

2019年度

理 科 問 題

(物理・化学・生物・地学)

注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
 - 2 問題冊子は「物理」2～7ページ、「化学」8～19ページ、「生物」20～29ページ、「地学」30～35ページである。解答用紙は、「物理」3枚、「化学」5枚、「生物」4枚、「地学」3枚である。脱落のあった場合には申し出ること。なお、解答用紙は上部で接着してあるので、はがさずに解答すること。
 - 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ氏名、受験学部、受験番号（最後のページは、左右2か所）を忘れずに記入すること。
 - 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
 - 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
 - 6 解答用紙の裏面は計算等に使用してもよいが、採点はしない。
 - 7 **理学部の受験者は、次により解答すること。** なお、第2・3志望がある場合、志望する学科についても確認すること。
 - (1) **数学科・生物学科・地球学科・理科選択**を志望する者は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから2科目を選択し、解答すること。
 - (2) **物理学科**を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」と、その他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - (3) **化学科**を志望する者（第3志望までを含む）は、「化学」と、その他に「物理」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - 8 **工学部の受験者は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。**
 - 9 **医学部医学科の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択し、解答すること。**
 - 10 **生活科学部食品栄養科学科の受験者は、「化学」・「生物」のうちから1科目を選択し、解答すること。**
 - 11 机上に各自の「受験票」と「大学入試センター試験受験票」を出しておくこと。
 - 12 問題冊子および選択しない科目の解答用紙は持ち帰ること。
- ※ 本冊子の理科科目は以下を表す。
- | | |
|------------|------------|
| 物理：物理基礎・物理 | 化学：化学基礎・化学 |
| 生物：生物基礎・生物 | 地学：地学基礎・地学 |

(空 白)

化 学

第1問～第3問において、必要であれば次の原子量を用いよ。

C = 12, O = 16

第 1 問 (33点)

次の問1と問2に答えよ。

問1 次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

結晶は、構成粒子が規則正しく配列してできた固体である。結晶は、構成粒子の種類や粒子間の結合の違いにより、以下のA～Dの4つに大別される。

Aは、非金属元素の原子を構成粒子とし、多数の原子どうしが 結合で結ばれているため、融点が高く非常にかたい。

Bは、電気伝導性に優れ、展性や延性を示す。Bのおもな結晶構造には、体心立方格子、面心立方格子、六方最密構造があり、配位数はそれぞれ , 12, 12である。

Cは、構成するイオン間の 力で結びついてできた結晶である。Cの格子エネルギーは、結晶を構成するそれぞれ1 molの陽イオンと陰イオンをばらばらにして気体状態にするのに必要なエネルギーである。格子エネルギーが大きいほど、結晶の融点は高い。

Dは、分子間力により分子が規則正しく配列してできた結晶である。分子間力には、分子間にはたらく弱い引力である 力や、電気陰性度の大きな原子と水素原子の間で生じる水素結合などがある。Dには、軟らかくてもろいものが多い。

(1) 文章中の ～ に当てはまる最も適切な語句、または数字を記せ。

(2) 結晶と異なり、ガラスのように構成粒子の配列が不規則で周期性をもたない固体物質を何というか、記せ。

(3) A～Dの中で、一種類の元素のみで構成される結晶が存在するものをすべて選び、記号で記せ。

(4) ある金属の結晶は、立方格子の最密構造である。この結晶の密度が 2.8 g/cm^3 、単位格子の一辺の長さが $4.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$ であるとき、(i)～(iii)の問いに答えよ。必要であれば、次の値を用いよ。

アボガドロ定数 $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$, $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$

(i) 単位格子中に含まれる金属原子の数を答えよ。

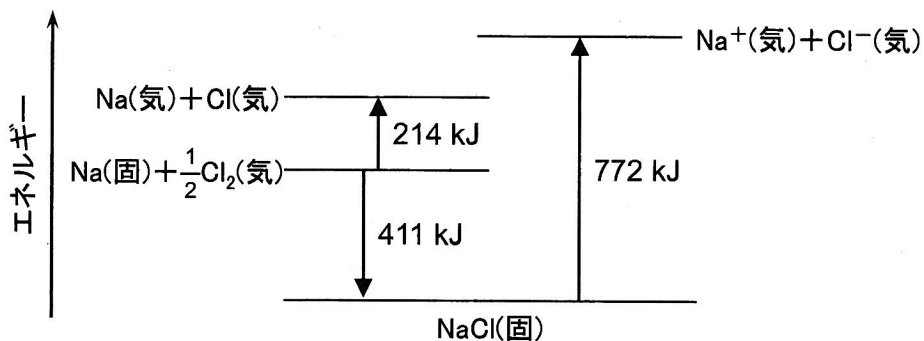
(ii) この原子の原子半径は何 cm であるか、有効数字2桁で答えよ。

(iii) この原子の原子量を求め、有効数字2桁で答えよ。

(5) 下の図に、塩化ナトリウム(固)に関するエネルギー図の概略を示す。Na(固)の昇華熱は 92 kJ/mol 、Cl(気)の電子親和力は 349 kJ/mol である。次の(i)と(ii)に示すエネルギーの値を求めよ。

