

専門 I (数理情報学専攻)

※ 問題 I には必ず解答し、さらに、問題 II, III, IV から 2 題を選択して解答しなさい。
 所定の解答用紙に問題番号と解答を書くこと。解答用紙は 1 題につき 1 枚を使用しなさい。

I 線形写像 $f: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$ が

$$e_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad e_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad e_3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

をそれぞれ

$$f(e_1) = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 3 \end{pmatrix}, \quad f(e_2) = \begin{pmatrix} -2 \\ 2 \\ a \end{pmatrix}, \quad f(e_3) = \begin{pmatrix} -1 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix}$$

に写すとする。

- (1) 任意の $y \in \mathbb{R}^3$ に対して $f(x) = y$ が解を持つための a の条件を求めなさい。
- (2) (1) の条件が満たされないとき、線形写像 f の像の次元を求めなさい。また、そのときの像の基底を 1 組求めなさい。

II 次の問いに答えなさい。

- (1) 領域 $D_1 = \{(x, y) : 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq \sqrt{3}x\}$ を xy 平面に図示し、 D_1 における重積分

$$\iint_{D_1} x \, dx \, dy$$

の値を求めなさい。

- (2) 領域 $D_2 = \{(x, y) : 0 \leq x^2 + y^2 \leq 1, 0 \leq y \leq \sqrt{3}x\}$ を xy 平面に図示し、 D_2 における重積分

$$\iint_{D_2} x \, dx \, dy$$

の値を求めなさい。

III 質量 m のボールの鉛直面内の放物運動を考えよう。 x 軸を水平にとり、 y 軸を鉛直上向きにとる。ボールの時刻 t の位置ベクトルを $r_B(t) = (x(t), y(t))$ とする。時刻 t_1 に、原点から角度 θ の向きに、速さ v_0 でボールを投げる。ただし、 θ は x 軸の正の向きを 0 とし、上向きを正とする。重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視できるとして次の問いに答えなさい。

- (1) ボールの運動方程式を書きなさい。
- (2) 運動方程式を解いて、 $r_B(t)$ を求めなさい。
- (3) 位置ベクトルが

$$r_X(t) = \left(Vt, \frac{V^2}{g} \right)$$

である物体 X にボールを衝突させたい。ただし、 $V (> 0)$ は定数であり、 $\theta = \pi/4$ 、 $v_0 = 2\sqrt{2}V$ とする。時刻 t_1 に投げたボールが、物体 X に時刻 t_2 において衝突したとする ($r_B(t_2) = r_X(t_2)$)。可能な時刻の組 (t_1, t_2) を全て求めなさい。

IV 正の整数をキーボードから入力すると、そのすべての約数を次の実行例の書式で小さい順に出力するプログラムを作成したい。

```
Number? 36
```

```
Factors: 1, 2, 3, 4, 6, 9, 12, 18, 36
```

ただし、「Number? 」に続く「36」がキーボードからの入力であり、その他の文字列は、このプログラムが出力したものである。

- (1) これをどのような手順で行えばよいかを考え、その手順を説明しなさい。
- (2) このようなことを行うプログラムを、C 言語または Java 言語を用いて書きなさい。

専門 I (電子情報学専攻)

次の問題すべてについて解答しなさい。別紙の解答用紙は1問につき1枚ずつ使用し、必ず問題番号を記入しなさい(解答が白紙であっても、すべての用紙に受験番号、氏名、問題番号を記入すること)。

I (数学)

二重積分

$$I = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-f(x,y)} dx dy$$

を考える。ここで、

$$f(x,y) = \frac{3}{2}(x-5)^2 + (y+7)^2$$

とする。次の間に答えなさい。

(1) 変数変換

$$\begin{aligned} x &= \frac{r \cos \theta}{\sqrt{3}} + 5 \\ y &= \frac{r \sin \theta}{\sqrt{2}} - 7 \end{aligned} \quad (r \geq 0, 0 \leq \theta < 2\pi)$$

