

# P 4 化 学

この冊子の問題は 1 ページから 20 ページまであります。

## 〔 注 意 〕

- (1) 試験開始の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
- (2) 解答用紙には、解答用マークシート（1 枚）と記述解答用紙（2 枚）の 2 種類があります。
- (3) 解答は対応する解答欄にマーク及び記入下さい。
- (4) 解答用マークシートに記載されている注意事項を読んでから解答下さい。
- (5) 試験開始の指示があったら、直ちに問題冊子のページ数を確認下さい。ページの落丁・乱丁、印刷不鮮明等があった場合は、手を挙げて監督者に知らせ下さい。
- (6) 本問題冊子は、【1】～【3】を合計 300 点満点で作成しています。A 方式の得点は、300 点満点を 200 点満点に換算します。
- (7) 試験終了後、問題冊子を持ち帰り下さい。





すべての問題【1】～【3】に答えなさい。解答は解答用マークシートあるいは記述解答用紙に記入しなさい。必要であれば原子量として次の値を用いなさい。H = 1.0, C = 12, O = 16

## 【1】

次の設問(1)～(3)の指示にしたがって答えなさい。(100点)

(1) 次の文章を読んで、問い(A)と(B)に答えなさい。

酢酸水溶液中では、次式の電離平衡が成り立つ。



酢酸の電離定数  $K_a$  は、酢酸のモル濃度  $c$  と電離度  $\alpha$  を用いて次式で表される。

$$K_a = \boxed{\text{ア}}$$

水溶液中の酢酸のモル濃度が十分に大きい場合、電離度  $\alpha$  は1より非常に小さく、 $1 - \alpha \doteq 1$  と近似できる。この近似を上記の電離定数  $K_a$  の式に適用すると、電離度  $\alpha$  は次のように求められる。

$$\alpha = \boxed{\text{イ}}$$

これより、水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  を  $c$  と  $K_a$  を用いて表すと、

$$[\text{H}^+] = \boxed{\text{ウ}}$$

したがって、 $K_a = 1.8 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  とした場合、 $c = 2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  の酢酸水溶液の  $[\text{H}^+]$  を有効数字2桁で求めると以下となる。

$$[\text{H}^+] = \boxed{\text{a}}.\boxed{\text{b}} \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

また、このときの pH を有効数字2桁で求めると以下となる。ただし、 $\log_{10} 2 = 0.30$ ,  $\log_{10} 3 = 0.48$  とする。

$$\text{pH} = \boxed{\text{c}}.\boxed{\text{d}}$$

(A) 空欄 **ア** ~ **ウ** に入る適切な式を解答群から選びなさい。

解答群

④  $c\alpha^2$

①  $c\alpha$

②  $c(1-\alpha)$

③  $1-\alpha$

④  $\frac{c\alpha}{1-\alpha}$

⑤  $\frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$

⑥  $\frac{K_a}{c}$

⑦  $\sqrt{\frac{K_a}{c}}$

⑧  $\sqrt{cK_a}$

⑨  $cK_a$

(B) 空欄 **a** ~ **d** に入る数字（例えば、5が入る場合は⑤）をマークしなさい。

(2) コロイドに関する問い(A)～(C)に答えなさい。

(A) 次の文章を読んで、空欄(ア)～(カ)に入る適切な語句を解答群から選びなさい。

コロイド溶液は、含まれるコロイド粒子の構造や生成過程により、いくつかの種類に分類される。例えば、デンプンなどの多糖類やゼラチンのようなタンパク質は分子量が非常に大きく、1つの分子がそのままコロイド粒子として振舞う。このようなコロイドは(ア)コロイドと呼ばれる。また、塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を多量の沸騰水に加えると、濃い赤褐色の均一なコロイド溶液が得られる。このコロイドは(イ)コロイドと呼ばれる。さらに、石けんを水に溶かすと、ある濃度を越えた段階で多数の分子が集合し、セッケン分子は疎水性の部分(疎水基)を内側に、親水性の部分(親水基)を外側に向けた球状の構造をとり、このような構造をもつコロイドを(ウ)コロイドという。コロイド粒子を含む液体は一般にコロイド溶液あるいは(エ)と呼ばれる。これが流動性を失い、固体状に変化した状態は(オ)といい、さらにその状態を乾燥させたものは(カ)と呼ばれ、多孔質の固体で表面積が大きいという特性を有する。

