

# 化 学

120 分

## 注 意 事 項

1. 試験開始の合図までこの問題冊子を開かないこと。
2. 本問題冊子は 30 ページ，答案用紙は 2 ページである。
3. 各答案用紙の右上枠内には，**受験番号**を記入し，左上段の枠内には，**受験番号の下 2 桁**の数字を忘れずに記入すること。
4. 解答はすべて答案用紙の所定欄に記入すること。
5. 問題冊子および答案用紙は切りはなさないこと。
6. 答案用紙に記入する受験番号および解答の数字の字体は，下記の例にならない，明瞭に記入すること。

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

7. 解答上の注意は，裏表紙に記載してあるので，この問題冊子を裏返して必ず読むこと。ただし，問題冊子を開いてはいけない。

## 第 I 問 (50 点満点)

問題 1, 問題 2 と問題 5 については, 1 つまたは 2 つの正解がある。答案用紙の所定の枠の中に, 正解の番号を記入せよ。問題 3 と問題 4 については, 所定の枠の中に, 0 から 9 までの適当な数字を 1 枠に 1 つ記入せよ。

1 つぎの記述のうち, 誤っているものはどれか。

1. 同じ体積の  $0.025 \text{ mol/L}$  塩酸と  $0.010 \text{ mol/L}$  水酸化ナトリウム水溶液を混合した水溶液の pH は, 2 より小さい。
2. 酢酸ナトリウムは, 水に溶けて塩基性を示すので, 塩基性塩である。
3.  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  は, いずれも酸性酸化物である。
4. 塩素のオキソ酸は, 塩素の酸化数が大きいものほど強い酸である。
5. フッ化水素酸は, 石英を溶かす弱酸である。
6. アンモニア水を塩酸で中和滴定する場合, 指示薬としてメチルオレンジを用いることができる。

2 金属元素 A~D は, Ag, Al, Ca, Cu, Fe, Mg, Pb, Zn のいずれかである。つぎの記述ア~カを読み, 下の問に答えよ。

ア. A~D の金属イオンをそれぞれ別に含む水溶液に, 室温で水酸化ナトリウム水溶液を少量ずつ加えていくといずれも沈殿を生じる。

イ. A~D の金属イオンをそれぞれ別に含む水溶液に, 室温で希塩酸を適量加えると A の水溶液だけが沈殿を生じる。

ウ. アで生じた A を含む沈殿は, 暗褐色の酸化物である。

エ. アで生じた B を含む沈殿に, さらに過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えると, 錯イオンが生じて溶ける。

オ. アで生じた B を含む沈殿と C を含む沈殿に, さらに過剰のアンモニア水を加えると, いずれも錯イオンが生じて溶ける。溶けた B の水溶液は無色で, C の水溶液は深青色である。

カ. アで生じた D を含む緑白色沈殿は, 水溶液中で酸化されると赤褐色に変わる。この赤褐色沈殿は, 過剰のアンモニア水を加えても溶けない。

問 つぎの記述のうち, 正しいものはどれか。

1. アで生じた A を含む沈殿は, 過剰のアンモニア水を加えても溶けない。
2. B の酸化物は, ルビーの主成分である。
3. B と C の単体は, いずれも室温で希硫酸と反応して水素を発生する。
4. A~D の単体のうち, 熱や電気の伝導性が最も高い単体は C である。
5. イオン化傾向は, B, D, C, A の順に小さくなる。

- 3 つぎの表に示す金属の結晶に関する下の問に答えよ。ただし、結晶中の各原子を球とみなし、最も近い原子は互いに接しているとする。また、 $\sqrt{2} = 1.4$ 、 $\sqrt{3} = 1.7$ とし、アボガドロ定数は  $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$  とする。

金属元素	結晶構造	原子量	単位格子の1辺の長さ (cm)	単位格子の体積 (cm <sup>3</sup> )
ナトリウム	体心立方格子	23	$4.3 \times 10^{-8}$	$8.0 \times 10^{-23}$
アルミニウム	面心立方格子	27	$4.0 \times 10^{-8}$	$6.4 \times 10^{-23}$
カリウム	体心立方格子	39	$5.3 \times 10^{-8}$	$15 \times 10^{-23}$
銅	面心立方格子	64	$3.6 \times 10^{-8}$	$4.7 \times 10^{-23}$

問 i 密度が大きい順番に並べると、ナトリウムは何番目になるか。

問 ii 原子半径の大きい順番に並べると、アルミニウムは何番目になるか。

4 単体のアルミニウムは、氷晶石  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  に酸化アルミニウム  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を混合して溶かし、炭素電極を用いた熔融塩電解(融解塩電解)により製造される。陰極ではアルミニウムが得られ、陽極では炭素電極の炭素と酸化物イオン  $\text{O}^{2-}$  との電解反応によって、一酸化炭素と二酸化炭素が生成する。つぎの問に答えよ。ただし、各元素の原子量は、 $\text{Al} = 27$ 、 $\text{C} = 12$  とし、ファラデー定数は  $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$  とする。

