

表紙

## 問題訂正

共生システム理工学類

物理基礎・物理

化学基礎・化学

### 注意事項

1. 試験開始まで、この問題訂正紙の中を見てはいけません。  
「解答はじめ。」の指示の後に、問題訂正の内容を確認しなさい。
2. 試験終了後、問題訂正紙は持ち帰ってください。

# 問題訂正

(食農学類)

物理基礎・物理

化学基礎・化学

## 注意事項

1. 試験開始まで、この問題訂正冊子を開いてはいけません。  
「解答はじめ」の指示の後に、問題訂正の内容を確認しなさい。
2. 試験終了後、問題訂正冊子は持ち帰ってください。

## 問題訂正

### 物理基礎・物理

【訂正1】 9ページ I 問1の5行目

(誤) …, その波長は,

(正) …, その真空中での波長は,

【訂正2】 11ページ II 本文

(誤) 図2のように、鉛直面内での小球の運動を考える。点Oを原点として、水平方向右向きに $x$ 軸をとり、鉛直上向きに $y$ 軸をとる。小球は大きさが無視できる質点とみなせるとし、質量 $m$ をもち、鉛直下向きに重力を受ける。鉛直面内に、点A  $(0, H)$ 、点B  $(x_B, y_B)$ および点C  $(L, 0)$ を定義する。ただし、 $0 \leq x_B \leq L, 0 \leq y_B < H$ 、重力加速度の大きさを $g$ とし、摩擦や空気抵抗は無視できるものとする。以下の問い(問1～問2)に答えなさい。

(正) 図2のように、鉛直面内での小球の運動を考える。小球には小さな穴があけられており、その穴に図中の太線で表される針金が通されている。点Oを原点として、水平方向右向きに $x$ 軸をとり、鉛直上向きに $y$ 軸をとる。針金の位置と形状を決める点A  $(0, H)$ 、点B  $(x_B, y_B)$ および点C  $(L, 0)$ を定義する。なお、針金の太さは無視できるものとする。また、小球は大きさが無視できる質点とみなせるとし、質量 $m$ をもち、鉛直下向きに重力を受ける。ただし、 $0 \leq x_B \leq L, 0 \leq y_B < H$ 、重力加速度の大きさを $g$ とし、摩擦や空気抵抗は無視できるものとする。以下の問い(問1～問2)に答えなさい。

## 問題訂正

### 化学基礎・化学

18 ページ I 問 1

(誤)・・・化学反応式でそれぞれ示しなさい。

(正)・・・イオン反応式でそれぞれ示しなさい。

18 ページ I 問 2

(誤)・・・化学反応式を示しなさい。

(正)・・・イオン反応式を示しなさい。

19 ページ II 問 3

(誤) 下線部②について、青白色の沈殿が生じる反応は下記の化学反応式で表すことができる。〔カ〕および〔キ〕にあてはまる化学式をそれぞれ示しなさい。

(正) 下線部②について、青白色の沈殿が生じる反応は下記のイオン反応式で表すことができる。〔カ〕および〔キ〕にあてはまる化学式あるいはイオン式をそれぞれ示しなさい。



# 学力検査「数学」・「理科」

(共生システム理工学類・食農学類)

## 共生システム理工学類

教科	試験科目	ページ	解答用紙枚数	時間	
数 学	数学Ⅰ・数学Ⅱ・数学Ⅲ・ 数学A・数学B	必須 1～8	4枚	} 2科目で 120分	
理 科	物理基礎・物理 化学基礎・化学 生物基礎・生物	} から1科目	9～16		3枚
			17～21		3枚
			22～26		3枚

## 食農学類

教科	試験科目	ページ	解答用紙枚数	時間
数 学	数学Ⅰ・数学Ⅱ・数学A・ 数学B	27～32	3枚	} 2科目で 120分
理 科	物理基礎・物理 化学基礎・化学 生物基礎・生物	9～16	3枚	
		17～21	3枚	
		22～26	3枚	
英 語		別冊子		

### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけない。
2. この問題冊子は32ページある。印刷不鮮明の箇所などがある場合には、監督者に申し出ること。
3. 共生システム理工学類受験者は、「数学」(1～8ページのⅠ～Ⅳ)および、あらかじめ届け出た「理科」の試験科目(「物理基礎・物理」, 「化学基礎・化学」, 「生物基礎・生物」)を解答すること。
4. 食農学類受験者は、あらかじめ届け出た試験科目(「数学」(27～32ページのⅤ～Ⅶ), 「物理基礎・物理」, 「化学基礎・化学」, 「生物基礎・生物」, 「英語」(別冊子)の中から2科目)を解答すること。
5. 解答はすべて別紙の解答用紙の枠内に記入すること。
6. 解答用紙の指定欄には必ず氏名および受験番号を記入すること。
7. 解答用紙の評点欄には何も記入しないこと。
8. 解答用紙は持ち帰らないこと。

