

平成 29 年 4 月入学及び平成 28 年 9 月入学
大学院修士課程・専門職学位課程入学試験

環境・社会理工学院 融合理工学系

筆答専門試験科目

想 定 問 題

平成 28 年 1 月

東京工業大学

- ※ 出題される分野、問題数等本想定問題の内容は、実際の試験問題とは異なる場合があります。
- ※ 各系の試験概要については、2月上旬に公表予定です。
- ※ 本入学試験にかかる募集要項は、4月上旬に本学ホームページで公表し、志願票等を含む冊子を5月上旬より配布する予定です。

「小論文・読解」に加えて,

「問題A (数的推理科目)」,

「問題B (理工系基礎科目)」,

「問題C (原子力・エネルギー関連科目)」の

うちから1つを選んで解答すること。

融合理工系 筆答試験問題

「小論文・読解」

試験時間：90分

設問は、【問題1】 から【問題2】 まで2題ある。

このうち、2題すべてについて解答すること。

【問題 1】 次の文章を読み、問 1 から問 4 の解答を、答案用紙の所定の欄に記入しなさい。

江戸の町人文化

日本の伝統文化と称されるものの多くは江戸時代に発達した。寿司や天婦羅、歌舞伎や相撲、浮世絵や俳句、生け花・小唄・三味線など、これらはみな江戸、大坂といった大都市の庶民の間で育まれた。そこで江戸の文化はよく"町人文化"といわれる。同時代のヨーロッパの文化が王侯貴族の豪華な生活の中で生まれたことと対照的である。

江戸の文化のもう一つの特徴は徹底したリサイクルであった。たとえば「紙屑買い」が市中を徘徊して使用済みの紙を買い取り、古紙問屋を経て職人がすき返した再生紙が商品として売られた。「古傘買い」、「樽買い」、「古椀買い」など廃品の種類ごとにリサイクルの商売があった。髪文字(かもし:女性用の添え髪)の材料として抜け毛を買い集める「落買い」という商売まであった。

(A)江戸時代のリサイクルは純然たる商売として"当たり前"に存在していたのだ。

屎尿(しによ)のリサイクル

数多あるリサイクルの中で特に異彩を放ったのは「屎尿のリサイクル」である。当時の江戸は人口 100～120 万人の世界有数の大都会であり、毎日 2000 キロリットルという大量の屎尿が発生したが、なんとその全量をリサイクルしていたのだ。各戸に貯留された屎尿を農民が買い集め、発酵槽で熟成させた後に肥料として利用し、できた農作物は江戸市民の口に戻っていった。「下肥」と呼ばれるこの種の有機肥料は、発酵熱が十分なら回虫卵や病原菌を死滅させ、また地味を持続的に肥えさせることから、戦後もしばらくは使用されていた。

下肥の発酵槽は"肥溜め"と呼ばれる直径 1.5～2m ほどの穴で、農道の脇に何気なく設けられていた。肥溜めの液面は地面すれすれで周囲に壁がなかったから、子供が誤って落ちることもあった。下肥は鼻が曲がるくらいくさく、服に着くとにおいがなかなかとれなかったそうだ。江戸市民は、下肥で農作物が作られていることをもちろん知って食べていた。そして排泄物をせつせと農民に売っていたわけだ。

屎尿の収集プロセスは時代とともに洗練され、経済システムに組み込まれていった。屎尿を各戸から専門的に回収する下掃除人という商売ができ、屎尿輸送のための舟運が整備された。また屎尿取引のための仲買人あるいは問屋が出現し、人気の高い大名屋敷などの屎尿については入札が行われた。屎尿は完全にビジネスの対象であり、等級に応じて売値が異なった。また時代とともに値が上がり、記録によれば(B)18 世紀中盤にはわずか 40 年の間に 3 倍も高騰した。物価が安定していた江戸時代において、これは異例のできごとであった。

屎尿が回収され、また家庭雑排水も打ち水などに使われたため、江戸の町からの排水は主に台所からであり、最も汚いものでも"米のとぎ汁"くらいだった。それが適度な栄養になり、江戸の前面の海には豊かな生態系が生み出され、優良な漁場が形成された。ここで採れる新鮮な魚介類が"江戸前寿司"のネタとなった。江戸前とは江戸の前面の海という意味である。海を介したもう一つのリサイクルシステムが形成されていたといえる。

西洋の屎尿処理

一方、屎尿のリサイクルが発達しなかったヨーロッパでは、その処理がたいへんな問題であった。ロンドンやパリのような大都市では、屎尿排除のための巨大な下水道が地下に造られた。ただし現在の下水道のような終末処理場はなく、高濃度の汚水がテムズ川やセーヌ川にそのまま放流された。川はトイレになった。イギリスの国会議事堂はテムズ川の岸辺に建っていたので、悪臭によりしばしば審議を中断せざるをえなかった。パリでは、セーヌ川の取水場のすぐそばに下水が放流され、疫病のもとになったと言われている。また下水道に堆積する"屎尿とゴミとシルトの混合物"を除去するのは容易でなく、パリの下水道はしばしば閉塞した。

19 世紀中頃のフランスの著名な小説家であるビクトル・ユーゴーは、『レ・ミゼラブル』の中でパリの下水道をいろいろの角度から批判し、「下水道は誤った考えである」と結論している。また同時代のドイツの高名な化学者であるユストゥス・リービヒは、ヨーロッパの状況との対比から、地味を損なわずに、①生産性を人口の増加に比例して高めるのに適した比類ない優れた農法として江戸のシステムを称賛している。

近代的水道への転換

明治以降の近代化において、日本の屎尿リサイクルシステムは消えていった。一つの原因は化学肥料の普及である。発酵熱が十分でない下肥を使用すると回虫や病原菌が伝染するが、化学肥料は完全にクリーンである。また、くさい、きたない、きついという下肥生産の労働から農民を解放した。化学肥料の使用は 20 世紀に入る頃から徐々に広がり、1940 年頃には下肥の使用量を追い抜いた。東京や大阪を中心とする都市部では、1950 年代半ば頃からは下肥の利用は急速に減少していった。

屎尿のリサイクルに止めを刺したのは水洗トイレである。日本の伝統的トイレは汲み取り式の便槽トイレであったので、屎尿が下水道に入ることはほとんどなかった。しかし 1964 年の東京オリンピックを契機に、便槽トイレは水洗トイレに置き換えられていった。政府は生物化学的処理を行う下水処理場を建設して屎尿を下水道に受け入れていった。近代的水道はトイレを清潔で安全にし、夜中でも子供が一人でトイレに行けるようになった。

