

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 行列 $A = \begin{pmatrix} 6 & -2 \\ -2 & 9 \end{pmatrix}$ を考える。

- (1) 行列 A の固有値と固有ベクトルを求めなさい。
- (2) 行列 A を対角化する直交行列 P と、対角化された行列を求めなさい。
- (3) 曲線 $6x^2 - 4xy + 9y^2 = 20$ を xy 平面に図示しなさい。

II 領域 $D = \left\{ (x, y) : 0 \leq x, 0 \leq y \leq \sqrt{3}x, 1 \leq x^2 + y^2 \leq 4 \right\}$ を考える。

- (1) 領域 D を xy 平面に図示しなさい。
- (2) $\int_D \log(x^2 + y^2) dx dy$ の値を求めなさい。

III xy 平面上で、物体が原点を中心とし、角速度 ω で等速円運動している。時刻 $t = 0$ でこの物体は点 $(-2, 2)$ を通過した。

- (1) 時刻 t における物体の位置を求めなさい。
- (2) 時刻 t における物体の速度を求めなさい。
- (3) 物体の速度がベクトル $(1, \sqrt{3})$ と直交する時刻を求めなさい。

IV 整数 k と相異なる正の整数の列 $\{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$ が与えられたときに、和あるいは差が k となる a_i と a_j の組すべてについて、和が k である場合は

$$a_i + a_j$$

の書式で、差が k である場合は

$$a_i - a_j$$

の書式で 1 行に 1 組ずつ出力するプログラムを作りたい。ただし、 n は 0 以上 1000 以下の整数である。

たとえば、 $k = 8, n = 9, \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_9\} = \{8, 2, 15, 9, 4, 7, 6, 1, 10\}$ である場合の出力は次のようになる。

2+6
15-7
9-1
4+4
7+1
6+2
1+7
10-2

ただし、各行が出力される順序は問わない。

- (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) 標準入力から $k, n, a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ の値を順に読み込み、標準出力に上のような形式で書き出すプログラムを、C または Java のいずれかのプログラミング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)

x, y, z に関する次の連立1次方程式の解を求めなさい。但し a は定数である。

$$ax + y + z = 1$$

$$x + ay + z = 1$$

$$x + y + az = 1$$

II (数学)

次の問いに答えなさい。

(1) 積分

$$\int_0^1 \left\{ \int_0^{x^2} y \, dy \right\} dx$$

の値を求めなさい。

(2) 直線 $y = 2x$, $x = 2$, $y = 0$ で囲まれた領域を R とする。領域 R を xy 平面に図示し、2重積分

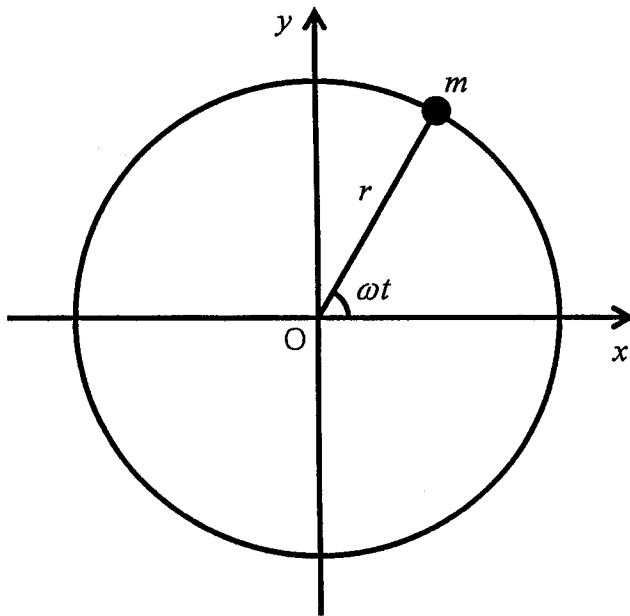
$$\iint_R xy \, dx \, dy$$

の値を求めなさい。

III (物理)

図のように、半径 r の円周上を一定の角周波数 ω で動く質量 m の質点がある。質点の座標は、 $x = A \cos \omega t$ 、 $y = A \sin \omega t$ とする。