を考えると、ヤコビ行列式 $\frac{\partial(x,y)}{\partial(r,\theta)}$ を求めなさい。

(2) 二重積分 I の値を求めなさい。

II (数学)

$$A = \begin{pmatrix} 1 & x & 2-x \\ 1 & -1 & 1 \\ x & x & -1 \end{pmatrix}$$

とするとき、 A の固有方程式(特性方程式) $\Phi_A(t)$ は、

$$\Phi_A(t) = -(t+1)(t^2 + x^2 - 4x - 1)$$

となる。ただし、 x は実数とする。次の間に答えなさい。

- (1) A のすべての固有値が実数であるための、 x の条件を求めなさい。
- (2) A の固有値 -1 に属する固有ベクトルを求めなさい。
- (3) A が直交行列 R で対角化されるとする。そのときの x の値、および、直交行列 R を求めなさい。

Ⅲ (物理)

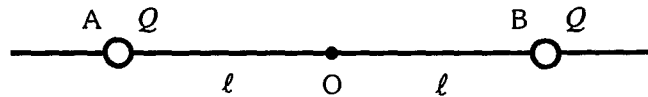
鉛直上方を z 軸の正の向きとする直角座標系の原点から、 yz 平面内に質量 m の物体を放り上げた。初速度の水平成分 (y 軸の正方向) を v 、鉛直成分を w とし、時間 t における物体の位置を (y, z) とする。重力加速度を g とし、次の問いに答えなさい。

- (1) 物体の満たす運動方程式を、 y 方向、 z 方向それぞれについて書きなさい。
- (2) この方程式を解いて、時間 t における物体の位置 $y(t)$ と $z(t)$ を求めなさい。
- (3) (2) で求めた $y(t)$ と $z(t)$ から、物体の軌道を表す y と z の関係式を求めなさい。
- (4) 初速度の大きさを u 、水平面となす角 (仰角) を θ とし、 v と w を u と θ で表すことにより、軌道の式を書き直しなさい。
- (5) 再び水平線 ($z=0$) に着地するときの位置 y を仰角 θ で表しなさい。
- (6) 最も遠くまで飛ぶ仰角 θ を求めなさい。

IV (物理)

下図のように、原点Oから左右方向にそれぞれ l だけ離して、電荷 Q の2つの点電荷Aと点電荷Bを固定する。ただし、 $Q > 0$ とする。

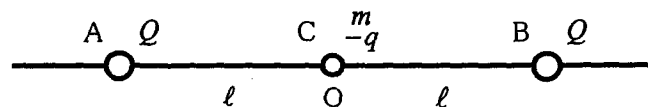
(1) 電気力線と等電位面を図示しなさい。



下図のように、さらに、原点Oに、質量 m で電荷 $-q$ の点電荷Cを置く。ただし、 $q > 0$ とし、真空の誘電率を ϵ_0 とする。

(2) 点電荷Aから点電荷Cに働く力の大きさと向きを求めなさい。

(3) 点電荷Aから点電荷Cに働く力と、点電荷Bから点電荷Cに働く力の、合力の大きさを求めなさい。



下図のように、点電荷Cを上方向に x だけずらす。ただし、上方向を $+x$ とする座標を用いるとし、点電荷Cは上下方向だけに動き、重力や制動放射などは無視できるとする。

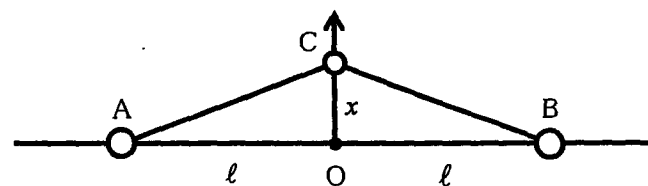
(4) 点電荷Aから点電荷Cに働く力の大きさと向きを求めなさい。

(5) 点電荷Aから点電荷Cに働く力と、点電荷Bから点電荷Cに働く力の、合力の大きさと向きを求めなさい。

また、 $|x| < l$ のとき $l^2 + x^2 \cong l^2$ と近似できることを用いて、この合力を書き直しなさい。

(6) 点電荷Cの運動方程式を書きなさい。ただし、近似した合力を用いなさい。

(7) 点電荷を上方向に x_0 だけずらしたのちに、そっと手をはなした。点電荷Cはどのような運動をするか、点電荷Cの位置 x を時間 t の関数として表しなさい。