しかし一方で、生物化学的処理のために膨大な化石燃料が消費されている。東京都の下水処理場では、重油換算で都民一人当たり年間 30 リットルのエネルギーが費やされているそうだ。また化学肥料の使用により農地の土壌劣化が進むとともに、病虫害を予防するために農薬の使用が不可欠になる。加えてリン鉱石が枯渇し始めていることから、化学肥料が高騰してきている。そこで政府は屎尿からリンを回収する方策の検討を開始している。②「進歩とは何か」ということを、我々は改めて考える必要があるのではないだろうか。

問 1) 下線部(A)「当たり前」という表現は、現代のリサイクルに対する著者の批判的な考えを暗に含んでいる。その内容を推測し、句読点を含めて60字以上120字以内で記述しなさい。

問2) 下線部(B)なぜ尿尿の価格は高騰したと考えられるか。句読点を含めて60字以上120字以内で記述しなさい。

問3) 下線部(C)リービヒがこのように考えた理由を推測し、句読点を含めて60字以上120字以内で記述しなさい。

問4) 次の2つの問題から一つ選択し、解答しなさい。

A) 下線部(D)文末で挙げられている「進歩とは何か」という著者の気持ちを推測し、この問いかけに対するあなたの考えを、現代における具体的事例を参照しながら、句読点を含めて240字以上480字以内で記述しなさい。

B) この文章は筆者からどのような人々に向けたコミュニケーションであると想定できるか、表現、文体、社会的状況、その共同体の特徴などを根拠として、句読点を含めて240字以上480字以内で、自分の考えを記述しなさい。

【問題2】 次の文に表現されている状況を考慮して、問1と問2の解答を、答案用紙の所定の欄に記入しなさい。

Aさんは最近、「あること」で悩み、「無関心でいることは合理的な選択である」という気持ちになっている。しかし、このままの状態でいると悪いことが起きるような気がして不安にもなっている。

問1) Aさんはどんな問題について悩んでいると考えられるか。選択的無関心と合理性について定義した上で、Aさんが悩んでいる問題として考えられる事例を、句読点を含めて90字以上150字以内で記述しなさい。

問2) Aさんは無関心でいることを選択しているが、その状態を続けていると、いつか、その選択が合理性を失うのではないかと不安に思っている。問1で挙げた事例について、無関心でいることが合理的である条件と範囲について、句読点を含めて90字以上150字以内で記述しなさい。

融合理工学系 筆答試験問題

「問題 A（数的推理科目）」

試験時間：120 分

設問は[問題 1]から[問題 8]まで 8 題ある。

8 題全てに解答すること。

また、導出過程も明示すること。

〔問題 1〕

A～E の 5 人がミカン狩りに行ったが、この 5 人が採ったミカンの個数について、次のア～エがわかった。

- ア A の個数は、D の個数よりも多く、E の個数よりも少なかった。
- イ C の個数は、A と B の個数の合計から、D の個数を引いたものと等しかった。
- ウ E の個数は、D の個数より 2 個多く、B の個数よりも 7 個少なかった。
- エ 最も少なかった者の個数は、26 個であった。

- ①A～E をとったミカンの数の多い順に並べよ。
- ②A～E が取ったミカンの数の合計を求めよ。

〔問題 2〕

田中さんは、あるマラソン大会に参加した。マラソンコースは、病院前を通過した後、中間地点で折り返して、同じコースを引き返すようになっていた。田中さんの順位変動および、対向コースのランナーとのすれ違い状況は次のとおりであった。

スタートしてしばらくたった時、田中さんは後位集団にいたが、病院前を通過するまで 3 人を抜いた。その直後に先頭集団の 7 人とすれ違った。その後、1 人に抜かれたが、すぐに 5 人を抜いた。中間地点の直前で 5 人とすれ違い、2 人を抜いたところで中間地点を折り返した。折り返した直後に 6 人とすれ違い、病院前の手前で 3 人に抜かれた。その後、後位集団の 8 人とすれ違い、1 人を抜いてゴールした。このマラソン大会の参加者は全員が完走した。

- ①マラソン大会の参加人数を求めよ。
- ②田中さんの最終的な順位を求めよ。

〔問題 3〕

学生のスポーツ経験の実態について調査をしたところ、マラソン、テニス、野球、スキー、サッカー、卓球について、少なくとも一つは経験したことがあり、かつ a～d のことが分かっている。

- a. サッカーの経験がない学生は、マラソンの経験がない。
- b. 野球か卓球の経験がある学生は、スキーの経験がある。
- c. サッカーの経験がある学生は、野球の経験も卓球の経験もある。
- d. スキーの経験のない学生は、テニスの経験がない。

命題「A ならば B」の真偽とその対偶「B でないなら A でない」の真偽とは必ず一致するとき、以下の問いに答えなさい。

- ①「マラソンの経験がある人は野球の経験も卓球の経験もある」と確実に言えるかどうか調べよ。
- ②「サッカーの経験がない学生は、野球の経験がない」と確実に言えるかどうか調べよ。

〔問題 4〕

A、B、C、D の 4 人がクイズ大会に参加した。各クイズは 3 択問題で 1, 2, 3 のどれかを選んで答えるもので、1 問正解するごとに 2 点もらえる。次の問題に答えよ。

- ①問題がア～オまでの 5 問あり、4 人の答えと得点は下表のようであった。このとき、問題ア～オの正解の組み合わせとして考えられるものを全て挙げよ。

	ア	イ	ウ	エ	オ	得点
A	1	1	1	3	2	2
B	1	2	3	3	2	6
C	2	1	2	3	1	0
D	1	1	3	2	1	2

- ②問題がア～オまでの 5 問あり、4 人の答えと得点は下表のようであった。このとき、問題ア～オの正解の組み合わせとして考えられるものを全て挙げよ。

	ア	イ	ウ	エ	オ	得点
A	3	1	1	2	3	2
B	2	2	3	3	2	6
C	2	3	1	1	3	4
D	1	1	2	1	1	2

【問題5】

半径 R の固定した黒色円板が図 6-1, 6-2 のように置かれている。固定した黒色円板の周りを、半径 R の白色円板が滑らないように回るとき、以下の問いに答えよ。

- ①図 6-1 のように白色円板が滑らないように黒色円板の円周上を 1 周するとき、白色円板は何回転するか答えよ。また、その時の▲の位置を図示せよ。
- ②図 6-2 のように一辺 $2R$ の正方形の各頂点と円の中心が重なるように固定された 4 個の黒色円板の周りを白色円板が滑らないように回りながら 1 周するとき、白色円板は何回転するか答えよ。また、その時の▲の位置を図示せよ。

