令和5年度　お茶の水女子大学　理学部　第3年次編入学試験問題

数学科　　「数学」

$\boxed{1}$

$0 < s < 1$とし，関数$f : (0,1) \to \mathbb{R}$を

$$f(x) = x^{s-1}(1-x)^{s-1}$$

と定義する．このとき，次の問いに答えよ．

(1) 広義積分$\displaystyle\int_0^1 f(x)\,dx$が収束することを示せ．

(2) $s = \frac{1}{2}$のとき，$\displaystyle\int_0^1 f(x)\,dx$の値を求めよ．

(3) $y = 4x(1-x)$とおき，$\displaystyle\int_0^1 f(x)\,dx = 2^{1-2s}\int_0^1 y^{s-1}(1-y)^{-\frac{1}{2}}\,dy$
を示せ．

令和5年度　お茶の水女子大学　理学部　第3年次編入学試験問題

数学科　　「数学」

$\boxed{2}$

(1) 次の x, y, z についての1次方程式系の解の<u>個数</u>を, a の値で場合分けして求めよ.

$$\begin{cases} x - 2y - 3z = 3 \\ -2x + ay + 4z = 2 \\ -4x + 6y + (a+8)z = -4 \end{cases}$$

(2) 次の行列の対角化可能性を, 固有空間の次元を調べることで判定せよ.

$$A = \begin{pmatrix} 7 & 0 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 7 & 2 & 0 & -2 \\ 0 & 0 & 5 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 5 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 5 \end{pmatrix}$$

(3) 実行列について次の問に答えよ.

(i) 対称行列と直交行列の定義を述べよ.

(ii) 直交行列によって対角化可能な行列は対称行列であることを示せ.

(iii) 対称行列の固有値は実数であることを示せ.

令和5年度　お茶の水女子大学　理学部　第3年次編入学試験問題

物理学科　「数学・物理学」

回答は問題ごとに別の答案用紙に書くこと。また、答案用紙には結果の式や数値のみでなく、導出方法も記述せよ。たとえ時間内に結果が完全には得られない場合でも、考え方の筋道や方針を記述せよ。

[1]

(1) 実数 x の関数 $\log x$ を $x=2$ のまわりでテーラー展開して $(x-2)^3$ の項まで求めよ。

(2) $z^3=i$ を満たす相異なる3つの複素数 z を求めよ。ただし、複素数 z の偏角 θ の範囲は任意であるとする。さらに、複素数 z の偏角 θ の範囲を $0\le\theta<2\pi$ に限ることにすると答えは、どのように変わるか答えよ。この結果を用いて、複素数 z の関数 $z^{1/3}$ が一般には3価関数であることを説明せよ。一方、複素数 z の偏角 θ の範囲を $0\le\theta<2\pi$ に限ることにすると関数 $z^{1/3}$ は何価の関数になるか理由とともに答えよ。

(3) 実数 x と y の関数 $f(x,y)=x^5e^{x^2y^3}$ に対して、$\frac{\partial f(x,y)}{\partial x}$ と $\frac{\partial f(x,y)}{\partial y}$ を求めよ。

(4) 位置ベクトルを $\vec{r}=(x_1,x_2,x_3)$ とし、その絶対値を r と表す。また、微分演算子ベクトル ∇ を $\nabla=\left(\frac{\partial}{\partial x_1},\frac{\partial}{\partial x_2},\frac{\partial}{\partial x_3}\right)$ と定義する。このとき、次の問いに答えよ。

(i) ∇r の3つの成分を求めよ。

(ii) $\nabla\cdot\vec{r}$ の値を求めよ。

(iii) $\nabla\times\vec{r}$ の値を求めよ。

(5) 行列 H の固有値と規格直交化された2つの相異なる固有ベクトルを求めよ。ただし、行列 H は次式で与えられるとする。

$$H=\begin{pmatrix} 0 & 1+i \\ 1-i & 0 \end{pmatrix}$$

(6) 常微分方程式 $\frac{d^2x(t)}{dt^2}+4\frac{dx(t)}{dt}=t+\sin t$ の一般解を求めよ。ただし、x と t は実数の変数である。

[2]

2 次元平面上を運動する質量 m の質点を考える。質点の座標を $(x, y) = (r\cos\theta, r\sin\theta)$ と表す ($0 \le \theta < 2\pi$、$r \ge 0$)。また、この空間にはポテンシャル $U(r) = -A/r$ が存在する。ただし、A は正の定数とする。このとき、以下の問に答えよ。