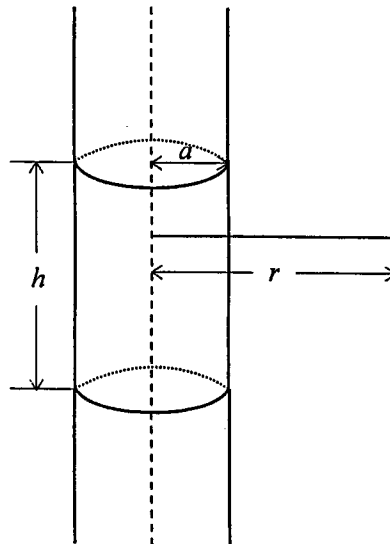
- (1) x 方向の速度 v_x 、 y 方向の速度 v_y を求めなさい。
- (2) x 方向の加速度 a_x を、 x を使って書きなさい。 y 方向の加速度 a_y を、 y を使って書きなさい。
- (3) 質点に働く x 方向の力 F_x 、 y 方向の力 F_y を求めなさい。
- (4) この力のポテンシャルを $U = -\frac{\alpha}{r}$ とすると、 $F = (F_x, F_y) = -\text{grad}U$ を用いれば、たしかに(3)の F_x と F_y が得られることを示しなさい。ただし、 α は定数、 $r = (x^2 + y^2)^{\frac{1}{2}}$ 、 $\omega^2 = \frac{\alpha}{mr^3}$ である。
- (5) x 軸上のみ考えると、 $F = -\frac{\alpha}{r^2}$ となる。(4)とは逆に、質点を $x = r$ から x 軸に沿って無限遠まで動かしたときの仕事を計算することにより、(4)の U が得られることを示しなさい。



IV (物理)

次の問いに答えなさい。

- (1) 図のような半径 a の十分に長い円柱内部が、体電荷密度 (単位体積あたりの電荷の量) ρ ($\rho > 0$) で一様に帯電している場合を考える。長さ h で切り取った円柱内部の電荷の総量を答えなさい。
- (2) (1) で考えた円柱の中心軸からの距離 r での電場 \vec{E} を円柱内外に場合分けして求めなさい。また電場 \vec{E} の大きさ E と r の関係をグラフにしなさい。ただし円柱内外はともに真空とし、真空の誘電率は ϵ_0 としなさい。
- (3) 次に円柱を導体にした場合を考える。導体円柱に電荷を与えると電荷は導体のどの部分に存在し、どの部分には存在しないか答えなさい。
- (4) 真空中にある半径 a の十分に長い導体円柱が、線電荷密度 (単位長さあたりの電荷の量) λ ($\lambda > 0$) で一様に帯電している場合、導体円柱の中心軸からの距離 r での電場 \vec{E} を円柱内外に場合分けして求めなさい。



専門 I (機械システム工学専攻)

〔数 学〕

I. 重積分 $\int_0^2 dx \int_0^x x dy + \int_2^4 dx \int_0^{-x+4} x dy$ について以下の問いに答えなさい。

(1) 積分領域を図示しなさい。

(2) 重積分 $\int_0^2 dx \int_0^x x dy + \int_2^4 dx \int_0^{-x+4} x dy$ を計算しなさい。

II. 行列 $\begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 2 \\ 3 & 1 & 2 \end{pmatrix}$ について以下の問いに答えなさい。

(1) 行列式を求めなさい。

(2) 逆行列を求めなさい。

III. 極限值 $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^x + \sin x - 2x - 1}{x^3 + x^2}$ を求めなさい。

〔物 理〕

I. 以下の問いに答えなさい。

- (1) 2つのベクトルのベクトル積とはどういう量か、式を用いて詳しく説明しなさい。また、どういう場合に役に立つか例をあげて説明しなさい。
- (2) 「サッカーでシュートされたボールがゴールに向かって飛んでいるとき、球の加速度は前方(ボールの進んでいる方向)を向いている。」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) 「ニュートンの運動方程式は全ての座標系で成立する。」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。
- (4) xy 平面内で原点を中心にして質量 m の質点が各速度 ω で半径 a の等速円運動をしている。質点の位置ベクトルを x , y 成分で表し、速度ベクトル、加速度ベクトルを計算しなさい。また、速度ベクトルと加速度ベクトルは直交することを証明しなさい。
- (5) 位置ベクトル \vec{r}_1 にある質量 m_1 の質点1と位置ベクトル \vec{r}_2 にある質量 m_2 の質点2とが力を及ぼしあっている。質点1が質点2に及ぼす力を \vec{F}_{12} として、質点1および質点2に対する運動方程式を書きなさい。2質点の重心の位置ベクトル \vec{R} と質点1に対する質点2の相対位置ベクトル \vec{r} を導入すると、この問題は結局1体問題に帰着することを示しなさい。