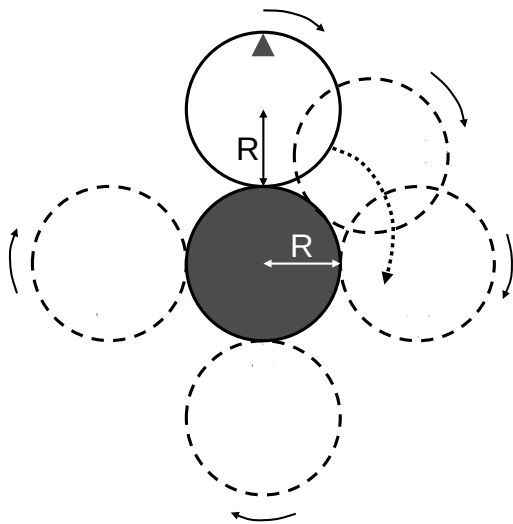


図 6-1

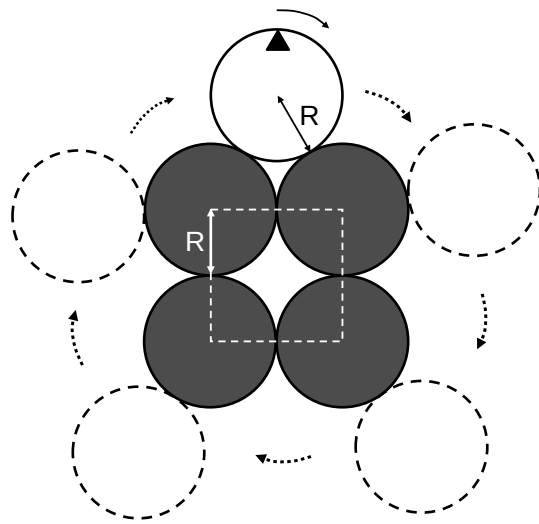


図 6-2

【問題6】

A、B、C、D の 4 人で相撲の試合をする。A が B に勝つ確率は $4/5$ 、C に勝つ確率は $2/5$ 、D に勝つ確率は $3/5$ である。このとき、次の問いに答えよ。

- ①A が 4 試合を行う時、B から始めて C、D、B の順（つまり、B とは 2 試合）、C から始めて D、B、C の順、D から始めて B、C、D の順のいずれかで試合をすることを考える。
この 3 通りの対戦のうち A が 3 回以上連続して勝つ確率はどの場合に一番高いか、その確率とともに答えよ。
- ②A が 4 試合を行う時、B、C、D とどのような順番で対戦すると、3 回以上連続して勝つ確率を最大にすることができるか、その確率とともに答えよ。ただし、B、C、D と少なくとも 1 度は対戦しなければならないものとする。

【問題 7】

多数の環境試料の分析のために A～C の 3 台の自動分析装置がある。この 3 台の試料分析の能力は以下の通りである。

- ・分析装置 A は 6 分ごとに 1 本の試料を分析し終えるが、24 本続けて分析した後には 6 分のメンテナンスを必要とする。
- ・分析装置 B は 7 分ごとに 1 本の試料を分析し終えるが、5 本続けて分析した後には 15 分のメンテナンスを必要とする。
- ・分析装置 C は 9 分ごとに 1 本の試料を分析し終えるが、3 本続けて分析した後には 3 分のメンテナンスを必要とする。

- ①午前 8 時 00 分に 3 台の分析装置を同時に動かしはじめると、100 本目の試料はいつ分析し終えるか求めよ。
- ②午前 8 時 00 分に 3 台の分析装置を同時に動かしはじめたが、途中、分析装置 C が x 本の分析を終えた時点で故障したため、100 本目の試料は予定よりも 9 分遅く分析し終えた。分析装置 C が故障したときに分析し終えていた試料数 x を求めよ。

【問題 8】

1 組 52 枚のトランプカードがある。カードにはスペード、ハート、ダイヤ、クラブの 4 つの種類があり、それぞれ 1 から 10 までの 10 枚の字札と 11 から 13 までの 3 枚の絵札からなっている。このトランプカードから 7 枚のカードを選んだところ、以下のア～キのことが分かった。

- ア. 同じ数字の字札、絵札はない。
- イ. 絵札は 2 枚ある。
- ウ. スペードのカードがあるとすれば、それは偶数である。
- エ. クラブのカードがあるとすれば、それは絵札である。
- オ. ハートのカードは 2 枚あり、その数の合計は 19 である。
- カ. 字札の数の合計は 28 であり、字札の数を掛け合わせると 2520 になる。
- キ. 連続する 3 つの数字が含まれている。
- ク. 3 枚は同じ種類であった。

- ①選んだ 7 枚のカード全ての数字を挙げよ。
- ②①の中で確実にダイヤのカードと言えるのはどれか。

融合理工学系 筆答試験問題

「問題 B（理工系基礎科目）」

試験時間：120 分

設問は[問題 1]から[問題 6]まで 6 題ある。

2 題を選択して解答すること。

問題 [1]

1. 以下の常微分方程式の厳密解を求めよ。虚数を使わずに表すこと。

(1) $f''(t) + 3f'(t) + 2f(t) = 8t^2$, $f(0) = 0$, $f'(0) = 0$

(2) $f''(t) - 4f'(t) + 3f(t) = \exp(t)$, $f(0) = 0$, $f'(0) = 3$

(3) $f''(t) + 9f(t) = \cos t$, $f(0) = 0$, $f'(0) = 3$

2. 以下の常微分方程式について以下の問いに答えよ。 a, b, c は、実定数とする。

$$\frac{d^2 X(t)}{dt^2} + a^2 X(t) = b \sin ct \quad (1-1)$$

ただし、初期条件は以下のとおりである。

$$X(0) = X'(0) = 0$$

(1) X は長さ[m]、 t は時間[s]の物理次元を持つとする。この時、 a, b, c の物理次元を示せ。

(2) (1-1)式が同次系となるための条件を、 a, b, c を用いて表せ。

(3) a, b, c がそれぞれ異なる正の定数である場合、(1-1)式の厳密解を求めよ。

(4) a, b, c が全て等しい正の定数 d である場合、(1-1)式の厳密解を求めよ。

問題 [2]

本問題では実ベクトル空間を扱う。一般に、ベクトル $\mathbf{x}$ のノルムを $\|\mathbf{x}\|$ で、転置ベクトルを $\mathbf{x}^T$ で、ベクトル $\mathbf{x}$ と $\mathbf{y}$ の内積を $\langle \mathbf{x}, \mathbf{y} \rangle$ で表す。このとき、次の問いに答えよ。なお、導出や証明の過程を示すこと。