問 i この熔融塩電解で  $965 \text{ A}$  の電流を  $100$  時間流すと、得られるアルミニウムの質量は理論上いくらか。解答は小数点以下第 1 位を四捨五入して、下の形式により示せ。

--	--

 kg

問 ii 問 i の電解で、一酸化炭素の  $2.50$  倍の物質量の二酸化炭素が生成するとき、炭素電極の質量は理論上いくら減少するか。解答は小数点以下第 1 位を四捨五入して、下の形式により示せ。

--	--

 kg

- 5 つぎの表1の1～5に示す金属イオンを含む水溶液がある。それぞれに飽和になるまで25℃で硫化水素を通じた結果、pHは右の欄の値になった。沈殿を生じなかったものはどれか。表1中の番号で答えよ。PbS、NiS、MnSの溶解度積は表2のとおりである。

表1

番号	金属イオン	金属イオンの濃度 (mol/L)	硫化水素を通じた後のpH
1	Pb <sup>2+</sup>	$1 \times 10^{-2}$	2
2	Pb <sup>2+</sup>	$1 \times 10^{-4}$	2
3	Ni <sup>2+</sup>	$1 \times 10^{-2}$	2
4	Ni <sup>2+</sup>	$1 \times 10^{-4}$	4
5	Mn <sup>2+</sup>	$1 \times 10^{-2}$	4

ただし、硫化水素を通じても、水溶液の体積は変化しないものとする。水溶液中の硫化水素の濃度[H<sub>2</sub>S]は飽和濃度0.1 mol/Lで一定であり、硫化物イオンの濃度[S<sup>2-</sup>]はpHにより変化し、pH = 1のとき[S<sup>2-</sup>] =  $1 \times 10^{-20}$  mol/Lである。

表2

硫化物	25℃での溶解度積 (mol <sup>2</sup> /L <sup>2</sup> )
PbS	$3 \times 10^{-28}$
NiS	$4 \times 10^{-20}$
MnS	$3 \times 10^{-11}$

## 第Ⅱ問 (50点満点)

問題6と問題7については、1つまたは2つの正解がある。答案用紙の所定の枠の中に、正解の番号を記入せよ。問題8と問題10については、所定の枠の中に、0から9までの適当な数字を1枠に1つ記入せよ。問題9については、指示にしたがって所定の枠の中に適切な数値または式を記せ。

6 つぎの記述のうち、正しいものはどれか。

1. Na原子が電子1個を失って $\text{Na}^+$ になるとき、エネルギーが放出される。
2. Cl原子の電子親和力は、 $\text{Cl}^-$ から電子1個を取り去るのに必要なエネルギーと等しい。
3. 単原子イオン $\text{O}^{2-}$ 、 $\text{F}^-$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ のうち、最もイオン半径が大きいものは $\text{Mg}^{2+}$ である。
4. アルカリ金属の単体では、原子半径が大きいほど融点が高くなる。
5. 金属に特有の光沢は、自由電子の働きによるものである。
6. 水素、重水素、三重水素は互いに同素体である。

7 つぎのコロイド溶液に関する記述のうち、誤っているものはどれか。

1. コロイド粒子は可視光を散乱する。
2. 牛乳は水が分散媒のコロイドである。
3. 水酸化鉄(Ⅲ)のコロイドは疎水コロイドである。
4. 1分子で形成されるコロイド粒子がある。
5. 親水コロイドに大量の電解質を加えると、コロイド粒子が集まり沈殿する。
6. コロイド粒子のブラウン運動は、分散質どうしの衝突が原因で起こる。



8 つぎの式(1)で表される反応に関する記述を読み、下の問に答えよ。



この反応では、反応速度がXの濃度の2乗に比例する。このとき、反応時間 $t$ における反応物Xの濃度 $[X]$ は、反応速度定数を $k$ 、反応開始時のXの濃度を $[X]_0$ とすると、式(2)で表される。

$$\frac{1}{[X]} = kt + \frac{1}{[X]_0} \quad (2)$$

問 25.0℃で4.00 mol/LのXを反応させたところ、Xの濃度が半分になるまでの時間は $t_x$ [s]であった。また、65.0℃で $A$ [mol/L]のXを反応させたところ、Xの濃度が半分になるまでの時間は $0.150 t_x$ [s]となった。この反応では、温度が10.0℃上がるごとに反応速度定数が2.00倍になる。

