

## 理 科

理科は **物理** **化学** **生物** のうち 2 科目を選択受験のこと。

**物理** …… 1 頁 **化学** …… 15 頁 **生物** …… 27 頁

問題 **I** はマークシート方式, **II** は記述式である。

**I** の解答はマークシートに, **II** の解答は解答用紙に記入すること。

## 〔注 意 事 項〕

1. 監督者の指示があるまでは, この問題冊子を開かないこと。
2. マークシートは, コンピュータで処理するので, 折り曲げたり汚したりしないこと。
3. マークシートに, 氏名・受験番号を記入し, 科目選択・受験番号をマークする。  
マークがない場合や誤って記入した場合の答案は無効となる。

受験番号のマーク例(13015の場合)

| 受 験 番 号 |    |    |    |    |
|---------|----|----|----|----|
| 1       | 3  | 0  | 1  | 5  |
| 万位      | 千位 | 百位 | 十位 | 一位 |
| ○       | ○  | ●  | ○  | ○  |
| ●       | ①  | ①  | ●  | ①  |
| ②       | ②  | ②  | ②  | ②  |
| ③       | ●  | ③  | ③  | ③  |
| ④       | ④  | ④  | ④  | ④  |
| ⑤       | ⑤  | ⑤  | ⑤  | ●  |
| ⑥       | ⑥  | ⑥  | ⑥  | ⑥  |
| ⑦       | ⑦  | ⑦  | ⑦  | ⑦  |
| ⑧       | ⑧  | ⑧  | ⑧  | ⑧  |
| ⑨       | ⑨  | ⑨  | ⑨  | ⑨  |

4. マークシートにマークするときは, HB または B の黒鉛筆を用いること。誤ってマークした場合には, 消しゴムで丁寧に消し, 消し<sup>ていない</sup>くずを完全に<sup>ていない</sup>取り除いたうえで, 新たにマークし直すこと。
5. 下記の例に従い, 正しくマークすること。

(例えば c と答えたいとき)

正しいマーク例

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| ○ | ○ | ● | ○ | ○ | ○ |
|---|---|---|---|---|---|

誤ったマーク例

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

○をする  
Vをする  
完全にマークしない  
枠からはみ出す

6. 各科目とも基本的に正解は一つであるが, 科目によっては二つ以上解答を求めている場合があるので設問をよく読み解答すること。
7. 解答は所定の位置に記入すること。

# 化 学

必要なら次の値を用いなさい。原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, S = 32, Cl = 35, Cu = 64, アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ , 気体定数  $R$ ： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ 。すべての気体は理想気体として扱うものとする。なお、 $1 \text{ hPa} = 1 \times 10^2 \text{ Pa}$  である。

**I** 以下の問題(第1問から第3問)の答えをマークシートに記しなさい。

第1問 次の各問いに答えなさい。〔解答番号  ~  〕

問1 次の記述のうち、正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 塩化ナトリウムの結晶では、 $\text{Na}^+$  は6個の  $\text{Cl}^-$  に囲まれているが、 $\text{Cl}^-$  はイオン半径が大きいので4個の  $\text{Na}^+$  に囲まれている。
- ② 酸化カルシウムの結晶は、水酸化カルシウムの結晶と同様にイオン結合で出来ている。
- ③ ダイヤモンドは、炭素原子間の強い水素結合で出来た正四面体構造を持つ結晶で、硬くて電気伝導性がない。
- ④ ナфтаレンの結晶は無極性で分子間力が強く、常温では昇華しない。
- ⑤ 金属は展性や延性を持っていて、融点はすべて  $500 \text{ }^\circ\text{C}$  以上である。
- ⑥ 金属結晶に電圧をかけると、金属イオンが陰極に、電子が陽極に移動するので電気を良く導く。

問 2 硫酸銅(Ⅱ)の水に対する溶解度(g/100 g 水)は 30℃で 25、60℃で 40 である。次の問い(a)、(b)に答えなさい。

(a) 60℃での飽和硫酸銅(Ⅱ)水溶液 210 g を 30℃に冷却したら、硫酸銅(Ⅱ)五水和物の結晶が析出した。析出した硫酸銅(Ⅱ)五水和物は何 g か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。  g

- ① 19                                      ② 25                                      ③ 33  
④ 36                                      ⑤ 41                                      ⑥ 52

(b) 30℃で結晶が析出しないようにするためには、初めの飽和水溶液に何 g の水を加えておけばよいか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。  g

- ① 13                                      ② 30                                      ③ 40  
④ 60                                      ⑤ 80                                      ⑥ 90

