２０１６年度大学院入試問題（２０１５年　９月　１６日実施）

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

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。

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．　通常の英和・和英辞書を用いてもよい（電子辞書は使用不可）。

２０１６年度大学院入試問題（２０１５年　９月　１６日実施）

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。

After centuries of consuming fossil fuels, people are now facing problems, although some controversies over the causes exist. First, some predict that reserves of petroleum will last for only 40 years and natural gases for only 60 years. Such a time span seems long for people who are over 40 years old but could become a serious issue for young people. The second problem is global warming due to the emission of greenhouse gases such as carbon dioxide. According to a recent report from NASA, global temperature has obviously been increasing since 1980. The significant increase of global temperature has caused the disappearance of glaciers in many areas, such as North America, South America, Africa, Europe, and Asia. Global warming has led to dramatic changes in weather. The global change in weather cannot be experimentally verified in the laboratory but the coincidence between the temperature rose in the recent decade and recently detrimental weather should alert us to make efforts to reduce global warming. Therefore, replacing fossil fuels with other energy resources that do not emit greenhouse gases should be considered seriously.

Nuclear power had been thought of as a good alternative to replace fossil fuels. For example, Japan has 54 nuclear power plants that generate 30% of its electricity. In the beginning of the 2011, Japan planned to build another 14 nuclear power plants by 2030 and hoped to have 50% of its electricity generated by nuclear power. Nevertheless, the earthquake on March 11, 2011 induced a giant tsunami that destroyed the Fukushima nuclear power reactors. This disaster made Japan abandon its plans and stopped the operation of the other nuclear power plants. Other countries also reconsidered their plans to build new nuclear power plants and have given more thought to renewable energies that are more environmentally friendly. The renewable energies include solar, hydropower, ocean wave, tide, biomass, wind, and geothermal energies.

Ching-Fuh Lin, “Why Solar Energy” in Organic, Inorganic, and Hybrid Solar Cells.

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。

日本の若手研究者

2013 年 5 月、第 12 回国際バイオテクノロジー展／技術会議（BIO tech 2013）が東京で開催される。日本は、このアジア最大のバイオテクノロジー展示会の開催地にふさわしく、生物学とテクノロジー双方の分野に長年強みを持ってきた。しかし、長期的観点から日本の科学技術を見据えるなら、今後、日本は前途有望な若手科学者に対し、リスクテーキングと自立を促すことに、より大きな重点を置く必要があるだろう。現在、日本で若手の科学研究者が、学術機関で自らの研究グループを率いるポジションまで到達するには、競争の激しい国際舞台で科学的経験を積み、幅広いアイデアとスキルを身につけるとともに、国際的な人脈を構築する必要がある。彼ら若手科学者がこのキャリアを実現するには、キャリアパスにおいて、多くの場合、大学院留学やポスドク留学といった思い切った行動を取る必要がある。

Science Magazine 10.1126/science.1239057

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１つを選んで和訳せよ。

A.

Internet of Things for Smart Cities

The Internet of Things (IoT) is a recent communication paradigm that envisions a near future, in which the objects of everyday life will be equipped with microcontrollers, transceivers for digital communication, and suitable protocol stacks that will make them able to communicate with one another and with the users, becoming an integral part of the Internet. The IoT concept, hence, aims at making the Internet even more immersive and pervasive. Furthermore, by enabling easy access and interaction with a wide variety of devices such as, for instance, home appliances, surveillance cameras, monitoring sensors, actuators, displays, vehicles, and so on, the IoT will foster the development of a number of applications that make use of the potentially enormous amount and variety of data generated by such objects to provide new services to citizens, companies, and public administrations. This paradigm indeed finds application in many different domains, such as home automation, industrial automation, medical aids, mobile healthcare, elderly assistance, intelligent energy management and smart grids, automotive, traffic management, and many others.

Source: Zanella, A. et al. Internet of things for smart cities. *Internet of Things Journal, IEEE*, 2014, 1.1: 22-32.

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.

The informal notion of force as a push or pull is a surprisingly good starting point for our discussion of forces. We are certainly conscious of the forces that we exert ourselves. When I hold up a sack of cement, I am very aware that I am exerting an upward force on the sack; when I push a heavy crate across a rough floor, I am aware of the horizontal force that I have to exert in the direction of motion. Forces exerted by inanimate objects are a little harder to pin down, and we must, in fact, understand something of Newton's laws to identify such forces. If I let go of the sack of cement, it accelerates toward the ground; therefore, I conclude that there must be another force — the sack's weight, the gravitational force of the earth — pulling it downward. As I push the crate across the floor, I observe that it does not accelerate, and I conclude that there must be another force — friction — pushing the crate in the opposite direction. One of the most important skills for the student of elementary mechanics is to learn to examine an object's environment and identify all the forces on the object: What are the things touching the object and possibly exerting contact forces, such as friction or air pressure? And what are the nearby objects possibly exerting action-at-a-distance forces, such as the gravitational pull of the earth or the electrostatic force of some charged body? If we know how to identify forces, it remains to decide how to measure them. As the unit of force we naturally adopt the newton (abbreviated as N) defined as the magnitude of any single force that accelerates a standard kilogram mass with an acceleration of 1 m/s^2.

From John Taylor, "Classical Mechanics" University Science Books (2004).

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.

Polymers have existed in natural from since life began, and those such as DNA, RNA, proteins and polysaccharides play crucial roles in plant and animal life. From the earliest times, man has exploited naturally-occurring polymers as materials for clothing, decoration, shelter, tools, weapons, writing materials and other requirements. However, the origins of today's polymer industry commonly are accepted as being in the nineteenth century when important discoveries were made concerning the modification of certain natural polymers.

Although the polymer industry was now firmly established, its growth was restricted by the considerable lack of understanding of the nature of polymers. For over a century, scientists had been reporting the unusual properties of the nature of polymers, and by 1920, the common belief was that they considered of physically-associated aggregates of small molecules. Few scientists gave credence to the viewpoint so passionately believed by Hermann Staudinger, that polymers were composed of very large molecules containing long sequences of simple chemical units linked together by covalent bonds. Staudinger introduced the word "macromolecule" to describe polymers, and during the 1920s, vigorously set about proving his hypothesis to be correct. Staudinger's hypothesis was further substantiated by the crystallographic studies of natural polymers reported by Herman Mark and Kurt Meyer, and by the classic work of Wallace Carothers on the preparation of polyamides and polyesters.

Macromolecules are formed by linking together monomer molecules through chemical reactions, the process by which this is achieved being known as *polymerization*. For example, polymerization of ethylene yields polyethylene, a typical sample of which may contain molecules with 50,000 carbon atoms linked together in a chain. It is this long chain nature which sets polymers apart from other materials and gives rise to their characteristic properties.

By Robert J. Yong and Peter A. Lovell, "Introduction to Polymers"

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.

Physics and Information Technology

Information technology, IT, which comprises electronic computer technology and telecommunications technology, has in a few decades changed our society radically. Behind this development lies a very advanced scientific and technical development originating largely from fundamental scientific inventions in physics.

The rapid development of electronic computer technology really started with the invention of the integrated circuit around 1960 and the microprocessor in the 1970s, when the number of components on a chip became sufficiently large to allow the creation of a complete microcomputer. The rapid increase in the number of components was formulated as a prediction in "Moore's law": the number of components on a chip will double every eighteen months. This has happened since the 1960s and today there are chips with millions of separate components, at prices that are largely unchanged.

Chip development has been matched by equally dynamic and powerful developments in telecommunications technology. Just as the integrated circuit has been and is a prime mover for electronic computer technology, ultra-rapid transistors and semiconductor lasers based on heterostructures of semiconductors are playing a decisive part in modern telecommunications.

Nobel Prize in Physics 2000
http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2000/popular.html

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.

Knocking out a gene in an organism and studying the consequences is perhaps the most powerful approach for understanding the function of a gene, but there is a much faster and easier way to inactivate genes in cells and organisms. Called RNA interference (RNAi), this method exploits a natural mechanism used in a wide variety of plants and animals to regulate selected genes and to destroy 'foreign' RNA molecules. The technique relies on introducing into a cell or organism a double-stranded RNA molecule whose nucleotide sequence matches that of the gene to be inactivated. This double-stranded RNA is recognized as being foreign, and the cell is tricked into degrading not only it but also the mRNA whose sequence it matches. Small fragments of these degraded RNAs are subsequently used by the cell to produce more double-stranded RNA that directs the continued elimination of the target mRNA. Because these short RNA fragments can be passed on to progeny cells, RNAi can cause heritable changes in gene expression.

Excerpted from "Essential Cell Biology 3rd Edition" Garland Science, 2009

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（$\boxed{1}$ ～ $\boxed{6}$）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 f を $(0,\infty)=\{x\in\mathbb{R}\mid x>0\}$ 上で定義された連続関数とする。

(1) 広義積分

$$\int_1^\infty f(x)dx,\qquad \int_0^1 f(x)dx$$

が存在することの定義を述べよ。

(2) g も $(0,\infty)$ 上で定義された連続関数で, $x\geq 1$ のとき $0\leq g(x)\leq f(x)$ が成り立っているとする。このとき広義積分

$$\int_1^\infty f(x)dx$$

が存在するなら, 広義積分

$$\int_1^\infty g(x)dx$$

も存在することを示せ。

(3)

$$f_1(x)=\frac{1}{x^3+x},\qquad f_2(x)=\frac{1}{\sqrt{x^2+x}},\qquad f_3(x)=\frac{1}{\sqrt{x+\sqrt{x}}}$$

のそれぞれに対し, 広義積分

$$\int_1^\infty f_j(x)dx,\qquad \int_0^1 f_j(x)dx,\qquad j=1,2,3$$

が存在するか否かを, 理由と共に述べよ。

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) 行列

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & -2 \\ -6 & 1 & -3 & 0 & 9 & -4 \\ 2 & 0 & 1 & 0 & -3 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & -6 & 6 \end{pmatrix}$$

によって定まる線型写像 $T : \mathbb{R}^6 \longrightarrow \mathbb{R}^4$ を考える。

(i) T の核 $\mathrm{Ker}T$ と, その基底 (の一組) とを求めよ。

(ii) Gram-Schmidt のアルゴリズムを上で求めた基底に適用して, $\mathrm{Ker}T$ の正規直交基底を求めよ。

(2) 行列

$$A = \begin{pmatrix} -\frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix}$$

によって定まる $\mathbb{R}^2$ 上の線型変換を T とする。

(i) この変換 T を図形的に述べよ。

(ii) T の固有値を (もしあれば) 求めよ。また, この結果を図形的に説明せよ。

(iii) A^{2016} を求めよ。

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

3 (1) 集合 A から集合 B への写像 $f : A \longrightarrow B$ について, 次のことの定義を, $\forall, \exists$ などの論理記号を適切に用いて記せ。

(i) f が単射であること

(ii) f が全射であること

(2) 「集合 A から集合 B への写像 $f : A \longrightarrow B$ が全射でない」ということを, $\forall, \exists$ などの論理記号を適切に用いて記せ。

(3) 集合 A から集合 B への写像全体のなす集合を $\mathrm{Map}(A, B)$ と書く。

X を集合とする。$f \in \mathrm{Map}(A, B)$ に対し, “f で引き戻す” ことにより, 写像

$$\begin{aligned} f^* : \mathrm{Map}(B, X) &\longrightarrow \mathrm{Map}(A, X) \\ \varphi &\longmapsto \varphi \circ f \end{aligned}$$