専門 I	(機械システム工学専攻)
------	--------------

〔数 学〕

- I. 図1に示すような、半径 a 、中心角 90° の扇形がある。この扇形の重心の x および y 座標を、重積分を用いて求めなさい。ただし、この扇形は、厚さ一定で均一な材質でできているとする。なお、領域 D の重心の x 座標は、単位面積当たりの質量を ρ 、全質量を m として、 $\frac{1}{m} \iint_D \rho x dx dy$ で求められる。

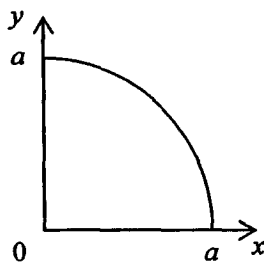


図 1

- II. 微分方程式 $y' + xy = x$ を解きなさい。
- III. 次の行列の階数 (rank) と行列式を求めなさい。

$$\begin{pmatrix} 9 & 8 & 7 \\ 6 & 5 & 4 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

〔物 理〕

I. 次の問いに答えなさい。

- (1) 「大きさと方向を持った量はすべてベクトルである。」という命題は正しいか間違いか、理由を付けて答えなさい。
- (2) 「旅客機に固定した座標系は慣性系である。」という命題は正しいか間違いか、理由を付けて答えなさい。
- (3) 「テニスラケットを放り上げたところ重力により回転が速くなった。」という命題は正しいか間違いか、理由を付けて答えなさい。
- (4) 水平との傾斜角が 6° である斜面上に静止していた物体を斜面にそって下向きに少し押したところそれから等速度で滑り降りた。運動方程式を立てた後、運動摩擦係数を求めなさい。
- (5) 摩擦のない水平面上に静止している質量 m の球 1 に同じ質量 m の球 2 が速さ V_0 で飛んできて弾性衝突した。この衝突で保存される物理量について詳しく説明しなさい。その保存則を用いて衝突後の球 1, 球 2 の速度を求めなさい。両球とも重心が常に同じ直線上にあるとしてよい。

次の II, III, IVのうち1問を選択して答えなさい。(選択した問題番号を必ず記入のこと)

II. 次の問いに答えなさい。

- (1) 一般化されたオームの法則について説明しなさい。
- (2) 直径 0.20 mm の円形断面をもった銀線 50 cm の抵抗を求めなさい。
ただし、銀の比抵抗を $1.6 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$ とする。

III. 次の問いに答えなさい。

- (1) 磁場, 磁化, 磁束密度とはどういう量か詳しく説明しなさい。
- (2) 磁気的にソフトな磁性体の磁気的性質の特徴について詳しく説明しなさい。それはどのようなところで使用されるか例をあげなさい。

IV. 次の問いに答えなさい。

- (1) ブラッグの条件について詳しく説明しなさい。
- (2) 波長が 0.133 nm の X 線を結晶に当てたところ、進行方向から 60° の方向に X 線が強く回折された。これが1次のブラッグ反射によるものとする、結晶中の原子配列面の間隔はいくらか。

専門 I	(物質化学専攻)
------	----------

別紙解答用紙には必ず解答する問題名 {数学、物理、化学基礎・グリーンケミストリー (2枚)} を記入した上で解答しなさい。なお、化学基礎 {I~III} とグリーンケミストリー {IV~V} は別々の解答用紙に解答しなさい。