$A$ はいくらか。解答は有効数字3桁目を四捨五入して、下の形式により示せ。

mol/L

9 つぎの式で表される気体の反応に関する実験1～2の記述を読み、下の問に答えよ。



実験1 容器に  $n$  [mol] の  $X_2$  と  $n$  [mol] の  $Y_2$  を入れたところ、 $XY$  が  $A$  [mol] 生成して平衡状態に達した。この状態を I とする。

実験2 状態 I から容器の温度と体積を一定に保ちながら  $B$  [mol] の  $XY$  を容器に加えたところ、新たな平衡状態に達した。この状態を II とする。

問 状態 II における  $XY$  の物質量を、 $A$ 、 $B$ 、 $n$  を用いて示せ。ただし、この反応に関与する気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

10 ある塩の溶解に関する実験 1～2を行った。下の問に答えよ。ただし、実験に用いた塩の溶解熱  $Q$  は温度および濃度に依存しない。また、この塩の溶解度は  $40.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  で  $70.0\text{ [g/水 } 100\text{ g]}$  であり、この実験の範囲内では溶液の温度が下がると  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  あたり  $2.00\text{ [g/水 } 100\text{ g]}$  ずつ減少するものとする。容器内の物質の比熱はすべて  $4.00\text{ J/(g}\cdot\text{K)}$  とする。

実験 1 断熱容器内に  $40.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  の水  $100\text{ g}$  と  $40.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  の塩  $100\text{ g}$  を入れて混合した。十分な時間が経過すると、溶液の温度が  $25.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  となった。この状態を A とする。

実験 2 状態 A に  $25.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  の水  $100\text{ g}$  を加えて混合し、十分な時間経過させた。この状態を B とする。

問 i 実験に用いた塩の溶解熱  $Q$  はいくらか。解答は有効数字 3 桁目を四捨五入して、下の形式により示せ。ただし、実験に用いた塩の式量は  $100$  とする。

$$Q = - \boxed{\quad\quad} \text{ kJ/mol}$$

問 ii 状態 B における溶液の温度はいくらか。解答は有効数字 3 桁目を四捨五入して、下の形式により示せ。

$$\boxed{\quad\quad} \text{ }^{\circ}\text{C}$$

### 第Ⅲ問 (50点満点)

問題 11, 問題 12 と問題 13 については, 1つまたは2つの正解がある。答案用紙の所定の枠の中に, 正解の番号を記入せよ。問題 14 と問題 15 の問 i については, 所定の枠の中に, 0 から 9 までの適当な数字を 1 枠に 1 つ記入せよ。問題 15 の問 ii については, 指示にしたがって所定の枠の中に適切な構造を記せ。

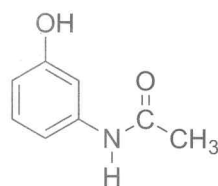
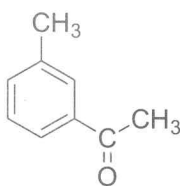
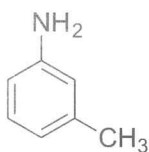
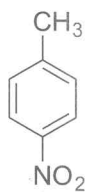
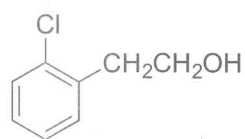
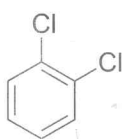
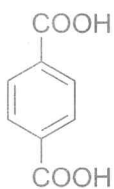
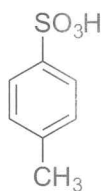
11 有機化合物 A~G に関するつぎの文を読み, 下の問に答えよ。

炭化カルシウムに水を反応させたところ, A が生成した。触媒を用いて A に水素を付加させたところ, B と C が得られた。B に水を付加させると D が得られた。一方, A に酢酸を付加させると E が生成し, E を加水分解すると F と G が得られた。また, F を酸化すると G が得られた。

問 つぎの記述のうち, 誤っているものはどれか。

1. 1 mol の炭化カルシウムに 2 mol の水を反応させると, 1 mol の A が生成する。
2. A を赤熱した鉄に接触させると, ベンゼンが生じる。
3. A から 1 mol の B と 1 mol の C を得るためには, 3 mol の水素が必要である。
4. 濃硫酸と D の混合物を 170 °C に熱すると, B が得られる。
5. D と G を縮合させると, F と同じ組成式をもつ化合物が得られる。
6. F を用いてヨードホルム反応を行った後, 酸性にすると G が得られる。

12 つぎの図に示す芳香族化合物に関する記述 1 ~ 5 のうち、正しいものはどれか。



1. 炭酸より強い酸は 1 つである。
2. 塩化水素と塩を形成するものは 1 つである。
3. ヨードホルム反応を示すものは 2 つである。
4. 銀鏡反応を示すものは 1 つである。
5. ベンゼン環に直接結合した水素原子 1 つを塩素原子に置換したときに、生じる化合物が 2 種類であるものは 3 つである。