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
PHYSICS DEPARTMENT  
PHYSICS 435  
LECTURE 10  
SPECIAL RELATIVITY  
I. INTRODUCTION  
A. MOTIVATION  
1. GALILEAN RELATIVITY  
2. ELECTROMAGNETISM  
3. THE SPEED OF LIGHT  
B. THE SPECIAL THEORY OF RELATIVITY  
1. POSTULATES  
2. LORENTZ TRANSFORMATIONS  
3. TIME DILATION  
4. LENGTH CONTRACTION  
5. RELATIVITY OF SIMULTANEITY  
6. VELOCITY ADDITION  
7. ENERGY AND MOMENTUM  
8. MASS-ENERGY EQUIVALENCE  
9. THE SPEED OF LIGHT  
C. APPLICATIONS  
1. GPS  
2. PARTICLE ACCELERATORS  
3. COSMOLOGY  
D. SUMMARY

数学Ⅰ・数学Ⅱ・数学Ⅲ・数学A・数学B

I 以下の問いに答えなさい。

- (1)  $2^{2024}$  の一の位の数を求めなさい。
- (2)  $|\log_e |x|| = 1$  をみたす  $x$  をすべて求めなさい。
- (3) 関数  $f(x) = x^3(1-x)^2$  の導関数を求めなさい。
- (4) 次の定積分の値を求めなさい。

$$\int_0^1 x\sqrt{1-x} dx$$

このページは、計算・下書きに利用してください。



II 以下の問いに答えなさい。

(1) 定数  $a$  を用いて、関数  $f(x)$  を

$$f(x) = \sin^3 x + a \sin x \quad \left(-\frac{\pi}{2} \leq x \leq \frac{\pi}{2}\right)$$

と表す。このとき、以下の問いに答えなさい。

(a)  $f'(x)$ ,  $f''(x)$  をそれぞれ求めなさい。

(b)  $-\frac{\pi}{2} < x < \frac{\pi}{2}$  で常に  $f'(x) \geq 0$  をみたす  $a$  の範囲を求めなさい。

(2) 不等式  $|3x - a| < 4$  をみたす整数  $x$  が 1, 2, 3 の 3 つだけであるとき、定数  $a$  のとりうる範囲を求めなさい。

このページは、計算・下書きに利用してください。

Ⅲ  $n$  を自然数とする。  $S_n = \sum_{k=1}^n k \left(\frac{1}{2}\right)^k$  と表すとき、以下の問いに答えなさい。

- (1)  $S_1$  の値を求めなさい。
- (2)  $S_{n+1} - S_n$  を求めなさい。
- (3)  $S_{n+1} - \frac{1}{2} S_n$  を求めなさい。
- (4)  $S_n$  を求めなさい。

このページは、計算・下書きに利用してください。

IV  $4x^2 - 16x + y^2 = 0$  と表される曲線  $C$  について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 曲線  $C$  上の点  $(3, 2\sqrt{3})$  における接線の式を求めなさい。
- (2) 曲線  $C$  の概形をかきなさい。
- (3) 点  $(x, y)$  が曲線  $C$  上を動くとき、 $x^2y^2$  を  $x$  の式で表しなさい。
- (4) 点  $(x, y)$  が曲線  $C$  上を動くとき、 $x^2y^2$  の最大値を求めなさい。

このページは、計算・下書きに利用してください。

## 物理基礎・物理

注意 解答の過程も重視する。

I 光に関する以下の問い(問1～問2)に答えなさい。

問1 次の文章中の空欄( A ), ( B )に最も適切な数値, ( い )～( に )に最も適切な語句を, 文章下の語群①の a～h, 語群②のア～コからそれぞれ選び, 記号で答えなさい。ただし, ( A )は( B )よりも小さい数値である。

光には, ヒトの目に感じる可視光線があり, その波長は, ( A )～( B )m 程度である。また, ヒトの目に感じない光として, 可視光線よりも長い波長の( い ), 可視光線よりも短い波長の( ろ )などがある。

白熱電球から出る白色光のスペクトルは, さまざまな波長の色が現れる( は )スペクトルである。また, 水銀灯やナトリウムランプから出る光のスペクトルは, 特定の波長の色が現れる( に )スペクトルである。

語群①

a : $2.0 \times 10^{-10}$	b : $3.0 \times 10^{-9}$	c : $3.8 \times 10^{-7}$
d : $4.2 \times 10^{-3}$	e : $6.0 \times 10^{-3}$	f : $6.8 \times 10^{-9}$
g : $7.7 \times 10^{-7}$	h : $9.8 \times 10^{-9}$	

語群②

ア：虚像	イ：反射	ウ：吸収	エ：焦点	オ：偏光
カ：赤外線	キ：紫外線	ク：線	ケ：実像	コ：連続

問 2 空気中の波長  $\lambda$  の光が、図 1 のように、空気中から一様な厚さの薄膜に垂直に入射している。ここで、境界面 A で反射した光と境界面 B で反射した光の干渉を考える。空気の絶対屈折率を 1.0、薄膜の絶対屈折率を 1.4 とする場合、2 つの反射した光が強め合うための薄膜の最小の厚さ  $d$  を求めなさい。