〔数 学〕

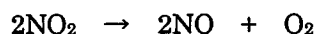
I 行列 $P = \frac{1}{5} \begin{pmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 1 \end{pmatrix}$, $Q = \frac{1}{5} \begin{pmatrix} 1 & -2 \\ -2 & 4 \end{pmatrix}$ について次の間に答えなさい。

(1) $P^2 = P$, $Q^2 = Q$, $PQ = QP = O$ (O はゼロ行列) であることを示しなさい。

(2) 行列 $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 2 & -2 \end{pmatrix}$ について、 $A = \lambda_1 P + \lambda_2 Q$ と表したとき λ_1 , λ_2 の値を求めなさい。

(3) $A^2 = \lambda_1^2 P + \lambda_2^2 Q$ を示しなさい。

II 二次反応 (second-order reaction) の例として



を考える。この反応の初期速度は次の二次反応の速度式

$$-\frac{d[\text{NO}_2]}{dt} = -k_2[\text{NO}_2]^2$$

で与えられる。

初期条件として、 $t = 0$ のとき、 $[\text{NO}_2] = C_0$ であるとして、この微分方程式を解きなさい。

〔物 理〕

次の I、II および III の問題に答えなさい。

必要なら次の(物理)定数を用いなさい。

プランク定数 $h = 6 \times 10^{-34}$ Js, 光の速度 $c = 3 \times 10^8$ m/s, 電子の質量 $m_e = 1 \times 10^{-30}$ kg, プロトンの質量 $m_p = 2 \times 10^{-27}$ kg, プロトンの電荷 $e = 2 \times 10^{-19}$ C, $\sqrt{10} = 3$

- I 月の表面で質量1 kgのおもりを10 m 持ち上げるのに必要な仕事を求めなさい。ただし、月の表面における重力加速度を $g = 1.6 \text{ ms}^{-2}$ としなさい。
- II ある金属の仕事関数 W は 2 eV である。この金属に、波長 λ (a) 600 nm、(b) 300 nm の光を照射した。それぞれ、どのような変化が起こるか説明しなさい。金属から電子が放出される場合には、放出される電子の運動エネルギー E_k と速度 v を求めなさい。
- III 原点に Cl^- イオンがひとつ存在する。この Cl^- イオンのまわりの電気力線を図示しなさい。クーロンの法則から原点からの距離 r の位置での電場 $E(r)$ と電位 $V(r)$ を表す式を導きなさい。ただし、真空の誘電率を ϵ_0 、 Cl^- イオンから無限に離れた位置での電位を 0 V とし、 Cl^- イオンの大きさは無視しなさい。

〔化学基礎・グリーンケミストリー〕

- I 次の語句について簡潔に説明しなさい。図を書いて説明してもよい。
- (1) 水素結合
 - (2) デオキシリボ核酸
 - (3) Lewis 酸と Lewis 塩基
- II 4-ニトロフェノールがフェノールよりも強い酸である理由をわかりやすく説明しなさい。図を書いて説明してもよい。
- III 酢酸エチル (Ethyl acetate) と酪酸 (Butanoic acid) の組成式はともに $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ と同じだが、沸点が大きく異なる。それぞれの沸点は酢酸エチルが約 77 °C、酪酸が約 164 °C である。この理由をわかりやすく説明せよ。図を書いて説明してもよい。

IV 廃棄物をリサイクルするメリットは何か。生態系や地球環境への影響、エネルギー消費の2つの観点から200字程度で述べなさい。

V 水中のリンは、メタリン酸塩、リン酸エステルなど、様々な形態で存在するが、前処理によって全てオルトリン酸 (H_3PO_4 : 単にリン酸ともいう) とし、その濃度を測定してリンの定量を行うことが多い。リン酸の濃度を測定する方法としては、モリブデン青法が知られている。後の問に答えなさい。

