

## 2021 年度 入学試験問題

## 理 科

(80 分)

物 理 [ 4 ～ 9 ページ]

化 学 [ 10 ～ 17 ページ]

生 物 [ 18 ～ 28 ページ]

## 受験についての注意

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはならない。
2. この問題冊子は 28 ページまでである。試験開始後、問題冊子の印刷不鮮明、ページの抜け落ち、ページ順序の誤りまたは解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
3. 解答用紙は**記述式解答用紙 A** 3 枚である。選択する科目によって解答用紙が異なるので、該当する科目の解答用紙を使用すること。
4. 監督者の指示に従って、解答用紙の所定欄に受験番号と氏名及びフリガナを正しく丁寧に記入すること（下の「解答用紙 記入上の注意」を参照）。選択しない科目を含め、3 枚とも記入すること。
5. 物理、化学、生物の中から 1 科目を選択し解答すること。
6. 選択しなかった科目の解答用紙は、試験終了後に回収する。
7. **解答用紙には、第 2 面にも解答欄があるので注意すること。**
8. 解答は解答用紙の所定欄に記入し、その他の部分には何も書かないこと。
9. 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離さないこと。
10. 問題冊子は必ず持ち帰ること。

## 解答用紙 記入上の注意

## 受験番号の記入について

受験番号（英字と算用数字）は、次の記入例のように正しく丁寧に記入すること。

(記入例)

A B C D E F G H I J K L M

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

## 化 学

1 次の文を読み、問1～問5に答えよ。

分子からなる物質の状態は、物質を構成する分子の間にはたらく引力と、分子が散らばろうとする熱運動の激しさ(エネルギー)によって決定される。例えば、大気圧のもとで氷を加熱していくと、氷の結晶を構成している水分子のエネルギーが温度に比例して大きくなっていく。0℃になると、水分子が、氷の結晶を構成する水分子の間の引力に打ち勝って、融けて液体に変化する。この現象を融解といい、融解が起こる温度を(ア)という。融解が始まってからすべての氷が完全に液体の水になるまで温度は一定である。その後さらに温度を<sup>①</sup>上げていくと、液体の表面から水が徐々に(イ)し、100℃において沸騰する。沸騰が起こっているとき、液体の温度は一定である。

このような物質の状態を決める、分子間にはたらく静電的な引力を分子間力という。分子間力には、すべての分子間にはたらく(ウ)や、水素原子と、その水素原子に直接結合していない電気陰性度の大きな原子との間にはたらく(エ)などがある。分子間力の大きさと液体の沸点には密接な関係がある。液体が沸騰するためには、分子間力を上回る熱エネルギーを加えなければならないので、分子間力が大きい分子の液体ほど沸点が高くなる傾向にある。例えば、14族元素の水素化合物では分子量が大きいほど沸点が高い。一方で、分子量が同じ程度の水素化合物の沸点を比較すると、<sup>②</sup>14族に比べて、15～17族元素の水素化合物が高くなっている。特に、アンモニア、フッ化水素および水の沸点は、他の同族の水素化合物の沸点と比べて著しく高い。<sup>③</sup>

問1 文中の(ア)～(エ)に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 下線部①について、このようになる理由を20字程度で記せ。

問3 物質を構成する水分子のエネルギーは温度に対してどのように変化するか、横軸を「温度」、縦軸を「水分子のエネルギー」としてグラフで示せ。ただし、横軸は-20℃から120℃までとすること。

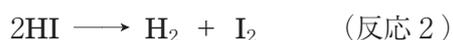
問4 下線部②について、14族元素の水素化合物のうち、最も沸点の低い化合物の化学式を記せ。

問5 下線部③について、このようになる理由を20字程度で記せ。

化学の試験問題は次に続く。

2 次の文を読み、問1～問6に答えよ。

水素  $\text{H}_2$  とヨウ素  $\text{I}_2$  の混合気体を密閉容器に入れて高温に保つと、ヨウ化水素が生じる(反応1)。また、ヨウ化水素を密閉容器に入れて高温に保つと、水素とヨウ素が生じる(反応2)。これらの反応に関して以下の【調査】と【実験】を行った。



【調査】 反応1において、水素とヨウ素の共有結合が切れて、生じたH原子とI原子が結合し、ヨウ化水素ができると予想した。この予想に基づき、以下の表の結合エネルギーの値を用いて解離エネルギー(分子の化学結合が完全に切れて、ばらばらの原子状態になるのに必要なエネルギー)を求めると  $587 \text{ kJ/mol}$  であり、反応1の活性化エネルギーである  $174 \text{ kJ/mol}$  と大きく異なっていることが分かった。

結合	結合エネルギー [kJ/mol]
H-H	436
I-I	151
H-I	299

【実験1】 気体の水素  $0.10 \text{ mol}$  と気体のヨウ素  $0.10 \text{ mol}$  を共に密閉容器に入れて、容器の体積を一定にしたまま  $400^\circ\text{C}$  に加熱すると、気体のヨウ化水素が生成した。さらに、この温度にて十分な時間放置したところ、平衡状態に達した。