(1) ニュートンの運動方程式 $m\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{\partial U}{\partial x}$ と $m\frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{\partial U}{\partial y}$ を r、θ、及びこれらの時間微分を用いて表せ。

(2) 前問の結果から次の式が成り立つことを示せ。

$$\frac{d}{dt}\left(mr^2\frac{d\theta}{dt}\right) = 0 \qquad m\frac{d^2r}{dt^2} - mr\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 + \frac{A}{r^2} = 0$$

(3) 問 (2) の 1 番目の式が表している物理的内容を説明せよ。以下では、$mr^2(d\theta/dt) = B$ と置く。

(4) 問 (2) の 2 番目の式から次の式が成り立つことを示せ。

$$\frac{d}{dt}\left[\frac{1}{2}m\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + \frac{B^2}{2mr^2} - \frac{A}{r}\right] = 0$$

(5) 問 (4) の式が表している物理的内容を説明せよ。以下では、$\frac{1}{2}m\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + \frac{B^2}{2mr^2} - \frac{A}{r} = C$ と置く。

(6) 質点が半径一定の円運動をしているとき、A、B、C の間に成り立つ関係式を求めよ。

[3]

電荷の偏りをもつ分子を簡単にモデル化したものとして、$+q$ の電荷をもつ点電荷と $-q$ の電荷をもつ点電荷が一定の距離 l だけ離れたものを考えることができる。これを電気双極子と呼び、$-q$ の点電荷から $+q$ の点電荷へ向かうベクトルを $\vec{l}$ として、$\vec{d} = q\vec{l}$ を電気双極子モーメントと呼ぶ。2 つの電荷の中心の位置を電気双極子の位置とする。以下の問いでは空間は真空であるとし、真空の誘電率を ϵ_0 とする。

(1) 空間全体に一様に z 軸方向の電場 E_0 が掛かっているものとし、原点に置かれた電気双極子（電気双極子モーメント: $\vec{d}$）について考える。

(i) $\vec{d}$ が z 軸の正の向きに対して yz 平面内で角度 θ だけ傾いているとき、この電気双極子にどのような力が作用するか説明せよ。

(ii) この電気双極子が電場中で静止したままでいるのは、θ がいくつのときか答えよ。

(2) 次に、空間内に外部からの電場はないものとして、電気双極子モーメント $\vec{d}$ をもつ電気双極子が 1 つ、$\vec{d}$ が z 軸方向を向いた状態で原点に固定されているとする。この電気双極子が周囲の空間に作る電場について、以下の問いに答えよ。

(i) 空間内の点 $\vec{r} = (x, y, z)$ における電場 $\vec{E}$ を式で表せ。

(ii) z 軸上の点 $(0, 0, z)$ における電場の z 成分 E_z を z の関数として求めて、その様子を図示せよ。

(iii) y 軸上の点 $(0, y, 0), (y > 0)$ における電場の大きさ $|\vec{E}|$ は y が大きいところで、$|\vec{E}| \propto y^n$ のように y^n に比例する。このときの n を求めよ。

令和5年度 お茶の水女子大学 理学部 第3年次編入学試験問題

化学科 「化学」

1

[1] 断熱容器に 90°C の水が 0.50 dm^3 入っている。これに 20°C の水を加え、70°C にしたい。ただし、容器の圧力 1.00×10^5 Pa、水の密度 $\rho(\mathrm{H_2O, l}) = 1.00\ \mathrm{g\ cm^{-3}}$、水の定圧モル熱容量 $C_{p,\mathrm{m}}(\mathrm{H_2O, l}) = 75.3\ \mathrm{J\ K^{-1}\ mol^{-1}}$、水のモル質量 $M(\mathrm{H_2O}) = 18.0\ \mathrm{g\ mol^{-1}}$ とし、いずれも一定とする。

① 何 dm^3 の水を加えればよいか。

② この混合における、系と外界を合わせた全エントロピー変化 ΔS の符号はどうなるか。理由と共に答えよ。

③ ΔS を表す式を書け。数値計算はしなくてよい。

[2] 原子のハミルトニアンは以下のように書かれる。

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m_\mathrm{N}}\nabla_\mathrm{N}{}^2 + \sum_i \sum_{j<i} \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_{ij}} - \sum_i \frac{\hbar^2}{2m_\mathrm{e}}\nabla_i{}^2 - \sum_i \frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 R_i} \qquad (1)$$

