

数学科 「数学」

1  $N$  を自然数とする。このとき、次の各間に答えよ。

(1)  $y \geq 0$  に対して、次が成り立つことを示せ。

$$e^y \geq \frac{y^N}{N!}$$

(2) 広義積分  $\int_0^\infty e^{-2x}(1+x)^N dx$  の収束・発散を調べよ。

(3) 数列  $\{a_n\}$  を  $a_n = \int_{\frac{1}{n+1}}^{\frac{1}{n}} t \left(1 + \log \frac{1}{t}\right)^N dt$  ( $n = 1, 2, \dots$ ) で定める。このとき、極限  $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n$  を求めよ。

令和3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」

2 次の行列  $A$  について,  $f(\mathbf{x}) = A\mathbf{x}$  で与えられる  $\mathbb{R}^4$  の線形変換  $f$  を考える.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 2 \\ 2 & 1 & 5 & -1 \\ 1 & 4 & a & b \\ -1 & 2 & c & d \end{pmatrix}$$

- (1) 線形変換  $f$  の像が  $\mathbb{R}^4$  の2次元部分空間となるときの  $a, b, c, d$  の値を求めよ.
- (2)  $a, b, c, d$  が (1) の値のときの  $f(\mathbf{x}) = \mathbf{0}$  の解空間の次元と1組の基底を求めよ.
- (3)  $f$  を  $a, b, c, d$  が (1) の値のときの  $\mathbb{R}^4$  の線形変換とし,  $g$  を  $\mathbb{R}^4$  の線形変換で, 像が  $\mathbb{R}^4$  の2次元部分空間であるものとする. このとき,  $g$  と  $f$  との合成写像  $f \circ g$  の像空間の次元のとり得る値の範囲を答え, その範囲のそれぞれの次元となる  $g$  の例をあげよ.

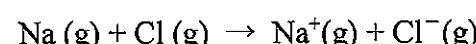
# 令和3年度 お茶の水女子大学 理学部 第3年次編入学試験問題

## 化学科 「化学」

1

[1] 岩塩型構造のイオン結晶について次の問い合わせに答えよ。

- (a) 岩塩型構造における一つの陽イオン ( $M^+$ ) を考える。最短距離にある別の陽イオンとの間 ( $M^+ - M^+$ ) に働く静電ポテンシャルエネルギーと、同じく最短距離にある陰イオン  $X^-$ との間 ( $M^+ - X^-$ ) に働く静電ポテンシャルエネルギーを比較すると、どちらの絶対値が大きいか、理由と共に答えよ。
- (b) 塩化ナトリウム結晶は、特定の結晶面に沿ったへき開性がみられる。塩化ナトリウムの結晶格子の模式図を描き、その結晶面を図示せよ。その理由も記せ。
- (c) 塩化ナトリウム結晶の格子エネルギーは 787 kJ/mol であり、Na と Cl の気体原子から塩化ナトリウム結晶が生成するときのエネルギー変化は -642 kJ/mol である。以下の反応で必要とされるエネルギーを求めよ。導出に至るまでの計算過程およびエネルギーの関係図も示せ。



[2]  $H_2O$  の分子構造と性質について次の問い合わせに答えよ。

- (a)  $H_2O$  が折れ線型の分子構造であることを、VSEPR 理論に基づいて説明せよ。
- (b)  $H_2O$  分子では、二つの水素の 1s 軌道と酸素の 2s 軌道および 2p 軌道の間で分子軌道が形成される。水素の 1s 軌道と酸素の 2p 軌道の間に相互作用が生じることによって形成される分子軌道をすべて図示せよ。

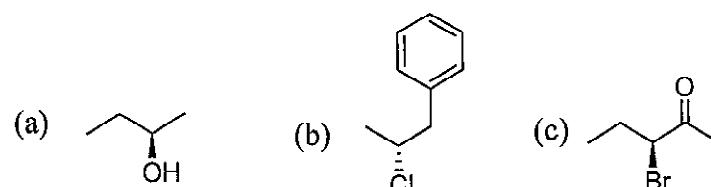
[3] 以下の語を、30 字程度の和文で説明せよ。さらに 20 語程度の英文でも説明せよ。

- (a) effective nuclear charge  
(b) lone pair  
(c) ionization energy

化学科 「化学」

2

[ 1 ] Assign (*R*) or (*S*) designations to each of the following compounds:

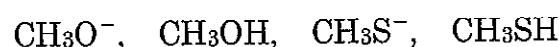


[ 2 ] Answer the following questions.