【実験2】 【実験1】にて平衡状態に達した後、容器内の圧力を一定にしたまま温度を  $450^\circ\text{C}$  に上げ、十分な時間放置した。

【実験3】 【実験1】にて平衡状態に達した後、温度を一定にしたまま容器の体積を増加させ、十分な時間放置した。

問1 表の結合エネルギーの値より、反応1の反応熱は何  $\text{kJ/mol}$  か計算し、数値を記せ。ただし、解答の数値は有効数字2桁で求めよ。

問2 下線部について、解離エネルギーと活性化エネルギーに差が生じる理由を40字程度で記せ。

問3 水素、ヨウ素、ヨウ化水素の濃度をそれぞれ $[H_2]$ 、 $[I_2]$ 、 $[HI]$ として、反応1(反応速度 $v_1$ 、速度定数 $k_1$ )および反応2(反応速度 $v_2$ 、速度定数 $k_2$ )の反応速度式を表せ。ただし、反応1の解答については解答欄(1)に、反応2の解答については解答欄(2)に記すこと。

問4 【実験1】において、平衡状態に達した後、水素とヨウ素の物質量を調べると、いずれも0.020 molまで減少していた。この時の平衡定数を求め、数値を記せ。ただし、解答の数値は有効数字2桁で求めよ。

問5 【実験2】および【実験3】におけるヨウ化水素の物質量は、【実験1】の平衡状態のときと比べてどのようになるか、正しいものを以下の選択肢から一つ選び、記号を記せ。ただし、【実験2】の解答については解答欄(1)に、【実験3】の解答については解答欄(2)に記すこと。

<選択肢>

(a) 増加する            (b) 減少する            (c) 変わらない

問6 【実験1】を白金触媒を加えて行くと、触媒がない場合と比べて反応1の反応速度、平衡状態に到達する時間、および平衡状態に達した際のヨウ化水素の物質量はそれぞれどのように変化するか、正しいものを以下の選択肢から一つ選び、記号を記せ。ただし、反応1の反応速度の解答については解答欄(1)、平衡状態に到達する時間の解答については解答欄(2)、平衡状態に達した際のヨウ化水素の物質量の解答については解答欄(3)に記すこと。

<選択肢>

反応1の反応速度：解答欄(1)

(a) 大きくなる            (b) 小さくなる            (c) 変わらない

平衡状態に到達する時間：解答欄(2)

(a) 短くなる            (b) 長くなる            (c) 変わらない

平衡状態に達した際のヨウ化水素の物質量：解答欄(3)

(a) 増加する            (b) 減少する            (c) 変わらない

**3** 次の文を読み、問1～問3に答えよ。気体はすべて理想気体として扱えるものとする。必要があれば次の数値を用いること。

原子量  $H=1.00$ ,  $C=12.0$ ,  $O=16.0$  気体定数  $R=8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

炭素と水素からなる、常温で気体の有機化合物 **A** について、以下のような実験を行った。

【実験1】 元素分析を行うために **A** 10.0 g を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 33.0 g と水 9.00 g が生じていることがわかった。

【実験2】 **A** を 10.0 g とり、 $127^\circ\text{C}$ 、 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$  のもとで体積を測定したところ、8.31 L であった。

【実験3】 **A** に十分量の臭素を作用させると、1分子の **A** に対して2分子の臭素が付加し、化合物 **B** が得られた。一方、1分子の **A** に対して1分子の塩化水素を付加させると、3種類の化合物①が得られた。

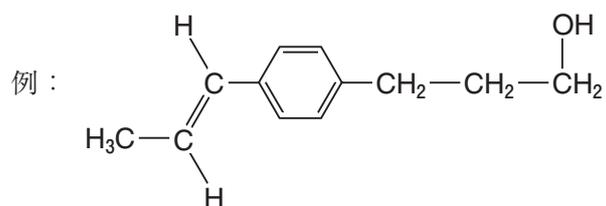
【実験4】 硫酸水銀(II)を触媒として **A** に水を付加させるとアセトンと化合物 **C** が得られ、これにフェーリング液を加えて加熱すると赤色沈殿が生じた。また、試験管内で **C** にアンモニア性硝酸銀水溶液②を加えて温めると、試験管の内壁に銀が付着した。

問1 【実験1】、【実験2】について、以下の問いに答えよ。

- 1) **A** の分子式を求めよ。
- 2) 元素分析において、二酸化炭素を吸収するのに使われる物質の名称を解答欄①に、水を吸収するのに使われる物質の名称を解答欄②にそれぞれ記せ。

問2 【実験3】について、以下の問いに答えよ。

- 1) **A** と **B** の構造式を例にならってそれぞれ記せ。
- 2) **A** と構造異性体の関係にある化合物を一つ挙げ、その名称を解答欄①に記せ。また、その構造式を例にならって解答欄②に記せ。
- 3) 下線部①の3種類の化合物の構造式を例にならってそれぞれ記せ。