問 3 0℃に保たれている容積可変の容器がある。この容器に 1 L で 660 hPa になるように、気体 X が封入してある。ここに液体 Y を少量入れ、温度を 0℃に保ちながら体積が半分になるまで気体を圧縮したところ、圧力は 1200 hPa を示した。次に圧力が 600 hPa になるまで膨張させた。この時、液体 Y に溶解している気体の体積は 0℃、1000 hPa で何 mL になるか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、気体 X の溶解度はヘンリーの法則に従うものとする。また、液体 Y は揮発せず、体積を無視してかまわない。  mL

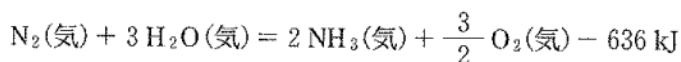
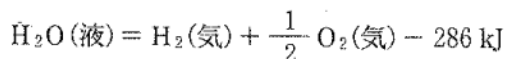
- ① 10                                      ② 20                                      ③ 30  
④ 40                                      ⑤ 50                                      ⑥ 60

問 4 酸素と窒素の物質量の比が 1 : 9 の混合気体を、密閉容器中で炭素と反応させた。反応後、酸素はすべて消費されて一酸化炭素と二酸化炭素が生成した。反応後の容器の圧力は反応前と比べて同温で 5 % 増加していた。生成した一酸化炭素と二酸化炭素の分圧の比 ( $P_{CO} : P_{CO_2}$ ) はいくらか。正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。 5

- ① 1 : 2                      ② 1 : 3                      ③ 2 : 3  
 ④ 2 : 1                      ⑤ 3 : 1                      ⑥ 3 : 2

問 5 窒素と水素からアンモニアが合成される。次の問い(a), (b)に答えなさい。

(a) 窒素と水素からアンモニアが生じるときの生成熱 [kJ/mol] はいくつになるか。次の熱化学方程式を用いて求め、正しい値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 6 kJ/mol

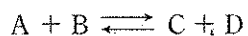


- ① - 434                      ② - 150                      ③ 23  
 ④ 45                      ⑤ 90                      ⑥ 138

(b) 窒素分子の結合エネルギーを 945 kJ/mol、水素分子の結合エネルギーを 436 kJ/mol とすると、アンモニア分子の N—H 結合の結合エネルギー [kJ/mol] はいくつになるか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 7 kJ/mol

- ① 174                      ② 368                      ③ 383  
 ④ 391                      ⑤ 405                      ⑥ 1172

問 6 一定容積の容器に物質 A と物質 B を 1 mol ずつ入れ反応させると以下のような平衡に達した。



この時の平衡定数が 4 であるならば、平衡に達した時に生成される C の物質量はいくつになるか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

mol

①  $\frac{1}{4}$

②  $\frac{1}{3}$

③  $\frac{1}{2}$

④  $\frac{2}{3}$

⑤ 1

⑥ 2

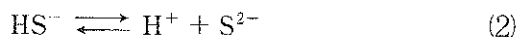
第2問 難溶性の塩 AB の飽和溶液では、溶けている陽イオン  $A^+$  のモル濃度  $[A^+]$  と陰イオン  $B^-$  のモル濃度  $[B^-]$  の積(溶解度積:  $K_{sp}$ )が一定温度では一定に保たれ、溶液中の  $[A^+]$  と  $[B^-]$  の積が溶解度積を超えると沈殿が生じる。以下の各問いに答えなさい。ただし、水に対する難溶性の塩の溶解度積は表1に示す値を用いなさい。また、温度は常に  $25^\circ\text{C}$  であり、必要なら水のイオン積 ( $25^\circ\text{C}$ ) は  $1.0 \times 10^{-14}(\text{mol/L})^2$  とし、 $\log 2 = 0.30$ ,  $\log 3 = 0.48$  を用いなさい。

[解答番号  ~  ]

表1

| 塩                         | 溶解度積 ( $25^\circ\text{C}$ )           |
|---------------------------|---------------------------------------|
| FeS                       | $4.0 \times 10^{-19}(\text{mol/L})^2$ |
| AgCl                      | $1.0 \times 10^{-10}(\text{mol/L})^2$ |
| $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ | $4.0 \times 10^{-12}(\text{mol/L})^3$ |

問1 硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$ (気体)の水溶液は多くの陽イオンと難溶性の塩を形成する。 $\text{H}_2\text{S}$  の飽和水溶液でのモル濃度は  $0.10 \text{ mol/L}$  であり、次の式(1), (2)のように2段階で電離する。



反応(1), (2)の電離定数を  $K_1$ ,  $K_2$  とし、 $K_1 = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ ,  $K_2 = 1.0 \times 10^{-15} \text{ mol/L}$  とする。 $\text{H}_2\text{S}$  の飽和水溶液の pH はいくつか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。