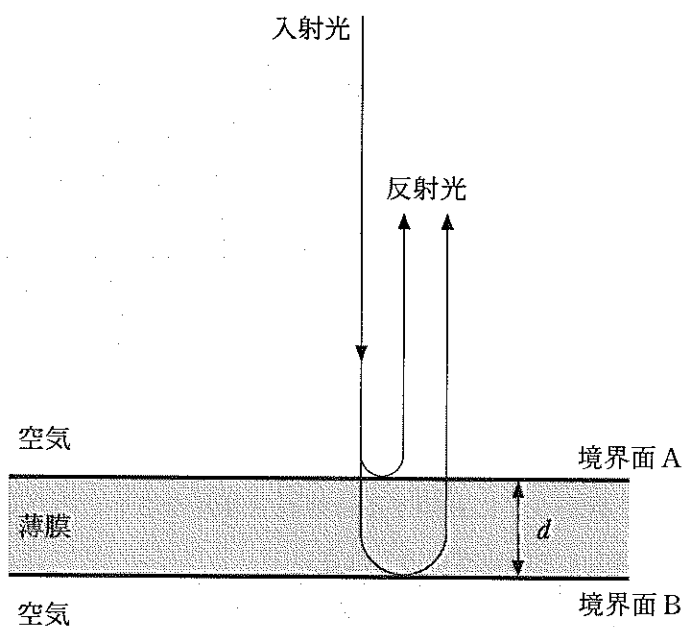


図 1



Ⅱ 図2のように、鉛直面内での小球の運動を考える。点Oを原点として、水平方向右向きに $x$ 軸をとり、鉛直上向きに $y$ 軸をとる。小球は大きさが無視できる質点とみなせるとし、質量 $m$ をもち、鉛直下向きに重力を受ける。鉛直面内に、点A(0,  $H$ )、点B( $x_B$ ,  $y_B$ )および点C( $L$ , 0)を定義する。ただし、 $0 \leq x_B \leq L$ ,  $0 \leq y_B < H$ 、重力加速度の大きさを $g$ とし、摩擦や空気抵抗は無視できるものとする。以下の問い(問1～問2)に答えなさい。

問1 まず、図3に示すように、点A、点Bおよび点Cが一直線上に並んでおり、小球が線分AC上を運動する場合を考える。線分ACが鉛直下向きとなす角度を $\theta$ ( $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$ )とする。時刻 $t=0$ で、小球は点Aにあり、初速度は0(ゼロ)とする。

- (1) 小球の線分ACの方向の運動方程式を書きなさい。なお、点Aから点Cへ向かう向きの小球の加速度を $a$ とする。
- (2) 小球が点Cに到達する時刻 $t_c$ を求めなさい。ただし、解答は加速度 $a$ と角度 $\theta$ を用いずに表しなさい。
- (3) 時刻 $t_c$ における小球の速さ $v_c$ を求めなさい。