問3 【実験4】について、以下の問いに答えよ。

- 1) **C** の構造式を問2の例にならって記せ。
- 2) 生成した赤色沈殿の化学式を記せ。
- 3) 下線部②の反応の名称を記せ。

4 次の文を読み、問1～問4に答えよ。必要があれば次の数値を用いること。

原子量 H=1.00, C=12.0, O=16.0, Br=79.9

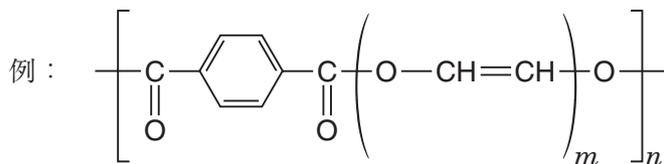
次の[I]～[III]は、スチレンを原料として得られる高分子化合物の合成法である。

[I] スチレンを付加重合させると高分子化合物 **A** が得られる。

[II] スチレンを1,3-ブタジエンに加えて共重合させると高分子化合物 **B** が得られる。

[III] スチレンに *p*-ジビニルベンゼンを加えて共重合させると高分子化合物 **C** が得られる。

問1 **A** と **B** の構造式を例にならってそれぞれ記せ。ただし、**B** はスチレンと1,3-ブタジエンが  $x:y$  で重合した化合物とする。



問2 [I]で得られる **A** について以下の問いに答えよ。

1) 次の選択肢から、**A** に関する記述として誤っているものをすべて選び、記号を記せ。

<選択肢>

- (ア) 水溶液中でわずかに電離して、弱い酸性を示す
- (イ) 加熱により硬化する
- (ウ) 成形・加工しやすく、食品容器などとして利用される
- (エ) 加水分解するとスチレンが得られる

2) **A** を完全燃焼させると、二酸化炭素が7.04 g 発生した。このとき、**A** を合成するために用いられたスチレンは何 g か。有効数字3桁で求め、数値を記せ。ただし、スチレンはすべて **A** の合成に用いられたものとする。

問3 [Ⅱ]で得られる **B** について以下の問いに答えよ。

- 1) **B** の名称を記せ。
- 2) **B** に数パーセントの硫黄を加えて加熱すると高分子化合物の強度や耐久性が向上する。なぜそうなるのかを解答欄の枠内に記せ。
- 3) 4.70 g の **B** に十分な量の臭素を付加させると、7.99 g の臭素が消費された。この **B** を構成するスチレンと1,3-ブタジエンの物質量の比はいくらか。スチレンを1.0としたときの1,3-ブタジエンの数値を有効数字2桁で求めよ。ただし、**B** の平均分子量は十分に大きいものとし、スチレン部分は臭素と反応しなかったものとする。

問4 [Ⅲ]について以下の問いに答えよ。

- 1) *p*-ジビニルベンゼンの構造式を問1の例にならって記せ。
- 2) この合成で得られる **C** は立体網目構造をしている。立体網目構造になる理由を30字程度で記せ。
- 3) **C** を濃硫酸で処理すると陽イオン交換樹脂が得られる。この樹脂をカラムにつめ、上から塩化ナトリウム水溶液を通すと、イオン交換反応が起こる。この反応が起こったことを確認することができる実験方法を、解答欄の枠内に記せ。

## 2021 年度 入学試験問題

## 数 学・理 科

(80 分)

数 学 [4 ~ 7 ページ]

化 学 [8 ~ 13 ページ]

生 物 [14 ~ 25 ページ]

## 受験についての注意

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはならない。
2. この問題冊子は 25 ページまでである。試験開始後、問題冊子の印刷不鮮明、ページの抜け落ち、ページ順序の誤りまたは解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
3. 解答用紙は記述式解答用紙 A 3 枚である。
4. 監督者の指示に従って、解答用紙の所定欄に受験番号と氏名及びフリガナを正しく丁寧に記入すること（下の「解答用紙 記入上の注意」を参照）。選択しない科目を含め、3 枚とも記入すること。
5. 出願した学部により、解答する教科が異なるので、注意すること。
6. 選択しなかった科目の解答用紙は、試験終了後に回収する。
7. 解答用紙には、第 2 面にも解答欄があるので注意すること。
8. 解答は解答用紙の所定欄に記入すること。その他の部分に記入された内容は採点対象外とする。
9. 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離さないこと。
10. 問題冊子は必ず持ち帰ること。

## 解答用紙 記入上の注意

## 受験番号の記入について

受験番号（英字と算用数字）は、次の記入例のように正しく丁寧に記入すること。

（記入例）

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

## 化 学

- 1 次の文を読み、問1～問5に答えよ。解答の数値は有効数字3桁で求めよ。必要があれば次の数値を用いること。標準状態における気体のモル体積：22.4 L/mol, 原子量 Na=23.0, Cl=35.5,  $\log_{10}2=0.300$

