

平成23年10月入学

平成24年 4月入学

東京農工大学大学院
生物システム応用科学府
博士前期課程（修士）

入学試験問題（基礎）

1. 解析学, 2. 線形代数学, 3. フーリエ及びラプラス変換
4. 確率及び統計学, 5. 力学, 6. 電磁気学
7. 光学及び波動, 8. 情報基礎, 9. 物理化学
10. 有機化学, 11. 無機化学, 12. 分析化学
13. 分子生物学, 14. 細胞生物学, 15. 生理・生化学
16. 生態学

（注意事項）

1. 以上16題の中から任意の4題を選択し、解答すること。
2. 解答は問題ごとに別々の解答用紙に記入すること。
3. 受験番号と問題番号を解答用紙の所定欄に必ず記入すること。

1. (解析学)

次の微分方程式の一般解を求めよ、ただし計算過程も示すこと。

(1) $\frac{d^3x}{dt^3} - 2\frac{dx}{dt} + 4x = 0$

(2) $(1-t^2)\frac{d^2x}{dt^2} - 2t\frac{dx}{dt} + 2x = 0$

2. (線形代数学)

次の行列 A に対し, 以下の問いに答えよ.

$$A = \begin{pmatrix} 7 & 4 \\ 4 & 1 \end{pmatrix}$$

- (1) 行列 A の固有値と, それらに対する固有ベクトルを求めよ.
- (2) 行列 A を直交行列で対角化せよ.
- (3) 行列 A^n (n は整数) を求めよ.

3. (フーリエ及びラプラス変換)

以下の問いに答えよ。ただし、答えを導く過程も記すこと。

- (1) 次の周期 2π の周期関数 $f(x)$ をフーリエ級数に展開せよ。

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\pi} & (-\pi \leq x < 0) \\ 0 & (0 \leq x < \pi) \end{cases}$$

- (2) 次の関数 $g(x)$ のフーリエ変換 $G(\omega)$ を求めよ。ただし、 a は正の定数とする。

$$g(t) = \begin{cases} -at & (-1 \leq t \leq 1) \\ 0 & (t < -1, 1 < t) \end{cases}$$

4. (確率・統計学)

下図のような双六(すごろく, 一種のゲーム)がある. 各プレイヤーは, 各自の駒 1 個をまずスタート位置に置く. 自分の手番になるたびに, サイコロ 1 個を振り, 出た目の数だけ自分の駒を進める. ただし, ゴールにおいては, 出た目の数だけ進んでちょうどゴールに到達した場合に限り「上がり」となり, 目の数が余った場合は, 余った数だけゴールから逆戻りする. たとえば駒が A_2 にあるときは, 2 が出た場合に「上がり」となるが, 5 が出た場合は 3 つ戻って A_3 に行くことになる.



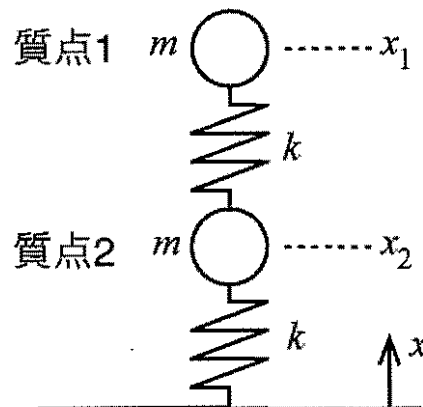
いま, 駒が A_n にあるときに, 「上がり」までに要する手番の数の期待値を $E(n)$ とするとき, 以下の問いに答えよ. 答だけでなく, 答に至る過程も示すこと.

- (1) $1 \leq n \leq 6$ のとき, n にかかわらず $E(n)$ は一定の値になることを説明せよ.
- (2) 前問 (1) における一定の値 E_R を求めよ.
- (3) $E(7)$ の値を求めよ. ただし E_R を用いてよい.
- (4) $E(9)$ の値を求めよ. ただし E_R を用いてよい.