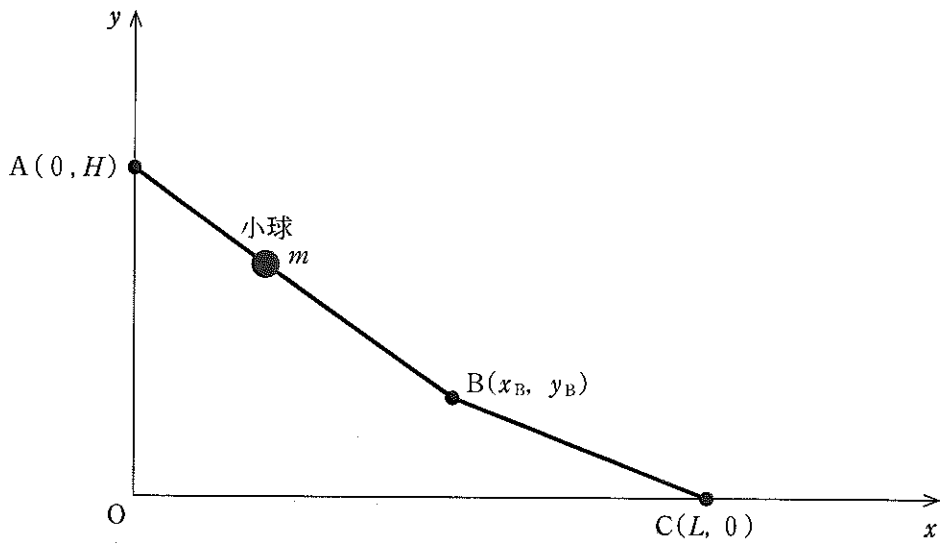


图 2

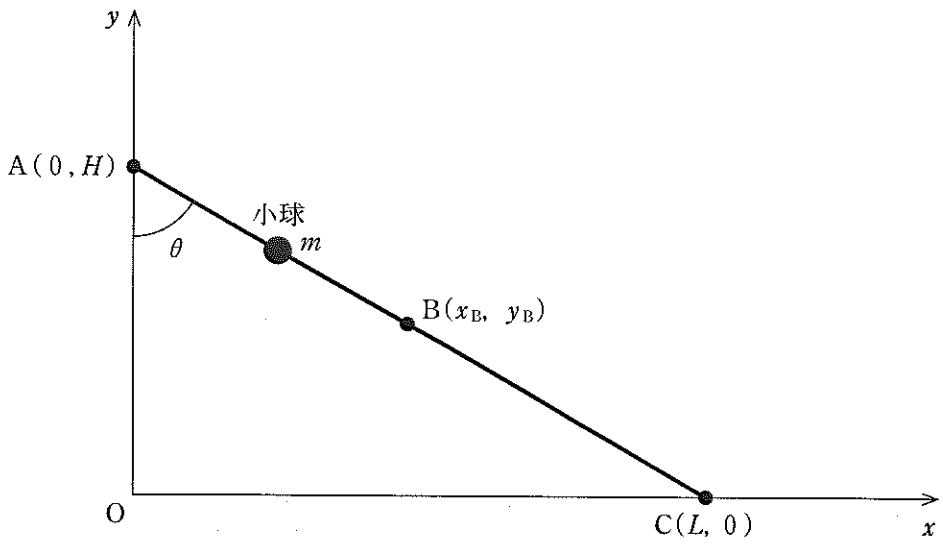


图 3

問 2 次に、図 4 に示すように、点 B の位置を  $(x_B, 0)$  とする場合を考える。小球は点 A と点 B を通る線分 AB、および点 B と点 C を通る線分 BC に沿って運動する。線分 AB が鉛直下向きとなす角度を  $\theta$  ( $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$ ) とする。時刻  $t = 0$  で、小球は点 A にあり、初速度は 0 (ゼロ) とする。なお、点 B で小球の速さは変わらないが、小球の運動方向は線分 AB の方向から線分 BC の方向に瞬間的に変わるものとする。

(1) 小球が点 A から点 B へ移動するのにかかる時間  $T_1$  を求めなさい。ただし、解答は角度  $\theta$  を用いずに表しなさい。

(2) 小球が点 B から点 C へ移動するのにかかる時間  $T_2$  を求めなさい。ただし、解答は角度  $\theta$  を用いずに表しなさい。

(3) 次に、点 C の  $x$  座標を  $L = H$  とした。点 B の  $x$  座標  $x_B$  を  $0, \frac{H}{\sqrt{3}}, H$  としたときの、小球が点 A から点 C へ移動するのにかかる時間をそれぞれ、 $T_\alpha, T_\beta, T_\gamma$  とする。このとき、 $T_\alpha, T_\beta, T_\gamma$  の大小関係を求めなさい。なお、必要であれば、 $\sqrt{2} = 1.414, \sqrt{3} = 1.732$  を用いてよい。

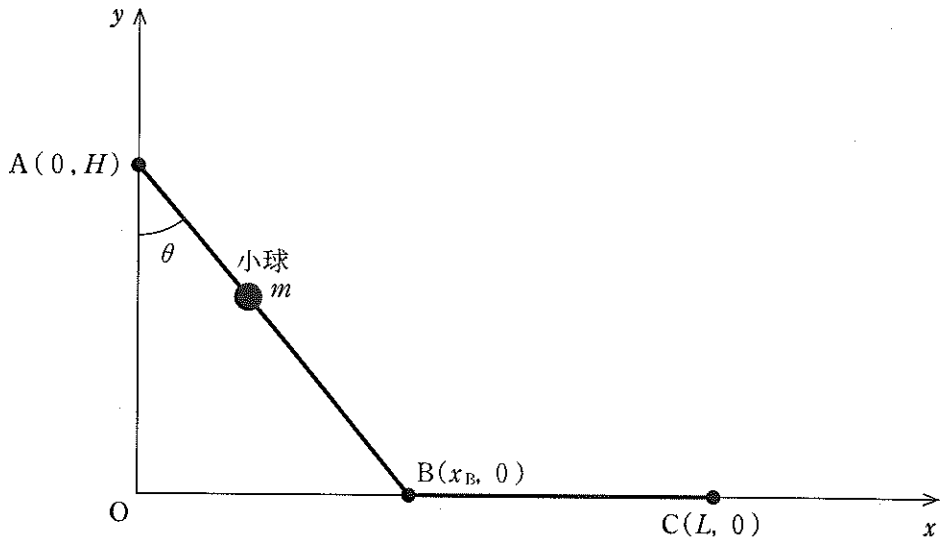


图 4

Ⅲ 真空中に置かれた図5のような装置内において、正の電気量  $q$  (C) を持つ質量  $m$  (kg) の荷電粒子1個を電極間の電圧  $U$  (V) によって加速させる場合を考える。装置の灰色に着色された部分は磁場印加領域であり、紙面に対して垂直に裏から表へ向かう向きの一様な磁場(磁束密度の大きさ  $B$  (Wb/m<sup>2</sup>))がかけられている。荷電粒子は加速後、スリット S から磁場印加領域へ磁場に対して垂直に入射し、半径  $r$  (m) の円軌道を描き、半周した後、S から  $d = 2r$  (m) の距離にある P に到達した。加速前の荷電粒子の初速度を 0 (ゼロ) として、以下の問い(問1～問4)に答えなさい。なお、陽子と中性子の質量は同じとし、また、質量欠損の影響は考えなくてよいものとする。