塩化マグネシウムの結晶中では、多数のマグネシウムイオン（陽イオン）と塩化物イオン（陰イオン）がクーロン力で結びついており、このような結合を（ア）という。一方、希（貴）ガスを除く非金属元素の原子どうしは、お互いの（イ）を共有することによって、希（貴）ガス原子と同じ電子配置をとり、安定な結合を形成する。このような結合を共有結合という。2個のフッ素原子はそれぞれ1個の（イ）を出し合って共有し、<sup>①</sup>どちらのフッ素原子も（ウ）原子と同じ安定な電子配置となってフッ素分子が形成される。このような共有結合の形成は、異種原子間でも生じる。例えば水素原子と塩素原子はそれぞれ1個の（イ）を出し合って共有し、水素原子は（エ）原子と、塩素原子は（オ）原子と同じ電子配置となり、安定な塩化水素分子が形成される。

異種原子が共有結合を形成すると、共有された電子対は一方の原子にかたよる。原子が共有電子対を引き寄せる強さを相対的な数値で表したものを（カ）という。塩化水素分子では、共有電子対は（カ）が大きい塩素原子に引き寄せられ、塩素原子はわずかに負の電荷を帯びる。一方で水素原子はわずかに正の電荷を帯びる。このような状態を、結合に（キ）があるといい、結合に（キ）を生じることを分極という。<sup>②</sup>塩化水素分子は、結合する2つの元素の（カ）の差が大きいため比較的（キ）が大きく、水によく溶けて水素イオンと塩化物イオンに電離する。

塩化水素は工業的にも重要な化合物であり、水素と塩素を直接反応させて合成する。一方、<sup>③</sup>実験室では塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱し捕集する。これに関して、以下の実験を行った。

**【実験】** 丸底フラスコに塩化ナトリウム粉末を入れ、ゴム栓をした上部から濃硫酸をゆっくりと加えて加熱した。発生した気体を濃硫酸を入れた洗気瓶に通じたのち、捕集した。この反応により発生した塩化水素の体積は、標準状態で44.8 mLであった。また、発生した塩化水素を断熱容器に入れた25.0℃の水10.0 mLにすべて溶解させたところ、溶液の温度は28.6℃となった。

問1 文中の（ア）～（キ）に入る最も適切な語句または元素名を記せ。

問2 下線部①について、多数の原子が共有結合でつながった結晶を共有結合の結晶という。この共有結合の結晶の一例を挙げ、名称を記せ。

問3 下線部②について、次の選択肢の結合のなかで、結合の(キ)が最も小さいものと、結合の(キ)が最も大きいものをそれぞれ選び、記号で答えよ。ただし、結合の(キ)が最も小さいものについては解答欄(i)に、結合の(キ)が最も大きいものについては解答欄(ii)に記すこと。

【選択肢】

(A) H-N (B) H-O (C) H-F (D) H-P (E) H-S (F) H-Cl

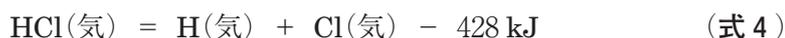
問4 【実験】について、以下の問いに答えよ。ただし、気体の溶解によって水の体積は変化しないものとする。また、溶液中の塩化水素の電離度は1.00、溶液の比熱は $4.20 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、溶液の密度は $1.00 \text{ g/mL}$ とし、これらの値は気体の溶解によって変化しないものとする。

- (1) 塩化水素を発生させて捕集する装置を図示せよ。
- (2) 塩化水素が発生する反応の反応式を記せ。
- (3) 反応した塩化ナトリウムの質量は何gか、数値を記せ。
- (4) 発生した塩化水素をすべて $10.0 \text{ mL}$ の水に溶解させたとき、この水溶液のpHはいくらになるか、数値を記せ。
- (5) 塩化水素が水に溶解する反応の熱化学方程式を記せ。

問5 下線部③について、この反応は(式1)の熱化学方程式で表せる。

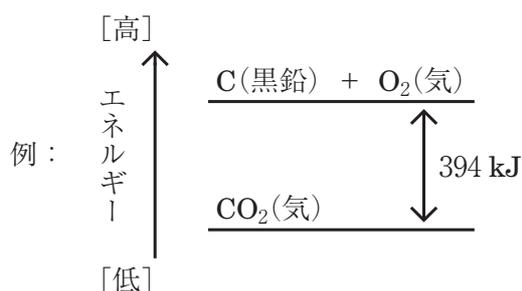
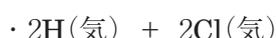


一方で、(式1)に関与する物質の各結合の結合エネルギーは(式2)～(式4)で表せる。



このとき、(A)の法則を使って、(式1)における熱量 $Q$ を求めることができる。以下の問いに答えよ。

- (1) (A)に当てはまる最も適当な語句(人名)を記せ。
- (2) (式1)における熱量 $Q$ を求め、数値を記せ。
- (3) 次の3つの物質群のエネルギーの大小関係を表すエネルギー図を例にならって記せ。ただし、エネルギー差を数値で記すこと。



**2** 次の文を読み、問1～問4に答えよ。必要があれば次の数値を用いること。原子量  $H=1.00$ ,  $C=12.0$

3種類の化合物 **A**, **B**, **C** はすべて  $C_9H_{10}O_2$  の分子式で表される芳香族化合物であり、いずれも分子内にエステル結合をもつ。この **A**, **B**, **C** に関して次のような実験を行った。

