

## 化学

## 「解答科目」記入方法

解答科目には「物理」，「化学」，「生物」がありますので，  
この中から2科目を選んで解答してください。選んだ2科目のうち，1科目を解答用紙の表面に解答し，もう1科目を裏面に解答してください。

「化学」を解答する場合は，右のように，解答用紙にある「解答科目」の「化学」を○で囲み，その下のマーク欄をマークしてください。

＜解答用紙記入例＞

解答科目 Subject		
物 理 Physics	化 学 Chemistry	生 物 Biology
○	●	○

科目が正しくマークされていないと，採点されません。

気体は，ことわりがない限り，理想気体 (ideal gas) として扱うものとする。

計算には次の数値を用いること。また，体積の単位リットル (liter) は L で表す。

標準状態 (standard state) :  $0^{\circ}\text{C}$  ,  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  (1 atm)

標準状態における理想気体のモル体積 (molar volume) :  $22.4 \text{ L/mol}$

気体定数 (gas constant) :  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

アボガドロ定数 (Avogadro constant) :  $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

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

原子量 (atomic weight) : H : 1.0    C : 12    N : 14    O : 16    Na : 23

この試験における元素 (element) の族 (group) と周期 (period) の関係は下の周期表 (periodic table) の通りである。ただし，H 以外の元素記号は省略してある。

族 \ 周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	
2																		
3																		
4																		
5																		

問 1 次の原子①～④のうち、中性子 (neutron) の数が最も多いものを、一つ選びなさい。

1

- ①  $^{19}\text{F}$       ②  $^{22}\text{Ne}$       ③  $^{23}\text{Na}$       ④  $^{25}\text{Mg}$

問 2 元素 **a**～**d** の原子は、次表に示す電子配置 (electron configuration) をもつ。**a**～**d** に関する下の記述①～⑤のうち、正しいものを一つ選びなさい。

2

原子	電子配置		
	K 殻 (K shell)	L 殻 (L shell)	M 殻 (M shell)
<b>a</b>	2	0	0
<b>b</b>	2	4	0
<b>c</b>	2	8	2
<b>d</b>	2	8	7

- ① **a** と **b** は周期表の同じ周期に属する。  
② **a** と **c** は周期表の異なる族に属する。  
③ **b** と **c** はどちらも金属元素 (metallic element) である。  
④ 化合物 **bd<sub>4</sub>** 中の **b** と **d** の間の結合 (bond) はイオン結合 (ionic bond) である。  
⑤ 化合物 **cd<sub>2</sub>** 中の **c** と **d** の間の結合は共有結合 (covalent bond) である。

問3 塩化セシウム  $\text{CsCl}$  の結晶 (crystal) は、立方体 (cube) の単位格子 (unit cell) からなる (図1)。単位格子中で、セシウムイオン  $\text{Cs}^+$  と塩化物イオン  $\text{Cl}^-$  が互いに接している断面  $\text{abcd}$  を図2に示す。

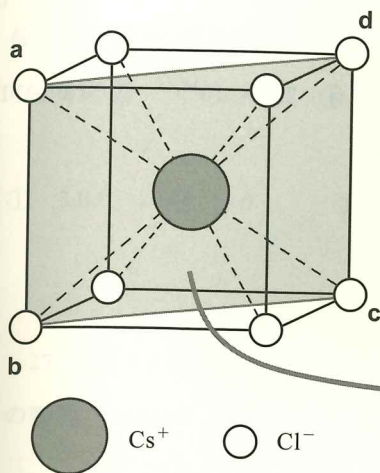


図1

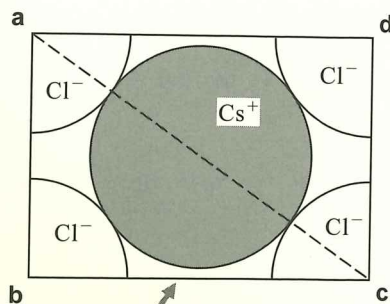


図2

$\text{Cs}^+$  のイオン半径 (ionic radius) を  $r$ ,  $\text{Cl}^-$  のイオン半径を  $R$  とするとき、この単位格子の一辺の長さを表す式として正しいものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

3

- ①  $r + R$                       ②  $\frac{\sqrt{2}(r+R)}{2}$                       ③  $\frac{\sqrt{3}(r+R)}{3}$
- ④  $2(r+R)$                       ⑤  $\sqrt{2}(r+R)$                       ⑥  $\frac{2\sqrt{3}(r+R)}{3}$

問4 大気に含まれる微量気体 (minor component gas) の濃度を分子数の比で表す単位に ppm (parts per million,  $1 \text{ ppm} = 1 \times 10^{-6}$ ) がある。現在の大気は 420 ppm の二酸化炭素  $\text{CO}_2$  を含む。1 mL の大気に含まれる  $\text{CO}_2$  分子は何個か。最も近い値を、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。ここで大気 1 mol の体積は 25 L とする。