を定める。f が全射のとき, f^* が単射であることを示せ。

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

4

(1) 実数値関数 $f(x)$ に関する次の定義1と定義2について，両者の違いがわかるように定義をそれぞれ記述せよ。

定義 1 $f(x)$ は区間 I ($\subset \mathbb{R}$) 上で連続である。

定義 2 $f(x)$ は区間 I ($\subset \mathbb{R}$) 上で一様連続である。

(2) $I = (0, \infty)$ を定義域とする関数 $f(x) = \dfrac{1}{x}$ は，I 上で連続であるが一様連続でないことを示せ。

(3) $f(x)$ を 閉区間 $I = [a, b]$ ($\subset \mathbb{R}$) 上で連続な関数とする。I 上で定義される関数 $F(x)$ を

$$F(x) = \int_a^x f(t)\,dt, \quad x \in I$$

で定めるとき，$F(x)$ は I 上で一様連続であることを示せ。

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 n を 2 以上の自然数とし, $n\mathbb{Z}$ を n で生成される整数環 $\mathbb{Z}$ のイデアルとする。剰余環 $\mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$ の元 $a + n\mathbb{Z}$ を $[a]$ と表すことにする。

(1) a と n が互いに素であるとき,

$$[a][x] = [1]$$

を満たす $[x] \in \mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$ が唯一つ存在することを示せ。

(2) n が素数 p のとき, $[a] \in \mathbb{Z}/p\mathbb{Z}$ に対して

$$[a]^p = [a]$$

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

6 (1) 位相空間 $(X, \mathcal{O}_X)$ から位相空間 $(Y, \mathcal{O}_Y)$ への写像 $f : X \longrightarrow Y$ が連続写像であることの定義を述べよ。

(2) 3 つの元からなる集合 $X = \{1, 2, 3\}$ と X の部分集合族

$$\mathcal{O}_X = \{\emptyset, X, \{1\}, \{1, 2\}, \{1, 3\}\}$$

について, 次の問いに答えよ。

(i) 対 $(X, \mathcal{O}_X)$ が位相空間であること, つまり, 集合族 $\mathcal{O}_X$ が X の位相であることを証明せよ。

以降, 閉区間 $[0, 1] = \{x \in \mathbb{R} \mid 0 \leq x \leq 1\}$ をユークリッド空間 $\mathbb{R}$ の部分位相空間とする。

(ii) a を X の元とし, 写像 $f_{1,a} : [0, 1] \longrightarrow X$ を

$$f_{1,a}(x) = \begin{cases} 1 & (x \in [0, 1)) \\ a & (x = 1) \end{cases}$$

で定める。$f_{1,a}$ が連続写像であることを証明せよ。

(iii) 位相空間 $(M, \mathcal{O}_M)$ が弧状連結であるとは,

「任意の $a, b \in M$ に対し, $f(0) = a$ かつ $f(1) = b$
なる連続写像 $f : [0, 1] \longrightarrow M$ が存在する」

ときをいう。位相空間 $(X, \mathcal{O}_X)$ が弧状連結であることを証明せよ。

２０１６年度大学院入試問題（２０１５年　９月　１６日実施）

理工学　専攻　物理学　領域（ 博士前期/修士 ）

試験科目：専門科目　（　理工基礎（物理学基礎）　）

試験時間：（　150　）分

注意

1．試験問題は８問（$\boxed{1}$～$\boxed{8}$）である。５問を選択して解答すること。

2．受験番号、氏名、および選択した問題番号を記入した解答用紙を提出すること。解答は、それぞれの解答用紙に、１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　物理学　領域（ 博士前期/修士 ）

試験科目：専門科目　（　理工基礎（物理学基礎）　）

試験時間：（　150　）分

$\boxed{1}$

1. 行列 $A = \begin{pmatrix} 3 & -6 & -2 \\ 1 & -2 & -1 \\ -2 & 6 & 3 \end{pmatrix}$ に対して次の問いに答えよ。

(1) A の固有値および固有ベクトルを求めよ。

(2) A を対角化する直交行列 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 n 次 $(n \geq 3)$ の行列 B の行列式の値を求めよ。
（行列 B の１行 n 列の成分が１，対角線の i 行 i 列 $(1 \leq i \leq n)$ 成分およびその直下の $i+1$ 行 i 列成分 $(1 \leq i \leq n-1)$ が１，他の成分は０）

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & 1 \\ 1 & 1 & \ddots & & \vdots & 0 \\ 0 & 1 & \ddots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \ddots & 1 & 0 \\ 0 & \cdots & \cdots & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

理工学　専攻　物理学　領域（博士前期/修士）

試験科目：専門科目　（　理工基礎（物理学基礎）　）

試験時間：（　150　）分

2　以下の微分方程式について問題に答えよ。ただし，γ, ω_0, f_0 は正の実数である。

$$\frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}t^2}y(t) + \gamma\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}y(t) + {\omega_0}^2 y(t) = f_0 \exp[\mathrm{i}\omega t] \tag{1}$$

1. $f_0 = 0, \gamma = 0$ のもとで, この微分方程式の解は以下に示される。

$$y(t) = y_0\{A_+ \exp[\mathrm{i}\omega_0 t] + A_- \exp[-\mathrm{i}\omega_0 t]\} \tag{2}$$

ただし, y_0 と $A_\pm$ は定数であり，$A_+ + A_- = 1$ である。式 (2) が微分方程式 (1) を満たすことを, 実際に代入して確認せよ。

2. $f_0 = 0, \gamma = 0$ のもとでの解が式 (2) で示されることを，演算子法を使って微分方程式を解く事によって示せ。解答での演算子は，$D \equiv \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}$ を用いよ。

3. $f_0 \neq 0, \gamma \neq 0$ のもとでの解を考える。この時の解は，時間に依存しない項 $y_0(\omega)$ を用いて，

$$y(t) = y_0(\omega)\exp[\mathrm{i}\omega t] \tag{3}$$

と書けることが期待される。式 (3) を式 (1) に代入して，$y_0(\omega)$ の実部 $\mathrm{Re}[y_0(\omega)]$ と虚部 $\mathrm{Im}[y_0(\omega)]$ を求めよ。

4. $\gamma \ll \omega$ のもとで，$\mathrm{Im}[y_0(\omega)]$ は $\omega = \omega_0$ の周辺でしか有限の値を持たない。この時に $\mathrm{Im}[y_0(\omega)]$ は，

$$\mathrm{Im}[y_0(\omega)] \approx k^2 z(\omega) = \frac{k^2\left(\frac{\gamma}{2}\right)}{(\omega-\omega_0)^2 + \left(\frac{\gamma}{2}\right)^2} \tag{4}$$

と，Lorentz 曲線 $z(\omega)$ を用いて示される。この時の k^2 を求めよ。解答には γ, ω_0, f_0 のうち，適切なものを組み合わせよ。

理工学　専攻　物理学　領域（博士前期/修士）

試験科目：専門科目　（　理工基礎（物理学基礎）　）

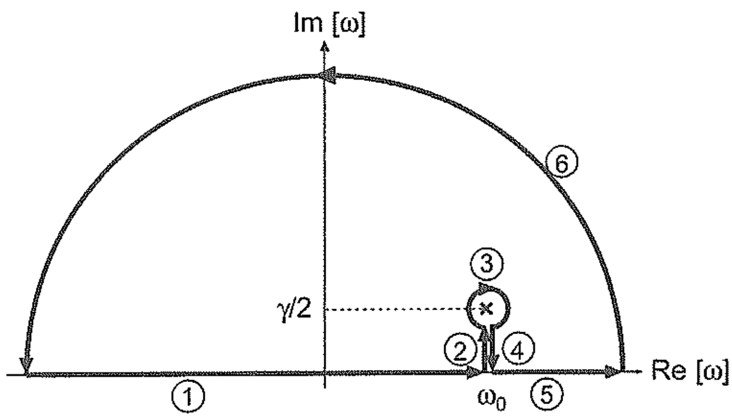
試験時間：（　150　）分

5. 下図に示した積分経路を参考に，留数定理を用いて，

$$\int_{-\infty}^{\infty} \mathrm{d}\omega z(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \mathrm{d}\omega \frac{k^2\left(\frac{\gamma}{2}\right)}{(\omega-\omega_0)^2+\left(\frac{\gamma}{2}\right)^2} \tag{5}$$

を求めたい。そこで「被積分関数の発散する点」と「そこでの極の次数」を指摘し，「積分経路の中で打ち消しあう部分」を明示した後に，積分値を求めよ。ローラン展開の具体的な形を書く必要はない。

積分経路。①～⑥の順に積分を行うと良い。



理工学　専攻　物理学　領域（ 博士前期/修士 ）

試験科目：専門科目　（　理工基礎（物理学基礎）　）

試験時間：（　150　）分

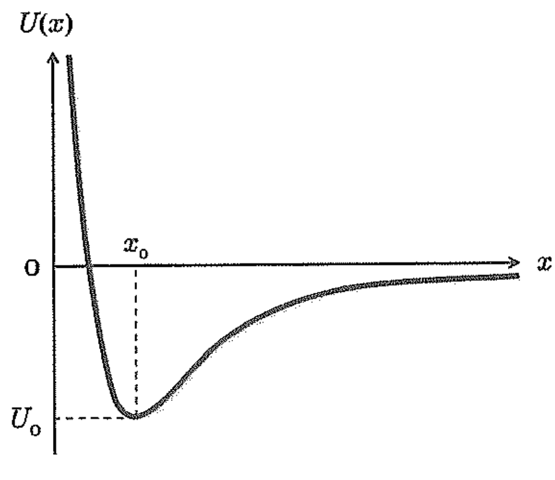
3　レナード・ジョーンズ ポテンシャルとは，２つの原子間の相互作用ポテンシャルエネルギーを表す経験的なモデルである。簡単のために，図のように１つめの原子が x 軸上の原点にあり，もう１つの原子が正の x 軸上で以下のようなポテンシャル

$$U(x) = \frac{a}{x^2} - \frac{b}{x} \quad (a, b > 0)$$

の力を受け，力学的エネルギー E で運動することを考える。すなわち，x は２つの原子間の距離である。ここで，原子を質量 m の質点と考える。このとき，以下の問いに答えよ。

1. ポテンシャルエネルギーの極小点 x_0 とその時のエネルギー U_0 を求めよ。
2. 極小点 x_0 付近の微小振動の周期を求めよ。
3. 運動が振動となるための E の範囲を求めよ。
4. 運動が振動となるときの x 方向の振動の範囲を求めよ。
5. 運動が振動となるときの振動の周期を求めよ。必要があれば，以下の積分の式を用いてよい。

$$\int \frac{x}{\sqrt{(a-x)(x-b)}} dx = -\sqrt{(a-x)(x-b)} + \frac{a+b}{2} \sin^{-1}\left(\frac{2x-(a+b)}{a-b}\right)$$



理工学　専攻　物理学　領域（博士前期/修士）

試験科目：専門科目（理工基礎（物理学基礎））

試験時間：（150）分

$\boxed{4}$ 真空中のマクスウェル方程式は

$$\nabla\cdot\boldsymbol{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \qquad (1)$$

$$\nabla\cdot\boldsymbol{B} = 0 \qquad (2)$$

$$\nabla\times\boldsymbol{E} = -\frac{\partial\boldsymbol{B}}{\partial t} \qquad (3)$$

$$\nabla\times\boldsymbol{B} = \mu_0\boldsymbol{J} + \varepsilon_0\mu_0\frac{\partial\boldsymbol{E}}{\partial t} \qquad (4)$$

で与えられる。ここで $\boldsymbol{E}$ と $\boldsymbol{B}$ は電場と磁場，ρ と $\boldsymbol{J}$ は電荷密度と電流密度，ε_0 と μ_0 は真空の誘電率と透磁率をそれぞれ表す。必要があれば，任意のベクトル場 $\boldsymbol{A}(\boldsymbol{x},t)$ に対する公式

$$\nabla\cdot(\nabla\times\boldsymbol{A}) = 0$$

$$\nabla\times(\nabla\times\boldsymbol{A}) = \nabla(\nabla\cdot\boldsymbol{A}) - \nabla^2\boldsymbol{A}$$

$$\iiint\nabla\cdot\boldsymbol{A}dV = \iint\boldsymbol{A}\cdot d\boldsymbol{S}$$

$$\iint\nabla\times\boldsymbol{A}\cdot d\boldsymbol{S} = \oint\boldsymbol{A}\cdot d\boldsymbol{r}$$