5. (力学)

図のように質量 m [kg] の二つの質点がばね定数 k [N/m] の二つのばね（自然長 L [m] , 質量は無視できる）で床につながれた系がある。質点は鉛直方向にのみ動くことができる。このとき、次の問いに答えよ。重力加速度の大きさを g [m/s²] と表す。

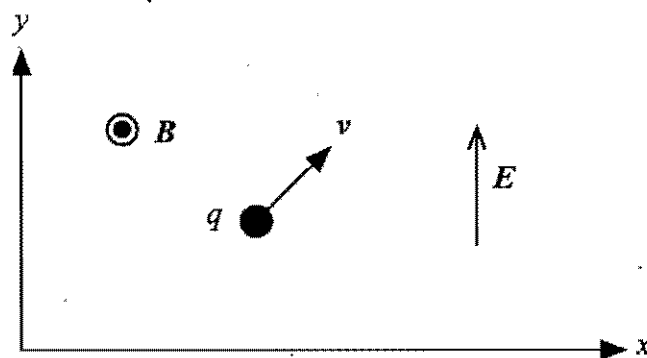
- (1) 床からの質点の位置を x_i [m] (i は質点の添字, $i=1,2$)と表す。平衡状態における各質点の位置を求めよ。
- (2) それぞれの質点の平衡状態からの変位を u_i [m] ($i=1,2$)と表す。各質点の運動方程式を u_i を用いて記述せよ。
- (3) この系は二つの基準振動を持つ。基準振動を $u_i = A_i \cos \omega t$ ($i=1,2$)と表すとき、 ω^2 をそれぞれ求めよ。
- (4) それぞれの ω^2 に対する A_2/A_1 を求めよ。



6. (電磁気学)

質量 m [kg] , 電荷 q [C] の荷電粒子が, 図のように y 軸方向に電界 E (V/m) , xy 平面に垂直に磁束密度 B (T) がかけられた xy 面内で運動する. 初期状態では荷電粒子は原点に静止していた. このとき, 次の問いに答えよ.

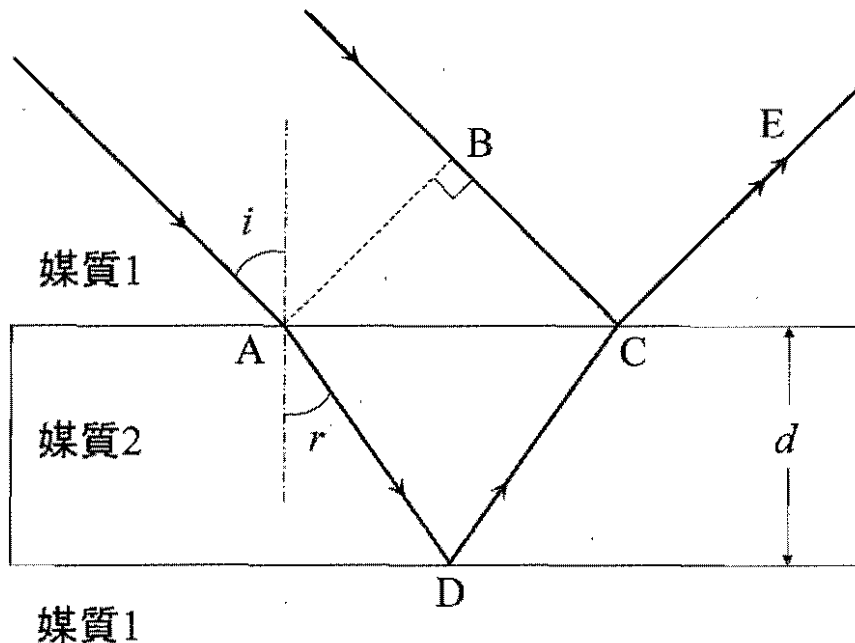
- (1) 荷電粒子の速度 v の x, y 成分をそれぞれ v_x [m/s] , v_y [m/s] と表すとき, 粒子の運動方程式を v_x, v_y を用いて記せ.
- (2) v_y に関する微分方程式を導け.
- (3) v_y の初期条件を示し, 微分方程式を解いて v_y を求めよ.
- (4) v_x を求めよ.



