

## 令和6年度入学試験問題(後期)

# 理 科(化 学)

### 【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見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 本冊子には、**1**から**4**までの全部で4問題が印刷されていて、合計9ページある。落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙を別に配付している。解答は、問題と同じ科目、同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. **1**から**4**のすべての問題に解答すること。
6. 解答用紙の指定された欄に、学部名と受験番号を記入すること。
7. 配付された解答用紙は、持ち帰らないこと。
8. 配付された問題冊子は、持ち帰ること。

必要があれば，原子量は次の値を使うこと。

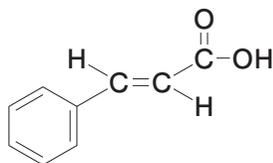
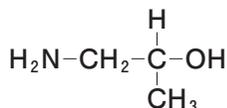
H = 1.00    C = 12.0    N = 14.0    O = 16.0    Na = 23.0

S = 32.0

ファラデー定数  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

なお，構造式は次の例にならって記せ。

(例)



1 以下の文章を読み，各問いに答えよ。

10個のアミノ酸からなる直鎖状のペプチドXがある。ペプチドXを構成するアミノ酸は9種類であり，それぞれのアミノ酸の名称，分子量ならびに側鎖(-R)の構造式を表1に示す。ペプチドXを酵素Aで加水分解するとペプチドA1，ペプチドA2，およびペプチドA3の3つのペプチド断片が生じた。

その後の解析から，ペプチドA1は，鏡像異性体をもたない1つのアミノ酸およびアラニンを含む4つのアミノ酸からなり，その分子量は374.0であることが分かった。

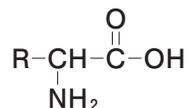
ペプチドA2はビウレット反応を示さず，酸性アミノ酸を含んでおり，濃硝酸を加えて加熱すると黄色になり，これを冷却してアンモニア水を加えて塩基性になると橙黄色になった。

ペプチドA3を精製し，生理食塩水に溶解させた後，酸化剤を加えておだやかに酸化させると，2つのペプチドA3が結合した化合物が生成した。この化合物は，ペプチドA3に含まれるあるアミノ酸どうしが共有結合したものであった。この酸化反応は毛髪のパーマネントウェーブ(パーマ)に利用されている。

表1 ペプチドXを構成する $\alpha$ -アミノ酸の名称, 分子量, ならびに側鎖の構造式

名称	分子量	側鎖(-R)の構造式
アスパラギン酸	133.0	$-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$
アラニン	89.0	$-\text{CH}_3$
アルギニン	174.0	$-(\text{CH}_2)_3-\text{NH}-\overset{\text{NH}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$
グリシン	75.0	$-\text{H}$
システイン	121.0	$-\text{CH}_2-\text{SH}$
セリン	105.0	$-\text{CH}_2-\text{OH}$
チロシン	181.0	$-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$
バリン	117.0	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ -\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$
ロイシン	131.0	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ -\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$

$\alpha$ -アミノ酸は, 一般式



で表され, 側鎖(R-)の違いでアミノ酸の種類が決まる。

問1 下線①のアミノ酸の名称を答えよ。

問2 下線①で示すアミノ酸の pH = 1 および pH = 13 におけるイオンの状態をアミノ酸の構造式でそれぞれ示せ。

問3 ペプチドA1を構成するアミノ酸のうち, 下線①で示したアミノ酸およびアラニン以外の2つのアミノ酸の名称を答えよ。

問 4 下線②の反応名を答えよ。

問 5 ペプチド **A2** を構成するアミノ酸の名称をすべて答えよ。

問 6 ア) 下線③にある共有結合の名称を答えよ。

イ) この共有結合にかかわるアミノ酸の名称を答えよ。

2 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

塩素原子には質量数が 35 と 37 のものが存在し、これらを〔ア〕と呼ぶ。これらは、化学的性質はほとんど同じであるが、原子核の構成に違いがある。

**NaCl** は陽イオンの〔イ〕イオンと陰イオンの〔ウ〕イオンが〔エ〕力で引きあって結びついている。このような結びつきを〔オ〕結合といい、陽イオンと陰イオンが規則正しく配列している固体はイオン結晶という。イオン結晶のように、水に溶けたときに電離する物質を電解質という。電解質の水溶液は電気を導く。塩化水素も電解質だが、塩化水素の水素原子と塩素原子の結合は **NaCl** の結合とは異なる。塩化水素の分子式は〔カ〕と表される。**NaCl** は分子式ではなく〔キ〕式である。塩化水素分子では電気陰性度がより大きい〔ク〕原子が共有電子対を引っつけるため、いくらか〔ケ〕の電荷を帯び、電荷のかたよりがあるため、この結合には極性がある。二酸化炭素の酸素原子と炭素原子では電気陰性度が異なるため、酸素と炭素の結合には極性があるが、3 個の原子が〔コ〕状に結合しているため、正反対の方向を向く酸素と炭素の結合の極性が互いに打ち消しあうことから二酸化炭素は無極性分子である。