1. $\mathbf{x}$ をノルムが 0 でない任意のベクトルとすると、 $\mathbf{x}/\|\mathbf{x}\|$ のノルムが 1 であることを示せ。
2. 次の 3 次元ベクトル $\mathbf{a}$ と同じ方向でノルムが 1 のベクトルを計算せよ。計算したベクトルを $\mathbf{b}$ と記す。

$$\mathbf{a} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (2-1)$$

3. $\mathbf{x}$ をノルムが 0 でない任意のベクトルとし、 $\mathbf{e}$ をノルムが 1 でベクトル $\mathbf{x}$ と 1 次独立なベクトルとする。このとき、次式で定義されるベクトル $\mathbf{y}$ はゼロベクトルではないことを証明せよ。

$$\mathbf{y} = \mathbf{x} - \langle \mathbf{x}, \mathbf{e} \rangle \mathbf{e} \quad (2-2)$$

4. 3 次元ベクトル $\mathbf{c}$ を

$$\mathbf{c} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (2-3)$$

で与える。式 (2-2) において、 $\mathbf{x}$ および $\mathbf{e}$ に、それぞれ、 $\mathbf{c}$ および 2. で求めた $\mathbf{b}$ を代入したとき、 $\mathbf{y}$ を計算せよ。また、得られたベクトルと同じ方向でノルムが 1 であるベクトル $\mathbf{w}$ を計算せよ。

5. 3. で用いたベクトルに関して、ベクトル $\mathbf{x}$ と $\mathbf{e}$ の 1 次結合の全体からなる部分空間と、ベクトル $\mathbf{y}$ と $\mathbf{e}$ の 1 次結合の全体からなる部分空間が等しいことを証明せよ。
6. それぞれ 2. と 4. で求めたベクトル $\mathbf{b}$ と $\mathbf{w}$ に対して、次の行列 P を計算せよ。

$$P = \mathbf{b}\mathbf{b}^T + \mathbf{w}\mathbf{w}^T \quad (2-4)$$

7. 6. で与えた行列 P の特徴的な性質を 2 つ述べよ。

問題 [3]

ある機械が保守整備をせずに使用できる平均期間は 24 ヶ月である。この機械が保守整備を必要とする時期は偶発的であり、ポアソン過程に従う。現在、この機械の定期検査を 4 ヶ月毎に実施しており、保守整備を必要とする状況が明らかになった場合はすぐに対応している。定期検査後、次の定期検査までに重大な故障や不具合等で機械が使えなくなることは想定しない。次の問いに答えよ。なお、必要に応じて表 3-1 を使用してよい。

1. 最初の定期検査で保守整備が必要となる確率を求めよ。
2. 最初の定期検査で保守整備の必要がなかった場合、次の定期検査でも保守整備の必要がない確率を求めよ。
3. A 社ではこの機械を 3 台所有しており、定期検査は同時に行うとする。各機械の保守整備の必要性を独立とするとき、最初の定期検査で保守整備を必要とする機械が 1 台以内となる確率を求めよ。
4. 3. と同じ条件下で、A 社が最初の定期検査で保守整備を必要とする確率を 27%未満にしたい。この 27%未満を満足する定期検査の周期を求めよ。

表 3-1 指数関数表 ($e^{-x} = \frac{1}{e^x}$) の一部

x	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009
0.00	1.0000	0.9990	0.9980	0.9970	0.9960	0.9950	0.9940	0.9930	0.9920	0.9910
0.01	0.9900	0.9891	0.9881	0.9871	0.9861	0.9851	0.9841	0.9831	0.9822	0.9812
0.02	0.9802	0.9792	0.9782	0.9773	0.9763	0.9753	0.9743	0.9734	0.9724	0.9714
0.03	0.9704	0.9695	0.9685	0.9675	0.9666	0.9656	0.9646	0.9637	0.9627	0.9618
0.04	0.9608	0.9598	0.9589	0.9579	0.9570	0.9560	0.9550	0.9541	0.9531	0.9522
0.05	0.9512	0.9503	0.9493	0.9484	0.9474	0.9465	0.9455	0.9446	0.9436	0.9427
0.06	0.9418	0.9408	0.9399	0.9389	0.9380	0.9371	0.9361	0.9352	0.9343	0.9333
0.07	0.9324	0.9315	0.9305	0.9296	0.9287	0.9277	0.9268	0.9259	0.9250	0.9240
0.08	0.9231	0.9222	0.9213	0.9204	0.9194	0.9185	0.9176	0.9167	0.9158	0.9148
0.09	0.9139	0.9130	0.9121	0.9112	0.9103	0.9094	0.9085	0.9076	0.9066	0.9057
0.10	0.9048	0.9039	0.9030	0.9021	0.9012	0.9003	0.8994	0.8985	0.8976	0.8967
0.11	0.8958	0.8949	0.8940	0.8932	0.8923	0.8914	0.8905	0.8896	0.8887	0.8878
0.12	0.8869	0.8860	0.8851	0.8843	0.8834	0.8825	0.8816	0.8807	0.8799	0.8790
0.13	0.8781	0.8772	0.8763	0.8755	0.8746	0.8737	0.8728	0.8720	0.8711	0.8702
0.14	0.8694	0.8685	0.8676	0.8668	0.8659	0.8650	0.8642	0.8633	0.8624	0.8616
0.15	0.8607	0.8598	0.8590	0.8581	0.8573	0.8564	0.8556	0.8547	0.8538	0.8530
0.16	0.8521	0.8513	0.8504	0.8496	0.8487	0.8479	0.8470	0.8462	0.8454	0.8445
0.17	0.8437	0.8428	0.8420	0.8411	0.8403	0.8395	0.8386	0.8378	0.8369	0.8361
0.18	0.8353	0.8344	0.8336	0.8328	0.8319	0.8311	0.8303	0.8294	0.8286	0.8278
0.19	0.8270	0.8261	0.8253	0.8245	0.8237	0.8228	0.8220	0.8212	0.8204	0.8195
0.20	0.8187	0.8179	0.8171	0.8163	0.8155	0.8146	0.8138	0.8130	0.8122	0.8114

(次のページに続く)