を用いて良い。

1. 式 (1)〜(4) の法則名や物理的意味などをそれぞれ簡単に説明せよ。

面積 S, 距離 d だけ離れた２枚の金属円板からなる平行板コンデンサーに交流電圧 $V(t) = V_0\sin\omega t$ をかける。金属円板の面積は十分大きく端における電場の乱れは無視する。

2. コンデンサーの電気容量を求めよ。

3. コンデンサーに蓄えられる電荷を時間の関数として求めよ。

4. コンデンサーの極板間に生じる電場を時間の関数として求めよ。

5. コンデンサーの円板の中心軸から距離 R 離れた場所における磁場の大きさを時間の関数として求めよ。ただし，R は円板の半径よりも小さいとする。

（次ページに続く）

理工学　専攻　物理学　領域（博士前期/修士）

試験科目：専門科目　（　理工基礎（物理学基礎）　）

試験時間：（　150　）分

以下では，マクスウェルの方程式の帰結として電磁波が現れることを確かめる。

6. 式 (4) の発散を計算することで，電荷保存則を導け。

7. 式 (3) の回転を計算することで，電場に対する波動方程式を導け。

8. 同様に，磁場に対する波動方程式を導け。

理工学　専攻　物理学　領域（博士前期/修士）

試験科目：専門科目　（　理工基礎（物理学基礎）　）

試験時間：（　150　）分

5

正三角形上に配置した三つの $S=\frac{1}{2}$ のスピン $\overrightarrow{S_1}, \overrightarrow{S_2}, \overrightarrow{S_3}$ がある。スピンの位置は固定され，方向のみが変化する。ハミルトニアンは $\mathscr{H} = J\overrightarrow{S_1}\cdot\overrightarrow{S_2} + J\overrightarrow{S_2}\cdot\overrightarrow{S_3} + J\overrightarrow{S_3}\cdot\overrightarrow{S_1}$ で与えられるとし，J は正の定数である。

ここで三つのスピンのz成分がそれぞれ m_1, m_2, m_3 である状態を，ケット $|m_1\, m_2\, m_3\rangle$ で表す。例えば $\left|\frac{1}{2}\frac{1}{2}\frac{1}{2}\right\rangle$ は三つのスピンの z 成分が全て $\frac{1}{2}$ の状態である。必要に応じて，昇降演算子 $S_j^{\pm} = S_{jx} \pm iS_{jy}$ $(j=1,2,3)$ の性質として，$S_j^{\pm}\left|\mp\frac{1}{2}\right\rangle = \left|\pm\frac{1}{2}\right\rangle$, $S_j^{\pm}\left|\pm\frac{1}{2}\right\rangle = 0$　（復号同順）などを使ってよく，またスピン演算子 $S_j^{\pm}$ や S_{jz} が $|m_1\, m_2\, m_3\rangle$ に作用する際は，m_j にのみ働くものとする。

1. $\overrightarrow{S_1}\cdot\overrightarrow{S_2} = \dfrac{S_1^{+}S_2^{-} + S_1^{-}S_2^{+}}{2} + S_{1z}S_{2z}$ であることを示せ。

2. $\left(S_1^{+}S_2^{-} + S_1^{-}S_2^{+}\right)\left|\frac{1}{2}\frac{1}{2}\frac{1}{2}\right\rangle = 0$ を示せ。

3. $\left|\frac{1}{2}\frac{1}{2}\frac{1}{2}\right\rangle$ が $\mathscr{H}$ の固有状態であるかどうかを調べ，固有状態であるならばエネルギーの固有値を，固有状態でないならばエネルギーの平均値を求めよ。

4. $\left|\frac{1}{2},-\frac{1}{2},\frac{1}{2}\right\rangle - \left|-\frac{1}{2},\frac{1}{2},\frac{1}{2}\right\rangle$ が $\mathscr{H}$ の固有状態であることを示し，エネルギー固有値を求めよ。また，m_3 を反転させた $\left|\frac{1}{2},-\frac{1}{2},-\frac{1}{2}\right\rangle - \left|-\frac{1}{2},\frac{1}{2},-\frac{1}{2}\right\rangle$ のエネルギー固有値も同じであることを示せ。

5. 系の対称性を考慮して，全ての固有状態を列挙せよ。

理工学　専攻　物理学　領域（博士前期/修士）

試験科目：専門科目　（　理工基礎（物理学基礎）　）

試験時間：（　150　）分

6　磁気モーメントμのミクロな磁石が磁束密度Bの磁場中におかれている。このときの磁化の大きさを求める。ボルツマン定数はk_B，温度はT，$\beta = \dfrac{1}{k_\mathrm{B}T}$とする。

はじめに古典的な場合を考える。磁場の方向をz方向とし，磁気モーメントがz軸となす角度（極角）はθ，x-y面に射影した角度（方位角）はϕである。このとき，磁気モーメントのエネルギー$E(\theta,\phi)$は

$$E(\theta,\phi) = -\mu B\cos\theta$$

となる。

1. 一つあたりの磁気モーメントの分配関数$z_{古典}$は，

$$z_{古典} = c\int_0^{\pi}\sin\theta\mathrm{d}\theta\int_0^{2\pi}\exp(-\beta E(\theta,\phi))\mathrm{d}\phi$$

で与えられる。cは磁場に依らない係数である。$z_{古典}$を求めよ。

2. 一つの磁気モーメント当たりの自由エネルギー$f_{古典}$は$-k_\mathrm{B}T\log z_{古典}$で与えられる。これよりの磁気モーメントの平均値$m_{古典}$は，

$$m_{古典} = -\frac{\partial f_{古典}}{\partial B}$$

となる。$m_{古典}$を求めよ。

3. $m_{古典}/\mu$を，$\beta\mu B$の関数として図示せよ。

次にエネルギーが量子化され，磁気モーメントと磁場が平行な場合のエネルギーが$-\mu B$，反平行な場合のエネルギーが$+\mu B$のみの値を取る場合を考える。

4. 一つの磁気モーメントあたりの分配関数$z_{量子}$を求めよ。

5. 古典の場合と同様に磁気モーメントの平均値$m_{量子}$を求めよ。

6. 帯磁率χは，$\dfrac{\partial m_{量子}}{\partial B}$で求められる。$\beta\mu B \ll 1$での帯磁率を求めよ。

理工学　専攻　物理学　領域（博士前期/修士）

試験科目：専門科目　（　理工基礎（物理学基礎）　）

試験時間：（　150　）分

7　図1のような1重結合と2重結合が交互に並んだ構造をもつ共役系分子において，22個のπ電子が局在せず比較的自由に運動している。今，この共役系炭素骨格をx軸方向に一直線に伸ばして1次元で近似すると，両端には無限に高いポテンシャル障壁があるとみなすことができ，幅がaの1次元井戸型ポテンシャルとして扱うことができる。図1において，$0 \le x \le a$における1次元井戸型ポテンシャルの時間に依存しないシュレーディンガー方程式は，波動関数を$\psi(x)$として以下のように書ける。

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\psi(x)}{dx^2} = E\psi(x) \tag{1}$$

ここで，mは電子の質量，$\hbar = \dfrac{h}{2\pi}$は換算されたプランク定数である。ただし，電子と電子の反発力は無視する。

1. 波動関数を$\psi(x) = A\sin(Bx)$と置くことで，定数AとBを井戸の幅a, 正の整数nを用いて求めよ。ただし，$A > 0$とする。

2. 系のエネルギーEを$m, a, n, \hbar$で表せ。

3. 分子内22個のπ電子をエネルギーの低いほうから順に各軌道に配置した場合，電子が配置される最外殻軌道の整数nはいくらか。

次に，図2のように，小問3で求めたn準位までπ電子の詰まった共役系分子に波長λの電磁波を照射し，最外殻の電子1個を最低励起状態である$(n+1)$準位へ励起することを考える。

4. 入射した電磁波のエネルギーを，$\lambda, \hbar$および光速度cで表せ。

5. この共役系分子の励起に必要なエネルギーεを，$m, a, n, \hbar$で表せ。

6. 小問4と小問5のエネルギーが一致したとき，分子内のπ電子は，電磁波を吸収してn準位から$(n+1)$準位へ励起される。この時aを$m, n, \hbar, \lambda, c$で表せ。

7. $\lambda = 450 \times 10^{-9}$m，$\hbar = 1.1 \times 10^{-34}$Js，$c = 3 \times 10^{8}$m/s，$m = 9.1 \times 10^{-31}$kgとして，分子間距離$a$を計算せよ。

理工学　専攻　物理学　領域（ 博士前期/修士 ）

試験科目：専門科目　（　理工基礎（物理学基礎）　）

試験時間：（　150　）分

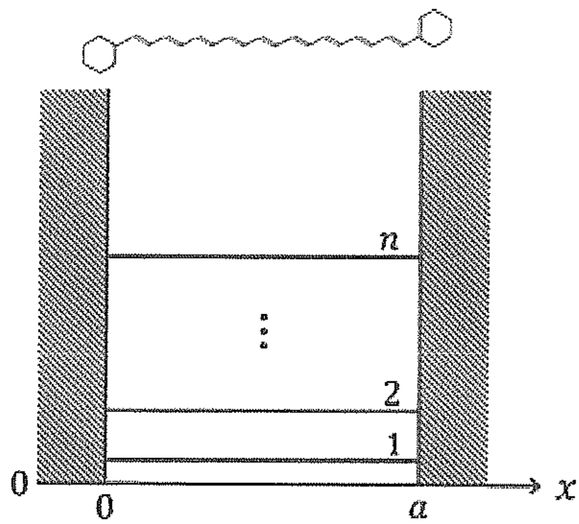


図 1

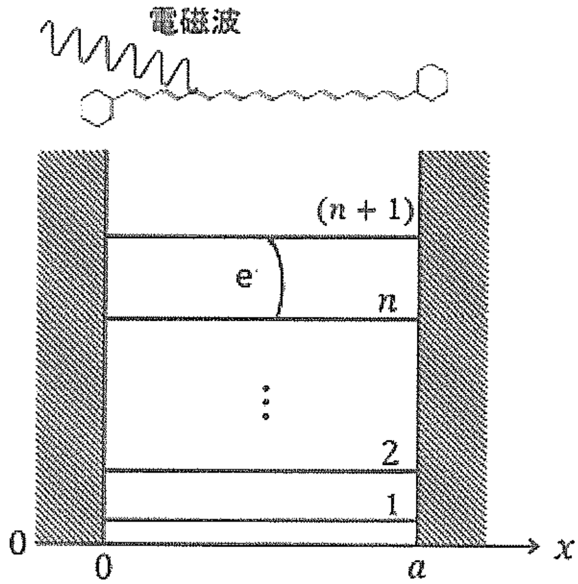


図 2

理工学　専攻　物理学　領域（ 博士前期/修士 ）

試験科目：専門科目　（　理工基礎（物理学基礎）　）

試験時間：（　150　）分

8　ビーム状の粒子束に対し，その運動エネルギー幅を狭くする目的の装置をモノクロメータと呼ぶ。低速のイオンに対するモノクロメータとして，次ページの図のように互いに垂直な方向に一様磁束密度 $\boldsymbol{B}$ と一様電場 $\boldsymbol{E}$ がかかった空間をもつものがある。この空間は L だけ離れた２つの板によって大きさが規定されている。以下に従いこの空間内のイオンの運動について考察せよ。ただし，図のように紙面内に x，z 軸を定め，イオン (電荷 $q(>0)$，質量 m) は片方の板の一点から z 軸正方向に速さ v_0 で射ち込まれるとする。イオンの速度は非相対論的である。

1. この空間中でのイオンの速度を $\boldsymbol{v}=(v_x,v_y,v_z)$ と表し，イオンについての運動方程式を書け。

2. 上の運動方程式を利用し，z 方向の運動について考察せよ。

3. イオンの入射とともに入射位置から $+x$ 方向に $v_a=E/B$ で等速直線運動する観測者 A がいるとする（E，B はそれぞれ電場，磁場の大きさを表す)。この観測者 A から見たイオンの速度を $\boldsymbol{v}'=(v'_x,v'_y,v'_z)$ とし，v'_x，v'_y に関するイオンの運動方程式を書け。また，イオンに働く力が $\boldsymbol{v}'$ と垂直方向であることを示せ。