(a) Arrange the following alkyl bromides in order of decreasing reactivity (from fastest to slowest) as a substrate in an  $S_N2$  reaction and explain your answer in Japanese:



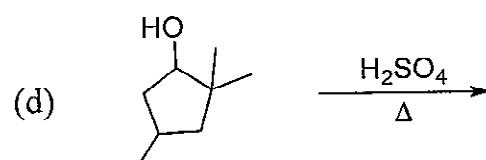
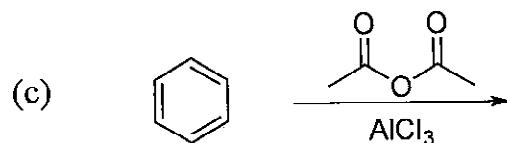
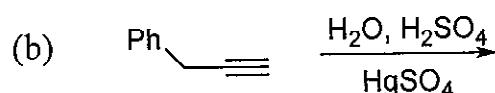
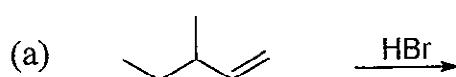
(b) Arrange the following in order of decreasing nucleophilicity and explain your answer in Japanese:



(c) Arrange the following compounds in order of decreasing acidity and explain your answer in Japanese:



[ 3 ] Predict the products from each of the following reactions and provide a reasonable mechanism for each of the following reactions:



## 化学科 「化学」

3

[1] 以下の a～g は細胞内小器官の名称である。問 (1)、(2) に答えよ。

- a. ミトコンドリア
- b. 粗面小胞体
- c. 細胞質
- d. 核
- e. リソソーム
- f. ゴルジ体
- g. 細胞膜 (形質膜)

(1) 以下にあげたア～ケの細胞内のしくみや反応は、主にどの細胞内小器官で行われるか。a～g からそれぞれ1つ選んで答えよ。

- ア. 解糖
- イ. タンパク質のリン酸化と脱リン酸化
- ウ. クエン酸サイクル
- エ. ペントースリン酸経路
- オ. タンパク質合成
- カ. 電子伝達と酸化的リン酸化
- キ. DNAの複製
- ク. タンパク質の糖鎖修飾
- ケ. 細胞成分の分解

(2) 動物細胞を模式的に図で描き、a～g をその図の中に示せ。

[2] タンパク質に関する以下の (1) ~ (4) の記述が適切であると考えた場合は解答用紙に○を書け。  
また、誤りがあると考えた場合は×を書き、その理由を記述せよ。

- (1) ポリペプチド鎖の隣り合ったアミノ酸残基の  $\alpha$  位の炭素はシス型をとることが多い。
- (2)  $\alpha$  ヘリックス構造は側鎖間の水素結合で安定化される。
- (3) タンパク質の三次構造の形成にはジスルフィド結合が寄与することがある。
- (4) 等電点が 9 のタンパク質の場合、pH 7 の溶液中での正味の電荷は負になる。

[3] 制限酵素 (restriction enzyme) に関する以下の英文を読み、問 (1) ~ (4) に答えよ。

この部分に記載されている文章については、  
著作権法上の問題から掲載することが  
できませんので、ご了承願います。

(Biochemistry, Fifth Edition (FREEMAN) より引用)

- (1) この酵素は何を基質として認識するか。記述せよ。
- (2) 4 行目、these exquisitely precise scalpels が marvelous gifts of nature である理由を記述せよ。
- (3) メチル化が制限酵素の生物学的役割において都合がよい理由を記述せよ。
- (4) 15 行目、twofold rotational symmetry とはどのような配列か。以下の a～d から選べ。

- a. 5'G G G G G G 3'  
3'C C C C C C 5'
- b. 5'G G A T C C 3'  
3'C C T A G G 5'
- c. 5'G G G A A A 3'  
3'C C C T T T 5'
- d. 5'C T C C T C 3'  
3'G A G G A G 5'

## 生物学科 「生物学」

1 次の問1～5に答えよ。

問1 Margulis の提唱する5界説と, Woese の提唱する3ドメイン説について, 生物の系統に対する考え方がどのように変化したのか, 図を描いて説明せよ。