① 2.0

② 3.0

③ 3.4

④ 4.0

⑤ 4.6

⑥ 5.0

問 2 純水に  $\text{H}_2\text{S}$  を飽和させたときの  $\text{S}^{2-}$  のモル濃度と比べ、 $0.010 \text{ mol/L}$  の塩酸へ  $\text{H}_2\text{S}$  を飽和させたときの  $\text{S}^{2-}$  のモル濃度は何倍となるか。最も近い値を①～⑧の中から一つ選びなさい。ただし、塩酸へ飽和させたときの  $\text{H}_2\text{S}$  のモル濃度は純水の時と同じとし、塩酸は完全に電離するものとする。  倍

- ①  $1.0 \times 10^{-2}$     ②  $1.0 \times 10^{-3}$     ③  $1.0 \times 10^{-4}$     ④  $1.0 \times 10^{-5}$   
 ⑤  $1.0 \times 10^2$     ⑥  $1.0 \times 10^3$     ⑦  $1.0 \times 10^4$     ⑧  $1.0 \times 10^5$

問 3  $0.10 \text{ mol/L}$  の硫酸鉄(Ⅱ)の水溶液がある。この水溶液から  $\text{Fe}^{2+}$  を  $\text{FeS}$  として沈殿させるために、 $\text{H}_2\text{S}$  を水溶液に通しながら、その pH を少しずつ変化させた。水溶液中の  $\text{Fe}^{2+}$  の 98.4% が沈殿したときの pH はいくつか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、水溶液の体積に変化はないものとする。

- ① 1.6                      ② 2.6                      ③ 3.0  
 ④ 3.7                      ⑤ 4.3                      ⑥ 4.6

問 4 クロム酸銀 ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ) の飽和水溶液のモル濃度はいくつか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。  mol/L

- ①  $\sqrt[3]{4} \times 10^{-4}$             ②  $1 \times 10^{-4}$             ③  $1 \times 10^{-6}$   
 ④  $\sqrt{2} \times 10^{-6}$             ⑤  $2 \times 10^{-6}$             ⑥  $4 \times 10^{-12}$

問 5 1 L 中に  $1.0 \times 10^{-1}$  mol の塩化物イオン ( $\text{Cl}^-$ ) と  $1.0 \times 10^{-4}$  mol のクロム酸イオン ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) を含む水溶液がある。これに銀イオン ( $\text{Ag}^+$ ) を加えていくと、ある時点でクロム酸銀の沈殿が生じ始める。次の問い(a), (b)に答えなさい。ただし、 $\text{Ag}^+$ を加えることによる水溶液の体積に変化はないものとする。

(a) クロム酸銀の沈殿が生じ始めるのは、 $\text{Ag}^+$ のモル濃度がいくつになったときか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。

mol/L

- ①  $1 \times 10^{-8}$                       ②  $2 \times 10^{-8}$                       ③  $4 \times 10^{-8}$   
 ④  $2 \times 10^{-6}$                       ⑤  $\sqrt[3]{4} \times 10^{-4}$                       ⑥  $2 \times 10^{-4}$

(b) このときに水溶液に存在する  $\text{Cl}^-$  の濃度は  $\text{Ag}^+$  を加える前の何%か。

最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。  %

- ①  $5 \times 10^{-7}$                       ②  $5 \times 10^{-6}$                       ③  $5 \times 10^{-4}$   
 ④  $\frac{1}{\sqrt[3]{4}} \times 10^{-3}$                       ⑤  $5 \times 10^{-2}$                       ⑥  $2.5 \times 10^{-1}$



第3問 炭素、水素、酸素からなる未知な有機化合物 X と Y に関して以下の各問いに答えなさい。〔解答番号  ~  〕

問 1 次の問い(a)~(d)に答えなさい。

以下のような方法で物質を燃焼させ、その元素分析を行った。

652 mg の化合物 X と  を管に入れ、乾燥した酸素を流入しながら完全燃焼させた。管の出口には  を充填した U 字管と  を充填した U 字管をこの順番でつないであり、それぞれの U 字管の実験前後の重さを測定したところ、 を充填した U 字管は 252 mg 増加、 を充填した U 字管は 1584 mg 増加した。同様の実験を 410 mg の化合物 Y についても行ったところ、 を充填した U 字管は  mg 増加、 を充填した U 字管は 990 mg 増加した。

また、化合物 X に触媒存在下で水素を作用させると、X と同じ物質質量の水素が付加し、Y と同じ分子式となることも判明した。

(a) 元素分析を正しく行うためには、文中の  ~  にどのような物質名を入れ、文章を完成させればよいか。最もふさわしいものを①~⑧の中から一つずつ選びなさい。ただし、同じ番号を何度使用してもかまわない。

| A                              | B                              | C                              |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="text" value="1"/> | <input type="text" value="2"/> | <input type="text" value="3"/> |