【実験1】 **A**, **B**, **C** のそれぞれが入った3つの試験管にアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて温めても、いずれの試験管にも内壁への銀の付着は見られなかった。

【実験2】 **A**, **B**, **C** を混酸でニトロ化すると、ベンゼン環の1つの水素原子がニトロ基に置換された化合物が、**A** からは4種類、**B** からは2種類、**C** からは3種類得られた。

【実験3】 **A**, **B**, **C** を加水分解すると、**A** からは化合物 **D** が、**B** からは化合物 **E** が、**C** からは化合物 **F** が得られた。**D**, **E**, **F** はベンゼン環をもつ化合物であった。このとき、**A**, **B** からは **D**, **E** 以外に化合物 **G** が得られ、**C** からは **F** 以外に化合物 **H** が得られた。

【実験4】 **D** を酸性の過マンガン酸カリウム水溶液に加えて加熱すると、サリチル酸が得られた。

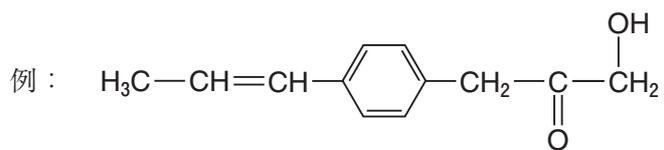
【実験5】 **D**, **E**, **F** それぞれの水溶液に少量の炭酸水素ナトリウムを加えると、**F** の水溶液のみから気体が発生した。

【実験6】 **D**, **E**, **F** それぞれの薄い水溶液に塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を加えると、**D**, **E** の水溶液は青～赤紫色に呈色した。

【実験7】  $170\text{ }^\circ\text{C}$  に加熱した濃硫酸に **H** を加えると、化合物 **I** が得られた。**I** には臭素水を脱色する作用があった。

【実験8】 **I** を付加重合させると、高分子化合物 **J** が得られた。なお、**J** は紐やロープ類などに利用されている。

問1 化合物 **A**~**I** の構造式を次の例にならって記せ。



問2 【実験2】に関連して、ベンゼン環の2つの水素原子がニトロ基に置換された場合、**A**、**B**、**C** それぞれから何種類の化合物が得られるか、数値を記せ。

問3 【実験5】について、以下の問いに答えよ。

- (1) 発生した気体の名称を記せ。
- (2) **F**と炭酸水素ナトリウムから気体が生じる反応の化学反応式を記せ。
- (3) **A**、**B**、**C**、**G**、**H**、**I**のうち、**F**と同様に、炭酸水素ナトリウムと反応して気体を発生する化合物をすべて選び、記号を記せ。

問4 【実験8】について、以下の問いに答えよ。

- (1) **J**の名称を記せ。
- (2) 分子量  $2.8 \times 10^5$  の**J**は1分子中に**I**の構成単位を何個含んでいるか、数値を有効数字2桁で記せ。
- (3) 高分子化合物の多くは、はっきりとした融点をもたない。その理由を解答欄の枠内で説明せよ。

3 次の文を読み、問1～問5に答えよ。原子量 H=1.00, O=16.0

生体の主要な成分である（ア）を加水分解すると、（ア）の基本単位である $\alpha$ -アミノ酸を生じる。 $\alpha$ -アミノ酸は、分子中にアミノ基とカルボキシ基をもち、これら2つの官能基が同一の炭素原子に結合している。側鎖の違いによって $\alpha$ -アミノ酸の種類が決まり、側鎖が水素原子であるグリシンは最も簡単な構造の $\alpha$ -アミノ酸である。側鎖が水素原子以外のアミノ酸は（イ）原子をもつため、そのような $\alpha$ -アミノ酸には鏡像異性体が存在する。この異性体は（ウ）型と（エ）型に分けられ、生体を構成する $\alpha$ -アミノ酸の多くは（エ）型である。

グリシンは水溶液中でイオンとなって溶け、次のような3種類のイオンが共存する状態で存在する。



水溶液のpHにより各イオンの割合が変化するので、水溶液のpHを調節して各イオンの電荷の総和を全体として0にすることができる。このときのpHをアミノ酸の（オ）という。アミノ酸はそれぞれ固有の（オ）をもち、この違いを利用してアミノ酸やペプチドを電気泳動で分離することができる。