① (1)式の各項が何を表すか簡潔に述べよ。

② 水素原子とそれ以外の原子の原子軌道のエネルギーは図 1 のようになる。2s 軌道と 2p 軌道のエネルギー変化の主たる原因は、(1)式のどの項に由来するか。また、その理由を簡潔に述べよ。

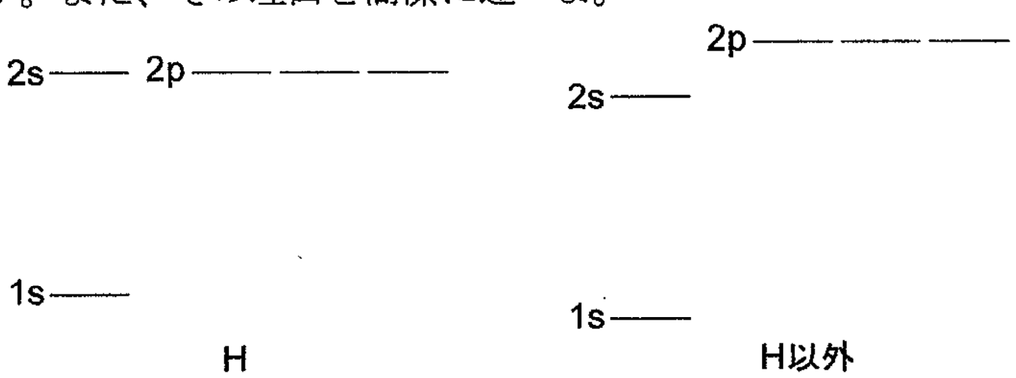


図 1

③ 図 2 のような電子基底状態の一酸化窒素の分子軌道ダイアグラムがある。誤っている四点を簡潔に指摘し、正しいダイアグラムを描け。

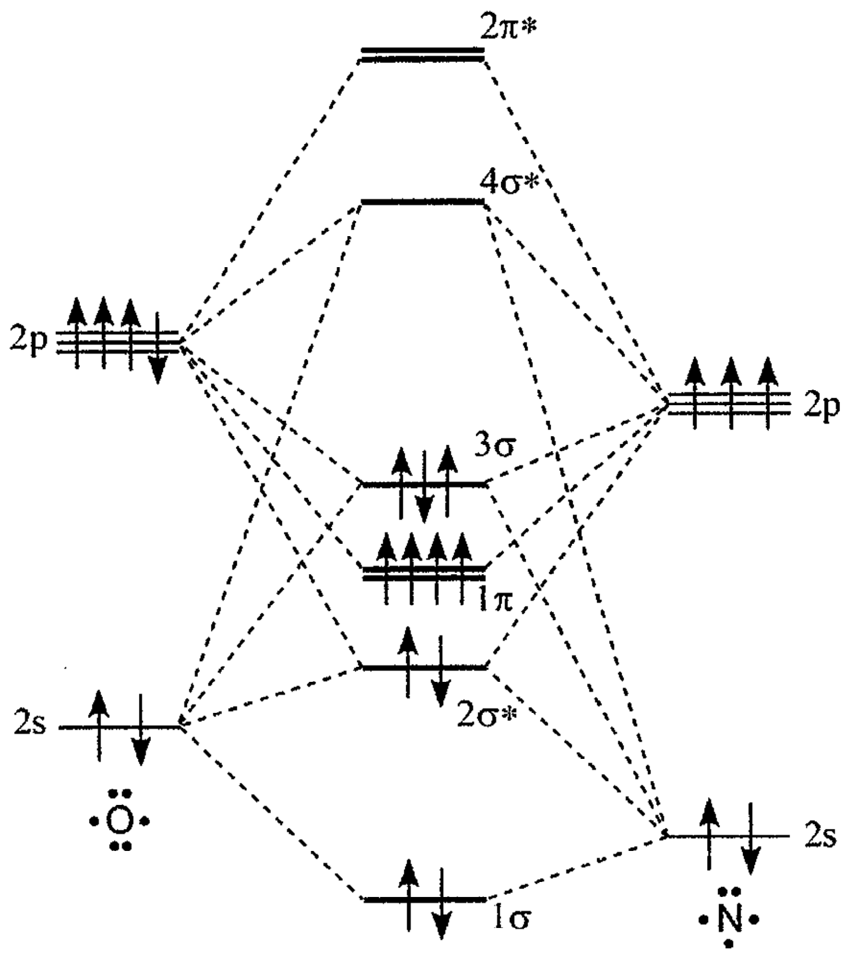


図 2

④ このダイアグラムに現れたすべての分子軌道の概形を描け。

⑤ 電子基底状態の一酸化窒素の結合次数、電子スピン多重度はいくらか。

令和5年度 お茶の水女子大学 理学部 第3年次編入学試験問題

化学科 「化学」

2

化学反応では一般的に反応する化学種の濃度が高いほど反応速度は上昇する。一方で、酵素反応では基質濃度が高くとも、ある一定以上の速度にはならない。このような振る舞いは Michaelis-Menten 式により説明でき、実際に多くの酵素反応がこのモデルによく従うことが知られている。この Michaelis-Menten 式に関して、下記の問[1]～[4]に答えよ。

[1] 下記に Michaelis-Menten 式の導出例を示す。式中の空欄**(a)**～**(c)**を埋め、式を完成させよ。

Michaelis-Menten 式では、式(1)のように、酵素 E と基質 S が酵素-基質複合体 ES を形成し、そこから生成物 P ができるという反応機構を仮定している。ここで、k_1、k_{-1}、およびk_2は反応速度定数である。

$$E + S \underset{k_{-1}}{\overset{k_1}{\rightleftarrows}} ES \overset{k_2}{\rightarrow} P \tag{1}$$

酵素-基質複合体 ES および生成物 P の単位時間あたりの変化量は式(2)および(3)のように表される。なお、[E]は酵素 E のモル濃度を表し、基質 S や複合体 ES などについても同様とする。

$$\frac{\mathrm{d[ES]}}{\mathrm{d}t} = k_1\mathrm{[E][S]} - (k_{-1} + k_2)\mathrm{[ES]} \tag{2}$$