4

- ①  $1.0 \times 10^{15}$     ②  $2.0 \times 10^{15}$     ③  $1.0 \times 10^{16}$     ④  $2.0 \times 10^{16}$     ⑤  $1.0 \times 10^{17}$

問5 炭酸水素ナトリウム  $\text{NaHCO}_3$  と炭酸ナトリウム十水和物  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  の混合物がある。この混合物を加熱したところ、分解 (decomposition) して二酸化炭素  $\text{CO}_2$  と水が発生し、炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  が得られた。このとき発生した  $\text{CO}_2$  は標準状態で 67.2 L であり、固体の質量 (mass) は 222 g 減少した。このとき発生した水は何 mol か。最も近い値を、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、水の体積は無視できるものとする。

**5** mol

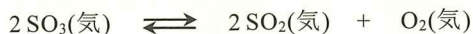
- ① 3.0      ② 4.0      ③ 5.0      ④ 6.0      ⑤ 7.0      ⑥ 8.0

問6 27 °C で 1.6 mol の窒素  $\text{N}_2$  を容器に入れ、圧力を  $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  とした。このとき窒素の密度 (density) は何 g/L か。最も近い値を、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。

**6** g/L

- ① 1.1      ② 2.2      ③ 3.3      ④ 4.4      ⑤ 5.5

問7 温度や容積を変えることのできる容器に三酸化硫黄  $\text{SO}_3$  の気体を入れ、じゅうぶんな時間が経過したところ、次の平衡状態 (equilibrium state) に達した。



この式の正反応 (forward reaction) は吸熱反応 (endothermic reaction) である。

次の操作①～⑤のうち、式の平衡 (equilibrium) を右に移動させるものを一つ選びなさい。ただし、アルゴン Ar は他の物質と反応しない。また、触媒 (catalyst) の体積は無視できるものとする。

7
---

- ① 温度を一定にして容積を減少させる。
- ② 全圧 (total pressure) を一定にして温度を低下させる。
- ③ 温度、全圧を一定にしてアルゴンを加える。
- ④ 温度、容積を一定にしてアルゴンを加える。
- ⑤ 温度、容積を一定にして触媒を加える。

問 8 集気びん (gas collecting bottle) に集めたアンモニア  $\text{NH}_3$  の量を求めるため、次の実験 **a**, **b** を行った。

- a** 集気びんに 0.100 mol/L 硫酸  $\text{H}_2\text{SO}_4$  aq を 50 mL 加えて、アンモニアを完全に吸収させた。
- b** 実験 **a** で得られた溶液の中から 10 mL を測り取り、0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液  $\text{NaOH}$  aq を滴下 (add dropwise) したところ、15.0 mL で中和点 (neutralization point) に達した。

集気びんに集めたアンモニアは何 mol か。最も近い値を、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

**8** mol

- ①  $1.25 \times 10^{-3}$     ②  $2.5 \times 10^{-3}$     ③  $5.0 \times 10^{-3}$   
④  $1.25 \times 10^{-2}$     ⑤  $2.5 \times 10^{-2}$     ⑥  $5.0 \times 10^{-2}$

問 9 次の文中の空欄 **a**～**c** に適する数値と単語の組み合わせとして正しいものを，下表の

①～⑧の中から一つ選びなさい。

9

硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$  の水溶液と二酸化硫黄  $\text{SO}_2$  の水溶液を反応させると沈殿 (precipitate) ができる。この反応で硫化水素の中の硫黄原子  $\text{S}$  の酸化数 (oxidation number) は，**a** から **b** へと変化する。このとき，二酸化硫黄は **c** として はたらく。

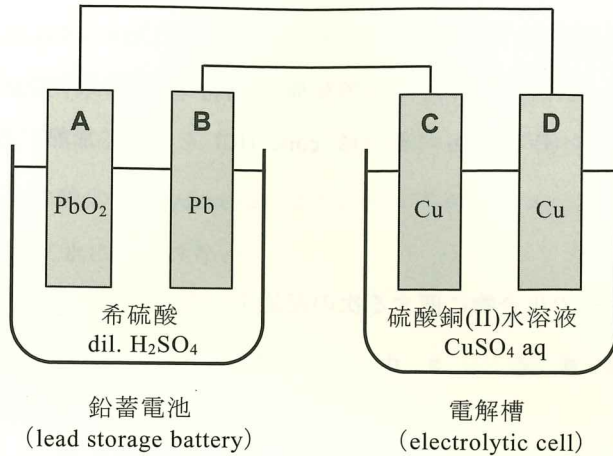
	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
①	-2	0	酸化剤
②	+2	0	酸化剤
③	0	+2	酸化剤
④	0	-2	酸化剤
⑤	-2	0	還元剤
⑥	+2	0	還元剤
⑦	0	+2	還元剤
⑧	0	-2	還元剤