4. 観測者 A から見えるイオンの運動について考察せよ。

5. イオンが距離 L 離れた反対側の板に到達するまでに観測者 A が x 方向に移動する距離 D を求めよ。

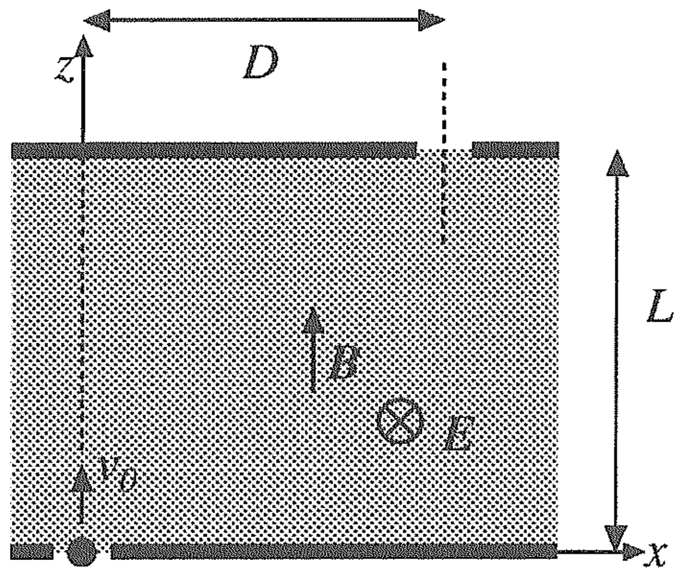
6. イオンの始めの速さ v_0 がある範囲で分布しており，それを単色化する目的で，出口側板の $x=D$ の位置に出口穴を設置する (図参照)。出口から出ていくイオンの速度幅を狭くするためには，出口穴をどのようにすればよいか，考察せよ。ただし，$v=\sqrt{(v'_x)^2+(v'_y)^2}$ として，$D\gg mv/qB$ の条件は満たされていると考えてよい。

7. 負イオン（$q<0$）の場合，正イオンの場合に比べてイオンの運動はどう変化するか。

理工学　専攻　物理学　領域（博士前期/修士）

試験科目：専門科目　（　理工基礎（物理学基礎）　）

試験時間：（　150　）分



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

1. 試験問題は6問（ $\boxed{1}$ ～ $\boxed{6}$ ）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. 気体はすべて完全気体（理想気体）とする。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：$R = 8.314\ \mathrm{J\,K^{-1}mol^{-1}} = 0.08206\ \mathrm{dm^3\,atm\,K^{-1}\,mol^{-1}}$

真空中の光速度：$c = 2.998\times10^{8}\ \mathrm{m\,s^{-1}}$

Planck 定数：$h = 6.626\times10^{-34}\ \mathrm{J\,s}$

Avogadro 定数：$N_\mathrm{A} = 6.022\times10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}$

（単位換算式）

圧力：$1\ \mathrm{atm} = 1.013\times10^{5}\ \mathrm{Pa}$

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4に答えよ。

問1 熱力学第一法則の数学的表現は式（1-1）で表される。

$$\Delta U = q + w \tag{1-1}$$

式（1-1）のΔU, q, wがそれぞれ何を表すかを示した上で，この式について簡潔に説明せよ。

問2 Poissonの式は式（1-2）で表される。

$$PV^{\gamma} = 一定 \quad (P:圧力,\ V:体積,\ \gamma:熱容量比) \tag{1-2}$$

150 kPaのアルゴン($\gamma=\frac{5}{3}$)が断熱可逆的に最初の体積の2倍に膨張すると最終圧力は何kPaになるか。

問3 エントロピーの語句を用いて，熱力学第二法則について簡潔に説明せよ。

問4 温度T, 圧力p, 蒸発のモルエンタルピーの変化$\Delta_{vap}H$を用いて，蒸気圧の温度変化を表すクラウジウス - クラペイロンの式が次のように与えられる。

$$\frac{\mathrm{d}\ln p}{\mathrm{d}T} = \frac{\Delta_{vap}H}{RT^2} \tag{1-3}$$

温度がT^*のときの蒸気圧をp^*, 温度がTのときの蒸気圧をpとして，$\Delta_{vap}H$が温度に依存しないと仮定したとき，式（1-3）について圧力を$\ln p^*$から$\ln p$, 温度をT^*からTまで積分することによって以下の関係が得られる。

$$p = p^* e^{-\chi} \tag{1-4}$$

式（1-4）のχを$\Delta_{vap}H$, T^*, T, Rを用いて表せ。

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 次の文章を読んで問 1～問 4 に答えよ。

x 方向の長さが L_1, y 方向の長さが L_2 の長方形の表面に閉じ込められた粒子を考える。ポテンシャルエネルギーは壁のところを除くあらゆる場所で 0, 壁の位置で無限大である。［ア］関数ψはxとyの関数であり，この粒子の［イ］方程式は式（2-1）となる。

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\Psi}{\partial y^2}\right)=E\Psi \qquad (2\text{-}1)$$

ここで$\hbar = h/2\pi$である。$\psi(x,y)=X(x)Y(y)$と表し

$$\frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2}=Y\frac{\partial^2 X}{\partial x^2},\quad \frac{\partial^2\Psi}{\partial y^2}=X\frac{\partial^2 Y}{\partial y^2} \qquad (2\text{-}2)$$

となることに注目すると，式(2-1)は

$$\frac{1}{X}\frac{\mathrm{d}^2X}{\mathrm{d}x^2}+\frac{1}{Y}\frac{\mathrm{d}^2Y}{\mathrm{d}y^2}=-\frac{2mE}{\hbar^2} \qquad (2\text{-}3)$$

となり，(i) <u>偏微分方程式はXまたはYに関する二つの常微分方程式に分けられる。</u>それらを解くことによって

$$\Psi(x,y)=\frac{2}{\sqrt{L_1L_2}}\sin\left(\frac{n_1\pi x}{L_1}\right)\sin\left(\frac{n_2\pi y}{L_2}\right) \qquad (2\text{-}4)$$

$$(0\le x\le L_1, 0\le y\le L_2,\ n_1=1,2\ldots,\ n_2=1,2\ldots)$$

$$E=\left(\frac{{n_1}^2}{{L_1}^2}+\frac{{n_2}^2}{{L_2}^2}\right)\frac{h^2}{8m} \qquad (2\text{-}5)$$

が得られる。

問1 文中の［ア］,［イ］に適切な語句をそれぞれあてはめよ。

問2 式（2-1）から式（2-3）を導け。

問3 下線部(i)はどのような手法と呼ばれるか。

問4 式（2-1）と式（2-4）から式（2-5）が得られることを示せ。

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　難溶性塩 AgCl を純水に溶かした飽和水溶液について，次の (1) ～ (3) に答えよ。

(1) 25℃での AgCl 飽和水溶液の濃度は 1.93 mg dm^{-3} である。25℃での AgCl の溶解度積 $K_{sp,AgCl}$ $(mol\ dm^{-3})^2$ を求めよ。ただし，Ag の原子量は 107.87，Cl の原子量は 35.45 とする。

(2) AgCl の飽和水溶液に KCl を添加した場合，AgCl の溶解度はどのように変化するか。その理由も示せ。

(3) AgCl の飽和水溶液に KNO_3 を添加した場合，AgCl の溶解度はどのように変化するか。その理由も示せ。

問 2　Fe^{2+}と Cd^{2+}を含む水溶液に H_2S ガスを通じたところ，弱塩基性水溶液では Fe^{2+}と Cd^{2+}の塩が沈殿したが，酸性水溶液では Cd^{2+}の塩のみ沈殿した。溶液の pH が異なることでこのような違いが生じるのはなぜか，説明せよ。

問 3　EDTA を用いたキレート滴定法により水溶液中の Mg^{2+}および Ca^{2+}の合計濃度を求めた。このとき，溶液の pH を 10 に調整し，金属指示薬である BT 指示薬を加えて，溶液の色が赤紫色から青色に変化したところを滴定の終点とした。このように BT 指示薬を加えた溶液の変色によって滴定の当量点を知ることができるのはなぜか，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 4 に答えよ。

問 1　典型元素の原子半径を周期表上で見てみると，同族元素においては周期表の下に進むほど原子半径が増大し，同周期元素においては周期表の右に進むほど原子半径が減少する。原子半径にこのような周期性が認められるのはなぜか，説明せよ。

問 2　HSAB 則における酸および塩基の「硬い」「軟らかい」とはどのような概念か。具体的な酸，塩基を例にあげて説明せよ。

問 3　次の(1) ~ (4)の分子あるいはイオンのルイス構造式を示し，原子価殻電子対反発（VSEPR）理論に基づいてその形状を予想せよ。

(1) CO_2

(2) NH_3

(3) NO_2^-

(4) O_3

問 4　$[TiF_6]^{3-}$を例に，6 配位八面体金属錯体における d 軌道の結晶場分裂を説明せよ。

２０１６年度大学院入試問題（２０１５年９月１６日実施）

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　次の問１～問４に答えよ。

問１　以下に示す化合物(1)～(3)を構造式で示せ。

(1)　3-ブテン-2-オン

(2)　(*R*)-2-ブロモプロパン酸（立体中心の立体配置を明確に示せ。）

(3)　(1*S*,3*S*)-1-エチル-3-メチルシクロヘキサン（立体中心の立体配置を明確にし，最も安定な配座を示せ。）

問２　以下の問いに答えよ。また，そう判断した理由も述べよ。

(1) 酢酸とメタノールとでは，どちらがより強い酸か。

(2) フェノールとチオフェノールとでは，どちらがより強い酸か。

(3) ジメチルアミンとジメチルホスフィンとでは，どちらがより強い求核性をもっているか。

(4) アセトアルデヒドとトリクロロアセトアルデヒドとでは，どちらがより水和反応が起こりやすいか。

問３　以下の化合物(a)～(c)を，図示したC－H結合のホモリシス開裂を起こすのに必要なエネルギーの大きい順に示せ。また，その理由も述べよ。

(a)　CH_3CH_2-H　　(b)　$(CH_3)_2CH-H$　　(c)　$(CH_3)_3C-H$

問４　芳香族求電子置換反応に関する以下の問いに答えよ。

(1) ベンゼンとクロロベンゼンとでは求電子置換反応の速度はどちらが速いか，理由とともに記せ。

(2) ブロモベンゼンの求電子的臭素化によるジブロモベンゼン生成反応の配向性について，カチオン中間体の共鳴構造を書いて説明せよ。

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

6　次の問１～問３に答えよ。

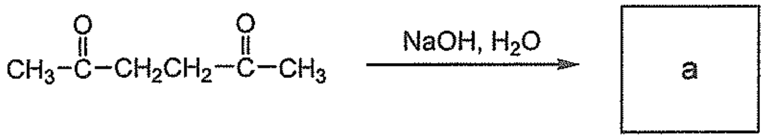
問１　以下の分子の構造を示し，芳香族か否かを理由とともに示せ。

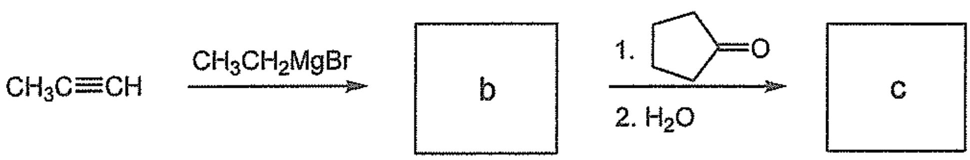
(1)　シクロプロペニルカチオン

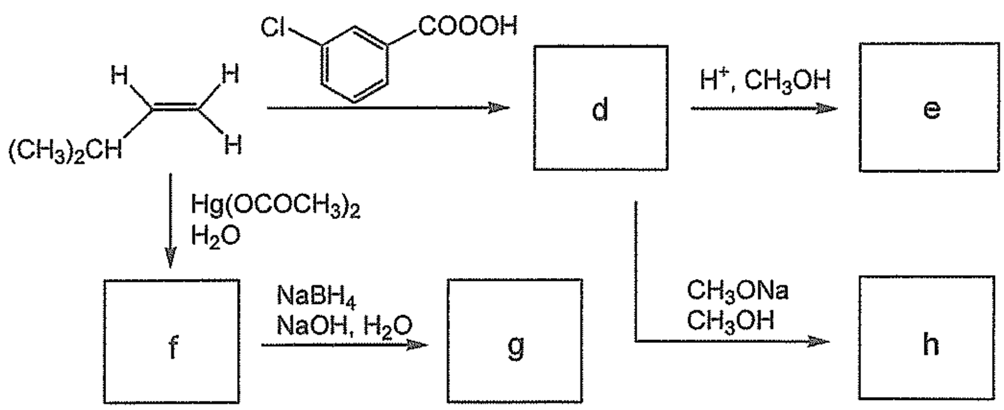
(2)　シクロペンタジエニルアニオン

(3)　1,3,5-シクロヘプタトリエン

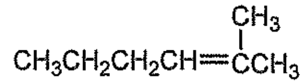
問２　以下の反応および合成経路 (1)～(3)の生成物 **a**～**h**（複数のこともある）の構造式を示せ。立体化学も明確に示せ。ただし，生成物 **a** の分子式は C_6H_8O である。