#### 解答群

- |         |         |       |       |
|---------|---------|-------|-------|
| ① 分子    | ④ 分散質   | ⑦ 分散媒 | ⑩ 分散  |
| ② 親水    | ⑤ 保護    | ⑧ ミセル | ⑪ 溶媒和 |
| ③ ゾル    | ⑥ エーロゾル | ⑨ ゲル  | ⑫ 凝集  |
| ④ キセロゲル |         |       |       |

(B) 透析に最も関連する記述を解答群から選びなさい。

**解答群**

- ④ 水酸化鉄(Ⅲ)の疎水コロイド溶液に、少量の  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  を加えると沈殿する。
- ① 水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液を入れたU字管に直流電圧を加えると、疎水コロイドの粒子は陰極側に移動する。
- ② コロイド溶液をセロハンでできたチューブに入れ、水中に浸すことでコロイド溶液を精製する。
- ③ ゼラチンなどの親水コロイドが、多量の  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  を加えることにより沈殿する。

(C) 透析が可能となる理由について、「のような」という言葉を2回使って、50字以内で記述解答用紙に書きなさい。すでに解答用紙に記入している語句や注意点を参考にして文を書きなさい。句読点は、それぞれを1字として数える。空白マスはあってもかまわない。

(3) 次の文章を読んで、問い(A)～(F)に答えなさい。

直鎖状アルカン ( $C_nH_{2n+2}$ ) とシクロアルカン ( $C_nH_{2n}$ ,  $n \geq 3$ ) では、炭素原子の数  $n$  が同じであっても性質が異なることがある。例えば、 $n = 3$  のシクロプロパンは、直鎖状アルカンと比較して炭素原子間の結合角のひずみが大きく、その構造を保つために力が働き、エネルギーが蓄えられている。この蓄えられたエネルギーをひずみエネルギーといい、シクロプロパンはひずみエネルギーが大きく不安定で、直鎖状アルカンと比較して燃焼エンタルピーが大きく、光を照射することなくハロゲンと反応する。

直鎖状アルカンとシクロアルカンの  $-CH_2$  1 mol あたりの燃焼エンタルピーを求め、シクロアルカンの構造とひずみエネルギーの関係について考えてみよう。

(A) アルカンとシクロアルカンそれぞれが完全燃焼するときの反応式(1)と(2)の空欄 [ア] ～ [カ] に入る適切な式を解答群から選びなさい。式は重複して用いてよい。



解答群

①  $n - 1$

①  $n$

②  $n + 1$

③  $\frac{3n - 1}{2}$

④  $\frac{3}{2}n$

⑤  $\frac{3n + 1}{2}$

(B) 表1に直鎖状アルカンおよび水と二酸化炭素の生成エンタルピーを示す。  
ヘキサン(気)の燃焼エンタルピー [kJ/mol] として、最も適切な値を解答群  
から選びなさい。

表1 直鎖状アルカンおよび水と二酸化炭素の  
生成エンタルピー

物質	生成エンタルピー [kJ/mol]
$C_3H_8$ (気)	-106
$C_4H_{10}$ (気)	-126
$C_5H_{12}$ (気)	-147
$C_6H_{14}$ (気)	-167
水 (液)	-285
二酸化炭素 (気)	-394

解答群

- ① -2216                      ④ -2875                      ② -3533  
③ -4192                      ⑤ -4359                      ⑥ -4850

(C) 直鎖状アルカンでは、炭素数  $n$  が1増えると  $CH_2$  どうしによる  $C-C$  単結合も1つ増える(図1)。そのため、 $-CH_2$ が増えると直鎖状アルカンの生成エンタルピー(表1)や燃焼エンタルピーの絶対値は $-CH_2$ の数に比例して大きくなる。直鎖状アルカンの $-CH_2$  1 molあたりの燃焼エンタルピー [kJ/mol] として、最も近い値を解答群から選びなさい。