表 3-1 指数関数表 ($e^{-x} = \frac{1}{e^x}$) の一部

x	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009
0.21	0.8106	0.8098	0.8090	0.8082	0.8073	0.8065	0.8057	0.8049	0.8041	0.8033
0.22	0.8025	0.8017	0.8009	0.8001	0.7993	0.7985	0.7977	0.7969	0.7961	0.7953
0.23	0.7945	0.7937	0.7929	0.7922	0.7914	0.7906	0.7898	0.7890	0.7882	0.7874
0.24	0.7866	0.7858	0.7851	0.7843	0.7835	0.7827	0.7819	0.7811	0.7804	0.7796
0.25	0.7788	0.7780	0.7772	0.7765	0.7757	0.7749	0.7741	0.7734	0.7726	0.7718
0.26	0.7711	0.7703	0.7695	0.7687	0.7680	0.7672	0.7664	0.7657	0.7649	0.7641
0.27	0.7634	0.7626	0.7619	0.7611	0.7603	0.7596	0.7588	0.7581	0.7573	0.7565
0.28	0.7558	0.7550	0.7543	0.7535	0.7528	0.7520	0.7513	0.7505	0.7498	0.7490
0.29	0.7483	0.7475	0.7468	0.7460	0.7453	0.7445	0.7438	0.7430	0.7423	0.7416
0.30	0.7408	0.7401	0.7393	0.7386	0.7379	0.7371	0.7364	0.7357	0.7349	0.7342
0.31	0.7334	0.7327	0.7320	0.7312	0.7305	0.7298	0.7291	0.7283	0.7276	0.7269
0.32	0.7261	0.7254	0.7247	0.7240	0.7233	0.7225	0.7218	0.7211	0.7204	0.7196
0.33	0.7189	0.7182	0.7175	0.7168	0.7161	0.7153	0.7146	0.7139	0.7132	0.7125
0.34	0.7118	0.7111	0.7103	0.7096	0.7089	0.7082	0.7075	0.7068	0.7061	0.7054
0.35	0.7047	0.7040	0.7033	0.7026	0.7019	0.7012	0.7005	0.6998	0.6991	0.6984
0.36	0.6977	0.6970	0.6963	0.6956	0.6949	0.6942	0.6935	0.6928	0.6921	0.6914
0.37	0.6907	0.6900	0.6894	0.6887	0.6880	0.6873	0.6866	0.6859	0.6852	0.6845
0.38	0.6839	0.6832	0.6825	0.6818	0.6811	0.6805	0.6798	0.6791	0.6784	0.6777
0.39	0.6771	0.6764	0.6757	0.6750	0.6744	0.6737	0.6730	0.6723	0.6717	0.6710
0.40	0.6703	0.6697	0.6690	0.6683	0.6676	0.6670	0.6663	0.6656	0.6650	0.6643
0.41	0.6637	0.6630	0.6623	0.6617	0.6610	0.6603	0.6597	0.6590	0.6584	0.6577
0.42	0.6570	0.6564	0.6557	0.6551	0.6544	0.6538	0.6531	0.6525	0.6518	0.6512
0.43	0.6505	0.6499	0.6492	0.6486	0.6479	0.6473	0.6466	0.6460	0.6453	0.6447
0.44	0.6440	0.6434	0.6427	0.6421	0.6415	0.6408	0.6402	0.6395	0.6389	0.6383
0.45	0.6376	0.6370	0.6364	0.6357	0.6351	0.6344	0.6338	0.6332	0.6325	0.6319
0.46	0.6313	0.6307	0.6300	0.6294	0.6288	0.6281	0.6275	0.6269	0.6263	0.6256
0.47	0.6250	0.6244	0.6238	0.6231	0.6225	0.6219	0.6213	0.6206	0.6200	0.6194
0.48	0.6188	0.6182	0.6175	0.6169	0.6163	0.6157	0.6151	0.6145	0.6139	0.6132
0.49	0.6126	0.6120	0.6114	0.6108	0.6102	0.6096	0.6090	0.6084	0.6077	0.6071
0.50	0.6065	0.6059	0.6053	0.6047	0.6041	0.6035	0.6029	0.6023	0.6017	0.6011

問題 [4]

1. 図 4-1 のように、片持ちはりの先端に、はりと垂直に荷重 W をかける。 x 軸をはりの先端から根本の方向に正にとり、 z 軸を図 4-1 の正面図のようにはりの軸と垂直にとる。はりの断面は一辺 $h(x)$ の正方形とする。このとき、 x 軸に垂直なはりのどの断面でも最大曲げ応力が一定値 σ となるようにしたい。以下の問に答えよ。ただし、はりの変形は微小とし、はりの自重は無視できるものとする。

(1) z 軸に関するはりの断面 2 次モーメントを表せ。

(2) $h(x)$ を、 W 、 σ 、 x で表せ。

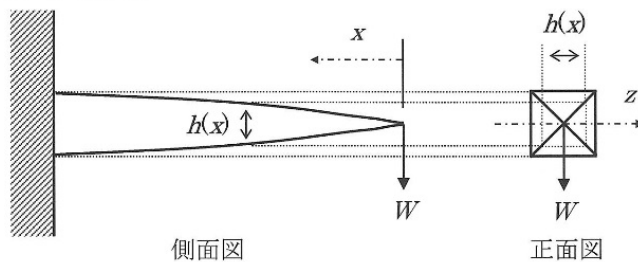


図 4-1

2. 図 4-2 のように、直角に折れ曲がった曲がりはり ABC があり、位置 A で壁と垂直に固定されている。はり AB とはり BC の長さはともに L とする。位置 C に、はり ABC の面と垂直に荷重 W をかける。以下の問に答えよ。ただし、はりの自重は無視でき、はりの真直部分の曲げ剛性を EI (一定)、ねじり剛性を GJ (一定) とする。

(1) はり BC のひずみエネルギーを求めよ。

(2) はり AB のひずみエネルギーを求めよ。

(3) 位置 C におけるたわみ量を求めよ。

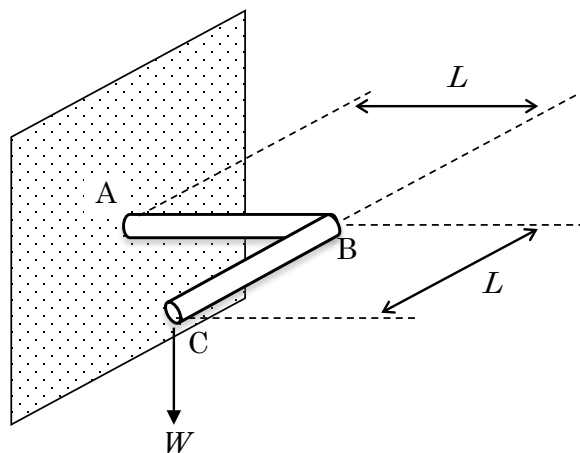


図 4-2

問題 [5]

1. 電磁気学における真空中のマクスウェル (Maxwell) の方程式を微分形で示せ。ただし、式中に現れる全ての変数および定数の名称を明記すること。
2. 図 5-1 に示すように、真空の 3 次元空間で、無限に長い円柱内に電荷が分布している。円柱の半径は R とする。電荷は体積電荷密度 ρ で円柱内に均一に分布している。円柱の中心軸に垂直に r 軸を取り、円柱の中心軸の位置を $r=0$ とする。以下の問いに答えよ。
 - (1) $r > R$ の時、電界の r 方向成分 E_r を r の関数で表せ。導出過程も記すこと。
 - (2) $r < R$ の時、電界の r 方向成分 E_r を r の関数で表せ。導出過程も記すこと。
3. 図 5-2 に示すように、真空の 3 次元空間で、無限に長い中空円筒状に電流が分布している。円筒の半径は R で、全電流は I とする。電流は中心軸に平行な方向に流れ、円周上で均一に分布し、円筒内には流れていない。円筒の中心軸に垂直に r 軸を取り、円筒の中心軸の位置を $r=0$ とする。図 5-2 のように、中心軸と r 軸に垂直な方向を ϕ 方向とする。以下の問いに答えよ。
 - (1) $r > R$ の時、磁界の ϕ 方向成分 H_ϕ を r の関数で表せ。導出過程も記すこと。
 - (2) $r < R$ の時、磁界の ϕ 方向成分 H_ϕ を r の関数で表せ。導出過程も記すこと。