(i) Cl_2 (気)の結合エネルギー

(ii) Na(気)のイオン化エネルギー



問2 次の(1)と(2)の問いに答えよ。

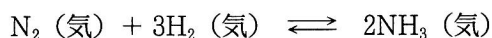
(1) 次の文章を読み、(i)～(iii)の問いに答えよ。

水に対する気体の溶解度は、気体の圧力が一定の場合、温度が高くなるほど なる。これは、高温になるほど、水に溶けている気体分子の熱運動が激しくなるためである。また、温度が一定の場合、気体の圧力が なるほど、気体の溶解度は大きくなる。塩化水素やアンモニアは水と反応して電離するため、水によく溶ける。アンモニアはアンモニウム塩と強塩基をともに熱することで発生するが、工業的にアンモニアを合成するときは、 法が用いられる。

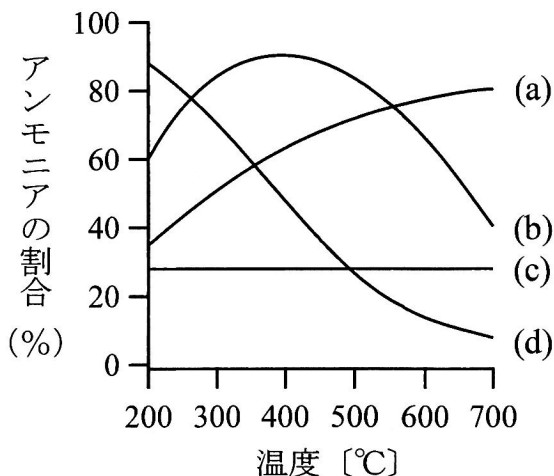
(i) ～ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

(ii) 下線部①について、塩酸とアンモニア水を用いて中和滴定を行うと、中和点において水溶液は何性を示すか記せ。また、その原因となる加水分解反応をイオン反応式で記せ。

(iii) 下線部②について、アンモニアは窒素と水素から合成され、その化学反応式は次のように表される。



この反応の正反応は発熱反応である。N₂とその3倍の物質量のH₂を混合し、圧力一定のもと、温度を変化させて平衡状態にした。このとき、それぞれの温度におけるNH₃の割合(物質量の百分率)を表す曲線または直線を図中の(a)～(d)から一つ選び、記号で答えよ。



- (2) 次の文章を読み、(i)～(iv)の問いに有効数字2桁で答えよ。必要であれば次の値を用いよ。気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

容量 20 L の真空容器に水 10 L と気体の二酸化炭素 33 g を入れ、容器を密閉した。温度を 300 K に保って放置したところ、二酸化炭素の一部が水に溶け、容器内の圧力が x [Pa] で一定になった。二酸化炭素の圧力と溶解量の間にはヘンリーの法則が成り立ち、300 K において圧力が $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の二酸化炭素は、水 1 L に $3.5 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 溶ける。気体の二酸化炭素は理想気体として振る舞うものとし、水の蒸発と体積変化は無視する。また、水に溶けた二酸化炭素は化学変化しないものとする。

(i) 容器内に存在するすべての二酸化炭素の物質量を求めよ。

(ii) 容器内に気体として存在する二酸化炭素の物質量は、 $\times x$ [mol] となる。
 に当てはまる数値を記せ。

(iii) 水に溶けた二酸化炭素の物質量は、 $\times x$ [mol] となる。 に当てはまる数値を記せ。

(iv) 容器内の圧力 x [Pa] を求めよ。

化 学

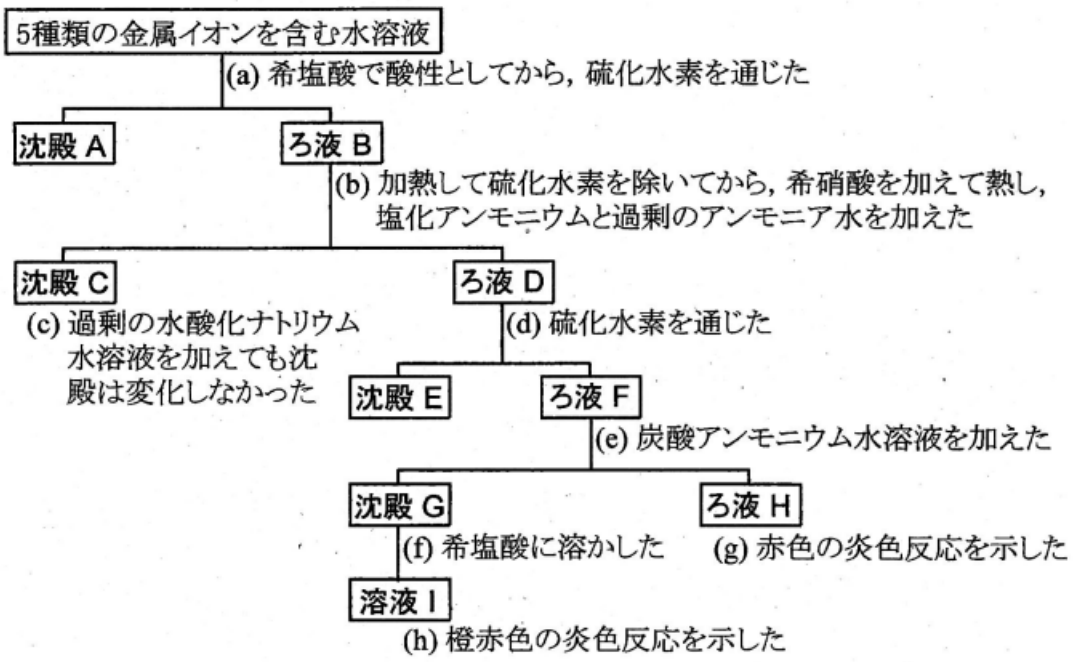
第 2 問 (34点)