問 1 〔 〕内のアからコにあてはまる適切な語または分子式を入れよ。

問 2 質量数が 35 の塩素の原子核には何個の中性子があるか答えよ。

問 3 二酸化炭素分子、塩素の原子核、水素原子それぞれの大きさについて、大きい順に並べよ。

問 4 次の文章のうち、正しいものをすべて選び、その番号を記せ。

- (1) 水に溶けたときに電離する物質は必ず塩である。
- (2) **AgCl** は水に全く溶けない。
- (3) 無極性分子のヘキサンと同体積の水を混合すると二層に分離する。
- (4) 再結晶は物質の精製に利用できる。

問 5 二酸化炭素は水酸化ナトリウムと反応して炭酸塩を生じる。この化学反応式を答えよ。

問 6 炭酸カリウム水溶液に二酸化炭素を十分に通じると炭酸水素塩が生じる。この化学反応式を答えよ。

問 7 炭酸カルシウムと塩酸の反応について、この化学反応式を答えよ。

3 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

電解質の水溶液(電解液)に白金電極を入れ、外部電源を用いて直流の電流を流すと、電極表面で通常起こりにくい化学反応(電気分解)が起こる。陰極では、電子を受け取る〔ア〕反応が起こる。イオン化傾向の小さい金属の陽イオンは〔ア〕されやすい。イオン化傾向の大きい金属の陽イオンしか存在しない場合は、溶媒の水  $\text{H}_2\text{O}$  が〔ア〕されて気体の〔イ〕が発生する。ただし、酸性の水溶液中では〔ウ〕が電子を受け取って〔イ〕が発生する。一方、陽極では、電子を失う〔エ〕反応が起こる。ハロゲン化物イオンが存在する場合、これらのイオンが〔エ〕されてハロゲンの単体が生じる。硫酸イオン  $\text{SO}_4^{2-}$  や硝酸イオン  $\text{NO}_3^-$  などの〔エ〕されにくいイオンしか存在しない場合、溶媒の水  $\text{H}_2\text{O}$  が〔エ〕されて気体の〔オ〕が発生する。ただし、塩基性の水溶液中では〔カ〕が電子を失って〔オ〕が発生する。

問 1 〔 〕内のアからカにあてはまる適切な語を入れよ。

問 2 下線①について、硝酸銀水溶液を陰極と陽極ともに白金電極を用いて電気分解を行ったとき、各電極の反応を電子  $e^-$  を含むイオン反応式で答えよ。

問 3 問 2 において、 $1.0 \text{ mol/L}$  の硝酸銀水溶液を  $2.0 \text{ A}$  の直流電流で 1 時間 20 分 25 秒間電気分解を行ったとき、生成した酸を中和するために必要な、 $0.30 \text{ mol/L}$  の水酸化ナトリウム水溶液の体積を答えよ。計算の過程を示し、答えは有効数字 2 桁で求めよ。

問 4 問 2 において、陰極と陽極の電極を銀に変えて電気分解を行ったとき、それぞれの電極ではどのような反応が起こるか説明せよ。

問 5 陰極に純銅、陽極に銀、鉄、亜鉛、金、ニッケルを含む粗銅を用いて、硫酸酸性の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を電解液として電気分解を行ったところ、陽極の下に金属が沈殿した。この沈殿に含まれる金属をすべて答えよ。

問 6 問 5 において、陽極の下に金属の沈殿が生じる理由を説明せよ。

- 4 硫酸ナトリウムと水の2成分系の状態図に関する以下の文章を読み、各問いに答えよ。なお、文章中の現象はすべて1気圧( $1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$ )のもとでおこるとし、また計算問題の解答においては、有効数字を2桁とせよ。