$$\frac{\mathrm{d[P]}}{\mathrm{d}t} = k_2\mathrm{[ES]} \tag{3}$$

多くの酵素反応では、反応開始後の複合体 ES 量はほぼ一定とみなすことができ、このような状態は準定常状態と呼ばれる。準定常状態においては、

$$\frac{\mathrm{d[ES]}}{\mathrm{d}t} = 0 \tag{4}$$

となる。また、反応系中に含まれる酵素の総量$\mathrm{E_t}$について次式(5)が成り立つ。

$$\mathrm{[E_t]} = \mathrm{[E]} + \mathrm{[ES]} \tag{5}$$

式(4)より式(2)は次のように書ける。

$$\mathrm{[E][S]} = \boxed{\textbf{(a)} \qquad\qquad} \mathrm{[ES]} \tag{6}$$

この式(6)から式(5)を用いて[E]を消去すると、[ES]は次のように表される。

$$\mathrm{[ES]} = \boxed{\textbf{(b)} \qquad\qquad} \tag{7}$$

ここで、準定常状態における生成物Pの生成速度である初速度$v_0 \equiv \frac{\mathrm{d[P]}}{\mathrm{d}t}$を考える。定数 $K_\mathrm{M} = \frac{k_{-1}+k_2}{k_1}$、および$V_\mathrm{max} = k_2[\mathrm{E_t}]$を用いることで、初速度$v_0$は次のように基質濃度[S]の関数として表すことができる。これが Michaelis-Menten 式と呼ばれる式である。

$$v_0 = \boxed{\textbf{(c)} \qquad} \tag{8}$$

[2] 式(8)を、縦軸をv_0、横軸を[S]としてグラフで示せ。なお、V_maxおよびK_Mがグラフのどこに対応するか、明示すること。

[3] 血液あるいは細胞抽出液などの生体試料に含まれる特定の酵素の量は、例えば炎症の度合いを示す指標やがんのマーカーとなる。このような酵素の定量には、酵素反応により発色したり発光したりする基質が用いられることがある。この時、基質は酵素量に対してどのような濃度に設定するのが適当か、説明せよ。