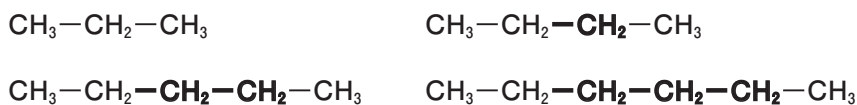


図1 直鎖状アルカンの構造式

解答群

- ① -242                      ④ -659                      ② -670  
③ -696                      ⑤ -783                      ⑥ -1318

(D) 問い(C)で得られた直鎖状アルカンの $-\text{CH}_2$  1 molあたりの燃焼エンタルピーを用いて、シクロヘキサンの燃焼エンタルピー [kJ/mol] を計算し、その値として最も適切な値を解答群から選びなさい。

解答群

- ① -1452                      ① -3954                      ② -4020  
 ③ -4176                      ④ -4698                      ⑤ -7908

(E) 表2にシクロアルカンの燃焼エンタルピーを示す。表2より、シクロプロパンとシクロヘキサンの $-\text{CH}_2$  1 molあたりの燃焼エンタルピー [kJ/mol] として最も近い値を解答群からそれぞれ1つずつ選びなさい。

表2 シクロアルカンの燃焼エンタルピー

シクロアルカン	燃焼エンタルピー [kJ/mol]
$\text{C}_3\text{H}_6$ (気)	-2091
$\text{C}_4\text{H}_8$ (気)	-2744
$\text{C}_5\text{H}_{10}$ (気)	-3320
$\text{C}_6\text{H}_{12}$ (気)	-3951

- (a) シクロプロパン (気)                      (b) シクロヘキサン (気)

解答群

- ① -659                      ① -662                      ② -664  
 ③ -686                      ④ -697

(F) シクロアルカンの構造とひずみエネルギーに関する次の文章の空欄(ア)～(カ)に入る適切な選択肢を解答群から選びなさい。選択肢は重複して用いてよい。

問い(B)～(E)で求めた結果から次のことが考えられる。

最も小さなアルカンであるメタンは、炭素原子を中心とした(ア)構造である。メタンより大きな直鎖状アルカンではその構造が連続しており、隣り合う炭素-炭素結合の結合角は約(イ)°である。シクロヘキサンはひずみがほとんどなく、隣り合う炭素-炭素結合の結合角は約(ウ)°に近い値となり、6個の炭素原子は、それぞれに結合する原子と(エ)構造をとっていると推測できる。したがって、シクロヘキサンは直鎖状アルカンと同様の反応性を示す。

一方、シクロプロパンの隣り合う炭素-炭素結合の結合角は約(オ)°であり、シクロヘキサンの結合角と比べて、ひずみが大きくなる。問い(E)より、シクロヘキサンとシクロプロパンの $-\text{CH}_2$  1 molあたりの燃焼エンタルピーの差(ひずみエネルギー)は(カ) kJ/molになる。このひずみエネルギーがシクロプロパンとシクロヘキサンの反応性が違う理由の1つであると考えられる。

#### 解答群

- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| ① 0   | ④ 28  | ⑦ 38  |
| ② 60  | ⑤ 90  | ⑧ 109 |
| ③ 120 | ⑥ 四面体 | ⑨ 六面体 |
| ④ 八面体 |       |       |

## 【2】

次の設問(1)～(3)の指示にしたがって答えなさい。

(100点)

(1) 元素に関する問い(A)～(C)に答えなさい。

(A) 周期表の17族に属するハロゲンの単体は酸化剤としてはたらく。 $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{I}_2$ の酸化力の強さは $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$ である。このことを確かめるために、それぞれの単体と化合物の水溶液を混合する実験1～実験4を行った。各実験について反応が進まない場合は①, 進む場合は②をマークしなさい。