図1は硫酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  と水  $\text{H}_2\text{O}$  の2成分系の状態を表した図(状態図)である。曲線 AB は、種々の濃度の硫酸ナトリウム水溶液を冷却したときの氷(水の結晶)が生じ始める温度、すなわち硫酸ナトリウム水溶液の凝固点を示す曲線の実測値である。曲線 BC は、硫酸ナトリウムの溶解度曲線を表し、温度が上がると硫酸ナトリウムの溶解度が大きくなることを示す。点 A は水の凝固点を表す。点 B では、硫酸ナトリウム十水和物  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  の結晶と氷の混合物となっている。32.4℃の硫酸ナトリウム水溶液は質量パーセント濃度 33.1% で飽和であり(点 C)、この飽和溶液をゆっくり冷却すると硫酸ナトリウム十水和物の結晶が析出する。

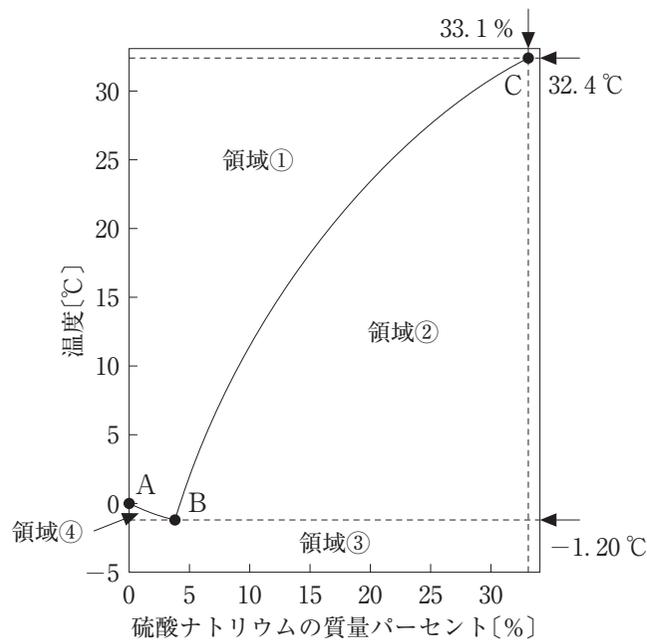


図1 硫酸ナトリウムと水の2成分系の状態図

問 1 次の 2 つの場合(1)および(2)の水溶液の質量モル濃度をそれぞれ求めよ。計算の過程も記せ。

- (1) 1.00 g の無水硫酸ナトリウムを水 100 g に溶かした水溶液。
- (2) 3.22 g の硫酸ナトリウム十水和物を水 52.0 g に溶かした水溶液。

問 2 水のモル凝固点降下を  $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$  として、問 1 の(1)および(2)の水溶液をそれぞれ徐々に冷やした場合に、氷が生じる温度をそれぞれ求めよ。なおここでは、硫酸ナトリウムは水に溶けた場合にすべてナトリウムイオンと硫酸イオンに電離するものとする。

問 3 問 2 で(2)の水溶液に氷が生じた後もさらに冷却を続けたときに系がどのようなになるか、次の(a)から(d)の各問いに答えよ。

- (a) 問 2 で(2)の水溶液に氷が生じると、硫酸ナトリウム水溶液の濃度はどのように変わるか。理由とともに述べよ。
- (b) (a)で硫酸ナトリウム水溶液の濃度が変わると、温度はどのように変わるか。理由とともに述べよ。
- (c) (b)で温度が変わると、氷の量はどのように変わるか。理由とともに述べよ。
- (d) (a), (b), (c)が繰り返されると、硫酸ナトリウム水溶液の状態は図 1 のどの点に近づいていくか答えよ。

問 4 図 1 で、 $-1.20^\circ\text{C}$  の点線より下の領域③の状態は「氷と硫酸ナトリウム十水和物の混合物」である。曲線 AB と  $-1.20^\circ\text{C}$  の点線で囲まれた領域④の状態は「氷と不飽和の硫酸ナトリウム水溶液」である。次の 2 つの場合(1)および(2)では、それぞれどのような状態になっているか述べよ。

- (1) 曲線 AB と曲線 BC と  $32.4^\circ\text{C}$  の点線で囲まれた領域①。
- (2) 曲線 BC と  $33.1\%$  の点線と  $-1.20^\circ\text{C}$  の点線で囲まれた領域②。

問 5 硫酸ナトリウムは、 $32.4^{\circ}\text{C}$ を境にして、それ以下の温度では硫酸ナトリウム十水和物として、それより高い温度では無水硫酸ナトリウムとして水溶液から析出する。一方、硫酸ナトリウム十水和物の水への溶解は吸熱反応であるが、無水硫酸ナトリウムの水への溶解は発熱反応である。温度と溶解度の関係を示したグラフとして最も適切なものを次の(ア)から(カ)の中から1つ選べ。なおグラフ中の点線は $32.4^{\circ}\text{C}$ を指す。