13 分子式  $C_5H_{10}$  をもつアルケンに関するつぎの記述のうち、正しいものはどれか。

1. 考えられるアルケンは5種類である。
2. 幾何異性体の関係にあるアルケンは2組である。
3. メチル基を3つもつアルケンは2種類である。
4. 水素を付加させると、不斉炭素原子をもつ化合物になるアルケンは1種類である。
5. 臭素を付加させると、いずれのアルケンも不斉炭素原子をもつ化合物を与える。
6. 分子式  $C_5H_{12}$  をもつアルカンには、分子式  $C_5H_{10}$  をもつアルケンに水素を付加させても得られないものがある。

- 14 つぎの記述を読み、下の問に答えよ。ただし、各元素の原子量は、 $H = 1$ 、 $C = 12$ 、 $O = 16$  とする。

分子式  $C_3H_6O_3$  (分子量 90) で表される化合物 A は、ヒドロキシ基とカルボキシ基を 1 つずつもつ。化合物 A 180.00 g を縮合重合してエステル結合を形成したところ、化合物 A はすべて反応により消費され、環状化合物の混合物 14.40 g と、一方の末端にヒドロキシ基、もう一方の末端にカルボキシ基をもつ鎖状化合物の混合物 131.76 g が得られた。

- 問 i 環状化合物の生成に使われた化合物 A の物質量はいくらか。解答は小数点以下第 3 位を四捨五入して、下の形式により示せ。

0. 

--	--

 mol

- 問 ii 鎖状化合物は平均何個の化合物 A が縮合重合したものか。解答は小数点以下第 1 位を四捨五入して、下の形式により示せ。

--	--

 個

15 有機化合物 A~D に関するつぎの記述ア~エを読み、下の問に答えよ。ただし、各元素の原子量は、H = 1, C = 12, N = 14, O = 16 とする。

ア. A はエステル結合とアミド結合をもち、400 以下の分子量をもつ。28.3 mg の A を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 74.8 mg と水 15.3 mg および窒素酸化物のみが生成した。このうち、窒素酸化物をすべて単体の窒素まで還元したところ、1.40 mg の窒素が生成した。

イ. A を完全に加水分解すると、B, C, D が得られた。

ウ. B はタンパク質を構成する  $\alpha$ -アミノ酸の 1 つであり、不斉炭素原子をもつ天然の  $\alpha$ -アミノ酸の中で分子量が最も小さい。

エ. C と D は芳香族化合物であり、C を酸化すると D が生成した。

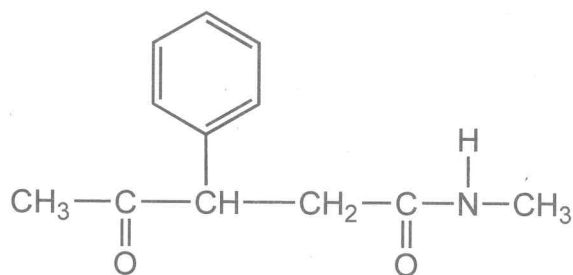
問 i 化合物 A の分子式を例にならって示せ。

(例)  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{OH}$  の分子式：



問 ii 化合物 A の構造式を例にならって示せ。ただし、光学異性体は考慮しなくてよい。

(例)





化学の問題は大きな3つのグループ、**第Ⅰ問**(問題1, 2, 3, 4, 5), **第Ⅱ問**(問題6, 7, 8, 9, 10), **第Ⅲ問**(問題11, 12, 13, 14, 15)から構成されている。

**注意Ⅰ** 問題1, 問題2, 問題5, 問題6, 問題7, 問題11, 問題12, 問題13については、1つまたは2つの正解がある。答案用紙の所定の枠の中に、正解の番号を記入せよ。

解答例： **1** 水はどんな元素からできているか。

1. 水素と窒素
2. 炭素と酸素
3. 水素と酸素
4. 窒素と酸素

1		1
	3	3
	または	

解答例： **2** 水を構成している元素は、つぎのうちどれか。

1. 水素
2. 炭素
3. 窒素
4. 酸素

2		2
1	4	4
	または	

**注意Ⅱ** 問題9, 問題15の**問ii**については、指示にしたがって答案用紙の所定の枠の中に適切な数値や式あるいは構造を記せ。

**注意Ⅲ** その他の問については、答案用紙の所定の枠の中に、0から9までの適当な数字を1枠に1つ記入せよ。

解答例： **5** ベンゼン分子は何個の炭素原子で構成されているか。

5	
0	6

解答例： **6** つぎの問に答えよ。

**問 i** 水分子には何個の水素原子が含まれているか。

**問 ii** 水分子には何個の酸素原子が含まれているか。

i	6	ii
2	個	1
	個	