(1)


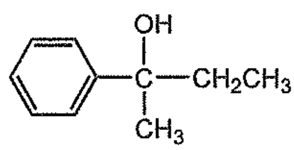
(2)


(3)


問３　以下の(1), (2)について，それぞれ出発化合物から目的化合物を得るための合成経路を提案し，必要な反応試薬を示せ。

(1)　出発化合物：　$CH_3CH_2CH_2CH{=}CH_2$　　目的化合物：


(2)　出発化合物：

目的化合物：


理工学研究科　理工学専攻（ 博士前期 ）

試験科目： 理工基礎　（ 生物科学基礎 ）　試験時間：12:30 ~ 15:00（ 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 1 は全員解答すること。問題 2 ～ 7 からは３問選択して解答すること。問題 1 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。

理工学研究科　理工学専攻（博士前期）

試験科目：理工基礎　（生物科学基礎）試験時間：12:30～15:00（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）相同組換え

（２）ジスルフィド結合

（３）カドヘリン

（４）ＲＮＡｉ

（５）骨ずい移植

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　ゲル化したアガロースを用いるゲル濾過法やアガロースゲル電気泳動法は標準的な分子生物学の実験手法である。両者ともに核酸を分子量によって分離する手法だが、原理が全く異なるため、分離のされ方も異なる。両手法の原理の違いおよび生体高分子の分離のされ方の違いについて説明せよ。

3　酵母は嫌気的条件でも好気的条件でも生育可能である。酵母がそれぞれの条件下で用いている主な代謝系を説明せよ。

4　カエルの発生過程における卵割期の細胞分裂と、その他の体細胞分裂との違いを説明せよ。

5　次の文章を読み、以下の問１と問２に答えよ。

ヒトのがん組織から細胞を採取して培養皿の中で培養した。この細胞の増殖曲線を作成すると、約２０時間で２倍に増殖することが分かった。また、この細胞の *ras* 遺伝子を調べたところ、がん細胞によく見られる変異が見つかり、その変異がこの細胞のがん化に関わっていると考えられた。

問１．この細胞のM期の長さ（時間）をもっとも簡単に調べる方法を詳しく記せ。

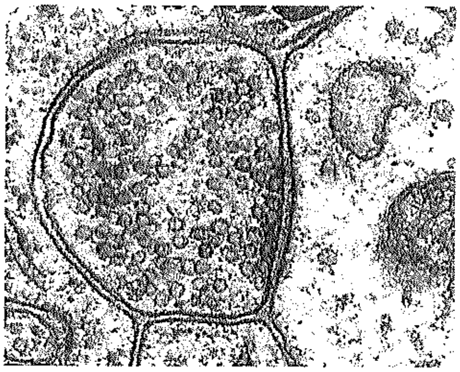
問２．細胞の増殖における Ras タンパクの働きを説明せよ。また、文章中の細胞が発現している Ras タンパクにはどのような機能的な変異が生じ、それがどのようにこの細胞のがん化に関わっていると考えられるかを説明せよ。

理工学研究科　理工学専攻（ 博士前期 ）

試験科目： 理工基礎 （ 生物科学基礎 ）試験時間：12:30 ~ 15:00（ 150 分 ）

6 以下の問１と問２に答えよ。

問１．下図は哺乳類の脳の電子顕微鏡写真である。この写真を解答用紙に簡略にトレースし、名称がつけられている構造物に線を引いてその名称を書き入れよ。



（Essential 細胞生物学より）

問２．神経細胞上を神経信号が伝わっていくのは様々なイオンチャネルの働きによる。神経信号の発生、伝導、伝達に最低限必要なイオンチャネルのうち、電位依存性のものを３つ挙げ、それぞれについて神経細胞上の局在場所と働きを説明せよ。

7 天然痘（ＤＮＡウィルスが病原体）とインフルエンザ（ＲＮＡウィルスが病原体）はともに人類に大きな災禍を及ぼしてきた。天然痘はＷＨＯ主導のワクチン接種作戦によって撲滅されたが、インフルエンザはいまだに人類に重篤な被害を及ぼす感染症である。この大きな違いはなぜ生じているのか、記せ。

２０１６年度大学院入試問題（２０１５年　9月　１６日実施）

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．$\boxed{1}$～$\boxed{3}$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，$\boxed{4}$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．

２０１６年度大学院入試問題（２０１５年　９月　１６日実施）

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

$\boxed{1}$ 以下の設問に答えよ．

（１）次式で定義される行列 A についてつぎの問いに答えよ．

$$A=\begin{bmatrix}-1 & 0 & 0\\ 8 & 1 & 2\\ 3 & 0 & 2\end{bmatrix}$$

① 行列 A の固有値をすべて求めよ．

② 上記で求めた固有値に対する固有ベクトルを求めよ．ただし，固有ベクトルはその大きさを１とすること．

③ $P^{-1}AP$ が対角行列となるような正則行列 P および $P^{-1}AP$ を求めよ．

（２）$f(z)=z$ について図１に示すような経路に沿ったつぎの積分を求めよ．

① 複素平面上の原点 O から点 $1+i$ へ至る直線経路 C_1 に沿った積分 $\int_{C_1} f(z)\,dz$．

② 複素平面上の原点 O から実軸上を点 $\sqrt{2}$ まで行き，そこから原点 O を中心とした半径 $\sqrt{2}$ の円弧上を通り，点 $1+i$ へ至る経路 C_2 に沿った積分 $\int_{C_2} f(z)\,dz$．ただし，i は虚数単位とする．

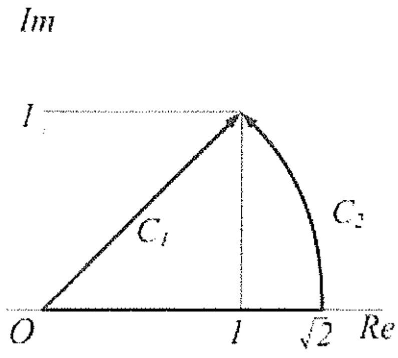


図１

（３）つぎの複素積分を求めよ．ただし積分経路 C は複素平面上の，点１を中心とした半径２の円周を反時計まわりに１周するものとする．

$$\int_C \frac{e^z}{z(z+2)}\,dz$$

（４）拘束条件 $x^2+y^2=1$ のもとで，関数 $F(x,y)=2x+y$ の最大値，最小値およびそれらを与える x，y を求めよ．

２０１６年度大学院入試問題（２０１５年　９月　１６日実施）

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

$\boxed{2}$　以下の設問に答えよ．

（１）つぎの微分方程式の解 $y(x)$ を〔 〕内の条件のもとで求めよ．

① $\dfrac{d^2y}{dx^2}-6\dfrac{dy}{dx}+9y=0$　〔 $x=0$ で $y=1$，$x=1$ で $y=0$ 〕

② $\dfrac{d^2y}{dx^2}-\dfrac{2}{x}\dfrac{dy}{dx}-\dfrac{4}{x^2}y=0$　〔 $x=1$ で $y=1$，$x=0$ で解が有限となること 〕

（２）三次元直交座標系において，次式で規定される領域 D を考える．このときつぎの問いに答えよ．

$$x+y+z\le 1, x\ge 0, y\ge 0, z\ge 0$$

① 領域 D を具体的に図示せよ．

② $\iiint_D xyzdxdydz$ を計算せよ．

２０１６年度大学院入試問題（２０１５年　９月　１６日実施）

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

$\boxed{3}$　以下の設問に答えよ．

（１）　図２に示すように，水平からθ, ϕ 傾いた斜面に質量mの剛な円柱が載っている．重力の加速度をgとし，以下の問いに答えよ．ただし，円柱と斜面および円柱間に働く摩擦は無視でき，角度ϕはθに比べて十分大きく，円柱は図２に示す状態で留まっているものとする．

① 円柱が１つの場合，斜面と円柱の間で働く反力を求めよ．

② 円柱が３つの場合，斜面と円柱および円柱間で働く反力を求めよ．

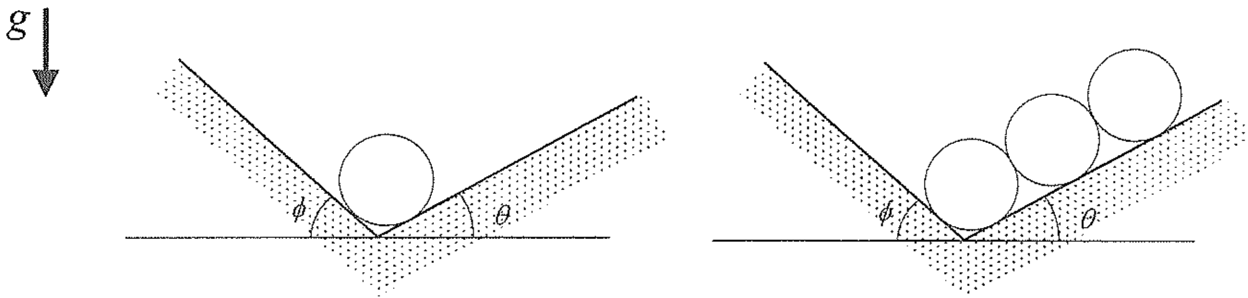


図２

（２）　図３に示すように，質量mの質点Pが長さLの質量を無視できる伸張性のない糸で固定点Oから鉛直に吊り下げられ，摩擦を無視できる滑らかな水平面ABに糸がたるむことなく接している．PはOの周りを回転できるようになっている．一方，質量$3m$の質点Qを速度vで水平面AB上を右に滑らせたところ，質点Pと完全弾性衝突をし，質点Pは運動を始めた．運動はすべてABOを含む鉛直面内で生ずるものとし，重力加速度をgとする．このとき，つぎの問いに答えよ．

① 衝突直後の質点Pおよび質点Qの速度を求めよ．

② 糸と鉛直線のなす角度がθになったときのケーブルの張力を求めよ．

③ 質点Pが固定点Oの周りを糸がたるむことなく回転できるためのvの最小値を求めよ．

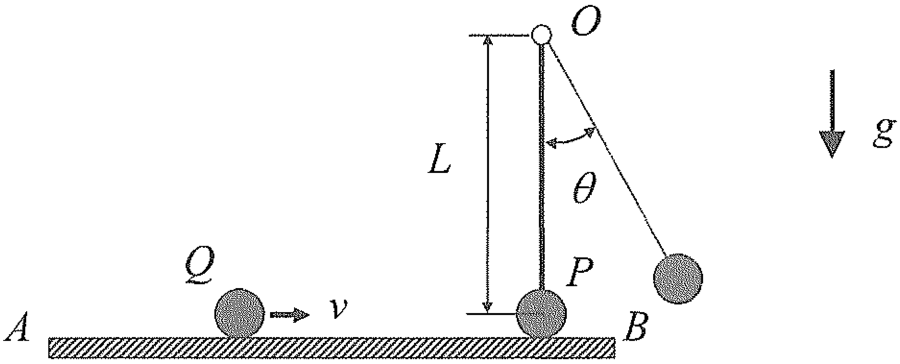


図３

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

$\boxed{4}$

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 4 に示すような右端を固定された長さ $2l$ [m]のはりがある．左端に上向きの集中力 $P(=fl)$ [N]と下向きの分布荷重 f [N/m]がかかっている．以下の問いに答えよ．