注) 酸化剤 (oxidizing agent) , 還元剤 (reducing agent)



問 10 次の図のように、鉛蓄電池 (lead storage battery) を使い、硫酸銅(II)水溶液  $\text{CuSO}_4 \text{ aq}$  を電気分解 (electrolysis) した。この実験に関する下の記述①～⑥のうち、正しいものを一つ選びなさい。

10



- ① 電極 (electrode) **A** の質量 (mass) は減少した。
- ② 電極 **B** の質量は減少した。
- ③ 鉛蓄電池の硫酸  $\text{H}_2\text{SO}_4$  の濃度は増加した。
- ④ 電極 **C** の質量は増加した。
- ⑤ 電極 **D** の質量は変化しなかった。
- ⑥ 電解槽の硫酸銅(II)の濃度は減少した。

問 11 次の記述①～④のうち、塩化水素  $\text{HCl}$  が酸化剤 (oxidizing agent) としてはたらい  
ているものを、一つ選びなさい。

11

- ① 亜鉛  $\text{Zn}$  に希塩酸  $\text{dil. HCl}$  を加えると気体が発生する。
- ② 硫化鉄(II)  $\text{FeS}$  に希塩酸を加えると気体が発生する。
- ③ 炭酸カルシウム  $\text{CaCO}_3$  に希塩酸を加えると気体が発生する。
- ④ 酸化マンガン(IV)  $\text{MnO}_2$  に濃塩酸  $\text{conc. HCl}$  を加えて加熱すると気体が発生する。

問 12 窒素  $\text{N}$  とその化合物に関する次の記述①～⑤のうち、誤っているものを一つ選  
びなさい。

12

- ① 窒素  $\text{N}_2$  は、工業的には液体空気の分留 (fractional distillation) で得られる。
- ② アンモニア  $\text{NH}_3$  は、工業的には窒素と水素  $\text{H}_2$  から作られる。
- ③ アンモニアの水溶液の pH は、二酸化窒素  $\text{NO}_2$  の水溶液の pH よりも小さい。
- ④ 二酸化窒素の  $\text{N}$  原子の酸化数 (oxidation number) は、硝酸  $\text{HNO}_3$  の  $\text{N}$  原子の酸化数よりも小さい。
- ⑤ 銅  $\text{Cu}$  に濃硝酸  $\text{conc. HNO}_3$  を加えると、二酸化窒素が発生する。

問 13 アルミニウム Al と鉄 Fe に関する次の記述 a～d の中には、正しいものが二つある。

その組み合わせを、下の①～⑥の中から一つ選びなさい。

13

- a アルミニウムも鉄も、希塩酸  $\text{dil. HCl}$  に溶けて水素  $\text{H}_2$  が発生する。
- b アルミニウムも鉄も、水酸化ナトリウム水溶液  $\text{NaOH aq}$  に溶けて水素が発生する。
- c アルミニウムも鉄も、濃硝酸  $\text{conc. HNO}_3$  には不動態 (passive state) をつくるため溶けにくい。
- d アルミニウムの水酸化物 (hydroxide) はアンモニア水  $\text{NH}_3 \text{aq}$  に溶けるが、鉄の水酸化物はアンモニア水には溶けない。

- ① a, b      ② a, c      ③ a, d      ④ b, c      ⑤ b, d      ⑥ c, d

問 14 金属イオン (metal ion)  $\text{M}^{2+}$  を含む塩  $\text{M}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  がある。この塩の水溶液は酸性 (acidic) を示した。この水溶液に硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$  の気体を通じても沈殿 (precipitate) は生じなかった。続けて、この水溶液に少量のアンモニア水  $\text{NH}_3 \text{aq}$  を加えたところ、黒色の沈殿が生じた。

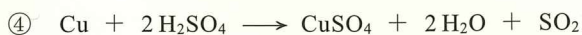
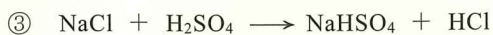
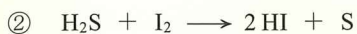
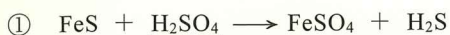
$\text{M}^{2+}$  として最も適当なものを、次の①～⑦の中から一つ選びなさい。

14

- ①  $\text{Mg}^{2+}$       ②  $\text{Ca}^{2+}$       ③  $\text{Ba}^{2+}$       ④  $\text{Cu}^{2+}$   
 ⑤  $\text{Fe}^{2+}$       ⑥  $\text{Zn}^{2+}$       ⑦  $\text{Pb}^{2+}$