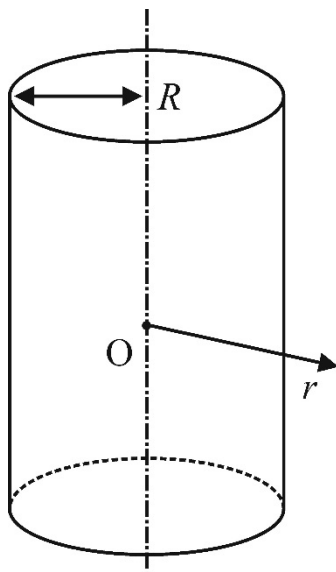


図 5-1 中実円柱内に
均一分布する電荷

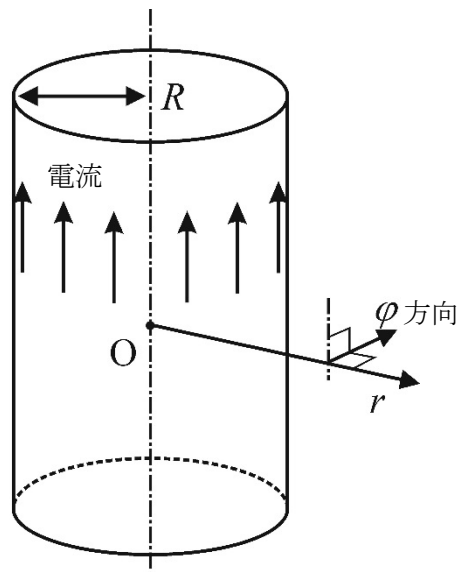


図 5-2 中空円筒状に分布
する電流

問題 [6]

1. ギブズの相律に関する以下の問いに答えよ。

- (1) c 個の成分からなる閉じた系において p 個の相が共存して平衡状態にあり, この系の自由度を f とする。 c , p , および f を用いてギブズの相律を表せ。
- (2) 系の平衡状態において, (i) 全ての相の温度は等しい, (ii) 全ての相の圧力は等しい, および (iii) 全ての相の成分ごとの化学ポテンシャル(相の温度, 圧力, および組成により表される)は等しい, という条件が成り立っている。これらを参考にしてギブズの相律を導出せよ。

2. 図 6-1 は, ある圧力における成分 A と成分 B からなる 2 成分混合物の気液平衡関係を, 横軸に成分 A のモル分率 x を, 縦軸に温度 T をとり, 表したものである。

成分 A と成分 B は共沸混合物を形成する。以下の問いに答えよ。

- (1) 図 6-1 において, 成分 A および成分 B の混合物が液体の状態にある場合についての以下の (a) ~ (c) の文章の中で正しいものを選べ。
 - (a) 常に液体は 1 相である。
 - (b) 液体が 2 相となる場合がある。
 - (c) 常に液体は 2 相である。
- (2) 純物質 A の沸点および純物質 B の沸点を図 6-1 中の記号を用いて示せ。
- (3) $x = x_1$ である成分 A と成分 B の混合物の沸点を図 6-1 の記号を用いて示せ。
- (4) 共沸混合物における成分 A のモル分率 x および共沸混合物の沸点を図 6-1 中の記号を用いて示せ。
- (5) 図 6-1 中の点 P_1 は気体の 1 相が存在する状態を, 点 P_2 は $x = x_1$ の液体と $x = x_3$ の気体の 2 相が存在する状態を表している。これらと同様に, 点 Q_1 , 点 Q_2 , および点 Q_3 のそれぞれが表している状態を答えよ。

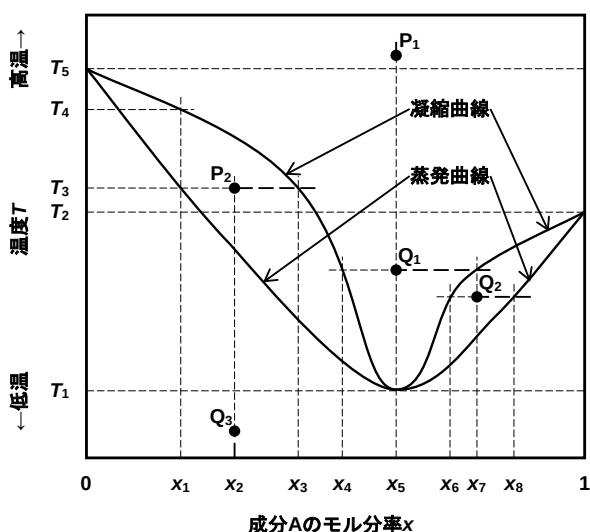


図 6-1

融合理工学系 筆答試験問題
「問題C（原子力・エネルギー関連科目）」

試験時間：120 分

設問は[問題 1]から[問題 5]まで 5 題ある。
このうち 2 題を選択し回答すること。

[問題 1]

問 1 4 次行列式

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

を計算せよ。

問 2 実変数 x の関数 $f(x)$ に対する微分方程式

$$f''(x) - f(x) = -x^2 - 2x$$

の一般解を求めよ。

問 3 3 次元 xyz 直交座標の関数

$$f(x, y, z) = \frac{e^{-\sqrt{x^2+y^2}} \cos\left(\frac{\pi}{h}z\right)}{\sqrt{x^2+y^2}}$$

を, $x^2 + y^2 \leq a^2$ ($a > 0$) および $-h/2 \leq z \leq h/2$ ($h > 0$) の領域で積分せよ。

問 4 2 次元 xy 直交座標のベクトル場 $\mathbf{A} = (2xy, x^2)$ の線積分を, $x^2 + y^2 = a^2$ ($a > 0$) の円周上で点 $P(a, 0)$ から点 $Q(a/\sqrt{2}, a/\sqrt{2})$ まで反時計回りで計算せよ。

問 5 3 次元 xyz 直交座標のベクトル場 $\mathbf{A} = (xyz, xyz, xyz)$ について, $\operatorname{div} \mathbf{A}$, $\operatorname{grad} (\operatorname{div} \mathbf{A})$, $\operatorname{rot} \mathbf{A}$ を計算せよ。