問1 荷電粒子がスリット S に入射するときの速さ  $v$  (m/s) を、 $m$ 、 $q$ 、 $U$  を用いて表しなさい。

問2 荷電粒子がスリット S に入射した後に描く円軌道の半径  $r$  (m) を、 $m$ 、 $q$ 、 $U$ 、 $B$  を用いて表しなさい。

問3 荷電粒子として陽子を考える。陽子の電気量を  $1.6 \times 10^{-19}$  C、質量を  $1.7 \times 10^{-27}$  kg とする。加速電圧  $U$  を  $4.7 \times 10^3$  V、磁場印加領域の磁束密度  $B$  を  $2.0 \times 10^{-1}$  Wb/m<sup>2</sup> としたときに、陽子はスリット S に入射した後、半周して P<sub>0</sub> に到達した。SP<sub>0</sub> 間の距離  $d_0$  (m) を求めなさい。

問4 荷電粒子として、陽子と同じ電気量をもつ原子核 X を考える。問3と同様に加速電圧  $U$  を  $4.7 \times 10^3$  V、磁場印加領域の磁束密度  $B$  を  $2.0 \times 10^{-1}$  Wb/m<sup>2</sup> としたときに、原子核 X はスリット S に入射した後、半周して P<sub>1</sub> に到達した。このとき、SP<sub>1</sub> 間の距離  $d_1$  (m) は  $d_0$  (m) の  $\sqrt{3}$  倍となっていた。原子核 X を構成している陽子の数と中性子の数を求めなさい。また、原子核 X の原子番号および質量数を答えなさい。

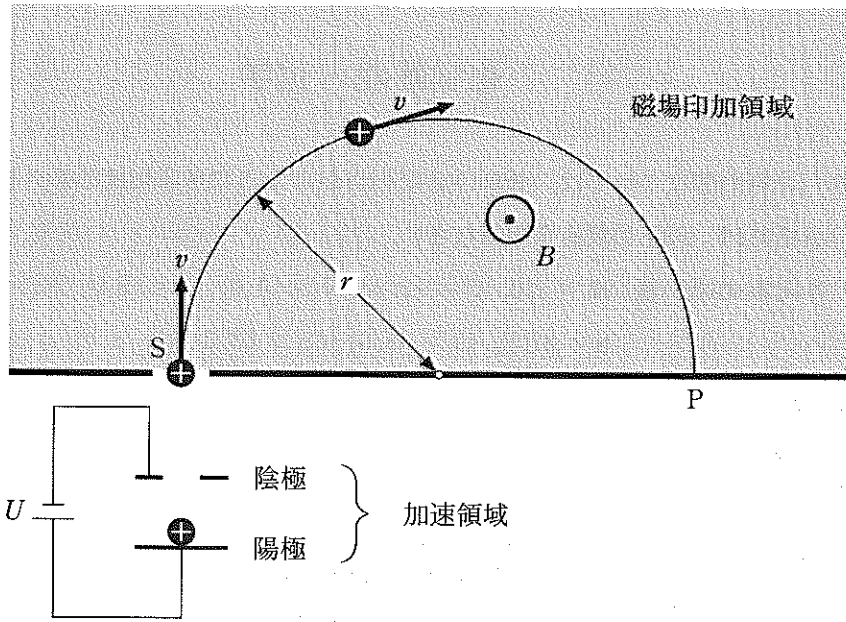


图 5

## 化学基礎・化学

注意 計算問題については、計算の過程がわかるように解答用紙に書きなさい。必要があれば、以下の数値を用いなさい。

各元素の原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,  
S = 32.0, Cl = 35.5, Cu = 63.5

I 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

酢酸やアンモニアのような弱酸、弱塩基を水に溶かすと一部の分子が電離し、  
① 電離によって生じるイオンと電離していない分子は電離平衡の状態となる。酢酸の電離平衡において、酢酸の初濃度を  $c$  (mol/L)、電離度を  $\alpha$  とすると、電離平衡時の濃度は、次のように表される。

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{ア}] \text{ (mol/L)},$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{イ}] \text{ (mol/L)},$$

$$[\text{H}^+] = c\alpha \text{ (mol/L)}$$

電離定数  $K_a$  は、 $c$  と  $\alpha$  を用いて、次のように表される。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = [\text{ウ}] \text{ (mol/L)}$$