問1 文中の（ア）～（オ）に当てはまる最も適切な語句または記号を記せ。

問2 文中の  $\boxed{\text{I}}$  ～  $\boxed{\text{III}}$  に当てはまるイオン式を記せ。

問3 グリシンに関して、以下の問いに答えよ。

(1) グリシンの（オ）に最も近い数値を次の選択肢から選び、記号で記せ。

<選択肢>

(a) 2      (b) 6      (c) 10      (d) 14

(2) (1)において、その選択肢を選んだ理由を30字程度で記せ。

(3) グリシン水溶液の性質として正しいものを次の選択肢からすべて選び、記号で記せ。

<選択肢>

(a) 強い光線を当てるとチンダル現象が見られる

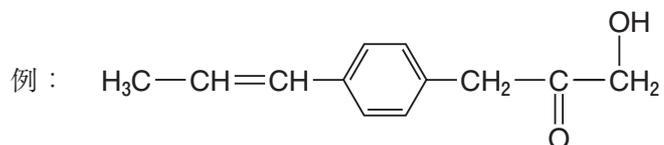
(b) 純水よりも沸点が高い

(c) 濃硝酸を加えて加熱すると溶液が黄色になる

(d) ニンヒドリンの水溶液を加えて加熱すると水溶液が赤紫色になる

問4 グリシンに無水酢酸を作用させると、アミド結合をもつ化合物 **A** が得られる。**A** について、以下の問いに答えよ。

(1) **A** の構造式を例にならって記せ。



(2) 水溶液中の **A** の電離度は **A** の濃度が大きくなるほど小さくなる。この理由を解答欄の枠内に記せ。

問5 側鎖にアミノ基をもつ  $\alpha$ -アミノ酸 **B** (分子量  $b$ ) と側鎖にベンゼン環をもつ  $\alpha$ -アミノ酸 **C** (分子量  $c$ ) を用いて、次のような実験を行った。以下の問いに答えよ。解答の数値は有効数字3桁で求めよ。

【実験1】 **B** を縮合させると、様々な種類の化合物が生じた。

【実験2】 **B** と **C** の混合溶液を用いて4分子のアミノ酸が縮合した直鎖状のペプチドをつくると、アミノ酸の結合順序が異なるペプチドが複数種類得られた。

【実験3】 【実験2】 で得られたペプチドから1種類のペプチド **D** を選んだ。0.624 g の **D** を完全に加水分解すると、**B** と **C** の混合物が0.678 g 得られた。

【実験4】 【実験3】 で得られた混合物を調べると、**B** と **C** が物質質量比1:1、質量比58:55で含まれていた。

(1) 【実験1】 で得られた化合物の中には、アミノ酸が枝分かれ状につながった構造が含まれていた。枝分かれ構造が生じる理由を15字程度で記せ。

(2) 【実験2】 で得られたペプチドには構造異性体が含まれていたが、文中の下線部の実験で分離することはできなかった。構造異性体を分離できなかった理由を解答欄の枠内に記せ。

(3) **D** の分子量を **B** と **C** の分子量 (それぞれ  $b$  と  $c$ ) を用いて表せ。

(4) 【実験3】 の結果から **D** の分子量を求めよ。

(5) 【実験4】 の結果から **B** の分子量を求めよ。

## 2021 年度 入学試験問題

## 理 科

(80 分)

物 理 [ 4 ～ 9 ページ]

化 学 [ 10 ～ 16 ページ]

生 物 [ 18 ～ 26 ページ]

## 受験についての注意

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはならない。
2. この問題冊子は 26 ページまでである。試験開始後、問題冊子の印刷不鮮明、ページの抜け落ち、ページ順序の誤りまたは解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
3. 解答用紙は**記述式解答用紙 A** 3 枚である。選択する科目によって解答用紙が異なるので、該当する科目の解答用紙を使用すること。
4. 監督者の指示に従って、解答用紙の所定欄に受験番号と氏名及びフリガナを正しく丁寧に記入すること（下の「解答用紙 記入上の注意」を参照）。選択しない科目を含め、3 枚とも記入すること。
5. 物理、化学、生物の中から 1 科目を選択し解答すること。
6. 選択しなかった科目の解答用紙は、試験終了後に回収する。
7. **解答用紙には、第 2 面にも解答欄があるので注意すること。**
8. 解答は解答用紙の所定欄に記入し、その他の部分には何も書かないこと。
9. 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離さないこと。
10. 問題冊子は必ず持ち帰ること。

## 解答用紙 記入上の注意

## 受験番号の記入について

受験番号（英字と算用数字）は、次の記入例のように正しく丁寧に記入すること。

（記入例）

A B C D E F G H I J K L M

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

## 化 学

1 次の文を読み、問1～問6に答えよ。

1869年に (a) は、当時知られていた約60種の元素について、その性質が周期的に変化することを見出し、周期表を作成した。しかし、この周期表はいくつかの矛盾を含んでいた。その矛盾の一つとして、当時知られていた元素を原子量の順に並べると、ハロゲンとその次に位置する1価の陽イオンになりやすい元素群である (b) の間には、その性質に大きな隔たりがあった点が挙げられる。しかしその後、価電子数がゼロである安定な元素群である (c) の発見や、他の矛盾点の解消を経て現在のような周期表ができあがった。

このようにして完成した周期表の1族、2族、および12族から (d) 族に含まれる元素を典型元素という(ただし12族は含まれない場合もある)。ア) 典型元素では、周期表の縦の列に並んだ元素どうしの性質が似ている。例えば、第2周期で (e) 族の炭素の単体と、第3周期で (e) 族の元素である (f) の単体は、ともにイ) 正四面体構造をもつ共有結合結晶を形成する。