問2 Woese は, リボソーム RNA 遺伝子の塩基配列情報による系統推定により, 上述の3ドメイン説を提唱した。化石や現生種の形態から得られた情報による系統推定と比較して, 核酸の塩基配列情報を系統推定に用いた場合の長所を3つ記せ。

一方で, 遺伝子の塩基配列データを用いた系統解析の結果が, 用いる遺伝子によって異なることが報告されるなど, DNA データによる系統解析も万能ではない。用いる遺伝子によって系統解析の結果が異なる理由を推察せよ。

問3 Woese *et al.* (1987) では, 3ドメイン間の系統関係は示されなかった。これは, 3ドメイン以外の生物種が存在しないために系統樹の外群を指定することが出来ず, 有根系統樹を作成することが出来なかつたからである。どのようにすれば, この問題を解決し, 3ドメイン間の系統関係を明らかに出来るか, あなたの考えを述べよ。

問4 葉緑体の起源については Margulis の提唱した細胞内共生説が有力である。細胞内共生説について説明し, その根拠となる葉緑体の特徴を3つ述べよ。

問5 以下は, 最近の Nature 誌に掲載された真核生物の起源に関する論文の紹介記事から引用した図と図の説明文である。Figure 1a および 1b の説明文(下線部)を和訳せよ。

この部分に記載されている文章については、  
著作権法上の問題から掲載することが  
できませんので、ご了承願います。

令和3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」

- 2 次の文章を読み、次の問1～3に答えよ。

この部分に記載されている文章については、  
著作権法上の問題から掲載することが  
できませんので、ご了承願います。

この部分に記載されている文章については、  
著作権法上の問題から掲載することが  
できませんので、ご了承願います。

(出典: Molecular Cell Biology, 8<sup>th</sup> edition., Lodish, H., et al., 2016, W.H. Freeman & Co. 一部改変)

問 1 G タンパク質共役型受容体 G-protein-coupled receptors (GPCRs)は、ホルモンなどの細胞外シグナル分子の受容体として細胞内に情報を送ることにより様々な生命現象の制御を担っている。リガンドが GPCR に結合したのち、どのようなしくみにより effector protein が活性化されるのかについて、上記の文章を参考にシグナルの流れの各段階を図に示しながら、説明せよ。

問 2 PKA は、細胞質内の cAMP 濃度レベルによりその活性が制御される。このことはどのようなしくみでなされるのか。上記の文章を参考に図を描いて説明せよ。また、cAMP 濃度レベルにより活性が制御されるしくみを担う cAMP と PKA の結合はどのような特性をもつ必要があるかその点についても説明せよ。

問 3 上記の文章では、コレラ菌 (*Vibrio cholerae*) が水溶性の下痢 (watery diarrhea) を引き起こすしくみを説明している。G<sub>αs</sub> (G<sub>α</sub>のサブタイプの1種) を介したシグナル伝達は、過剰なシグナル伝達がおこらないように、ある時間がたつと G<sub>αs</sub> のスイッチがオフになるしくみを保有している。また cAMP を分解するホスホジエステラーゼのはたらきによる cAMP の抑制機構が存在する。これらのシグナルの抑制機構が存在するにもかかわらず、コレラ菌が水溶性の下痢を引き起こすしくみを上記の文章を参考に説明せよ。図を用いてもよい。

令和3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】

以下の各間に答えよ。

- (1) 関数  $\cosh x$  をマクローリン展開し, 0でない最初の3項を求めよ。
- (2)  $a \neq 0, b \neq 0$  のとき, 次の不定積分を求めよ。

$$\int e^{ax} \sin bx \, dx$$

【2】

極座標に関する以下の各間に答えよ。

- (1) 極座標を用いて  $r = 1 + \cos \theta$  ( $0 \leq \theta < 2\pi$ ) で表される曲線の長さを求めよ。
- (2) 次の広義積分  $I$  について, 極座標の考え方を用いることで  $I^2$  を求めよ。また,  $I$  を求めよ。

$$I = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2} \, dx$$

### 【3】

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 6 \\ 2 & 4 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 6 & 2 & 3 \\ 0 & 4 & 3 \end{pmatrix}, C = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 6 & 2 & 4 \\ 1 & 8 & 7 & 5 \\ -6 & 0 & 4 & -1 \end{pmatrix}$$