- |              |           |
|--------------|-----------|
| ① ソーダ石灰      | ② 塩化カルシウム |
| ③ セッコウ       | ④ 炭酸カルシウム |
| ⑤ 塩化ナトリウム    | ⑥ 硝酸カリウム  |
| ⑦ 硫酸銅(Ⅱ)五水和物 | ⑧ 酸化銅(Ⅱ)  |

(b) 文中の D にあてはまる数字はいくつになるか。正しいものを、

①~⑥の中から一つ選びなさい。 4 mg

- ① 150                      ② 180                      ③ 210  
④ 240                      ⑤ 270                      ⑥ 300

(c) 化合物 Y の組成式はどれか。正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。 5

- ①  $C_3H_5O$                       ②  $C_6H_{11}O_2$                       ③  $C_9H_8O_3$   
④  $C_{12}H_8O_3$                       ⑤  $C_{15}H_{10}O_3$                       ⑥  $C_{18}H_7O_6$

(d) 化合物 X の分子式はどれか。正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。 6

- ①  $C_{12}H_{20}O_4$                       ②  $C_{15}H_{23}O_5$                       ③  $C_{18}H_{14}O_6$   
④  $C_{21}H_{33}O_7$                       ⑤  $C_{24}H_{14}O_6$                       ⑥  $C_{27}H_{22}O_9$

問 2 次の問い(a)~(c)に答えなさい。

化合物 X に水素を付加させたものと化合物 Y の各々に水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めて加水分解した後、それぞれの反応液を酸性にすると X に水素を付加させたものからは化合物 E, F, G, H が、Y からは I, J, K が生成した。

化合物 E は、ベンゼン環に一つ炭化水素基が置換した化合物を過マンガン酸カリウム水溶液を用いて反応させた後、硫酸を加えると得られる化合物と同一である。化合物 G と I は、ヒドロキシ基とカルボキシ基を共に持ち、G は芳香族化合物で、塩化鉄(III)水溶液を加えると呈色し、I は不斉炭素原子を一つ持っていた。化合物 F と J は縮合重合しポリエチレンテレフタレートになった。化合物 K は芳香族化合物でヒドロキシ基を持つが、塩化鉄(III)水溶液を加えても呈色しなかった。化合物 H は還元性を示さなかった。

(a) もし化合物 H の還元性に関する情報がなかったなら、化合物 G として考えられるものは異性体を含めいくつあるか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 1                      ② 3                      ③ 7  
④ 9                      ⑤ 13                      ⑥ 16

(b) 化合物 K の分子量はいくつか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 60                      ② 62                      ③ 90  
④ 108                      ⑤ 122                      ⑥ 138

(c) 化合物 Y の構造として考えられるものは光学異性体も含めいくつあるか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 1                      ② 2                      ③ 3  
④ 4                      ⑤ 5                      ⑥ 6

II 次の各問いの答えを解答用紙に記しなさい。

問 1 出力端子が 3 つある直流電源がある。この 3 つの出力端子のうち 2 つは正極または負極であり、残りの一つはどこにもつながっていない。電源のふたを開けず、また電圧計などの計測器を使わずに、ヨウ化カリウムを使って電源の正極、負極を判定できる実験方法を示しなさい。

答えは

(a) 実験方法(60 字以内)

(b) 出力端子(正極)の判定法(20 字以内)、および判定の根拠となる  
主な反応式

(c) 出力端子(負極)の判定法(20 字以内)、および判定の根拠となる  
主な反応式

に分けて簡潔に記述しなさい。

実験室には純水とヨウ化カリウムの他に以下のような試薬が用意されている。実験器具は何を使っても良い。

【試薬】

水酸化ナトリウム、硫酸、酢酸、炭酸ナトリウム、硫酸ナトリウム、  
エタノール、グルコース、セルロース、デンプン

問 2 硫酸ナトリウムが混入している食塩水から、なるべく純粋な食塩結晶を得る方法を図に示した。図中の【操作 1】、【操作 2】、および【操作 3】を各 40 字以内で記述しなさい。また、各操作での反応式と【操作 1】、および【操作 2】で生成した沈殿の化学式を記しなさい。【操作 1】または【操作 2】で純粋な食塩が得られる場合には、それ以降の解答欄に×印を記しなさい。

実験室には純水の他に以下のような試薬が用意されている。実験器具は何を使っても良い。

【試薬】

水酸化ナトリウム、炭酸ナトリウム、塩酸、硫酸、硝酸銀、  
塩化バリウム、塩化アンモニウム、硝酸ナトリウム