1. 右端 B での反力と反モーメントを求めよ．
2. 曲げモーメント分布とせん断力分布を求めよ．左端からの座標を x[m]とせよ．
3. せん断力図（SFD）および曲げモーメント図（BMD）を描け．

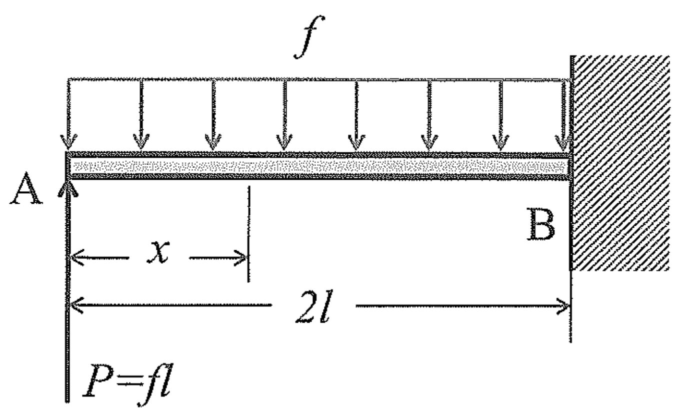


図 4

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

（２）機械力学

図５に示すばね定数 k のばね，質量 m の物体，半径 r，慣性モーメント J，質量 M の滑車からなる振動系を考える．ばねの左端は壁に固定されおり，ばねの右端は質量のないロープで質量 m の物体とつながれている．ロープは滑車に対して滑らないとする．g を重力加速度として以下の問いに答えよ．

１．滑車と質量 m の物体の運動方程式を立てよ．

２．系の固有角振動数 ω_n を求めよ．

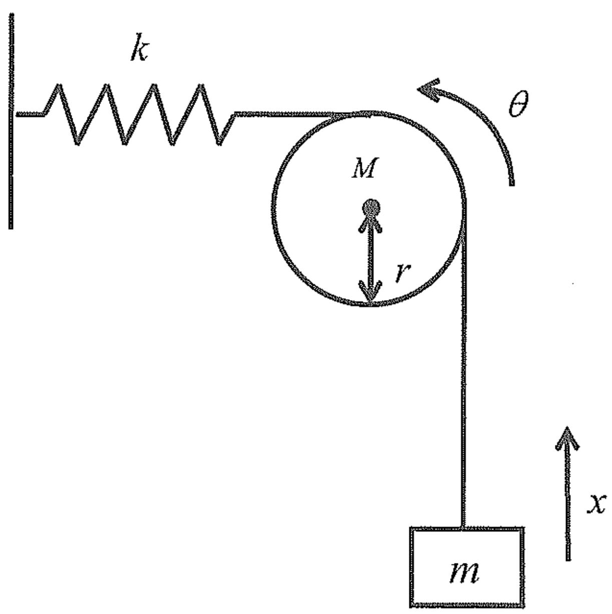


図５

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

再生をともなうエリクソンサイクルのP-V線図を示し，理論熱効率を導出した後，サイクルの特徴について説明せよ．

（４）流体工学

図６に示すような断面が縮小する水平円管路を考える．管路内は一定流量 Q [m^3/s] の水（密度 ρ [kg/m^3]）が流れており，断面①，②（断面積 A_1, A_2 [m^2]）での流速は u_1, u_2 [m/s] ，圧力は p_1, p_2 [Pa] である．

１．断面①，②での流速，断面積および流量の関係を求めよ．

２．管路内はエネルギー損失がないとし，断面①，②で適用したベルヌーイの式を記述せよ．

３．図において，断面 A_1, A_2 での内径が d_1=100 mm, d_2=50 mm の円管路であるとする．管路内はエネルギー損失がないとし，流量 Q =3.0 m^3/min で水を流したときの p_1, p_2 の圧力差を計算せよ．ただし，水の密度は ρ＝１０００ kg/m^3 とする．

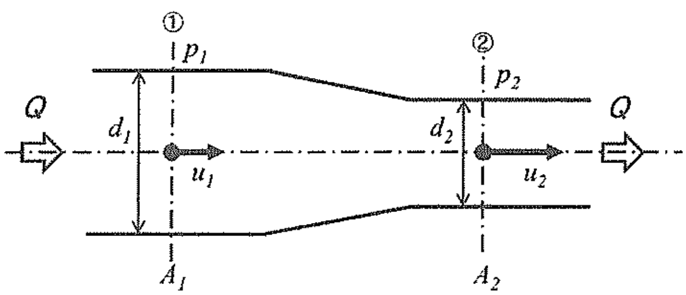


図６

（５）精密工学

測定値 (X_i, Y_i) $\{i$=1〜n$\}$を $Y = a_0 + a_1 X + a_2 X^2$ で二次関数近似したい．a_0, a_1 および a_2 を定めるための正規方程式を導け．

２０１６年度大学院入試問題（２０１５年　９月　１６日実施）

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

次のような状態表現で定義されるシステムＡとシステムＢがある．

＜システムＡ＞

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u(t)$$

$$y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 2 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}$$

ここで，$u(t) \in R^1$は入力，$\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} \in R^2$は状態変数ベクトル，$y(t) \in R^1$は出力である．

＜システムＢ＞

$$\frac{d}{dt} z(t) = z(t) + v(t)$$

$$w(t) = z(t)$$

ここで，$v(t) \in R^1$は入力，$z(t) \in R^1$は状態変数，$w(t) \in R^1$は出力である．

これに関して以下の設問に答えよ．

(ｉ) システムＡの可制御性，可観測性を判定せよ．

(ii) システムＡの可制御正準形を求めよ．

(iii) システムＡに対して，$u(t) = \begin{bmatrix} k_1 & k_2 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}$なる状態フィードバックにより得られる閉ループ系の極が-1と-3になるようなk_1およびk_2を求めよ．

(iv) システムＡとシステムＢに関して，$v(t) = y(t)$であるとき，入力$u(t)$から出力$w(t)$までのシステムの状態表現を求めよ．また，このシステムの可制御性，可観測性を判定せよ．

(v) システムＡとシステムＢに関して，$v(t) = y(t)$，かつ，$u(t) = r(t) - w(t)$であるとする．ただし，信号$r(t)$はコマンドなどの外部入力である．このとき，外部入力$r(t)$から出力$y(t)$までのシステムについて，その状態表現と，$r(t)$から$y(t)$までの伝達関数を求めよ．

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

（7）材料科学

① bcc 単位格子において，以下の問いに答えよ．

(a) bcc 単位格子中の原子数を求めよ．

(b) bcc 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) $[1\ 2\ \bar{1}]$，　(b) $[1\ 0\ 1]$，　(c) $(1\ 0\ 3)$，　(d) $(2\ \bar{1}\ 2)$

③ $(0\ 0\ 1)$ と $(1\ 1\ 0)$ を描き，交線のミラー指数を求めよ．

④ fcc 単位格子において，単位格子の格子定数を a として $[1\ 0\ 0]$ と $[1\ 1\ 0]$ の線密度をそれぞれ求めよ．

⑤ fcc 格子の金属結晶と hcp 格子の金属結晶を塑性変形する際，一般にどちら結晶構造の方が変形しやすいか．またその理由を述べよ．

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

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。

7. 第７問では，貸与される電卓を用いてよい。
   試験終了時には，電卓を試験監督に返却すること。

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) $\dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x} = y(1+\log y)$

(ii) $\dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x} = \dfrac{y}{\tan x} - \cos x$

(b) 次の積分を計算せよ。

$$\int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty e^{-(x+2y+3z)} \mathrm{d}x\mathrm{d}y\mathrm{d}z$$

(2) 次の 4 つの行列 $\mathbf{A} \sim \mathbf{D}$ について以下の問いに答えよ。 ただし，x，y は実数である。

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 0 & 1 \end{bmatrix},\ \mathbf{B} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 2 & 1 \end{bmatrix},\ \mathbf{C} = \begin{bmatrix} 4 & -2 \\ 1 & 2 \end{bmatrix},\ \mathbf{D} = \begin{bmatrix} x & y \\ 22 & -31 \end{bmatrix}$$

(a) n を自然数とするとき，$\mathbf{A}^n$ はいくらか。また，$\mathbf{A}^n$ の固有値を求めよ。

(b) 次数の同じ 2 つの正方行列 $\mathbf{Z}$，$\mathbf{W}$ があるとき，それらの内積 $\langle \mathbf{Z} | \mathbf{W} \rangle$ は次式で定義できる。なお，${}^t\mathbf{Z}$ は $\mathbf{Z}$ の転置行列であり，tr は正方行列の対角成分の和，即ちトレースである。

$$\langle \mathbf{Z} | \mathbf{W} \rangle = \mathrm{tr}\left({}^t\mathbf{Z}\mathbf{W}\right)$$

このとき，行列 $\mathbf{A} \sim \mathbf{D}$ が互いに直交するよう x，y を定めよ。ただし，行列 $\mathbf{A} \sim \mathbf{C}$ が互いに直交することは自明であるとしてよい。

(c) 行列 $\mathbf{A} \sim \mathbf{C}$ を用いて，次に示す 6 次の正方行列を作る。内積 $\langle \mathbf{F} | \mathbf{G} \rangle$ を求めよ。

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} & \mathbf{B} & \mathbf{C} \\ \mathbf{A} & \mathbf{B} & \mathbf{C} \\ \mathbf{A} & \mathbf{B} & \mathbf{C} \end{bmatrix},\ \mathbf{G} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} & \mathbf{B} & \mathbf{C} \\ \mathbf{B} & \mathbf{C} & \mathbf{A} \\ \mathbf{C} & \mathbf{A} & \mathbf{B} \end{bmatrix}$$

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 を虚数単位とする。次の複素数に対する方程式を解け。異なる根が存在する場合はその全てを記すこと。

(i)　$|z|+z=2+i$　(ii)　$\bar{z}+2iz=2+i$　(iii)　$z^3=1+i$

(b) f(x)が区間[-L, L]で定義された区分的に滑らかな実数関数であるとき、フーリエ級数展開 $f(x)=\dfrac{a_0}{2}+\sum_{n=1}^{\infty}\left[a_n\cos\left(\dfrac{n\pi x}{L}\right)+b_n\sin\left(\dfrac{n\pi x}{L}\right)\right]$ のフーリエ係数は次式で与えられる。

$$a_n=\frac{1}{L}\int_{-L}^{L}f(x)\cos\frac{n\pi x}{L}dx,\ \ n=0,1,2,\cdots \qquad b_n=\frac{1}{L}\int_{-L}^{L}f(x)\sin\frac{n\pi x}{L}dx,\quad n=1,2,3,\cdots$$

また、$f(x)^2$ と係数 a_n, b_n には以下の関係が成り立ちパーセバルの等式という。

$$\frac{1}{L}\int_{-L}^{L}[f(x)]^2\,dx=\frac{a_0^2}{2}+\sum_{n=1}^{\infty}\left(a_n^2+b_n^2\right)$$