の三つの行列に対

し、以下の問い合わせに答えよ。

- (1)  $\text{rank}(A)$ ,  $\text{rank}(B)$ ,  $\text{rank}(C)$  を求めよ。
- (2)  $A^{-1}$ ,  $B^{-1}$ ,  $C^{-1}$  が存在するならばそれを求め、存在しないならばその理由を示せ。
- (3)  $B^n$  を求めよ。

### 【4】

$$\mathbb{R}^4 \text{ から } \mathbb{R}^2 \text{ への線形写像 } f \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a + 2b - 2c + d \\ a - b - 5c - 2d \end{pmatrix} \text{ の}$$

核 ( $\text{Ker } f$ ) と像 ( $\text{Im } f$ ) の次元と基底をそれぞれ求めよ。

## 【5】

以下の C 言語で書かれた関数 removedup は、0 以上の整数が入った int 型の配列 table から重複を取り除き、その結果を int 型の配列 result に入れる関数である。各行の行頭には行番号を付してある。

```
1 void removedup (int table[], int result[]) {
2     int k, r;
3
4     k = 0; r = 0;
5     while (table[k] >= 0) {
6         if (exist (table, k+1, table[k]) == 0) {
7             result[r] = table[k];
8             r++;
9         }
10        k++;
11    }
12    result[r] = -1;
13 }
```

配列 table の最後には要素の終わりを示す -1 が入っている。例えば、次の例は 12 個の要素が入った table の例である。

i :	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
table[i] :	0	5	3	2	3	8	1	7	3	0	0	1	-1

関数 removedup は内部で関数 exist を使っている。このプログラムについて、以下の問い合わせに答えよ。

- (1) exist (table, i, a) は table の i 番目以降の中に (0 以上の) 整数 a が現れたら 1 を、現れなければ 0 を返す関数である。ここで、配列の先頭の要素は 0 番目と数える。例えば、上に示した table の例を使うと exist (table, 1, 2) は (table[3] に 2 が現れるので) 1 となるが、exist (table, 4, 2) は (table[4] 以降に 2 は現れないでの) 0 となる。関数 exist の出だしは次のように書ける。

```
int exist (int table[], int i, int a) {
```

この関数の定義を（C 言語または類似のプログラミング言語で）書け。

- (2) 関数 `exist` に渡す配列 `table` に入っている要素の数を  $n$  としたとき、関数 `exist` の計算量を  $n$  を使って表せ。
- (3) 関数 `exist` の停止性を議論せよ。
- (4) 上に例として示した `table` を `removedup` に渡して実行すると、最終的に配列 `result` はどのようになるか、具体的に示せ。ここで、`result` は `table` 以上の大きさを持つと仮定して良い。
- (5) 関数 `removedup` に渡す配列 `table` に入っている要素の数を  $n$  としたとき、関数 `removedup` の計算量を  $n$  を使って表せ。
- (6) 関数 `removedup` の停止性を議論せよ。
- (7) 配列 `table` の大きさを  $n$  としたとき、関数 `removedup` と同じように重複を取り除くプログラムを  $O(n \log n)$  の計算量で作りたい。ただし、その際出力される値の順序は変更してもよい。その方針を示せ。

## 【6】

同じ内容が連續する傾向のあるデータを圧縮（データ量を削減する）目的で、RLE（Run Length Encoding、連長圧縮）が使われる。例えば英文字(それぞれ1バイト)だけで構成される25バイトのデータがあるとする。

AAAAAABBBBBBBBBCCCCDDDDDDD

これを、長さ(1バイトの数値)と文字の組み合わせで

5A9B4C7D

と表すと8バイトに圧縮できる。以下ではこの処理を行い、結果を表示するプログラムを作成しようとしている。このプログラムでは結果は0565096604670768と表示される

(65,66,67,68はA,B,C,DのASCIIコードである) 空白の部分を作成して、プログラムを完成させよ。（ここではC言語で書き始めているが、C言語以外のプログラミング言語に準じた記述でこの部分を完成させても良い）

```
int main(void) {
    char inp_data[]="AAAAAABBBBBBBBBCCCCDDDDDDD";
    char out_data[25];
    int in_length=25;
    int out_length=0;
```

（この部分を完成させて、答案用紙に記せ）

```
for(int i=0; i < out_length; i++) printf("%02d",out_data[i]);
    printf("\n");
}
```