実験1: 臭化カリウム水溶液に塩素水を加えた。

実験2: 臭化カリウム水溶液にヨウ素水を加えた。

実験3: ヨウ化カリウム水溶液に臭素水を加えた。

実験4: 塩化カリウム水溶液に臭素水を加えた。

(B) ケイ素Siに関する次の文章を読んで、問い(a)と(b)に答えなさい。ただし、原子量として次の値を用いなさい。 $\text{C} = 12$ ,  $\text{O} = 16$ ,  $\text{Si} = 28$

ケイ素は自然界では単体として存在せず、主に酸化物の二酸化ケイ素として存在している。a) ケイ素の単体は、二酸化ケイ素を電気炉中で溶解し、炭素を用いて還元してつくられる。一方、シリカゲル $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ は多孔質のため表面積が広く、水分子の吸着性が高いので乾燥剤として利用されている。水分子が吸着する理由は表面にある(ア)性の(イ)が水分子と(ウ)結合を形成するためである。

(a) 下線部a)に関して、二酸化ケイ素12.6 g, 炭素5.32 gを用いて完全に反応させた場合、得られるケイ素の単体の質量を求めなさい。解答では、以下の空欄a)～c)に入る数字(例えば、5が入る場合は⑤)をマークしなさい。

ケイ素の単体の質量は a) . b) c) g

(b) 空欄(ア)～(ウ)に入る適切な語句を解答群から選びなさい。

解答群

- |          |          |       |       |
|----------|----------|-------|-------|
| ① 揮発     | ④ 塩基     | ② 疎水  | ③ 親水  |
| ④ エーテル結合 | ⑤ ヒドロキシ基 | ⑥ ケイ素 | ⑦ イオン |
| ⑧ 水素     | ⑨ 金属     |       |       |

(C) 窒素 N を含む化合物である硝酸に関する記述として誤りである文を解答群から3つ選びなさい。解答の順序は問わない。

解答群

- ① 工業的には、アンモニアを原料としてハーバー・ボッシュ法でつくられる。
- ① 濃硝酸，希硝酸はいずれも強い酸性を示す。
- ② 濃硝酸，希硝酸はいずれも強い酸化力があり，銅，銀などを溶かし，濃硝酸では  $\text{NO}_2$ ，希硝酸では  $\text{NO}$  を発生する。
- ③  $\text{Fe}$  は濃硝酸によく溶ける。
- ④ 硝酸は光や熱で分解しやすい。
- ⑤ 硝酸は揮発性のある無色の液体である。
- ⑥ 硝酸中の窒素原子の酸化数とアンモニア中の窒素原子の酸化数の差は4である。

(2) 溶解度積に関する次の文章を読んで，空欄  $\boxed{\text{a}}$  ～  $\boxed{\text{g}}$  に入る数字（例えば，5が入る場合は⑤）をマークしなさい。ただし， $\text{AgCl}$  の溶解度積は  $1.8 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$  とする。

$1.8 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$  の  $\text{NaCl}$  水溶液 1.0 mL に  $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$  の  $\text{AgNO}_3$  水溶液 1.0 mL を加える実験を行った。この場合，混合直後の  $\text{Ag}^+$  と  $\text{Cl}^-$  のイオン濃度の積は  $\boxed{\text{a}} . \boxed{\text{b}} \times 10^{-\boxed{\text{c}}\boxed{\text{d}}} (\text{mol/L})^2$  になるため沈殿は生成しない。 $1.8 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$  の  $\text{NaCl}$  水溶液 1.0 mL に対して，沈殿が生成するためには， $\boxed{\text{e}} . \boxed{\text{f}} \times 10^{-\boxed{\text{g}}} \text{ mol/L}$  より高い濃度の  $\text{AgNO}_3$  水溶液を 1.0 mL 加える必要がある。

- (3) 図1は、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ の金属イオンを含む混合水溶液からそれぞれのイオンを分離するための実験操作である。問い(A)～(C)に答えなさい。