次の問に答えよ。

(i)　関数 $f(x)=x \quad (-\pi\le x\le\pi)$ をできるだけ詳しく図示し、偶関数か奇関数か答えよ。

(ii)　(i)の関数 f(x)をフーリエ級数展開せよ。

(iii)　(ii)の結果とパーセバルの等式を用いて、$\sum_{n=1}^{\infty}\dfrac{1}{n^2}$ を計算せよ。

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

xyz-空間において，接地された無限に広い導体平面 S が yz-平面上にあり，S と平行に無限長の直線状導体 A がある。A の断面は半径 a の円形であり，A の中心軸は直線 $x = d$ $(d \gg a > 0)$ 上にある。空間は誘電率 ε の誘電体で満たされており，他の導体はない。いま，A の電位は V $(V > 0)$ である。次の問いに答えよ。

（１）電気力線の概形を描け。

（２）導体 A の単位長さあたりの，A と S との間の静電容量を求めよ。

（３）原点における電界を求めよ。

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

4

1．ビオ・サバールの法則を示せ。

2．下図のように、真空中において z 軸上に直径が無視できる有限長の導体（$-l \leq z \leq l$）があり、断面に一様な電流 I が+z 方向に流れている。このとき座標原点（導体中心）から x 軸上距離 h だけ離れた点Ａにおける磁束密度を求めたい。次の問いに答えよ。ただし、x,y,z 軸の単位ベクトルを各々 $\boldsymbol{e}_x, \boldsymbol{e}_y, \boldsymbol{e}_z$ 、真空中の透磁率を μ_0 とする。

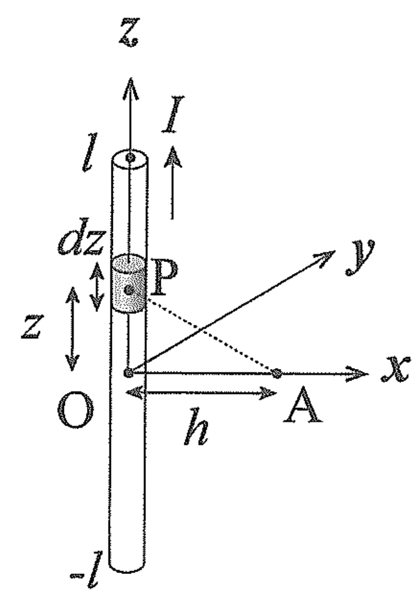
(i) 点Ｐから点Ａに向かうベクトル PA を各軸方向の単位ベクトルを用いて現せ。

(ii) 点Ｐの微少線要素ベクトル $d\boldsymbol{z} = dz\,\boldsymbol{e}_z$ と、ベクトル PA の外積を求めよ。

(iii) 導体上の位置 z にある点Ｐの微少電流要素が、x 軸上の点Ａにつくる磁界の磁束密度 $d\boldsymbol{B} = dB_x\boldsymbol{e}_x + dB_y\boldsymbol{e}_y + dB_z\boldsymbol{e}_z$ を求めよ。

(iv) 有限長電流が点Ａにつくる磁界の磁束密度 $\boldsymbol{B}$ を求めよ。

(v) 無限長の場合（$|l| \to \infty$）、磁束密度 $\boldsymbol{B}$ を求めよ



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

5

1．ダイオード回路に関する次の問いに答えよ。

（１）ダイオードとコンデンサを用いた正弦波交流電圧に対する全波整流回路を図示せよ。
入力側を v_i、出力側を v_o で示すこと。

（２）上記の全波整流回路からコンデンサを除去し、$v_i(t)=5\sin(\omega t)$ の交流電圧を入力したときの出力波形 v_o を１周期分図示せよ。ただし、ダイオードは順方向電圧降下が 0.7V の理想ダイオード特性を持つものとする。

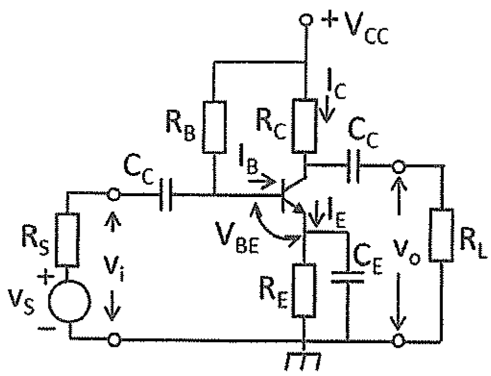
2．図１に示すトランジスタ増幅回路に関する次の問いに答えよ。
ただし、トランジスタのエミッタ接地電流増幅率を $\beta\,(h_{fe})=99$、$V_{BE}=0.7\text{V}$、$R_B=400\text{k}\Omega$、$R_E=1\text{k}\Omega$、$R_C=1\text{k}\Omega$ とし、コンデンサは交流成分のみを歪なく通すものとする。

（１）直流バイアスにおけるエミッタ電流 I_E をベース電流 I_B で表せ。

（２）直流バイアスにおけるベース電流 I_B、コレクタ電流 I_C、エミッタ電圧 V_E を求めよ。

（３）h パラメータを用いた交流小信号等価回路を図示せよ。
ただし、トラジスタのエミッタ接地入力インピーダンスを h_{ie}、エミッタ接地電圧帰還費比を h_{re}、エミッタ接地電流増幅率を h_{fe}、エミッタ接地出力アドミッタンスを h_{oe} とする。

（４）交流出力電圧 v_o をベース電流の交流成分 i_b で表せ。

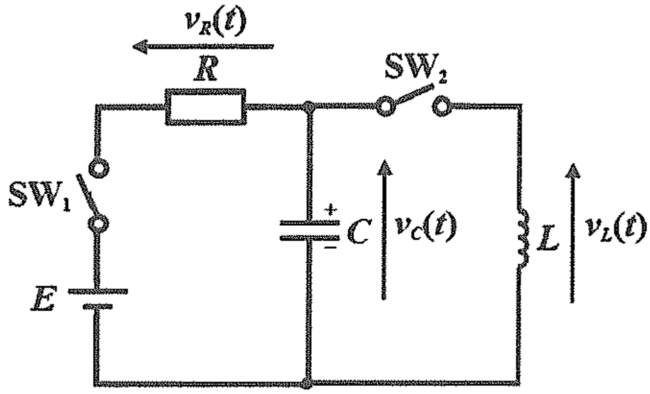


理工学　専攻　電気・電子工学　領域（ 博士前期/修士 ・博士後期・前後期共通 ）

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，インダクタ L と直流電圧源 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，定常状態になったあと，$t=t_1$ 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。

(1) $t=0$ で回路に流れる電流 $i(0)$ を求めよ。

(2) $0 \leqq t < t_1$ において，上記の回路に示すキャパシタ C に下向きに流れる電流 $i(t)$ とキャパシタ C 両端の電圧 $v_C(t)$，抵抗 R 両端の電圧 $v_R(t)$ を求めよ。

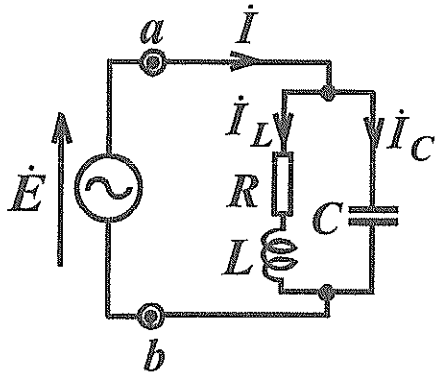
(3) $t_1 \leqq t$ において，上記の回路に示すインダクタ L に下向きに流れる電流 $i(t)$ とインダクタ L 両端の電圧 $v_L(t)$ を求めよ。

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RLC回路に関する下の設問に答えなさい。
なお，左側の正弦波交流電源は$e(t) = 30.0\sqrt{2}\sin\omega t$ [V]であり，
回路定数は$R = 2.00[\Omega]$，$L = 7.88$[mH]，$C = 15.8[\mu\mathrm{F}]$である。
また，ωは電源の角周波数である。

(1) 電源電圧$e(t)$をフェーザ形式$\dot{E}$で表しなさい。
ただし，解答は数値で記述すること。
なお，フェーザ形式とは，実効値と初期位相を用いて，
●∠●で表現される形式（●の部分は数値）である。

(2) 回路図の右側にある並列接続部分において，共振角周波数ω_0と周波数f_0を数値で求めなさい。
最後の計算結果だけでなく，途中の計算式も適切に記述すること。また，ω_0とf_0の単位も明記すること。

以下は，正弦波交流電源の周波数をf_0とした結果，並列接続部分で共振が成り立っているとして，
解答すること。

(3) 回路のアドミタンス$\dot{Y}_0$を数値で求めなさい。単位も明記すること。

(4) 回路に流れる全電流$\dot{I}$を数値で求めなさい。フェーザ形式で記述すること。
最後の計算結果だけでなく，計算式も適切に記述すること。

(5)並列接続部分における電流$\dot{I}_L$と$\dot{I}_C$を数値で求めなさい。フェーザ形式で記述すること。
角度については，解答ではtan⁻¹（アーク・タンジェント）の形式で記述してよい。
最後の計算結果だけでなく，計算式も適切に記述すること。

理工学　専攻　情報学　領域（$\boxed{\text{博士前期/修士}}$・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（$\boxed{1}$ ～ $\boxed{10}$）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。

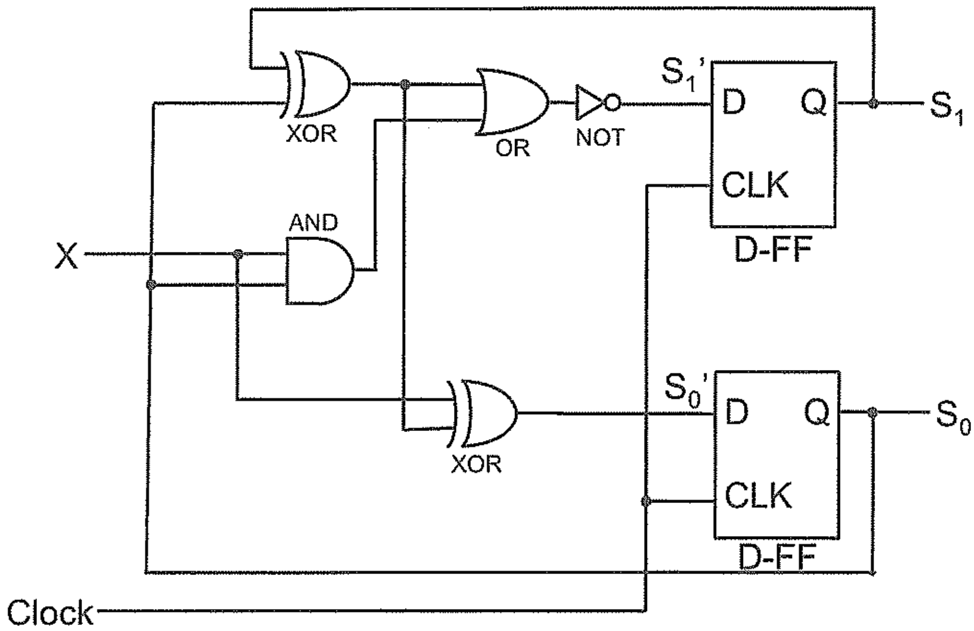
理工学　専攻　情報学　領域（博士前期/修士・博士後期・前後期共通）

試験科目：専門科目　（ 情報学基礎 ）

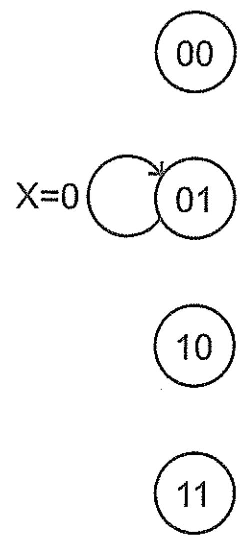
試験時間：（ １５０ ）分

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)　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．

(4)　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．

(5)　状態遷移図 B を完成させせよ．

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

（1）コンピュータには様々な記憶装置がある．これらの役割について説明せよ．

(a) 主記憶装置
(b) 補助記憶装置（外部記憶装置）
(c) CPU 内部のレジスタ

（2）主記憶装置や補助記憶装置（外部記憶装置）に使われる半導体の種類には，ROM, Flash Rom, RAM がある．これらの性質と用途についてそれぞれ説明せよ．