酢酸の電離度  $\alpha$  が 1 より非常に小さい場合、 $1 - \alpha$  を 1 とみなし、電離定数  $K_a$  は、 $c$  と  $\alpha$  を用いて、次のように表される。

$$K_a = [\text{エ}] \text{ (mol/L)}$$

また、酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液は、少量の酸や塩基を加えても pH  
② がほとんど変化しないようになる。このような作用を〔あ〕作用という。

0.20 mol/L の酢酸水溶液 1.0 L と 0.20 mol/L の酢酸ナトリウム水溶液 1.0 L を混合して、2.0 L の水溶液をつくった。この水溶液の pH について計算する。ただし、酢酸の電離定数  $K_a = 2.7 \times 10^{-5}$  mol/L とする。

酢酸ナトリウムは完全に電離したとし、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$  は $[\text{H}^+]$ よりも十分に大きい値であるとする、酢酸の電離は無視できる。したがって、

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{オ}] \text{ [mol/L]},$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{カ}] \text{ [mol/L]},$$

となる。

電離定数  $K_a$  は、次のように表される。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = [\text{キ}] \times [\text{H}^+] \text{ [mol/L]}$$

$K_a = 2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  であるから、 $[\text{H}^+]$  は、次のとおりとなる。

$$[\text{H}^+] = [\text{ク}] \times 2.7 \times 10^{-5} \text{ [mol/L]}$$

$\log_{10} 3.0 = 0.48$  とし、水溶液の pH を求めると次のとおりとなる。

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10}([\text{ク}] \times 3.0^3 \times 10^{-6}) = [\text{ケ}]$$

問 1 下線部①について、酢酸とアンモニアの電離平衡を化学反応式でそれぞれ示しなさい。

問 2 [ あ ]に入る適切な語句を答えなさい。また、下線部②について、少量の塩基を加えた場合に pH がほとんど変化しないのは、どのような反応が起こるためか、化学反応式を示しなさい。

問 3 [ ア ]～[ エ ]に入る適切な数式をそれぞれ答えなさい。また、[ オ ]～[ ケ ]に適切な値を有効数字 2 桁でそれぞれ答えなさい。



Ⅱ 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

周期表の3～11族に属する元素を〔ア〕元素という。

① テトラアンミン銅(Ⅱ)イオンは中心金属イオンが銅Cuの錯イオンであり、その水溶液は深青色を示す。この錯イオンの配位結合にはアンモニア分子の〔イ〕電子対が使われている。銅化合物の一つである硫酸銅(Ⅱ)五水和物  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  の水溶液に 水酸化ナトリウム水溶液を加えると、青白色沈殿が生じる。さらに、この沈殿を含む水溶液を穏やかに加熱すると、沈殿が黒色に変化する。

鉄Feを湿った空气中に放置すると酸化され、水を含む赤褐色の酸化鉄(Ⅲ)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (赤さび)を生じる。Feに希硫酸を加えて反応させると気体の〔ウ〕が発生する。鋼にクロムCrとニッケルNiを加えて作られた合金を〔エ〕鋼といい、腐食しにくいため、台所用品や鉄道の車両など、生活に関わる幅広い用途で利用されている。

マンガンMnの化合物である酸化マンガン(Ⅳ)  $\text{MnO}_2$  は黒色の物質であり、濃塩酸を加えて加熱すると塩素  $\text{Cl}_2$  が発生する。この  $\text{Cl}_2$  発生反応において、 $\text{MnO}_2$  は〔オ〕剤としてはたらく。

問1 〔ア〕～〔オ〕に入る適切な語句をそれぞれ答えなさい。

問2 下線部①の錯イオンをイオン式で示しなさい。

問3 下線部②について、青白色の沈殿が生じる反応は下記の化学反応式で表すことができる。〔カ〕および〔キ〕にあてはまる化学式をそれぞれ示しなさい。



問 4 下線部③の反応を化学反応式で示しなさい。

問 5 下線部③で生成する黒色の沈殿を 1.50 g 得るために必要な  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  の質量 [g] を有効数字 2 桁で求めなさい。ただし、銅イオンはすべて黒色の沈殿に変化したものとする。

Ⅲ 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

次の手順でナイロン 66 を合成した。ビーカーに 2.32 g のヘキサメチレンジアミン  $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$  と 1.60 g の水酸化ナトリウムをそれぞれはかり取り、水 100 mL を加えて、よく溶解し、これを水溶液 A とした。別のビーカーに 3.66 g のアジピン酸ジクロリド  $\text{Cl}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-\text{Cl}$  をはかり取り、シクロ<sup>①</sup>ヘキサン 100 mL を加えて溶解し、これを溶液 B とした。水溶液 A の入ったビーカーに溶液 B をガラス棒に沿って静かに注ぐと、両溶液が接触した境界面に薄い膜が形成された。この薄い膜をピンセットで静かに引き上げて糸状にした後、アセトンと水で交互に洗い、乾燥してナイロン 66<sup>②</sup>を得た。このナイロン 66 は多数の〔ア〕結合をもったポリ〔ア〕系繊維である。