7. (光学及び波動)

図に示すように、媒質1から厚さ d の媒質2(薄膜)に平行光束が入射角 i で入射する場合を考える。媒質1および媒質2の絶対屈折率をそれぞれ n_1 および n_2 とし、 $n_1 < n_2$ とする。また、媒質1および媒質2における光の波長をそれぞれ λ_1 および λ_2 とし、媒質2に入射したときの屈折角を r として、次の問いに答えよ。

- (1) 経路ADCの距離を d, r を用いて表わせ。
- (2) 経路BCの距離を d, r, i を用いて表わせ。
- (3) 経路ADCと経路BCの光学的距離の差を求めよ。
- (4) (3)の結果を利用して、経路ADCと経路BCを進んで位置Eに達した光の強度が弱め合う条件と強め合う条件を表わせ。



8. (情報基礎)

(1) 正の整数 m, n が与えられたときに, $m\sqrt{n}$ を簡略化したい.

ここで, 簡略化とは, $m\sqrt{n} = p\sqrt{q}$ (p, q は正の整数) を満たし, かつ, q が最小となるような $p\sqrt{q}$ を求めることとする. たとえば,

$$m=2, n=12 \text{ のとき, } p=4, q=3$$

$$m=1, n=7 \text{ のとき, } p=1, q=7$$

$$m=3, n=16 \text{ のとき, } p=12, q=1$$

などである.

正の整数 m, n を入力し, このような p, q を計算して出力するための手順 (アルゴリズムまたはプログラム) の一例を示せ.

解答の書き方は,

手続き型プログラミング言語 (C, BASIC など)

手順を箇条書きやプログラム風に記述したもの

フローチャート

などの中から自由に選んでよい.

必要に応じてコメントや考え方の説明を付加することを勧める.

なお, 本問では手順が正しいかどうかを採点するため, 手順を説明する上で支障がない限り, プログラム中の変数宣言などは省略してもよい. また, 些細な文法ミスなどは減点しない.

(2) このような問題においては, n が非常に大きい整数のときに計算量が膨大になる可能性がある.

前問 (1) で作成した手順に関して, 計算の効率化のために工夫した点を述べよ. または, 効率化のために改善しうる点を指摘せよ.

9. (物理化学)

1 気圧で、 -10°C の1モルの氷を、水を経て、 110°C の水蒸気にすることを考える。以下の問いに答えよ。

- (i) エンタルピー変化量を計算するために必要な物理量の名前と単位、それらの物理的意味を書け。ヒント：五つの過程に分けて考えるとよい。
- (ii) (i)の物理量を適当な記号で表し、それらを使ってエンタルピー変化量の合計を表す式を書け。ただし、積分記号を使ってよい。
- (iii) (i)の物理量が定数であると仮定するとき、それらを使ってエンタルピー変化量の合計を表す式を書け。
- (iv) (i)の物理量が定数であると仮定するとき、それらを使ってエントロピー変化量の合計を表す式を書け。

10. (有機化学)

(1) 次のような経路(a)~(d)で、1-ブロモプロパンから2-ブロモブタンを合成する。それぞれの反応に必要な試薬などの条件を含めて、(a)~(d)を化学反応式の形で書け。なお、副生成物を書く必要はない。