(a) ROM の性質
(b) ROM の用途
(c) FlashROM の性質
(d) FlashROM の用途
(e) RAM の性質
(f) RAM の用途

（3）以下について記憶装置の観点から説明せよ．
(a)プログラムのインストール（セットアップ）
(b)プログラムの実行

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

(1) Program Counter とは何か？説明せよ．

(2) CPU と主記憶をつなぐ３種類のバス，(a) アドレスバス，(b)制御バス，(c)データバスについてそれぞれ説明せよ．

(3) CPU の命令実行サイクルは，(a) fetch, (b) decode, (c) execute の３つの段階で構成されている．このそれぞれの段階について説明せよ．その際，(1)の Program Counter と(2)のバスの使われ方についても言及すること．

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。

各問について、[　　] に入れるべき命令等を示せ。

（１）次の関数プログラム copy3()は、２次元配列 a[][]に 3×3 の行列の要素（整数）が与えられているとき、その要素を配列 b[][]に複写するものである。ただし、行列の i 行 j 列成分は，配列の a[i-1][j-1]要素に代入されているものとするものとする。行列要素の配列への代入の仕方は、以下も同様とする。

```
void   copy3( double a[ ][3],   double b[ ][3])
{  int   i,j;
   [                                        ]
}
```

(2) 関数プログラム sqr3()は、配列 a[][]および b[][]に 3×3 の行列の要素が代入されているとき、配列 c[][]にそれらの行列の積を求めるものである。

```
void sqr3(double a[ ][3], double b[ ][3], double c[ ][3])
{    int i, j, k;    double w;
   for(i=0;i<3;i++){
      for(j=0;j<3;j++){
         w=0.0;
         [                                        ]
        c[i][j]=w;
      }
   }
  return ;
}
```

（３）関数プログラムpwr3()は、配列a[][]に3×3の行列の要素が代入され、また、変数nに２以上の整数が与えられているとき、配列c[][]に3×3の行列をn乗した行列の要素を求めるものである。ただし、このプログラムの中で、関数copy3()、およびsqr3()を型宣言しないで用いてよい。

```
void pwr3(double a[ ][3] ,int n, double c[ ][3])
{    int i, j, k;   double b[3][3];
   [                                        ]
}
```

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

$\sqrt[n]{a}$の近似値をニュートン法を用いて求めることを考える。ここで、整数$n \geq 2$，実数$a > 0$とする。プログラムの記述にはC言語を用いること。

(1) まず、xの関数を$f(x)$とする。このとき、$f(x)=0$を満たす解を求めるニュートン法において、解の推定値x_0が与えられているとき、その更新値xは、次のように求められることを示せ。

$$x = x_0 - f(x)/f'(x)$$

ただし、$f'(x)$は$f(x)$の微分を示している。

(2) 次のプログラムは、n, aおよびx_0の値を変数 n, a, x0 に読み込んだ後、x0 を初期値として、$f(x)=x^n-a=0$を満たす近似解を変数 x に求め、$\sqrt[n]{a}$の値の近似値とするものである。

ここで、関数プログラム f( ), fd( )は、$f(x)$、$f'(x)$の値を返却値として求めるものである。また，ニュートン法の収束条件は$|t/x| < 10^{-10}$とする。ただし、$t = f(x)/f'(x)$、 $x \neq 0$、$f'(x) \neq 0$である。

□に入れるべき適当な命令等を示せ。ただし、次の標準数学関数を用いてよい。

double fabs(double x)：返却値は$|x|$　　double pow(double x, double y)：返却値はx^y

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#define   EPS   1.0e-10
main( )
{   int n;
    double a, x0, x, t ;
    double   f(double, int, double), fd(double, int);
    scanf( [ (ｱ) ] );
    [ (ｲ)
                                        ]
    printf( [ (ｳ) ] );
}
double   f(double x, int n, double a)
 { [ (ｴ) ]
 }
double   fd(double x, int n)
 { [ (ｵ) ]
 }
```

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

インパルス応答 $h(n)$ が図に示すパルス列，すなわち

$$h(n)=u(n)-u(n-N)$$

で与えられるシステムを考える。ただし，N は正の整数，また，$u(n)$ は単位ステップ関数を表すものとする。

(1) $h(n)$ の z 変換を求めよ。
(2) このシステムの周波数特性を求めよ。
(3) N=2，3 のときの振幅特性，位相特性のグラフを図示せよ。

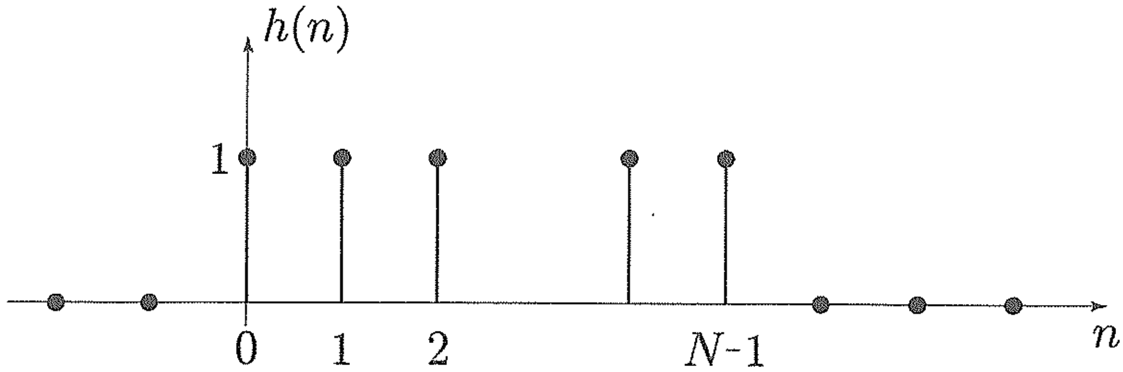


図　システムのインパルス応答

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$f(n) < c \cdot g(n)$となる定数$c\,(>0)$が存在するとき$f(n)=\mathrm{O}(g(n))$であるといい，$g(n)=\Omega(f(n))$であるという．
また，$f(n)=\mathrm{O}(g(n))$かつ$f(n)=\Omega(g(n))$のとき，$f(n)=\Theta(g(n))$であるという．
以下の(a)から(e)がそれぞれ
(ア) $f(n)=\mathrm{O}(g(n))$であるが$f(n)=\Omega(g(n))$でない，
(イ) $f(n)=\Omega(g(n))$であるが$f(n)=\mathrm{O}(g(n))$でない，
(ウ) $f(n)=\Theta(g(n))$，
のいずれに該当するか，簡単な根拠と共に答えよ．

(a) $f(n)=n^{1/4}$，　$g(n)=3^{\sqrt{\log_2 n}}$

(b) $f(n)=2.5n^{3.5}$，　$g(n)=4n^3\log^2 n$

(c) $f(n)=1.2^n$，　$g(n)=120n^{100}$

(d) $f(n)=\left(\sqrt{n}\right)^2$，　$g(n)=(\log n)^3$

(e) $f(n)=\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{i}$，　$g(n)=n$

(2) (a)13843 と 12317 の最大公約数を記せ．
(b)ユークリッドの互除法の手続きを記せ．

(3) 最小全域木（minimum spanning tree）問題を考える．以下の問に答えよ．

(a) 入力として頂点集合 $V=\{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9\}$，枝集合 $E=\{\{v_1,v_2\}, \{v_1,v_4\}, \{v_2,v_3\}, \{v_2,v_5\}, \{v_3,v_6\}, \{v_4,v_5\}, \{v_4,v_7\}, \{v_5,v_6\}, \{v_5,v_8\}, \{v_6,v_9\}, \{v_7,v_8\}, \{v_8,v_9\}\}$からなる単純無向グラフ $G=(V,E)$と枝重み関数 $w: E \to \mathrm{R}$ ただし $w(\{v_1,v_2\})=3$, $w(\{v_1,v_4\})=2$, $w(\{v_2,v_3\})=11$, $w(\{v_2,v_5\})=7$, $w(\{v_3,v_6\})=8$, $w(\{v_4,v_5\})=1$, $w(\{v_4,v_7\})=5$, $w(\{v_5,v_6\})=4$, $w(\{v_5,v_8\})=8$, $w(\{v_6,v_9\})=6$, $w(\{v_7,v_8\})=10$, $w(\{v_8,v_9\})=12$ が与えられたときの最適解と最適値を記せ．

(b) 最小全域木問題に対する貪欲解法（greedy algorithm）の手続きを記せ．最小全域木問題に対する貪欲解法は複数知られているが，そのうちの一つで良い．

(4) アルゴリズムに関する以下の用語を説明せよ．

(a) スタック

(b) 乱択アルゴリズム（randomized algorithm）

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

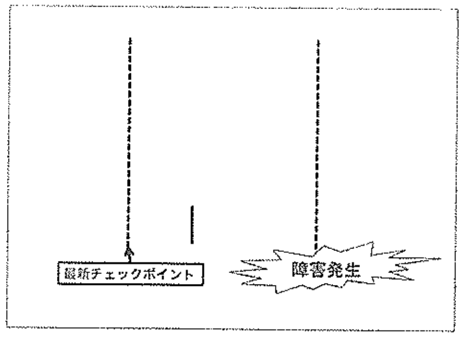
8

1. ANSI/X3/SPARC の 3 層スキーマをデータの独立性という観点から説明しなさい。

2. 関係代数における射影、選択とはどのような演算か、また SQL 文ではどんな命令を使って表されるか説明しなさい。

3. 和両立である関係 A と B がある。このとき A ∩ B（∩は共通集合演算を表す）に相当する演算を差演算を用いて表しなさい。

4. データベースの回復処理において、トランザクションの状態別の回復処理の例を５つ、下記の 3 つの用語および図を使って説明しなさい。
   - REDO(ロールフォワード)
   - UNDO(ロールバック)
   - NO ACTION



5. “サイト”表と“言語セット A”表に対し、次の SQL 文を実行した結果を表示しなさい。

```
SELECT DISTINCT サイト名 FROM サイト X WHERE NOT EXISTS (
    SELECT * FROM 言語セットA WHERE NOT EXISTS (
        SELECT * FROM サイト Z
            WHERE Z.サイト名 = X.サイト名 AND Z.言語名 = 言語セットA.言語名
    )
)
```

サイト

サイト名	言語名
AA	Japanese
AA	English
BB	English
BB	Japanese
BB	French
CC	French
DD	Chinese
DD	German

言語セット A

言語名
Japanese
English
French

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

9

次の微分方程式を解け.

(1) $y' - 2y + 3xy - x^2 y = 0$

(2) $x^2 y^2 y' = y^4 + 5xy^3 - 12x^2 y^2$

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

(4) $y' + \dfrac{2y}{x} = \dfrac{1}{2y^2}$

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

あるコンピュータプログラムは状態 1，状態 2，状態 3 の 3 つの状態をとる．
状態 1 のときにボタンを押すと，
$\frac{1}{2}$ の確率で状態 1，$\frac{1}{4}$ の確率で状態 2，$\frac{1}{4}$ の確率で状態 3 になる．
状態 2 のときにボタンを押すと，
$\frac{1}{4}$ の確率で状態 1，$\frac{1}{2}$ の確率で状態 2，$\frac{1}{4}$ の確率で状態 3 になる．
状態 3 のときにボタンを押すと，
$\frac{1}{4}$ の確率で状態 1，$\frac{1}{4}$ の確率で状態 2，$\frac{1}{2}$ の確率で状態 3 になる．

(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 を書け．

(2) 行列 P の固有値と対応する固有ベクトルを求めよ．

(3) 最初は状態 1 であったとする．k 回ボタンを押した後で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，すべての要素が 0 以上 1 以下（$\forall i \in \{1,\ldots,n\}, \forall j \in \{1,\ldots,n\}, 0 \le x_{ij} \le 1$）で，どの行に関しても行和が 1 になっている（$\forall i \in \{1,\ldots,n\}, \sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1$）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 のどの行に関しても行和が 1 になることを示せ．（ただしここで k は自然数とする．）