一方、典型元素以外の元素を遷移元素といい、ウ) 周期表で横の行に並んだ元素どうしの性質が似ていることが多い。また、その単体や化合物には触媒として利用されるものが多い。例えば、白金はエ) 酸素を水に還元する反応の触媒として用いられる。

問1 文中の (a) に当てはまる最も適当な人名を次の【解答群】から選び、番号を記せ。

【解答群】

- |           |           |             |
|-----------|-----------|-------------|
| (1) アボガドロ | (2) アレニウス | (3) ドルトン    |
| (4) ファラデー | (5) ボイル   | (6) メンデレーエフ |

問2 文中の (b) ～ (f) に当てはまる最も適当な数字または語句を記せ。

問3 下線部ア)のように、典型元素では周期表の縦の列に並んだ元素どうしの性質が似ている理由を20字程度で記せ。

問4 下線部イ)について、正四面体構造をもつ共有結合結晶となる炭素の単体の名称を次の【解答群】から選び、番号を記せ。

【解答群】

- |                |           |        |
|----------------|-----------|--------|
| (1) カーボンナノチューブ | (2) グラフェン | (3) 黒鉛 |
| (4) ダイヤモンド     | (5) フラーレン |        |

問5 下線部ウ)のように、遷移元素は典型元素とは異なる性質を有する。次の(1)～(5)の遷移元素に関する記述のうち、正しくないものをすべて選び、番号を記せ。また、すべて正しい場合は解答欄に「なし」と記せ。

- (1) 第4周期の遷移元素は、原子の最外殻電子数がすべて2個である
- (2) 鉄は複数の酸化数を示す
- (3) マンガンの単体はマンガン乾電池に用いられる
- (4) フェーリング液には銅(Ⅱ)イオンが含まれる
- (5) 鉛は遷移元素に分類される

問6 下線部エ)の反応は、酸性水溶液中で働くリン酸型燃料電池の正極で起こる反応と同じである。この反応を例にならって、電子の授受を含む反応式(半反応式)で記せ。



2 次の文を読み、問1～問3に答えよ。必要があれば次の数値を用いること。

原子量 H=1.00, C=12.0, O=16.0, Na=23.0, Cl=35.5, Ba=137

水酸化ナトリウムは、塩化ナトリウム水溶液を (a) することにより工業的に製造される。水酸化ナトリウムの固体を空气中に放置すると、水分を吸収して溶解する。この現象は、(b) と呼ばれる。

水酸化ナトリウムの固体は、次の化学反応式に示されるように、空气中的二酸化炭素を吸収して炭酸塩を生じる。

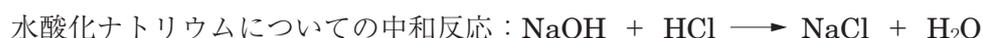


したがって、乾燥した空气中で長期間保管された水酸化ナトリウムの固体(「固体A」とする)は、水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合物と考えられる。

「固体A」中の炭酸ナトリウムの量を求めるために、以下の実験を行った。

[実験①] 1.40 gの「固体A」を水に溶かし1.00 Lの溶液とした(「溶液1」とする)。

[実験②] 100 mLの「溶液1」に、メチルオレンジを指示薬として加え、(c) 色に呈色させた。この溶液について0.100 mol/Lの塩酸で中和滴定を行った。中和に必要な0.100 mol/Lの塩酸の量は、33.0 mLであった。この際の中和反応は次のとおりである。



[実験③] 100 mLの「溶液1」に、塩化バリウム水溶液を加えた。この操作により、溶液中のすべての炭酸イオンは過不足なくバリウムイオンと反応し、水に不溶の沈殿となった。その結果、溶液は水酸化ナトリウムと塩化ナトリウムを含むだけとなった(「溶液2」とする)。

[実験④] 「溶液2」にフェノールフタレインを指示薬として加え、0.100 mol/Lの塩酸で中和滴定を行った。中和に必要な0.100 mol/Lの塩酸の量は、27.0 mLであった。この滴定中に、[実験③]において生成した沈殿の分解は起こらなかった。

問1 文中の (a) ～ (c) に当てはまる最も適当な語句を記せ。

問2 [実験③]において、塩化バリウム水溶液を加えたときに起こる反応を、化学反応式で記せ。

問3 「固体 A」中の水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの物質量の比から、炭酸ナトリウムの量を求める。次の問いに答えよ。

- 1) [実験②]において中和反応に使用された HCl の物質量は何 mol か。有効数字 2 桁で求め、数値を記せ。
- 2) 100 mL の「溶液 1」に含まれる水酸化ナトリウムの物質量を  $x$  [mol]、炭酸ナトリウムの物質量を  $y$  [mol] とする。[実験②]において中和反応に使用された HCl の物質量 [mol] を、 $x$  および  $y$  を用いて、式で記せ。
- 3) [実験④]で行った中和滴定の結果と上記の 1) および 2) をもとに、「溶液 1」に含まれる水酸化ナトリウムの物質量  $x$  [mol] と炭酸ナトリウムの物質量  $y$  [mol] の比 ( $x : y$ ) を、最も簡単な整数比で記せ。
- 4) [実験①]の「固体 A」1.40 g 中に含まれる炭酸ナトリウムの質量は何 g か。有効数字 2 桁で求め、数値を記せ。