[4] 酵素に関する下記の文に関して正誤を判定し、誤りがある場合は、4行程度以内で理由とともに正せ。

① 酵素は基質Sから生成物Pへの変換において、酵素なしの場合と比較して活性化エネルギーを上昇させる。

② 酵素は基質Sと生成物Pの自由エネルギー差を大きくし、生成物Pの生成を有利にする。

③ 酵素の反応速度には pH 依存性があるが、pH は主にV_maxに影響を与え、K_Mには影響しない。

④ 酵素の反応速度には温度依存性があり、温度が高ければ高いほど反応速度は速くなる。

⑤ $[\mathrm{S}] \ll K_\mathrm{M}$の条件では、$v_0$は[S]に比例して増加し、その傾きのみから$K_\mathrm{M}$が決定できる。

令和5年度 お茶の水女子大学 理学部 第3年次編入学試験問題

化学科 「化学」

3

[1] 0.0500 mol L^{-1} 過酸化水素水 25.0 mL を、硫酸酸性下で、0.0300 mol L^{-1} の過マンガン酸カリウム水溶液を用いて酸化還元滴定を行った。問①~③に答えよ。

① 滴定途中の混合溶液では Mn(II)イオンと酸素ガスが生成した。ここでおこる酸化還元反応式を書け。

② この滴定の終点を確認する方法を説明せよ。

③ 当量点までに消費される過マンガン酸カリウム水溶液の体積を求めよ。求め方も解答欄に示せ。

[2] 以下の①~④の２つの語句の組み合わせについて、それぞれの用途や原理等の違いにもとづいて比較せよ。

① ホールピペットとメスピペット

② メスフラスコと三角フラスコ

③ 酸塩基滴定と酸化還元滴定

④ 沈殿滴定における、共通イオン効果と異種イオン効果

[3] C、H、O を成分とする化合物 X は質量が 93.4 mg の時、温度 27℃、気圧 1.00 atm で体積が 50.0 mL の気体である。化合物 X に関する元素分析の結果は、C が 51.6%(w/w)、H が 13.2%(w/w)であった。この結果をもとに化合物を構成する元素の原子数比である組成式を求めよ。さらに、化合物 X の分子式を求め、構造式も書け。求め方も解答欄に示せ。原子量について、C は 12.0、H は 1.0、O は 16.0、気体定数 R は 0.0821(atm L mol^{-1} K^{-1})とする。

令和５年度　お茶の水女子大学　理学部　第３年次編入学試験問題

生物学科　「生物学」

$\boxed{1}$　次の問１～４に答えよ。

問１　陸上植物の光化学系 II について，反応中心，ストロマ，e^-，H^+，H_2O，ATP 合成酵素，の語を全て使用して説明せよ。

問２　シアノバクテリアは，陸上植物と同じように酸素発生型光合成をおこなう。シアノバクテリアの持つ光化学系は，進化的にどのようにもたらされたと考えられているか述べよ。

問３　緑藻類と陸上植物の葉緑体に関する類似点を３つ挙げよ。

問４　珪藻類や褐藻類の葉緑体は陸上植物のような緑色をしていない。その理由について，珪藻類や褐藻類の葉緑体の起源と光合成色素組成に注目して述べよ。

2 次の問 1〜5 に答えよ。

問 1.　細胞膜は一般に，リン脂質二重層からなり，その間に膜タンパク質が埋め込まれている構造をとる。Singer と Nicholson は，細胞膜の構造を説明するモデルとして，流動モザイクモデルを提唱した。

(a) 細胞膜を構成するリン脂質二重層の特徴を，水分子との親和性の観点から説明せよ。

(b) 哺乳動物で機能する膜タンパク質のうち，細胞内外のナトリウムイオンとカリウムイオンの濃度バランスの制御に関わる膜タンパク質の名称を答え，そのはたらきのしくみについて説明せよ。

(c) 流動モザイクモデルとはどのようなモデルか，説明せよ。

問 2.　Frye と Edidin は 1970 年に，培養マウス細胞と培養ヒト細胞の細胞表面膜タンパク質をあらかじめ，おのおの蛍光標識し，ウイルスで処理することで細胞融合を引き起こす実験をおこなった。その結果，融合直後では，マウス由来のタンパク質標識とヒト由来のタンパク質標識が偏って存在していたのに対して，37℃で 25 分後には約 50%，40 分後には約 100%の融合細胞において，両方のタンパク質標識が細胞全体で混ざり合って観察された。

同様の実験を，培養温度をさまざまに変えておこなったところ，ウイルス処理 40 分後にマウス由来のタンパク質標識とヒト由来のタンパク質標識が細胞全体で観察された割合は，図 1 のようになった。この結果から，細胞膜の性質は温度によってどのように変化すると考えられるか述べよ。