以下の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すること)

- II. ジュール熱について詳しく説明しなさい。電熱器のニクロム線を $2/3$ に切りつめると発熱量はどうか。ここでは抵抗の温度変化を無視してよい。
- III. $L = 2.0 \mu\text{H}$ のコイルと $R = 2 \Omega$ の抵抗と $C = 50 \text{ pF}$ のコンデンサーを直列につないだ回路のインピーダンスは周波数がいくらのときに最小になるか。また、その最小値はいくらか。
- IV. 古典論では説明できない現象、実験の一つあげて、(1) どのような点が説明できないか、(2) どう考えると説明できるか、について詳しく説明しなさい。

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} は別々の解答用紙に解答しなさい。

〔数 学〕

I

$\int_1^x \frac{dt}{t} = \ln x$ であることはよく知られている。この積分を用いて以下の式が成り立つことを示しなさい。なお、 $\ln x$ は自然対数を表す。

$$(1) \quad \ln 1 = 0$$

$$(2) \quad \ln xy = \ln x + \ln y$$

$$(3) \quad \ln \frac{x}{y} = \ln x - \ln y$$

II ベクトル $\vec{a} = (1 \ 1 \ 0)$, $\vec{b} = (1 \ 0 \ 1)$, $\vec{c} = (0 \ 1 \ 1)$ について次の値を求めなさい。
(グラム・シュミットの正規直交化法)

$$(1) \quad \vec{\alpha} = \frac{\vec{a}}{|\vec{a}|} \quad (|\vec{a}| \text{ はベクトル } \vec{a} \text{ の絶対値})$$

$$(2) \quad \vec{d} = \vec{b} - (\vec{b} \cdot \vec{\alpha})\vec{\alpha} \quad ((\vec{b} \cdot \vec{\alpha}) \text{ は内積を表す})$$

$$(3) \quad \vec{\beta} = \frac{\vec{d}}{|\vec{d}|}$$

$$(4) \quad \vec{\gamma} = \vec{c} - (\vec{c} \cdot \vec{\alpha})\vec{\alpha} - (\vec{c} \cdot \vec{\beta})\vec{\beta}$$

〔物 理〕

次の I、II および III の問いに答えなさい。

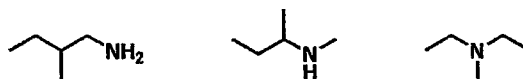
必要なら次の(物理)定数を用いなさい。

プランク定数 $h = 6 \times 10^{-34}$ J s, 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, 地上の重力加速度 $g = 10$ m/s²,
 アボガドロ定数 $N_A = 6 \times 10^{23}$ mol⁻¹, ボルツマン定数 $k_B = 1.4 \times 10^{-23}$ J K⁻¹, $\sqrt{10} = 3$

- I 体重 80 kg の人が地上で 5 m 登るのに必要な仕事をジュール[J]の単位で求めなさい。
- II 一つの分子が室温(300 K)において1自由度当たりにもつ平均エネルギーを[J]と[eV]の単位で求めなさい。
- III 100 kV の電位差で加速された電子の有する運動エネルギー、運動量およびド・ブROI波(物質波)の波長を求めなさい。

〔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 100 字程度で説明しなさい。図を用いて説明してもよい。
- (1) 超共役
 - (2) 混成軌道
 - (3) 元素の周期律
- II 4-ニトロフェノールと3-ニトロフェノールでは4-ニトロフェノールの方が強い酸である。図を用いて、理由を説明しなさい。
- III 次に示す 3 つのアミンはいずれも C₅H₁₃N の組成式をもつアミンであり、左から第一級アミン、第二級アミン、第三級アミンである。この 3 つのアミンのうち、沸点が最も高いアミンは第一級アミンで、最も低いアミンは第三級アミンである。その理由を説明しなさい。図を用いて説明してもよい。