問 1 下線部①について、シクロヘキサンの構造式を示しなさい。

問 2 この実験で使用したヘキサメチレンジアミンとアジピン酸ジクロリドの物質量の比を求めなさい。なお、ヘキサメチレンジアミンの分子量は 116.0、アジピン酸ジクロリドの分子量は 183.0 とする。

問 3 〔ア〕に入る適切な語句を書き、その結合を構造式で示しなさい。

問 4 下線部②のナイロン 66 の平均分子量が  $1.90 \times 10^4$  であるとき、この高分子 1 分子中に存在する〔ア〕結合の数を、小数第 1 位を四捨五入して求めなさい。

## 生物基礎・生物

I 以下の文章AとBを読み、問いに答えなさい。

A 遺伝子の本体であるDNAを分析するために、シロイヌナズナの葉からDNAを抽出する実験を行う。植物細胞の細胞膜は(ア)に囲まれているため、細胞膜や(ア)を含む構造を破壊し、細胞や細胞小器官に含まれるDNAを取り出す必要がある。もっとも簡便な手法は、乳鉢と乳棒で葉の組織をすりつぶすなどの手法である。細胞内においてDNAが含まれるのは、細胞の中の核、呼吸に関与する細胞小器官である(イ)、光合成に関与する細胞小器官である(ウ)である。細胞膜や細胞小器官の膜構造はおもにリン脂質であるため、中性洗剤のような界面活性剤と食塩水をすりつぶした葉に加えることにより、膜構造を破壊することができる。この破碎液をろ過し、ろ液にエタノールを加えて混ぜるとDNAが析出する。

B 600塩基対の2本鎖DNAの片方の鎖が全て転写されてmRNAが合成されるとする。このmRNAの最初の塩基から最後の塩基までの全ての塩基配列がアミノ酸に翻訳される場合、(エ)個のアミノ酸が連なったタンパク質が合成される。

問1 Aの文章中の(ア)、(イ)、(ウ)に入る適切な語を解答欄に記入しなさい。

問2 Bの文章中の(エ)に入る数値を解答欄に記入せよ。また、その理由を40～60字で説明しなさい。

問 3 次の①と②の DNA と遺伝情報に関する記述は間違っている部分を含む。  
間違っている部分を修正した正しい文章を解答欄に記述しなさい。

① シロイヌナズナの葉から抽出した DNA には、シロイヌナズナの根の発生に関わる遺伝子や花の形成に関わる遺伝子はまったく含まれない。

② DNA から転写された mRNA は、アデニン、グアニン、シトシン、チミンの 4 種類の塩基から構成され、鋳型 DNA と相補的な配列をもつ。

問 4 ある生物の 2 本鎖 DNA について、その塩基組成を調べたところ全塩基の 28 % がアデニンであった。このときグアニン、シトシン、チミンの比率はそれぞれ何%か。計算過程とともに解答欄に記入しなさい。

Ⅱ 以下の文章を読み、問いに答えなさい。

多細胞生物は無性生殖のほかに、減数分裂の後に2つの(ア)が合体して接合子を形成する有性生殖により増殖する。被子植物では、減数分裂により花粉母細胞から花粉四分子が、胚のう母細胞から胚のう細胞が形成される。花粉母細胞は花粉となり、胚のう母細胞は(イ)を含む胚のうを形成し、花粉中の精細胞と(イ)が受精して、受精卵となる。カントウタンポポなど一部の在来タンポポ属植物は、このような有性生殖により種子を作る。一方、同じタンポポ属植物でも、外来のセイヨウタンポポとアカミタンポポや福島県などに広く見られる在来エゾタンポポなどは、無融合生殖という方法で種子を作る。無融合生殖では、(イ)が形成される際に、減数分裂を経ない。そのため、親個体の体細胞と染色体数が同じ(イ)が形成される。この(イ)は花粉の精細胞と受精することなく、細胞分裂して種子となる。つまり、セイヨウタンポポなどは花粉が<sup>(1)</sup>受粉しなくても種子ができる。有性生殖を行うカントウタンポポなどは、受粉により様々な遺伝的特徴をもった種子を生産するが、セイヨウタンポポなどの無融合生殖では、(a)。無融合生殖をする被子植物は意外と多く、ヒメジョオン、ドクダミなど身近な植物でも見られる。

問 1 文章中の(ア)および(イ)に入る最も適切な語を答えなさい。

問 2 文章中の(a)に入る適切な文を10～25字で答えなさい。

問 3 下線部(1)を確かめるためには、どのような実験を行うと良いか。カントウタンポポを用いた対照実験も含めた実験方法と、下線部が正しい場合に予想される結果を80～120字で書きなさい。