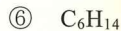
問 15 次の化学反応 (chemical reaction) ①～④において、下線をつけた硫黄 S を含む物質が酸化剤 (oxidizing agent) としてはたらいっているものはどれか。正しいものを一つ選びなさい。

15



問 16 ある炭化水素 (hydrocarbon) 0.36 g を完全燃焼 (complete combustion) させたところ二酸化炭素  $\text{CO}_2$  1.10 g が得られた。この炭化水素の実験式 (empirical formula) にあてはまる化合物を、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

16



問 17 次の記述 **a**～**c** は、アセトアルデヒド (acetaldehyde), エタノール (ethanol), ジエチルエーテル (diethyl ether) のいずれかにあてまはる。**a**～**c** にあてはまる物質の組み合わせとして正しいものを、下表の①～⑥の中から一つ選びなさい。

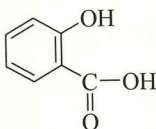
17

- a** 金属ナトリウム (sodium metal) を加えると気体が発生する。  
**b** フェーリング液 (Fehling's solution) を還元 (reduction) する。  
**c** ヨードホルム反応 (iodoform reaction) を示さない。

	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
①	アセトアルデヒド	エタノール	ジエチルエーテル
②	アセトアルデヒド	ジエチルエーテル	エタノール
③	エタノール	アセトアルデヒド	ジエチルエーテル
④	エタノール	ジエチルエーテル	アセトアルデヒド
⑤	ジエチルエーテル	エタノール	アセトアルデヒド
⑥	ジエチルエーテル	アセトアルデヒド	エタノール

問 18 サリチル酸 (salicylic acid) に関する下の記述①～⑤のうち、誤っているものを一つ 選びなさい。

18



サリチル酸

- ① 加水分解 (hydrolysis) される。
- ② 銀鏡反応 (silver mirror test) を示さない。
- ③ ヨードホルム反応 (iodoform reaction) を示さない。
- ④ 塩化鉄(III)水溶液  $\text{FeCl}_3 \text{ aq}$  を加えると呈色 (coloring) する。
- ⑤ 炭酸水素ナトリウム水溶液  $\text{NaHCO}_3 \text{ aq}$  を加えると気体が発生する。

問 19 次の分子式 (molecular formula) で表される化合物 **a**～**d** のうち、異性体 (isomer) の数が等しいものが二つある。その組み合わせとして正しいものを、下の①～⑥の中から一つ選びなさい。

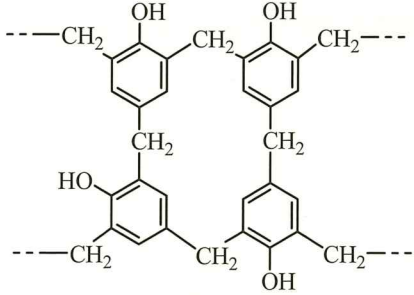
19

**a**  $\text{C}_4\text{H}_{10}$       **b**  $\text{C}_4\text{H}_8$       **c**  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$       **d**  $\text{C}_3\text{H}_5\text{Cl}$

- ① **a, b**      ② **a, c**      ③ **a, d**      ④ **b, c**      ⑤ **b, d**      ⑥ **c, d**

問 20 次表に示す高分子 (polymer) の分子構造 (molecular structure) とその用途または性質の組み合わせとして 誤っているもの を、①～⑤の中から一つ選びなさい。

20

	分子構造	用途または性質
①	$\left[ \begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ -\text{C} & -\text{C}- \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right]_n$	包装材料に使用される。
②	$\left[ \begin{array}{c} \text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}-\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{N} \\    \quad \quad    \quad \quad   \quad \quad   \\ \text{O} \quad \quad \text{O} \quad \quad \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array} \right]_n$	衣料品に使用される。
③	$\left[ \begin{array}{c} \text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}-\text{O}-(\text{CH}_2)_2-\text{O} \\    \quad \quad    \\ \text{O} \quad \quad \text{O} \end{array} \right]_n$	飲料 (beverage) の容器に利用される。
④	$\left[ \begin{array}{cc} \text{CH}_2 & \text{CH}_2 \\   &   \\ \text{C} & =\text{C} \\   &   \\ \text{CH}_3 & \text{H} \end{array} \right]_n$	天然繊維 (natural fiber) として衣料品に使用される。
⑤		燃えにくく、電気絶縁体 (electrical insulator) として使用される。

化学の問題はこれで終わりです。解答欄の **21** ～ **75** はマークしないでください。  
解答用紙の科目欄に「化学」が正しくマークしてあるか、もう一度確かめてください。

この問題冊子を持ち帰ることはできません。