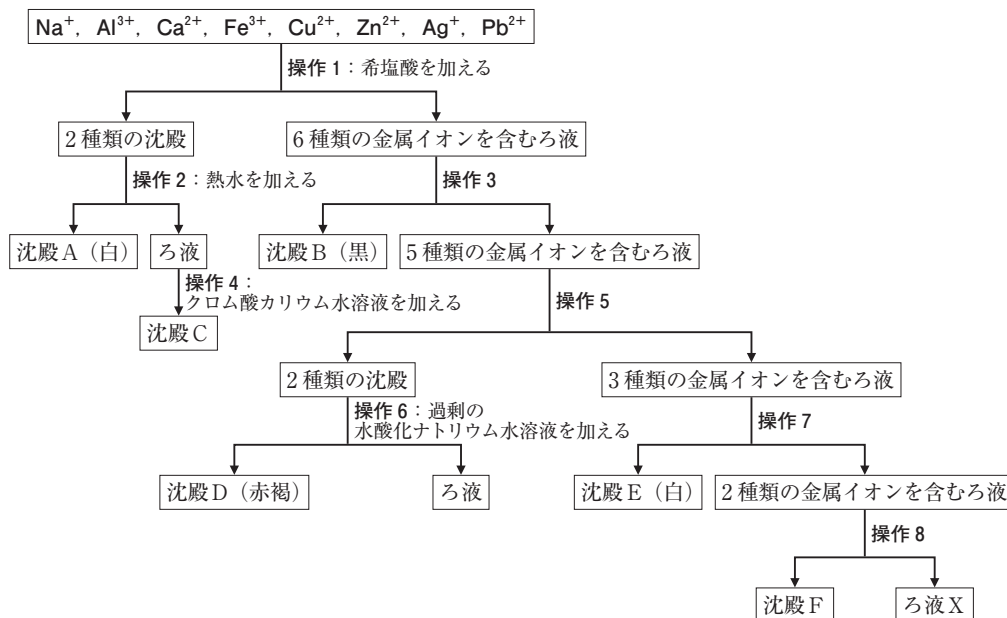


図1 金属イオンの分離

- (A) 操作3、操作5、操作7および操作8に該当する操作を解答群から選びなさい。

#### 解答群

- ① 煮沸し希硝酸を加えた後、アンモニア水を十分に加える。
- ② 煮沸し希硝酸を加えた後、アンモニア水を少量加える。
- ③ 炭酸アンモニウムを加える。
- ④ 熱水を加える。
- ⑤ 少量の水酸化ナトリウム水溶液を加える。
- ⑥ 酸性条件下で硫化水素を通じる。
- ⑦ 塩基性条件下で硫化水素を通じる。
- ⑧ 多量の水を加える。

(B) ろ液Xに含まれる金属イオンを解答群から選びなさい。

解答群

- |                 |                    |                    |                    |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ① $\text{Ag}^+$ | ① $\text{Cu}^{2+}$ | ② $\text{Fe}^{3+}$ | ③ $\text{Ca}^{2+}$ |
| ④ $\text{Na}^+$ | ⑤ $\text{Zn}^{2+}$ | ⑥ $\text{Al}^{3+}$ | ⑦ $\text{Pb}^{2+}$ |

(C) 沈殿A～Fに関する記述として誤りである文を解答群から2つ選びなさい。

解答の順序は問わない。

解答群

- ① 操作3において沈殿Bは水溶液のpHに関係なく生じる。
- ① 操作7において沈殿Eは水溶液のpHに関係なく生じる。
- ② 沈殿Aはアンモニア水に溶解する。
- ③ 沈殿Cの色は白である。
- ④ 沈殿Dはいくつかの化合物からなる混合物である。
- ⑤ 沈殿Fは塩酸に溶けて気体を発生する。

### 【3】

次の設問(1)～(3)の指示にしたがって答えなさい。

(100点)