Ⅲ 以下の文章を読み、問いに答えなさい。

植物や藻類は光合成により水と二酸化炭素という無機物から有機物を作り出す。一般に無機物から有機物を合成できる生物は独立栄養生物と呼ばれる。光合成などにより作られた有機物は食物連鎖などを通して様々な生物群に流れ、これが生態系の維持のための物質・エネルギーの源になる。

光合成の過程は光エネルギーを使って(ア)を分解し、ATPと(イ)を得る過程と、ATP、(イ)と二酸化炭素をもとに糖を合成する過程に分けられる。糖を合成する過程は(ウ)と(エ)によって発見されたので、(ウ)・(エ)回路と呼ばれる。彼らは目印(炭素の同位体)をつけた二酸化炭素を藻類に吸わせ、一定時間後に反応を止めてどのような物質に目印がついた炭素が含まれるかを追跡して、代謝過程を明らかにした。

植物が光合成によって作り出す糖などの炭水化物は、草食動物に食べられるなどして食物連鎖を通して生態系に流通する。植物は他の生物に単に栄養を供給しているだけでなく、共生関係にある生物に対して報酬として炭水化物を与え、見返りに利益を得ている。例えば、マメ科植物は(オ)に(カ)を共生させていることが知られている。マメ科植物は(カ)に炭水化物を提供し、(カ)から(キ)化合物を受け取っている。

問1 (ア)から(キ)に入る適切な語を解答欄に記入しなさい。

問2 下線部aに関して、光合成を用いずにこの機能を持つ生物の例をあげなさい。

問 3 下線部 b に関して、目印をつけた炭素は下記の 3 つの物質ではどんな順番で検出されるか。検出される順番を解答欄に A～C の記号で記入しなさい。

A 炭水化物

B ホスホグリセリン酸 (PGA)

C グリセルアルデヒドリン酸 (GAP)

問 4 下線部 c に関して、草食動物に食べられる以外に植物から生態系に炭水化物が移動する重要な流れがある。関係する生物群を示して 30～50 字で説明しなさい。なお、下線部 d の流れは除くこと。

問 5 下線部 d に関して、目立つ花をつける植物の多くはある種の動物と相利共生の関係を持つ。その具体的な組合せを 1 つあげ、何を報酬として与えて、見返りにどんな利益を得ているのかを明示して 30～50 字で説明しなさい。なお、炭水化物の語は使わないこと。



数学Ⅰ・数学Ⅱ・数学A・数学B

V 以下の問いに答えなさい。

(1) 以下の値を求めなさい。

$$\frac{1}{\sqrt{1} + \sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2} + \sqrt{3}} + \frac{1}{\sqrt{3} + \sqrt{4}} + \cdots + \frac{1}{\sqrt{98} + \sqrt{99}} + \frac{1}{\sqrt{99} + \sqrt{100}}$$

(2)  $2^{2024}$  は何桁の数かを求めなさい。ただし、 $\log_{10} 2 = 0.3010$  を用いてよい。

(3) 二項係数を用いた方程式

$$2 \times {}_n C_5 = {}_n C_4 + {}_n C_6$$

の解  $n$  を全て求めなさい。

(4) 1辺の長さが全て1の正四面体の体積  $V$  を求めなさい。

このページは、計算・下書きに利用してください。

VI 以下の問いに答えなさい。

(1) 次の関数  $f(x)$

$$f(x) = |\sin x - a| \quad (0 \leq x \leq 2\pi)$$

について、以下の問いに答えなさい。ただし、 $0 \leq a \leq 1$  とする。

(a)  $a = 0$  のとき、 $f(x) = \frac{1}{2}$  の解を全て求めなさい。

(b)  $a = \frac{1}{2}$  のとき、 $f(x) = C$  がちょうど4つの解をもつ  $C$  の範囲を求めなさい。

(c)  $f(x) = \frac{3}{4}$  がちょうど3つの解をもつ  $a$  の値を全て求めなさい。

(2)  $a_1 = 2$ 、 $2a_{n+1} = a_n + 3$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) で定められる数列  $\{a_n\}$  の一般項を求めなさい。

このページは、計算・下書きに利用してください。

**Ⅶ** 点  $O$  を原点とする  $xy$  平面上に  $y = \left| \frac{1}{3}x^2 - 2 \right|$  と表される曲線  $C$  と  $x^2 + y^2 = 16$  と表される円  $K$  がある。曲線  $C$  と円  $K$  との交点, 円  $K$  と  $x$  軸との交点のうち,  $x$  座標が正のものをそれぞれ点  $A$ , 点  $B$  とする。このとき, 以下の問いに答えなさい。

- (1) 点  $A$  の座標を求めなさい。
- (2) 曲線  $C$  と円  $K$  のグラフの概形をかきなさい。
- (3)  $\angle AOB$  の角度を求めなさい。
- (4) 曲線  $C$  と円  $K$  で囲まれる図形のうち, 曲線  $C$  の上側にある部分の面積を求めなさい。

このページは、計算・下書きに利用してください。