3 次の文を読み、問1～問4に答えよ。

凝固点降下の実験では、溶液を冷却して凝固点を求める。この際、溶液の濃度は、質量モル濃度を用いることが多い。質量モル濃度は、溶質の物質質量[mol]を溶媒の質量[kg]で除したものの(割り算)で定義される。

問1 モル質量  $A$  [g/mol] の溶質  $s$  [g] を、溶媒  $W$  [kg] に溶解させて、溶液①を調製した。次の問いに答えよ。

- 1) 溶液①の質量モル濃度  $m$  [mol/kg] を、 $A$ 、 $s$ 、 $W$  を用いて、式で記せ。
- 2) 溶液①の密度を  $d$  [g/cm<sup>3</sup>] とする。溶液①の体積  $V$  [L] を、 $s$ 、 $W$ 、 $d$  を用いて、式で記せ。
- 3) 溶液①のモル濃度(体積モル濃度)  $c$  [mol/L] を、 $d$ 、 $A$ 、 $m$  を用いて、式で記せ。
- 4) 溶液①に、さらに溶質を加え、質量モル濃度  $m'$  [mol/kg] の溶液②を調製した。このとき、加えた溶質の質量[g] を、 $A$ 、 $W$ 、 $m$ 、 $m'$  を用いて、式で記せ。

問2 文中の下線部に関して、質量モル濃度およびモル濃度が、溶液の温度によってどのように影響されるのかに着目し、凝固点降下の測定で質量モル濃度を用いる理由を40字程度で記せ。

問3 凝固点降下度  $\Delta t$  [K] は、質量モル濃度  $m$  [mol/kg] に比例し、 $\Delta t = K_f m$  と表される。 $K_f$  [K·kg/mol] はモル凝固点降下であり、溶質の種類に依存せず、溶媒の種類のみ依存する。水 100 g に 9.00 g のグルコース(モル質量 180 g/mol) を溶解させた溶液の凝固点降下度を測定したところ、 $\Delta t = 0.948$  K となった。水の  $K_f$  の値を有効数字3桁で求め、数値で記せ。

問4 2価の陽イオン  $A^{2+}$  と1価の陰イオン  $B^-$  に電離する弱電解質  $AB_2$  がある。この弱電解質は水溶液中で一部電離して、 $AB_2$ 、 $A^{2+}$ 、 $B^-$  として存在する。いま、水 1 kg に弱電解質  $AB_2$  を 0.1 mol 溶解させた。 $AB_2$  の電離度を  $\alpha$  とすると、凝固点降下度  $\Delta t$  [K] はどのように表されるか。電離度  $\alpha$  と、水のモル凝固点降下の記号 ( $K_f$ ) を用いて、式で記せ。

化学の試験問題は次に続く。

4 次の文を読み、問1～問5に答えよ。

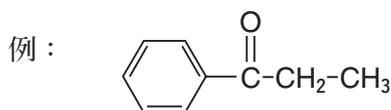
同一の分子式  $C_{12}H_{16}O_2$  をもつ二つのエステル(化合物 **A** および **B**)がある。**A** と **B** は、いずれも二つの置換基が互いにオルト位に結合したベンゼンの二置換体である。

**A** を加水分解すると化合物 **C** と **D** が得られた。**C** はベンゼンの二置換体であり、その水溶液は酸性を示した。また、**D** は不斉炭素原子をもつ化合物であり、金属ナトリウムを作用させると水素が発生した。**D** を酸化すると分子式  $C_4H_8O$  をもつ化合物 **E** が得られた。**D** および **E** に水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて加熱すると、いずれからも特有の臭いをもつ黄色沈殿 **F** が生じた。

**B** を加水分解すると化合物 **G** と **H** が得られた。**G** は炭素鎖に枝分かれのある化合物であり、その水溶液は酸性を示した。また、**H** はベンゼンの二置換体であり、金属ナトリウムを作用させると水素が発生した。触媒を用いて **H** を十分に酸化すると化合物 **I** が得られた。また、**I** は **C** の酸化によっても得ることができた。**I** を加熱すると分子内で脱水反応が起こり化合物 **J** が得られた。一方、**H** を穏やかに酸化すると銀鏡反応を示す化合物が得られた。

問1 文中の下線で示した不斉炭素原子とは何か。30字程度で記せ。

問2 化合物 **C**, **E**, **H**, および **J** の構造式を例にならって記せ。



問3 化合物 **F** および **I** の名称を記せ。

問4 化合物 **A** および **B** の構造式を問2の例にならって記せ。

問5 化合物 **I** の異性体の一つはエチレングリコールと縮合重合して、ペットボトルなどに用いられる高分子化合物を与える。この高分子化合物の構造式を例にならって記せ。