IV. 以下の文を読み、(1)～(6)の問いに答えなさい。

地球の大気は、長い年月を経て現在の組成になったと考えられている。地球が誕生して間もないころの大気は、現在の大気と比較して二酸化炭素が多く、酸素はほとんどなかった。その後、酸素発生型の光合成生物の出現により大気中の酸素濃度が増加した。それに伴って、酸素 O_2 の () 体①であるオゾン O_3 の層が成層圏に形成され、地球に降り注ぐ紫外線の多くを吸収し、地上の生態系が保護されるようになった。現在、地球の大気にはおよそ 21%の酸素が含まれ、窒素やアルゴン、水蒸気と共に主成分となっている。大気中にはその他に二酸化炭素やメタンなどの微量成分が含まれるが、こうした微量成分の濃度が増減すると環境への影響が懸念される。一般に微量成分の量を表すときには ppm や ppb②が用いられる。人間の活動によって大気中に放出された化学成分が環境に悪影響を与えた例は多い。例えば、フロン③などの塩素や臭素を含む化学物質が大気中に排出され、これがオゾン層を破壊することによって地表に降り注ぐ紫外線量が増大する影響が生じた。また、近年では化石燃料の大量消費で放出される二酸化炭素による地球温暖化が懸念されている。

(1) 下線部①の () にあてはまる適当な語をつぎのア～オから選び、その記号を書きなさい。

ア：異性 イ：同位 ウ：同族 エ：同素 オ：ラセミ

(2) 下線部②の ppm および ppb はそれぞれ何分の 1 を示す単位かを答えなさい。また、それぞれ何の頭文字をとったものかを英語で答えなさい。

(3) 下線部③のフロンはどのような用途で利用されるかを答えなさい。

(4) フロン等により、オゾン層が破壊される仕組みを 100 字程度で説明しなさい。

(5) 二酸化炭素は赤外線を吸収して温室効果ガスとして働くが、大気中に多く存在する窒素や酸素は赤外線を吸収しない。その理由を 100 字程度で説明しなさい。

(6) 二酸化炭素の他に温室効果を示す気体を 2 つ書きなさい。

専門 I	(情報メディア学専攻)
------	-------------

〔情報メディア基礎〕

I 次のカッコに当てはまる語句および数値を記入しなさい。

音の三大要素は(1)(2)(3)である。(1)は振幅に関係し、(2)は1秒間に振動が何回繰り返されるかで決まる。(3)はエンベロープの形状に基づいており、その形状を分析するため(4)変換が用いられることが多い。光の三原色は(5)(6)(7)であり、色の三原色は(8)(9)(10)である。光の三原色と色の三原色は(11)の関係にある。(5)～(7)を合わせると(12)を作ることができ、光の三原色は(13)混色と呼ばれる。

アナログ信号をデジタル信号に変換するには、3つの操作(14)(15)(16)が必要である。その際、信号に含まれる周波数成分の(17)倍の周波数で(14)する必要がある。音声を(15)する際には、一般的に16ビットの変換器を用いられることが多く、アナログ電話帯域音声(4kHz以下)をデジタル信号に変換すると1秒間に(18)(単位も記入のこと)の情報量が必要となる。音声(16)方式であるADPCMは1サンプル当たり4ビットで高品質に情報を(19)することができるため、(18)の情報量を(20)にすることができる。

画像は光の三原色の組み合わせで表現され、それぞれ(21)ビットの情報量が用いられる。そのため画像1画素あたり(22)ビットの情報が必要であり、例えば1024×768の画像を表現するのに(23)ビットの情報が必要となる。これら音声情報、画像情報ともそのままでは情報量が多いので、(19)技術を用いてそのサイズを小さくする方法が用いられる。音声や画像の品質を劣化させない(24)方式と品質は多少劣化するが、サイズを非常に小さくできる(25)方式がある。

〔数 学〕

I.

関数 $f(x) = \sum_{n=1}^N a_n \cdot x^n$ の微分 $f'(x)$ を求めよ。なお、解答には必ず Σ を用いること。

II.