(a) 1-ブロモプロパン $\rightarrow$ Grignard 試薬

(b) Grignard 試薬 $\rightarrow$ アルコール

(c) アルコール $\rightarrow$ アルケン

(d) アルケン $\rightarrow$ 2-ブロモブタン

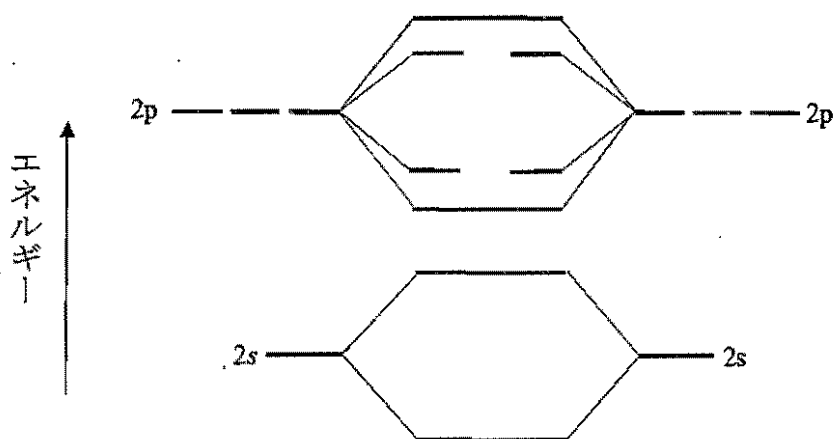
(2) プロパナールと3-フルオロプロパナールを混ぜて、アルドール縮合させたときのすべての生成物とそれらの IUPAC 名 (英語) を書け。なお、脱水反応や3分子以上の縮合反応は起こらず、また、フッ素の化学結合は反応の影響を受けないとする。

1 1. (無機化学)

(1) 酸素分子 (O_2) および超酸化物イオン (O_2^-) に関して、次の各問に答えよ。

(i) 分子軌道法 (MO) に基づき、下図のような O_2 の分子軌道エネルギー準位図 (内殻電子を除く) を参考にして、 O_2 および O_2^- の基底状態の電子配置図を書け。

(ii) O_2 および O_2^- の結合次数を求め、その結合の強度を比較せよ。



O_2 の分子軌道エネルギー準位図

(2) ブレンステッド (Brønsted) -ローリー (Lowry) の酸・塩基の定義を書け。また、その定義に基づいて、次の反応(i)~(iii)の反応物と生成物が酸であるか、塩基であるかを書け。

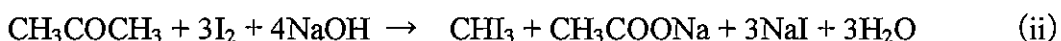


1 2. (分析化学)

ヨウ素とチオ硫酸ナトリウムの組合せを用いたヨウ素還元滴定法は多くの分野で応用されている。



ここで、工業的に溶剤として使用されているアセトンの純度をこのヨウ素還元滴定法で測定する。精秤した 1.800 g のアセトン試料を 1 L のメスフラスコに入れ、純水で希釈し、1.000 L のアセトン溶液を調製した。予め 1.000 mol L⁻¹ 水酸化ナトリウム溶液 25.00 mL を入れてある共栓付き三角フラスコに、ホールピペットで分取したアセトン溶液 25.00 mL を加える。ホールピペットを用いて 0.05000 mol L⁻¹ ヨウ素水溶液 50.00 mL を取り、振り混ぜながら三角フラスコに加える。その後、栓をして約 15 分間放置し、式 (ii) のような反応ですべてのアセトンが完全に酢酸イオンになるまで酸化した。



その後、この溶液に 1.000 M 塩酸を加えて溶液を酸性にして、溶液中の過剰なヨウ素を還元滴定したところ、0.1000 mol L⁻¹ チオ硫酸ナトリウム 4.000 mL を要した。次の各問に答えよ。

- (1) 式 (i) のヨウ素還元滴定に最もよく使用されている指示薬を書け。
- (2) アセトン試料中のアセトン重量パーセント（純度）を求めよ。また、答えを導く過程も書け。必要があれば、下記の元素原子量を用いよ。なお、有効数字 3 桁で答えよ。

原子量：H: 1.008, C: 12.01, O: 16.00

1 3. (分子生物学)

(1) 次の文章を読み、各設問に答えよ。

染色体 DNA に書き込まれた遺伝情報から必要な情報を読み取る第一段階では、遺伝子として機能する特定の DNA 領域の塩基配列が RNA として複写（転写）される。RNA も DNA と同様に 4 種類のヌクレオチドがホスホジエステル結合でつながった重合体である。

(i) DNA と RNA の化学構造を比較した時、各々の異なる点を 2 つ挙げよ。

(ii) DNA からメッセンジャーRNA が生成する過程で、真核細胞の核内で起こる RNA プロセッシングの例を 3 つ挙げよ。

(iii) 一般に、真核生物の遺伝子には、原核生物とは違いタンパク質のアミノ酸配列をコードしないイントロン領域が存在する。生物の進化や遺伝子発現の観点から考えたとき、遺伝子の内部にイントロンが存在する利点として考えられることを一つ挙げよ。