図 1.ウイルス処理 40 分後の融合細胞に対する温度の影響
（Frye and Edidin, J. Cell. Sci. 1970 より一部改変）

問 3.　細胞膜上の膜タンパク質を蛍光標識し，特定の領域に高輝度のレーザーを照射し続けると，蛍光分子の構造が変化し，蛍光を発生できなくなる蛍光褪色が生じる。その後，レーザーの照射を止めると，周囲の褪色していない蛍光分子が褪色した領域へ側方拡散することによって照射部位の蛍光輝度が回復する FRAP (Fluorescence Recovery after Photobleaching) 効果が観察される。いっぽう，照射部位に隣接する領域では，蛍光輝度が減衰する FLIP (Fluorescence Loss in Photobleaching) 効果が観察される。

(a) 代表的な蛍光タンパク質を一つ挙げ，蛍光シグナルが生じるしくみについて，以下の語句を用いて説明せよ。
【語句】吸収，励起，光子，波長

(b) FRAP 効果や FLIP 効果は，細胞膜の性質を調べる方法であるが，これらを測定することで，細胞内の性質についてどのようなことがわかるか述べよ。

問 4.　一般に，液体中で分子や細胞小器官が，L [m]の距離を拡散するのに要する平均時間 $\langle t \rangle$ [秒 (s)]は，次の式で表されることが知られている。

$$\langle t \rangle = \frac{L^2}{2D}$$

ここで, D は拡散係数とよばれる分子や粒子によって決まる定数である。

ある膜タンパク質の細胞膜における拡散係数が，

$D = 4.5 \times 10^{-11}$ [$\mathrm{cm^2 \cdot s^{-1}}$]

で与えられる時，膜タンパク質がリン脂質の上を 5 [nm] 移動するのにかかる平均時間は何秒か，計算によって有効数字 3 桁まで求めよ。

問 5.　実際の生体内では，膜タンパク質は簡単に拡散しない。そのしくみを説明せよ。

令和５年度 お茶の水女子大学 理学部 第３年次編入学試験問題

情報科学科「数学・情報」

【１】

(1) 関数 $\sqrt[11]{1-x}$ のマクローリン展開を x^2 の項まで求めよ．ただし，剰余項は書かなくてもよい．

(2) $\sqrt[11]{2022}$ の値を小数第２位を四捨五入して小数第１位まで求めよ．

【２】 n を負でない整数とする．このとき定積分

$$I_n = \int_0^{\pi} \cos^n x \, dx$$

を求めよ．

【3】

以下の列ベクトル $\boldsymbol{x}_1, \boldsymbol{x}_2, \boldsymbol{x}_3$ に対し、以下の各問に答えよ.

$$\boldsymbol{x}_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \boldsymbol{x}_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \boldsymbol{x}_3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

(1) $\boldsymbol{a}, \boldsymbol{x}_1, \boldsymbol{x}_2, \boldsymbol{x}_3$ が一次従属となるような $\boldsymbol{a} \in \mathbb{R}^4$ を一つ挙げよ.

(2) $\boldsymbol{b}, \boldsymbol{x}_1, \boldsymbol{x}_2, \boldsymbol{x}_3$ が一次独立となるような $\boldsymbol{b} \in \mathbb{R}^4$ を一つ挙げよ.

(3) 行列 $A, B \in \mathbb{R}^{4\times4}$ をそれぞれ、$A = (\boldsymbol{a}, \boldsymbol{x}_1, \boldsymbol{x}_2, \boldsymbol{x}_3)$, $B = (\boldsymbol{b}, \boldsymbol{x}_1, \boldsymbol{x}_2, \boldsymbol{x}_3)$ としたとき, $|A|, |B|$ をそれぞれ求めよ.

【4】

ある行列 $X \in \mathbb{R}^{3\times3}$ に対し、以下 3 つの条件が成り立つとき、以下の各問に答えよ.

- X はそれぞれ異なる固有値を 3 個持ち、それぞれ正整数である.
- $|X| = 48$ である.
- $P = \begin{pmatrix} -2 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ に対し、$P^{-1}XP$ は対角行列となる.

(1) X は何通り存在するか.