(1) モリブデン青法は、まず、酸性溶液中でリン酸イオンとモリブデン酸アンモニウム溶液を加えてリンモリブデン酸錯体を生成させる。得られたリンモリブデン酸錯体をアスコルビン酸で還元するとモリブデン青溶液が生成し、その880 nmの波長における吸光度を測定することによってリン酸の濃度を求めることができる。まず、リン酸標準溶液をモリブデン酸、アスコルビン酸でそれぞれ処理し、得られた各モリブデン青溶液の吸光度を測定して検量線を作製する。次に、試料水を同様に処理して吸光度の測定からリン酸の濃度を決定することができる。いま、5.0, 10.0, 20.0, 30.0 ($\mu\text{mol/L}$) のリン酸標準溶液から得られたモリブデン青の吸光度を測定したところ、それぞれ、0.100, 0.200, 0.400, 0.600であった。

①上記の結果をもとにして、検量線を作図しなさい。

②ある試料水を同様に処理したところ、吸光度は0.300であった。この試料中に含まれるリン酸の濃度はいくらか。

(2) 河川や湖沼水中のリン濃度が増加する要因としてはどのようなことが考えられるか。100字程度で述べなさい。

(3) 河川や湖沼水中のリン濃度が高い場合、どのような環境への影響が懸念されるか。100字程度で述べなさい。

専門 I (情報メディア学専攻)**〔情報メディア基礎〕**

I 次のうち4個を選んで、それぞれ150字程度で説明しなさい。

- (1) アナログとデジタル
- (2) 標本化定理
- (3) フーリエ変換
- (4) TCP/IP
- (5) 画像圧縮技術
- (6) リレーショナルデータベース
- (7) ウォーターフォール・モデルとスパイラルモデル

〔数 学〕

1.

$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$ を x で微分しなさい。

また、 $y = f(x)$ のグラフを書きなさい。

2.

以下の連立方程式をガウスの消去法を用いて解きなさい。

$$\begin{cases} 2a + 4b - 6c + 3d = 2 \\ a + 2b - 3c + d = -1 \\ a + 3b - 2c - 2d = 4 \\ 3a + 8b - 6c - 3d = 15 \end{cases}$$

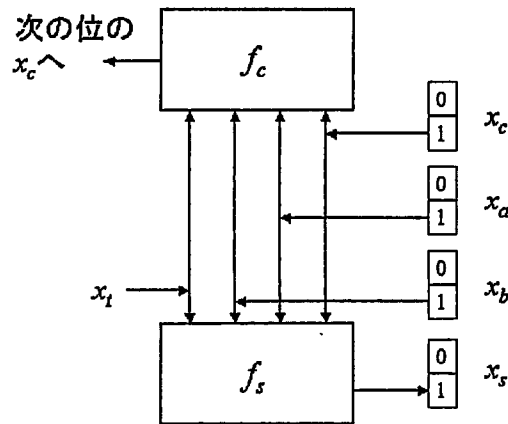
〔基礎情報学〕

I 以下の問題を読み、(1)～(3)の各問を解答しなさい。

以下の図は1つの桁の加算器を示していて、それが

- 4つのフリップフロップ x_c, x_a, x_b, x_s
- 2つの回路 f_c, f_s

から構成されていることがわかる。



以下では、1つの桁の加算器について答えなさい。なお、 x_c は加算器を動かしたり止めたりするスイッチの役目をはたしている。

- (1) フリップフロップとはどんな回路であるか、説明しなさい。
- (2) 4つのフリップフロップのうち、 x_a と x_b は、

x_a : 加える数(の1つの桁)
 x_b : 加えられる数(の1つの桁)

を格納する。 x_c と x_s のフリップフロップに格納されている値を説明しなさい。なお、 x_s には f_s の出力が、 x_c には一つ下位の桁の f_c の出力が格納される。

- (3) f_c と f_s のどんな回路であるか、説明しなさい。さらに、 x_c, x_a, x_b の3つを入力とする f_c と f_s の関数表を示しなさい。