(1) 次の文章を読んで、問い(A)と(B)に答えなさい。

異性体とは、同じ分子式で異なる構造をもつ化合物のことであり、それには構造異性体と立体異性体がある。構造異性体には炭素骨格の構造が異なるもの、官能基の種類が異なるもの、炭素骨格は同じでも官能基のつく位置が異なるものなどがあげられる。構造異性体では反応性が異なることがある。例えば、互いに異性体となるアセトンとプロピオンアルデヒド(プロパナル)を比べると、アセトンはヨウ素と(ア)を加えて加熱すると黄色沈殿が生成するが、プロピオンアルデヒドはこの反応を起こさない。その一方で、プロピオンアルデヒドを(イ)とともに加熱すると赤色沈殿が生成するが、アセトンはこの反応を起こさない。

立体異性体では原子や基の立体的な配置が異なる。立体異性体には二重結合周りの原子や基の配置が異なる(ウ)異性体や、融点や沸点などの性質は同じであるが、光学的な性質が異なる(エ)異性体などがあげられる。

(A) 文中の空欄(ア)～(エ)に入る最も適切な語句を解答群から選びなさい。選択肢は重複して用いてよい。

#### 解答群

- |           |                       |           |
|-----------|-----------------------|-----------|
| ① HCl     | ① NaOH                | ② エタノール   |
| ③ フェーリング液 | ④ $\text{KMnO}_4$ 水溶液 | ⑤ 無水酢酸    |
| ⑥ 不斉      | ⑦ 鏡像                  | ⑧ シス-トランス |

(B)  $C_5H_{12}O$  の分子式をもつアルコールの構造異性体について、問い(a)と(b)に答えなさい。

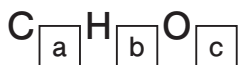
(a)  $C_5H_{12}O$  の分子式をもつアルコールのうち、酸化反応によりケトンを与える構造異性体の数（例えば、異性体の数が5であれば⑤）をマークしなさい。

(b)  $C_5H_{12}O$  の分子式をもつ化合物のアルコールのうち、不斉炭素原子をもつ構造異性体の数（例えば、異性体の数が5であれば⑤）をマークしなさい。

(2) 次の文章を読んで、問い(A)～(D)に答えなさい。

互いに異性体の関係にあるエステルAとエステルBがある。どちらも分子量が136でありベンゼン環を含む。このAとBの混合物のエステル結合を完全に加水分解した。加水分解後の混合物に対して炭酸水素ナトリウム水溶液を加えた後に、ジエチルエーテルを加えて分液操作を行い、水層Cとエーテル層Dを分離した。水層Cに塩酸を加えて中和し、固体として析出した化合物Eを集めた。次に分離したエーテル層Dからエーテルを蒸発させ、残留物Fを得た。a) この残留物Fをメタノールに溶解し、塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えた。

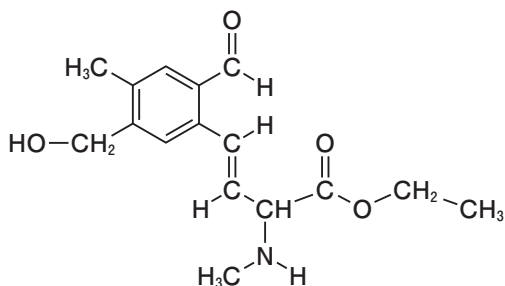
(A) 化合物E 24.4 mg を元素分析装置で完全に燃焼させたところ、二酸化炭素 61.6 mg, 水 10.8 mg が得られた。化合物Eの組成式の空欄 ,  および  に入る数字 (例えば, 5 が入る場合は ⑤) をマークしなさい。



化合物Eの組成式

(B) 化合物EはエステルAの加水分解により生成したものである。エステルAの構造式を(例)にならって記述解答用紙に答えなさい。

(例)



(C) エステル B として考えられる化合物は，エステル A 以外にいくつあるか，考えられる化合物の数（例えば，化合物の数が 5 であれば ⑤）をマークしなさい。