〔問題 2〕

問 1 地球の重力場における質点の運動についての以下の設問に答えよ。ただし、地球が質量 M をもつ半径 R_E の密度一様な球であると仮定し、地球の自転、公転による影響、空気抵抗及び地球以外からの万有引力は無視する。計算に必要な場合、 $R_E = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$ 、地球表面での重力加速度 $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$ 、万有引力定数 $G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ を用いよ。

- (1) 地球の中心 O から r の距離にある質量 m の質点 P の運動について考える。質点 P が地球表面の外にある場合 ($r \geq R_E$)、質点 P にはたらく力は、地球の中心 O に全質量 M が集まったときの万有引力に等しい。このとき、質点 P にはたらく重力ポテンシャル $U(r)$ は、

$$U(r) = -\frac{mgR_E^2}{r} \quad (\text{a})$$

と書けることを示せ。

- (2) 質点 P の地表面から垂直方向への打ち上げを考える。地球の重力があるにもかかわらず無限遠までいくことができる質点 P の地表面における最小の速度 v_0 を、式 (a) を使って導出せよ。
- (3) 図 1 のように地球の中心を通り、まっすぐ通り抜ける小さな穴を掘ったと仮定する。この穴の中へ落とした質点は単振動することを示せ。また周期 T を有効数字 2 桁で求めよ。

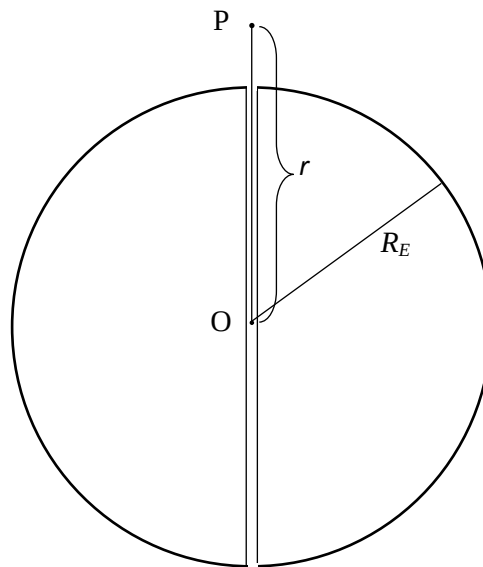


図 1

(〔問題 2〕は次ページへ続く)

問2 電荷 e ，質量 m の点電荷が図2のように一様な電場 $\mathbf{E} = (0, E, 0)$ と磁場 $\mathbf{B} = (0, 0, B)$ の作用の下で，原点 O から (x, y) 平面内に放出されるとき運動を考える。ただし，任意の時刻 t における点電荷の座標を $(x(t), y(t), z(t))$ ，速度を $\mathbf{v} = (v_x(t), v_y(t), v_z(t))$ とし，初速度を $\mathbf{v}_0 = (v_x(0), v_y(0), 0)$ とする。また， e, E, B は正值であり，点電荷の運動における相対論的效果を無視する。つぎの設問に答えよ。

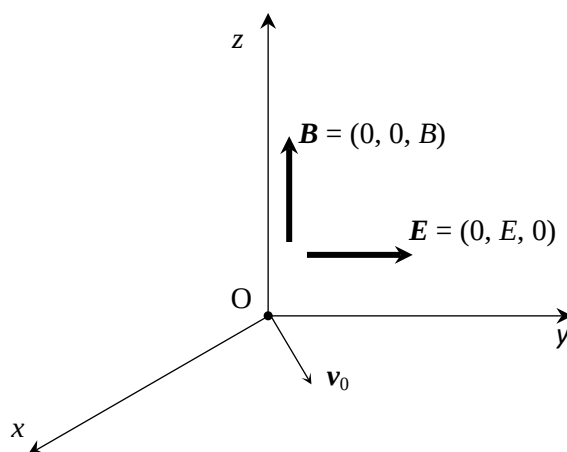


図2

- (1) 時刻 t における点電荷の運動方程式を， x, y, z 方向成分について $v_x(t), v_y(t), v_z(t)$ を用いてそれぞれ立てよ。
- (2) 点電荷の初速度 $\mathbf{v}_0$ が特定の条件を満たすときに点電荷は x 軸上を直進する。その際の $\mathbf{v}_0$ の条件を求めよ。

〔問題 3〕

問 1 つぎの原子もしくはイオンの基底状態における電子配置を〔例 1〕にならって記せ。

〔例 1〕 ${}_8\text{O}$ $1s^2 2s^2 2p^4$

- (1) ${}_6\text{C}$
- (2) ${}_{20}\text{Ca}$
- (3) ${}_{28}\text{Ni}$
- (4) ${}_{29}\text{Cu}^+$

問 2 無機化合物の分子構造についてつぎの設問に答えよ。

- (1) 三フッ化ホウ素(BF_3)の分子構造は平面三角形型(図 1)であるのに対し, アンモニア(NH_3)の分子構造は三角錐型(図 2)である。それぞれの分子のルイス式を書き, これらの分子構造に違いが見られる理由を簡潔に説明せよ。

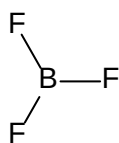


図 1

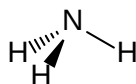
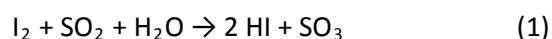


図 2

- (2) ホウ酸は化学式 B(OH)_3 で表される無色の固体であり, その水溶液は酸性を示す。 B(OH)_3 および B(OH)_4^- のルイス式を書き, ホウ酸が水に溶解する際の反応式を記述せよ。

問 3 滴定分析に関するつぎの設問に答えよ。

- (1) 水分定量法としてよく用いられるカールフィッシャー滴定の原理は反応式(1)に従う。この反応の前後におけるヨウ素および硫黄の酸化数をそれぞれ答えよ。



- (2) 反応式(1)の進行に伴って消費される I_2 は, 実際の滴定では反応式(2)に示す電解反応によって再生される。反応式(1)および(2)を用いてこの滴定分析で生じる正味の反応を記述せよ。



(〔問題 3〕 は次ページへ続く)

(3) 反応式(1)および(2)には現れないが, 実際の滴定溶液中にはピリジンもしくはイミダゾール(図

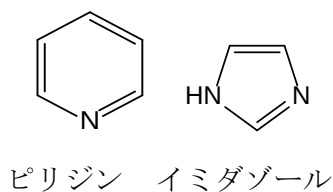


図 3

3)が含まれている。これらの役割について分子構造および反応式(1)から類推して答えよ。

(4) ある液体試料中の水分量をカールフィッシャー滴定により定量した。その結果, 試料 1 g 当り 1.93 C の電気量を消費した。この試料中に含まれる水分量を百万分率(ppm = mg kg^{-1})で求めよ。ただし, 水の分子量は 18 g mol^{-1} , ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$ とする。