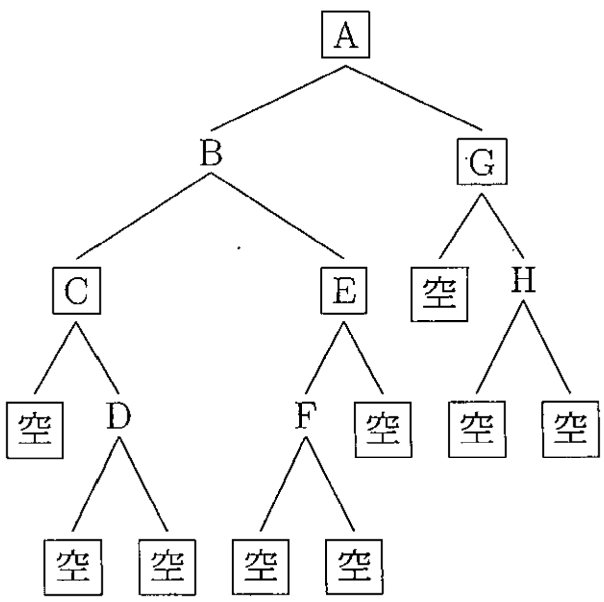
(2) 条件を満たす X のうち、固有値の最大値が一番小さい X を 1 つ求めよ.

【5】

赤黒木とは、2分木の各頂点 (node) に赤または黒の色がついているもので、さらに以下の2条件を満たすものである。

- 木の根 (root) から、木の葉 (leaf) を表す空の木に至る全てのパスにおいて、黒い頂点の数は同じである。
- 赤い頂点の子供はどちらも必ず黒である。（言い換えれば、赤い頂点が連続することはない。）

空の木は黒であると仮定する。例えば、右の木を考えてみよう。ここで、黒の頂点は四角で囲んで表現し、空の木は $\boxed{\text{空}}$ と表現している。この木は、根である頂点 A から葉である空の木に至る全てのパスにおいて、途中に現れる黒の頂点の数は（空の木を頂点とは数えないことにすると）2 である。さらに、赤い頂点である B, D, F, H の親や子は皆、黒である。従って、この木は上の2条件を満たすので赤黒木である。



赤黒木におけるパスの**長さ**とは、そのパスに含まれる辺の数である。例えば、右の赤黒木の根 A から B, C を通って一番左の空の木に至るパスの長さは3である。赤黒木の**高さ**とは、根から空の木に至るパスの中で最長のものの長さのことである。例えば、右の赤黒木の高さは 4 である。

赤黒木について以下の問に答えよ。ここで、k は 1 以上の整数とする。

(1) 高さ 2 の赤黒木の中で、頂点の数が最大の赤黒木をひとつ書け。（その際、黒の頂点と空の木は四角で囲んで黒であることがわかるようにせよ。）

(2) 高さ k の赤黒木の中で、頂点の数が最大になる赤黒木の頂点数を k を使って表せ。（ここで空の木は頂点数には含まれないものとする。）

(3) 高さ 4 の赤黒木の中で、頂点の数が最小の赤黒木をひとつ書け。（その際、黒の頂点と空の木は四角で囲んで黒であることがわかるようにせよ。）

(4) 赤黒木の根から葉に至るパスのうち、最大のパスの長さは最小のパスの長さの2倍以下であることを示せ。

(5) (4) から、高さ $2k$ の赤黒木の中には、黒の頂点だけを考えると、少なくとも高さ k の完全二分木が含まれていることがわかる。このことを使って、高さが $h = 2k$ で頂点数が n であるような赤黒木の高さ h の上限を n を使って表せ。

【6】

n 進数 b 桁で記述される数字 B に対して，$(2^b - B)$ が表す数を，B に対する「n の補数」という．以下の問いに答えよ．

(1) 10進数で1,2,3となる3値を，それぞれ2進数3桁で記述せよ．また，これらの3つの数字の各々に対する「2の補数」を求め，2進数3桁で記述せよ．

(2) 2進数における「2の補数」は，コンピュータにおける数値の扱いにおいて重要な役割を担うことができる．その役割について説明せよ．

(3) (1)の解答から，(2)で回答した役割は適切に機能していることがわかる．その理由を説明せよ．

(4) 「2の補数」の求め方として，「各桁の1と0を反転し，それに1を加えた値」という求め方がある．この求め方が成立する理由を説明せよ．(ヒント：$2^b - 1$ がどういう数であるかを考えるとよい．)