行列 $\begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 1 & 4 \end{pmatrix}$ の固有値および対応する固有ベクトルを求めよ。

〔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。

- (1) プログラミング技法の一つである「再帰呼び出し」とはなにか、説明しなさい。
- (2) 0 から N ($N \geq 0$) までの整数の総和を「再帰呼び出し」で計算する方法を説明しなさい。
- (3) 以下のC言語のプログラムに関数 `souwa` を追加して、0 から N ($N \geq 0$) までの整数の総和を計算するプログラムを完成しなさい。ただし、
 - 関数 `souwa` では「再帰呼び出し」を利用しなさい。
 - 関数 `souwa` には、簡潔なコメントを適切に記述しなさい。

```
/*-- 0 から N までの整数の総和の計算プログラム --*/  
#include<stdio.h>
```

```
関数 souwa (n)
```

```
int main(void) {  
    int n;  
    int ans;  
  
    printf("整数 N を入力してください⇒ ");  
    scanf("%d", &n);  
    ans = souwa(n);  
    printf("0 から N までの整数の総和は ⇒ %d", ans);  
  
    return 0;  
}
```

専門 I (環境ソリューション工学専攻)

以下の4つの分野(I~IV)の中から3分野を選択して、解答しなさい。なお、それぞれの分野は別々の解答用紙に解答し、解答用紙には解答した分野番号を明記すること。

I. 環境科学 (数学分野)

以下の問い(問1~4)に答えなさい。

問1 次の行列の固有値と固有ベクトルを求めなさい。

$$(1) \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$$

$$(2) \begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

問2 次式の $\frac{dy}{dx}$ を求めなさい。

$$(1) y = x^3(x^2 + 1)^{\frac{3}{2}}$$

$$(2) y = 2^x$$

問3 次の微分方程式を解きなさい。ただし、 $x=0$ のとき、 $y=10$ であるとする。

$$(1) \frac{dy}{dx} = e^{2x}$$

$$(2) \frac{dy}{dx} = xy$$

問4 ある魚類45個体の標準体長(cm)を測定したところ、下記の数値が得られた。この変数を正規化するにはどのような変数変換法が望ましいか、数式で示しなさい。

3.001	3.029	3.047	3.061	3.103	3.117	3.154	3.163	3.186	3.235
3.253	3.281	3.291	3.299	3.300	3.316	3.323	3.323	3.330	3.334
3.336	3.336	3.345	3.367	3.367	3.377	3.400	3.403	3.453	3.533
3.544	3.585	3.594	3.713	3.856	3.986	4.187	4.275	4.438	4.502
4.758	5.149	5.807	6.692	7.849					

II. 環境科学 (物理分野)

以下の問い (問1～4) に答えなさい。計算過程も解答用紙に記入すること。

問1 質量 m のボールを斜め上方に投げるとボールの軌跡は放物線を描く。図に示すように、ボールの進行方向を $+x$ 、鉛直上向きを $+y$ としたとき、重力加速度を g 、時間を t とおいて、ボールの運動方程式 (x 方向および y 方向) を書きなさい。ただし、空気による粘性抵抗およびボールの大きさは無視できるものとする。

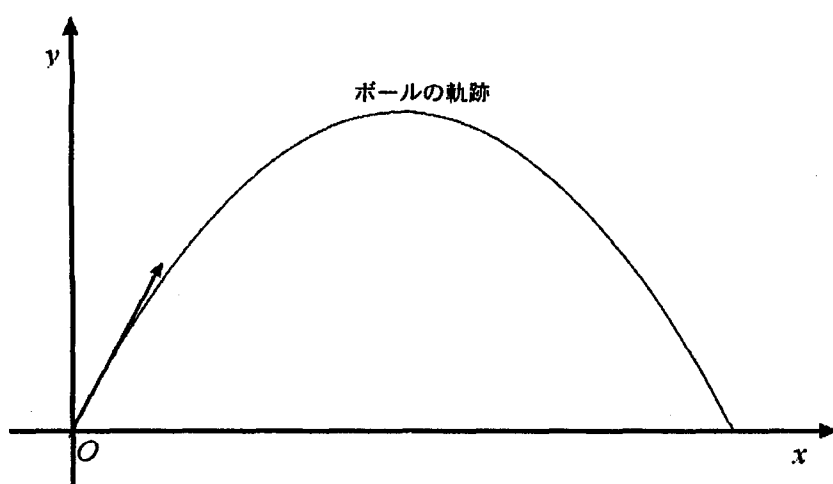


図. 粘性抵抗がない場合のボールの軌跡

問2 ボールが高さ 0 m の地点から射出され、ボールの初速度の x 成分および y 成分がそれぞれ 3.00 m/s, 7.35 m/s であるとき、問1の運動方程式を解いて、ボールが地面に達するまでに移動する水平距離を求めなさい。ただし、 $g=9.80$ m/s² とする。