専門 I	(環境ソリューション工学専攻)
------	-----------------

〔環境科学〕

以下の大問 I～IV の中から 3問を選択して、解答しなさい。なお、それぞれの大問は別々の解答用紙に解答し、解答用紙には解答した大問番号を明記すること。

I. 環境科学 (数学分野) 下記の問題 (問 1～2) に答えなさい。

問 1 以下の問いに答えなさい。途中の計算過程も解答用紙に残しなさい。

(1) $f(x) = (3x^2 + 5x)^4$ について、 $f(x)$ を x について微分しなさい。

(2) $I = \int_0^1 x(x^2 + 1)^5 dx$ を、 $t = x^2 + 1$ と置換して積分しなさい。

(3) 次の微分方程式を解きなさい。

$$\frac{dy}{dx} = xy \quad \text{ただし、} x=0 \text{ のとき、} y=1$$

問 2 次の 3 次正方行列 A に関する、以下の問いに答えなさい。なお、途中の計算過程も解答用紙に残しなさい。

$$A = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{pmatrix}$$

(1) 3 次正方行列 A の固有値を求めなさい。

(2) それぞれの固有値に対する固有ベクトルを求めなさい。

II. 環境科学（物理分野） 下記の問題（問1～3）に答えなさい。

熱は自然には高温物体から低温物体に移り、この過程は非可逆である。これは 法則と呼ばれる。この法則は、熱機関において高熱源から受け取った熱の一部分が仕事に変換され、残りは低熱源に捨てることを表している。

図は熱機関で作動流体が幾つかの状態変化を経て元の状態に戻る過程（サイクル）を、圧力 P 、容積 V の関係で描いた曲線である。図に示すように2つの等温変化と2つの断熱変化からなり、これらの変化が可逆な場合は サイクルと呼ばれる。A→B で等温に保つために熱量 Q_1 を加え、逆に C→D では熱量 Q_2 を捨てる。

仕事は力と移動距離の積である。圧力は単位面積あたりに働く力なので、仕事は圧力、圧力がおよぶ面積、移動距離の積で計算できる。圧力がおよぶ面積と移動距離の積は の増分である。そこで、圧力を P 、容積を V 、増分を表す記号を Δ とすると仕事は と書くことができる。

力の単位は $[N]$ （ニュートン）なので、圧力の単位は $[N/m^2]$ である。仕事や熱量の単位は $[J]$ （ジュール）を使用するが、これを $[N]$ と関係づけると $[J] = [\text{input type="text" value="⑤"}]$ になる。

図の A→B の仕事を求めるには、 を A から B の間で足し合わせるとよい。このとき、仕事は図形 $ABB'A'$ の面積になる。ア) サイクル全体の仕事 W は図形 $ABCD$ の面積になり、 $W = Q_1 - Q_2$ がなりたつ。つまり、仕事は高熱源から受け取る熱量と低熱源へ捨てる熱量の差として表現される。また、イ) 熱効率は W/Q_1 で求めることができる。