(D) 下線部 a) に関して，呈色反応が観測されなかった場合に考えられるエステル B の構造式を（例）にならって記述解答用紙に答えなさい。

(3) 次の文章を読んで、問い(A)～(D)に答えなさい。

アミノ酸は、分子内にアミノ基とカルボキシ基をもつ。そのため、水溶液中のアミノ酸は、陽イオン、双性イオン、陰イオンが平衡状態にあり、各イオンの比率は pH によって変化する。a) これらアミノ酸イオンの電荷の総和が 0 となる pH を等電点という。

イオン交換樹脂は、溶液中のイオンを別のイオンと取りかえる働きをもつ合成樹脂である。主にスチレンと *p*-ジビニルベンゼンからなる立体網目構造の共重合体を母体とし、b) ベンゼン環に結合した水素原子を (ア) で置換すると陽イオン交換樹脂が得られる。この樹脂に塩化カルシウム水溶液を加えると、(イ) と (ウ) が交換された水溶液が得られる。

イオン交換樹脂を用いることで、等電点の異なるアミノ酸を分離できる。例えば、グルタミン酸 (Glu)、フェニルアラニン (Phe)、リシン (Lys) が同じ濃度で含まれる混合水溶液があるとす。Glu、Phe、Lys の等電点は、それぞれ 3.2、5.5、9.7 である。この混合水溶液から Glu と Lys を除去するためには、c) 緩衝液で pH 5.5 に合わせた混合水溶液を、陽イオン交換樹脂を詰めたカラムに流して流出した溶液を回収する。さらに、その溶液を陰イオン交換樹脂を詰めたカラムに流し、流出した溶液を回収すればよい。

さまざまなアミノ酸が多数縮合したものがタンパク質である。タンパク質分解酵素は、タンパク質の特定のペプチド結合を加水分解する。例えば、トリプシンは、タンパク質にアルギニン (Arg) が含まれる場合、そのカルボキシ基側のペプチド結合を加水分解する。キモトリプシンは、チロシン (Tyr) のカルボキシ基側のペプチド結合を加水分解する。

(A) 下線部 a) に関する次の文章を読んで、問い(a)と(b)に答えなさい。

アミノ酸 A の陽イオンを  $A^+$ 、双性イオンを  $A^\pm$ 、陰イオンを  $A^-$  と表したときに、次の電離平衡が成り立つとする。



ここで、アミノ酸 A の等電点を求めてみる。A<sup>±</sup> は電氣的に中性であるから、A<sup>+</sup> と A<sup>-</sup> のモル濃度が等しいときにアミノ酸の電荷の総和が 0 になる。すなわち、アミノ酸 A の等電点とは、[A<sup>+</sup>] = [A<sup>-</sup>] のときの pH である。[A<sup>+</sup>] と [A<sup>-</sup>] は、それぞれ次のように示される。

$$[A^+] = \frac{\boxed{\text{ア}} \times \boxed{\text{イ}}}{\boxed{\text{ウ}}} \quad [A^-] = \frac{\boxed{\text{イ}} \times \boxed{\text{エ}}}{\boxed{\text{ア}}}$$

また、[A<sup>+</sup>] = [A<sup>-</sup>] のときには、次の関係式が成り立つ。

$$\boxed{\text{ウ}} \times \boxed{\text{エ}} = \boxed{\text{ア}}^2$$

したがって、アミノ酸 A の等電点は、 $\boxed{\text{オ}}$  である。

(a) 空欄  $\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{オ}}$  に入る適切な選択肢を解答群から選びなさい。

$\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{エ}}$  の解答群

- ① [A<sup>+</sup>]    ② [A<sup>±</sup>]    ③ [A<sup>-</sup>]    ④ [H<sup>+</sup>]    ⑤ K<sub>1</sub>    ⑥ K<sub>2</sub>

$\boxed{\text{オ}}$  の解答群

- ⑦ 2.3    ⑧ 2.8    ⑨ 3.2    ⑩ 4.0    ⑪ 5.5  
 ⑫ 6.0    ⑬ 7.0    ⑭ 7.4    ⑮ 8.4    ⑯ 9.0

(b) アミノ酸 A の水溶液が pH 4.5 のとき、[A<sup>+</sup>] は [A<sup>-</sup>] の何倍となるか、適切な値を解答群から選びなさい。