問3 空気などの流体による粘性抵抗の大きさは物体の移動速度に比例することが知られている。粘性抵抗の比例定数を b [kg/s] として、高さ 0 m の地点からボールを斜め上方に投げたときの運動方程式 (x 方向および y 方向) を書きなさい。

問4 問3で求めた運動方程式を解きなさい。ただし、ボールは図の原点から射出されたものとし、ボールの初速度の x 成分、 y 成分をそれぞれ v_{x0} , v_{y0} とする。必要に応じて以下の関係を使ってよい。

$$\frac{dY}{dt} + mY = n \quad (m, n \text{ は定数}) \text{ の一般解 } Y = Ce^{-mt} + \frac{n}{m} \quad (C \text{ は積分定数})$$

III. 環境科学（化学分野）

以下の問い（問1～3）に答えなさい。

問1 元素に関する以下の問いに答えなさい。

- (1) 日本語の元素名に「素」がつくものが 11 種類ある。該当する元素とその元素記号をすべて挙げなさい。なお、元素名と元素記号とは対応させて、解答しなさい。
- (2) (1)に該当する 11 種類の元素のうち、ハロゲンに分類されるものを、元素記号で答えなさい。

問2 以下の問いに答えなさい。なお、計算過程も答案用紙に残しなさい。

- (1) 0.01mol/L の希塩酸の pH を求めなさい。
- (2) 0.01mol/L の酢酸水溶液の pH を求めなさい。ただし、この濃度の酢酸の電離度を 0.010 とする。
- (3) 0.001mol/L の水酸化ナトリウム水溶液の pH を求めなさい。なお、水のイオン積は $10^{-14} \text{ (mol/L)}^2$ とする。

問3 0.1mol/L の硫酸 15mL を水酸化ナトリウム水溶液で中和したい。このとき、以下の問いに答えなさい。なお、計算過程も答案用紙に残し、解答には単位も書きなさい。

- (1) 0.3mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和することにした。このとき、0.3mol/L の水酸化ナトリウム水溶液の必要量(mL)を求めなさい。
- (2) 0.3mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を、(1)で求めた必要量(mL)分を作りたい。必要となる水酸化ナトリウムの量(mg)を求めなさい。なお、水酸化ナトリウムは潮解していないものとし、その式量は 40 としなさい。

IV. 環境科学 (生物分野)

以下の問い (問1～3) に答えなさい。

問1 ある樹木の2箇所(葉AとB)について光合成速度を測定したところ、光-光合成曲線は右の図のようになった。

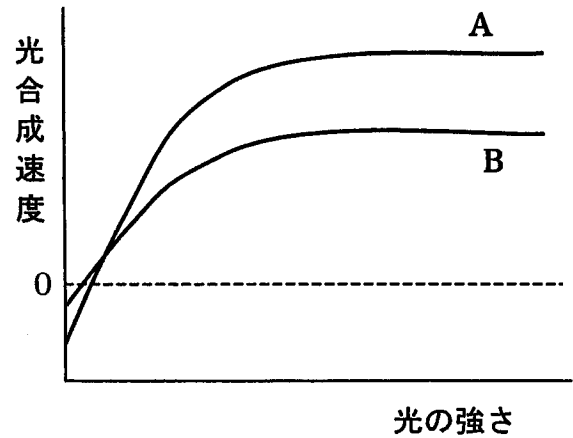


図. 葉A, Bの光-光合成曲線

(1) AとBの葉が着生していた箇所は、光環境が大きく異なっていた。明るい光環境にあったのはどちらの葉であると考えられるか。

(2) 以下のキーワードをすべて用いて、AとBの葉の構造的特徴と機能的特徴を説明しなさい。

キーワード：葉面積、厚さ、柵状組織、光合成速度、呼吸速度、光補償点

問2 植物細胞と動物細胞の構造について、共通することと異なっていることを100字程度で説明しなさい。

問3 有性生殖と無性生殖の有利な点と不利な点について、100～200字で説明しなさい。