問1 空欄 ～ にあてはまる、最も適切な語句を答えなさい。

なお、①～③には語句が、④および⑤には記号、または単位が入る。

問2 下線部ア) が成り立つことを説明しなさい。図を使ってよい。

問3 下線部イ) に関する次の問いに答えなさい。

(1) 熱効率を高熱源の温度 T_1 、低熱源の温度 T_2 を用いて表しなさい。

ただし、 $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$ の関係がある。

(2) 高熱源の温度が 900K、低熱源の温度が 300K、1 サイクルあたりに受ける熱量が 30kJ のとき、1 サイクルあたりの仕事量は幾らか、答えなさい。

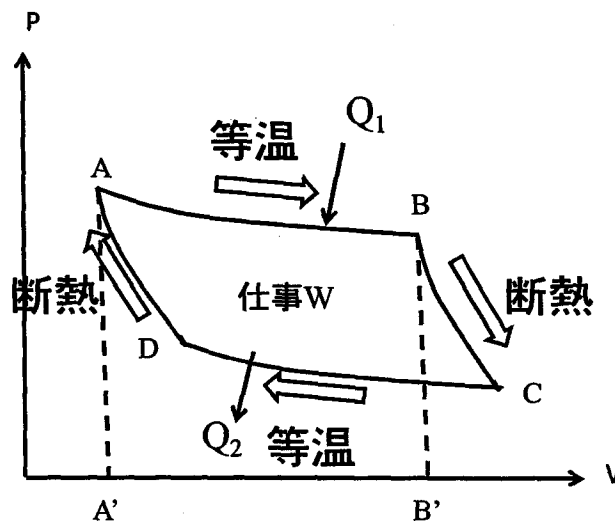


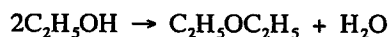
図 熱機関のサイクル

III. 環境科学 (化学分野) 下記の問題 (問1～3) に答えなさい。ただし、問いにおいて使用されているLはリットルを表す。

問1 イオン化傾向の異なる金属を適切な電解質溶液に入れると両金属間に電位差が生じ、電池ができる。例えば、ダニエル電池では銅 (Cu) を硫酸銅溶液に、亜鉛 (Zn) を硫酸亜鉛溶液に浸すことで電池を構成している。これについて以下の問いに答えなさい。

- (1) 銅と亜鉛のイオン化傾向を比べると亜鉛の方がイオン化傾向が大きい。イオン化傾向の違いに留意してダニエル電池で銅と亜鉛のどちらが陽極になるのか答えなさい。
- (2) 銅の表面および亜鉛の表面で起こっている反応をそれぞれ反応式で表しなさい。反応式において電子は「e⁻」と表すこと。

問2 エチルアルコールに濃硫酸を加えて加熱すると以下の反応によりエチルエーテルが生成する。これに関連して以下の問いに答えなさい。



- (1) エチルエーテル生成反応のように水等の小さな分子がとれて2分子が結合する反応を一般に何反応というか答えなさい。
- (2) カルボキシル基 (-COOH) を有する分子とアミノ基 (-NH₂) を有する分子は同様の反応により-CO-NH-という結合を作る。この結合の名称を答えなさい。
- (3) (2)の結合を有する生体内高分子の総称を答えなさい。

問3 図は水中での炭酸の存在形態の pH 依存性を示したものである。これを参考に以下の問いに答えなさい。

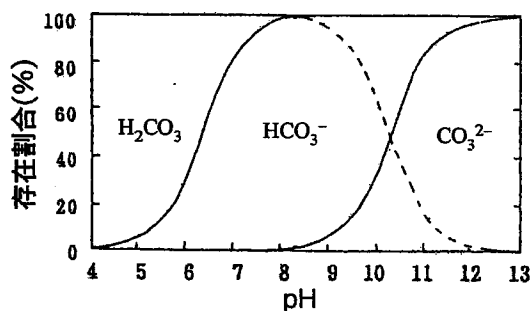


図. 水中での炭酸の存在形態の pH 依存性

- (1) 炭酸類 (炭酸イオン CO_3^{2-} 、重炭酸イオン HCO_3^- 、遊離炭酸 H_2CO_3) は水中で平衡状態にある。炭酸イオンと重炭酸イオンの化学平衡および重炭酸イオンと遊離炭酸の化学平衡をそれぞれ式で表しなさい。
- (2) 1 mol の炭酸イオンを硫酸と反応させて全て遊離炭酸にするには硫酸は何 mol 必要か答えなさい。
- (3) 濃度未知の炭酸ナトリウム溶液がある。この溶液をホールピペットで正確に 20mL 採取し、MR 混合指示薬を 2 滴滴下したところ溶液の色が青色になった。これにビュレットを使って 10.0mmol/L の硫酸を滴下したところ、4.50mL 滴下したところで溶液の色が灰紫色になった。この結果より炭酸ナトリウム溶液の濃度 (mmol/L) を求めなさい。