解答群

- ① 1.0 × 10<sup>-3</sup>    ② 3.0 × 10<sup>-3</sup>    ③ 1.0 × 10<sup>-2</sup>    ④ 3.0 × 10<sup>-2</sup>  
 ⑤ 1.0 × 10<sup>-1</sup>    ⑥ 1.0 × 10<sup>1</sup>    ⑦ 3.0 × 10<sup>1</sup>    ⑧ 1.0 × 10<sup>2</sup>  
 ⑨ 3.0 × 10<sup>2</sup>    ⑩ 1.0 × 10<sup>3</sup>

(B) 下線部 b) の空欄 (ア) ~ (ウ) に入る適切な選択肢を解答群から選びなさい。  
(イ) と (ウ) の解答の順序は問わない。

**解答群**

- ① アンモニウムイオン    ① カルシウムイオン    ② 塩化物イオン  
③ 水酸化物イオン    ④ 水素イオン    ⑤  $-\text{SO}_3\text{H}$   
⑥  $-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{OH}^-$     ⑦  $-\text{CH}_3$     ⑧  $-\text{CH}_2\text{CH}_3$   
⑨  $-\text{CHO}$

(C) 下線部 c) とは異なる pH に合わせた混合水溶液を用いて Glu と Lys を除去するためには、どうすれば良いか。以下の方法 A と方法 B の空欄 (ア) と (イ) に入る数値の組み合わせを解答群から選びなさい。ただし、以下の方法で使用する樹脂は、pH 2.0 ~ 12.0 の範囲でイオン交換の性能を発揮できるものとする。

方法 A：緩衝液で pH 4.5 に合わせた混合水溶液を陽イオン交換樹脂に流し、流出した水溶液を捨てる。次に、この陽イオン交換樹脂に pH (ア) の緩衝液を流し、流出した水溶液を回収する。

方法 B：緩衝液で pH 4.5 に合わせた混合水溶液を陰イオン交換樹脂に流し、流出した水溶液を回収する。次に、回収した水溶液を緩衝液で pH (イ) に合わせてから陽イオン交換樹脂に流し、流出した水溶液を回収する。

**解答群**

- ① (ア) 2.0 (イ) 2.0    ① (ア) 2.0 (イ) 7.0    ② (ア) 2.0 (イ) 12.0  
③ (ア) 7.0 (イ) 2.0    ④ (ア) 7.0 (イ) 7.0    ⑤ (ア) 7.0 (イ) 12.0  
⑥ (ア) 12.0 (イ) 2.0    ⑦ (ア) 12.0 (イ) 7.0    ⑧ (ア) 12.0 (イ) 12.0

(D) Glu, Arg, Tyr の 3 種類で構成されるアミノ酸 6 個からなるペプチド A について、以下の実験 1 と実験 2 の 2 つの実験を行ったところ、それぞれ結果が得られた。ペプチド A のアミノ酸配列を解答群から選びなさい。ただし、解答群のアミノ酸配列は、左側をアミノ基側とする。

実験 1 と結果：1 mol のペプチド A をトリプシンで加水分解すると、2 mol のペプチド B が得られた。

実験 2 と結果：1 mol のペプチド A をキモトリプシンで加水分解すると、Tyr と 2 種類のペプチド（ペプチド C, D）がそれぞれ 1 mol 得られた。

#### 解答群

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| ① Arg-Glu-Tyr-Arg-Glu-Tyr | ① Arg-Tyr-Glu-Arg-Tyr-Glu |
| ② Glu-Tyr-Arg-Glu-Tyr-Arg | ③ Tyr-Glu-Arg-Tyr-Glu-Arg |
| ④ Arg-Glu-Tyr-Glu-Tyr-Arg | ⑤ Arg-Tyr-Glu-Tyr-Glu-Tyr |
| ⑥ Glu-Tyr-Glu-Tyr-Glu-Arg | ⑦ Tyr-Glu-Tyr-Glu-Arg-Tyr |









