確率で状態1, 状態3のいずれかの状態になる.

状態3のときにボタンを押すと, 等しい確率で, 状態1, 状態2のいずれかの状態になる.

以下の問いに答えよ.

(1)  $p_{ij}$  を「ボタンを押したときに状態  $i$  から状態  $j$  になる確率」とする.

$i$  行  $j$  列の要素を  $p_{ij}$  とする行列  $P$  を求めよ.

(2) 行列  $P$  の固有値と対応する固有ベクトルを求めよ.

(3) 初めに機械は状態3であったとする.  $k$  回ボタンを押した後にそれぞれの状態である確率を求めよ. ただしここで  $k$  は自然数とする.

(4) (現実には不可能だが) ボタンを無限回押した後で, それぞれの状態である確率を求めよ.

(5) 行列  $X$  を  $n$  行  $n$  列の行列とし, その  $i$  行  $j$  列の要素を  $x_{ij}$  で表すことにする. 行列  $X$  は, そのすべての要素が0以上1以下 (すなわち  $\forall i \in \{1, \dots, n\}, \forall j \in \{1, \dots, n\}, 0 \leq x_{ij} \leq 1$ ) であり, どの行に

関しても行和が1 (すなわち  $\forall i \in \{1, \dots, n\}, \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1$ ) になっているとき確率行列とよばれる.

行列  $X$  が確率行列であるとき,  $X^k$  もまた確率行列であることを証明せよ. ただしここで  $k$  は自然数とする.

地球環境学専攻

領域（博士前期 / 修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：第 外国語（ ） / 専門科目（小論文）

試験時間：（120）分

問題1～問題5の中から3問選んで回答しなさい。ただし、問題1は必ず回答すること。また、回答はそれぞれ別の回答用紙に問題番号を明記して記入すること。

問題1. Please translate into Japanese the following "Environmental Concerns".

**Environmental Concerns**

From water pollution to global warming, environmental issues affect every person, animal, community, and nation on the planet. As increasing evidence supports the devastating effect humans have on the environment, more people are taking steps to protect the environment and educate others about environmental problems by looking at the top 30 environmental concerns.

**Top 5 Public Concerns**

According to a series of Gallup polls conducted between 1997 and 2008, Americans are most concerned about the following five environmental issues:

- 1. Contamination of Drinking Water:** Contamination of fresh water used for household needs, including pollution of oceans, rivers, lakes, and reservoirs, ranks top on the list of environmental concerns for many Americans. More than half of respondents stated they worry about the safety of their drinking water a great deal.
- 2. Water Pollution:** General worry over water pollution and associated environmental issues greatly concerns half of all Americans who participated in the 2008 poll. Related issues include acid rain, ocean dumping, urban runoff, oil spills, ocean acidification, and wastewater.
- 3. Soil Contamination:** Soil erosion, soil conservation, soil salination, and soil contamination by waste, pesticides, and lead worries 50 percent of Americans.
- 4. Wildlife Conservation:** More than 40 percent of Americans expressed concern about wildlife conservation and associated environmental issues, such as endangered species, animal and plant extinction, coral bleaching, introduction of invasive species, poaching, and loss of natural animal habitats resulting in relocation and a break in the food chain.
- 5. Air pollution:** Concerns over air pollution have remained steady over the last decade, with more than 40 percent of Americans worried about indoor and outdoor air quality, carbon emissions, tropospheric ozone, particulate matter, sulfur oxides, volatile organic compounds, radon, refrigerants, and methane emissions.

Excerpt from, [http://greenliving.lovetoknow.com/Top\\_30\\_Environmental\\_Concerns](http://greenliving.lovetoknow.com/Top_30_Environmental_Concerns)

問題2. 昨年以来、自動車会社による自動車の排気ガスや燃費の測定データに関する報告の偽装が各国で相次いで明らかになった。以下の諸点についてのあなたの考えを述べなさい。

- 1) このような問題が発生した背景・理由
- 2) こうした問題の発生を防止するための対策

問題 3. 企業が環境保全活動に取り組むことによって、その企業に生じると考えられるメリットを 5 点以上述べなさい。

問題4. 淡水は、地球上に存在する水のうち3%しかない貴重な資源であるが、不適切な水資源管理が河川流域の生態系に様々な悪影響を及ぼしている。このことについて、あなたの知っている事例を挙げながら、説明しなさい。



問題5. パーム油 (Palm Oil)に関する以下の質問に答えなさい。

- 1) 私たちの日常の生活において、パーム油が使用されている製品を3つ挙げなさい。
- 2) アブラヤシのプランテーションによるパーム油の生産が、環境・社会面に及ぼしている問題について、具体的に説明しなさい。
- 3) これらの問題に対応するために、企業等が行っている取り組みについて説明しなさい。