IV. 環境科学 (生物分野) 次の文を読み、下記の問題 (問1～6) に答えなさい。ただし、問題において使用されているLはリットルを表している。

実験水槽内で珪藻^{ケイソウ}を約2ヶ月間培養したところ、個体数変化を追跡することができた (下図)。ただし、(a)は *Synedra* 属の一種を単独で、(b)は *Asterionella* 属の一種を単独で、(c)はこれらの2種を混在状態で培養した場合の結果である。黒丸、白丸はそれぞれの種の個体数密度 (細胞数/mL) を表し (左縦軸、対数軸)、破線は珪酸塩濃度^{ケイサンエン} ($\mu\text{mol/L}$) を表す (右縦軸)。なお、この実験中、光、水温、および硝酸・リン酸量は2種の成長を制限しないように制御されていたものとする。

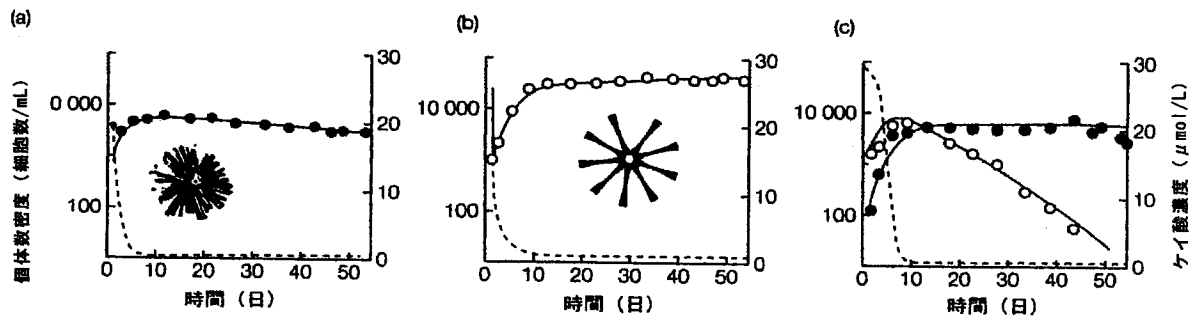


図 実験水槽内で培養した珪藻の個体数密度の変化

問1 実験で用いた珪藻が属する生物分類群名を、解答群 (系統分類群および機能分類群が含まれる) からすべて選んですべて答えなさい。

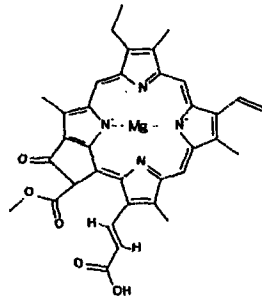
[解答群：原核生物、原生生物、真核生物、細菌、三胚葉性生物、ネクトン、抽水植物、浮葉植物、CAM植物、従属栄養生物、化学合成生物、単細胞性生物]

問2 実験で用いた珪藻の葉緑体に含まれる色素の名称を解答群からすべて答えなさい。

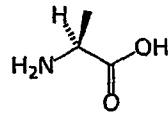
[解答群：クロロフィルa、クロロフィルb、クロロフィルc、メラニン]

問3 実験で用いた珪藻の葉緑体に含まれる色素の構造式を次の図(あ)～(う)から選びなさい。

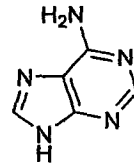
(あ)



(い)



(う)



問4 図(a)～(c)において、珪酸塩濃度は急激に減少している。この減少傾向から分かることを50字程度で述べなさい。

問5 *Asterionella* 属の一種の個体数密度が、図(b)においては実験終了まで一定水準を保つのに対し、図(c)においては一定時間経過後に減少に転じている。この違いから分かることを50字程度で述べなさい。

問6 実験で用いた2種が、自然条件下では共存していることがある。2種が共存できるのは、実験条件と自然条件にどのような違いがあるからだろうか。仮説を3つ提示し、それぞれ30字程度で説明しなさい。