(iv) リボソーム RNA (rRNA) の遺伝子は、特定のタンパク質をコードする遺伝子（例えば、代謝酵素の遺伝子）と比較するとその数が多いのが通例である。タンパク質に翻訳されない rRNA の遺伝子の数が多い理由として考えられることを簡素に述べよ。

(2) 次の (A) ～ (C) の用語について、各々 50 字程度で説明せよ。

(A) re-sequencing (リシーケンス)

(B) Klenow fragment (クレノウ断片)

(C) Genome (ゲノム)

1 4. (細胞生物学)

(1) 次の文章を読み、各設問に答えよ。

真核生物の細胞分裂においては、染色体 DNA の複製、核や細胞質の分裂などを経て二つの娘細胞ができる。細胞が増殖する際には、分裂してできた娘細胞が更に分裂するが、この一連の細胞分裂の過程を(A)細胞周期という。真核生物の細胞周期には、大別して S 期、M 期、G1 期、G2 期の 4 つのステージがある。各々のステージ間の移行には、いくつかの(B)チェックポイントを通過することが重要であり、何らかの異常が検出された場合には、次のステージへ移行できない仕組みになっている。

(i) 文中にある S 期と M 期はどのようなステージであるか、各々簡素に説明せよ (各々 20 字以内で解答すること)。

(ii) M 期以外の S 期、G1 期、G2 期をまとめてなんと呼ぶか、簡素に答えよ。

(iii) 下線部 (A) に関して、細胞周期の制御機構の仕組みを以下のカッコ内の用語を全て使い 200 字程度で説明せよ。

[サイクリン、サイクリン依存性キナーゼ、細胞分裂]

(iv) 下線部 (B) に関して、G2 期から M 期へ移行する際のチェックポイントで検証される細胞の異常にはどのようなものがあるか、一例を挙げよ (30 字以内で解答すること)。

(2) 次の (A) ~ (C) の用語について、各々 50 字程度で説明せよ。

(A) ヒストンコード

(B) 細胞骨格

(C) 胚性幹細胞

15. (生理・生化学)

(1) 次の文章を読んで、下記の質問に答えよ。

細胞膜は細胞内の物質を放出する出口となる。神経からの伝達物質の放出、外分泌腺からの消化酵素の分泌、内分泌細胞からのホルモンの分泌は (A) によって行われる。また、リンパ球からの (B) の放出も (A) によって進行する。(C) 反応によって放出されるヒスタミンのような生理活性物質を含む細胞内顆粒も (A) によって進行する。一方、(1)細胞膜は、細胞外に存在する物質を、まず膜上の受容体と結合させ、次にくぼみを陥入させて被覆小胞を形成することによって、細胞内に取り込む。

(i) (A) ~ (C) に合う最も適当な用語を答えよ。

(ii) 下線部(1)を何と呼ぶか、また、この現象の具体的な例を挙げよ。

(2) 次の (D) ~ (F) の用語について、それぞれ 50 字程度で説明せよ。

(D) ペプチド

(E) グルカン

(F) 生物発光

16. (生態学)

下記の文章を読み、下記の質問に答えよ。

我が国の本州中部地域において、亜高山帯の上部に分布するモミ属の森林では、⁽¹⁾〇〇〇現象が現れることがある。これは、風当たりの強い南あるいは南西斜面で、しかも土壌層の薄い岩塊斜面で発現する。このような⁽²⁾立地に発達する樹木の根は浅く、ある程度生長すると強風によって根が切断され、枯死する。このような⁽¹⁾〇〇〇現象は、多雪地の疎林を除いた亜高山の風衝斜面に広くみられ、針葉樹の⁽³⁾一斉更新が山の斜面で帯状に生起したものである。

(i) 下線部(1)に最も適当な用語（漢字およびひらがなを含む3文字）を入れよ。

(ii) 下線部(2)の意味を簡潔に30字程度で説明せよ。

(iii) 下線部(3)の意味を説明し、その具体例を述べよ。

(iv) 下線部(1)と酸性雨による森林衰退との違いを、規模あるいは程度から説明せよ。