問題 4 以下の用語について簡単に説明せよ。

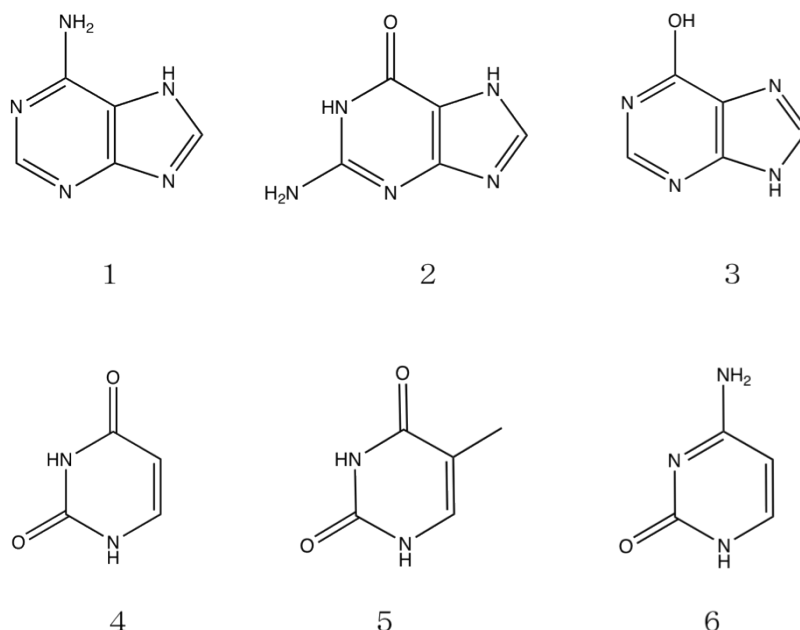
- (1) 平均自由工程
- (2) 共有結合とイオン結合
- (3) 熱力学第一法則
- (4) 赤外分光法

[問題 4]

問 1 次の文を読み設問に答えよ。

遺伝情報を伝えるデオキシリボ核酸 (DNA) は、デオキシリボース、リン酸、塩基からなる。塩基には ^(a)A, C, G, T の略号で表される 4 種類がある。^(b)DNA は二重らせん構造を形成し、向かい合った二本の鎖の間で A と T, G と C がそれぞれ対をなす。

(1) 下線部(a)の A, C, G, T の略号で表される 4 種類の塩基の名称をそれぞれ記せ。また、構造として正しいものを下の図 1 ~ 6 から選べ。解答は「A-〇〇 (名称) -△ (番号)」のように記入せよ。



(2) 下線部(b)の生物学的意義を述べよ。

(3) A と T, G と C がどのように対をなすかを図示せよ。ただし、水素結合は点線で示せ。

問 2 次の文を読み設問に答えよ。

(a) PCRとは、少量の DNA から特定の部分を指数関数的に増幅する技術であり、分子生物学研究を飛躍的に進めた他、社会的にも広く活用されている。PCR は酵素による (b)DNA 合成反応の制約条件 を利用している。PCR を行う際、まず、増幅したい領域の両端の配列に対応する (c)2 本の短い DNA 鎖 を合成する。これを鋳型となる DNA, 4 種類のデオキシリボヌクレオチド, (d)特殊な生物に由来する DNA 合成酵素 とともに試験管に入れる。この試験管をサーマルサイクラーと呼ばれる装置にセットし, (e)温度の上下 を繰り返すと、試験管の中で, (f)DNA 二本鎖の解離 (変性), (g)短い DNA 鎖と鋳型となる一本鎖 DNA の結合, (h)短い DNA 鎖からの伸長による DNA の合成 が繰り返され、1 サイクルごとに原理的には 2 本の短い DNA 鎖の間の部分の DNA が 2 倍に増える。

(1) 下線部(a)の「PCR」を略せずに記せ。

([問題 4] は次ページへ続く)

- (2) 下線部(b)の「DNA 合成反応の制約条件」を2つ記せ。
- (3) 下線部(c)を何というか。
- (4) 下線部(d)の「特殊な生物」とはどのような生物か。また、そのような生物に由来する DNA 合成酵素を必要とする理由は何か。
- (5) 下線部(e)について、下線部(ア), (イ), (ウ)が起こる温度の関係を例にならって示せ。
例 ((a)が最も低く, (c)が最も高い場合) : $(a) < (b) < (c)$
- (6) PCR の(1)科学研究での応用例, (2)社会的な応用例を1つずつ挙げ, 数行で説明せよ。

問3 次の問いに答えよ。

- (1) 動物の体細胞の細胞周期について説明せよ。ただし、以下の用語を用いること。
G1 期、G2 期、M 期、S 期、サイクリン依存性キナーゼ
- (2) 動物の体細胞に放射線を照射すると、細胞周期のいくつかの段階で細胞周期の進行が一旦停止する場合がある。この現象の生物学的意義を述べよ。

〔問題5〕

問1 図1のような真空中で厚さ a の均質な無限平板の裸の原子炉が臨界となっている。1群中性子拡散理論を用いて以下の設問に答えよ。ただし、炉心のマクロ吸収断面積を Σ_a 、マクロ核分裂断面積を Σ_f 、拡散係数を D 、1回の核分裂で発生する平均中性子数を ν とし、中性子外挿距離は無視せよ。

- (1) 原子炉内の中性子束 $\phi(x)$ が満たす拡散方程式と境界条件を記せ。
- (2) $x = 0$ での中性子束が ϕ_0 であるとき原子炉内の中性子束 $\phi(x)$ を求めよ。
- (3) 臨界条件を表す式を求めよ。

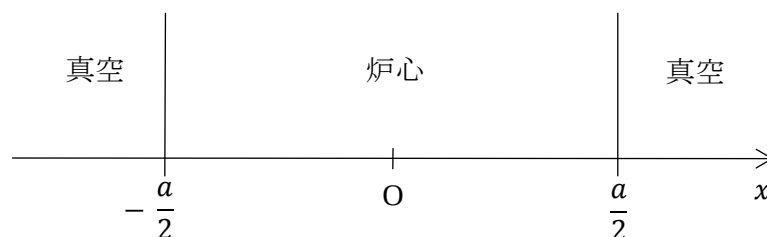


図1

問2 開発が現在進められている核融合炉の炉心概念には、磁場閉じ込め方式と慣性閉じ込め方式がある。それぞれの方式の共通点と違いについて簡潔に説明せよ。

問3 原子炉工学で用いられるつぎの用語について簡潔に説明せよ。

- (1) 受動的安全
- (2) 燃料デブリ
- (3) 設計基準事故
- (4) 臨界事故