次の問 1 と問 2 に答えよ。

問 1 金属イオン Li^+ , Na^+ , Al^{3+} , Ca^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ag^+ , Ba^{2+} のうち、いずれか 5 種類の金属イオンを含む硝酸塩の混合水溶液を調製した。この水溶液に対して実験操作 (a) ~ (h) を行い、それぞれの金属イオンを分離した。右のページのフローチャートも参照し、(1) ~ (4) の問いに答えよ。ただし、各ろ過操作で分離したろ液には、それまでの操作で沈殿した金属イオンは含まれていないものとする。

実験操作

- 5 種類すべての金属イオンを含む水溶液に希塩酸を加え酸性とした。その溶液に硫化水素を通じると沈殿が生じたので、ろ過をして、沈殿 A とろ液 B に分離した。
- ろ液 B を加熱して硫化水素を除いた。その後、① 希硝酸を加え、熱してから、塩化アンモニウムと過剰のアンモニア水を加えた。 沈殿が生じたので、ろ過をして、沈殿 C とろ液 D に分離した。
- 沈殿 C に過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えても沈殿は変化しなかった。
- ろ液 D に硫化水素を通じると沈殿が生じたので、ろ過をして、沈殿 E とろ液 F に分離した。
- ろ液 F に炭酸アンモニウム水溶液を加えると沈殿が生じたので、ろ過をして、沈殿 G とろ液 H に分離した。
- 沈殿 G に希塩酸を加えると気体を発生しながら溶け、溶液 I が得られた。
- ろ液 H は赤色の炎色反応を示した。
- 溶液 I は橙赤色の炎色反応とうせきしよくを示した。



(1) 沈殿 A, C, E, G は何か, それぞれ化学式で記せ. また, それぞれの沈殿の色として最も適当なものを次の選択肢から1つずつ選べ. 同じものを何度用いてもよい.

- 選択肢 赤褐色 白色 黒色 濃青色 黄色

(2) 次の文章の ア と イ に当てはまるイオン式と, ウ と エ に当てはまる最も適当な語句をそれぞれ記せ.

実験操作 (a) で, 5種類の金属イオンのうち ア が硫化水素により イ に ウ される. イ は実験操作 (b) の下線部①の操作により エ され ア に戻る.

(3) 次の文章の オ と カ に当てはまる最も適当な化学式と語句を選択肢 (あ) ~ (こ) からそれぞれ選び, 記号で記せ.

沈殿 C に塩酸を加えて溶かし, pH 1 の酸性溶液とした. この溶液に オ の水溶液を加えると, カ 色になった.

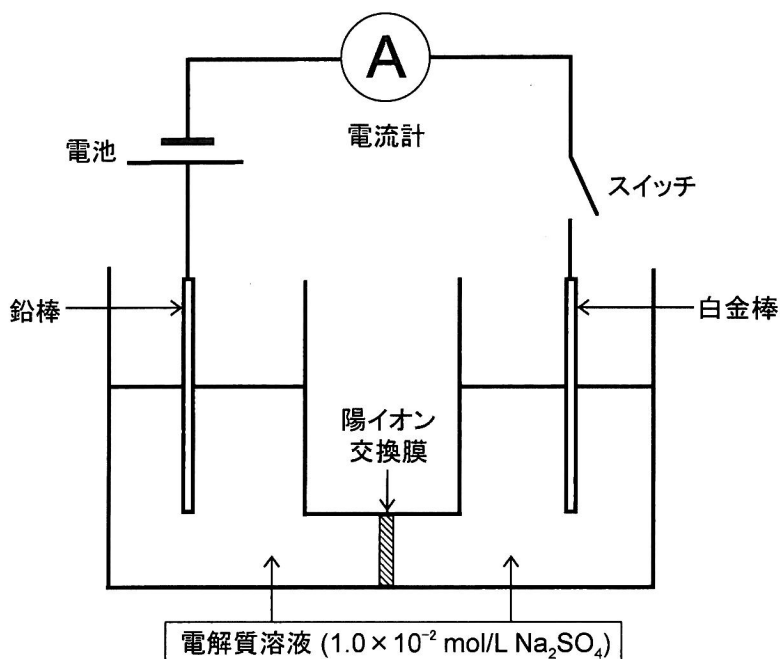
- 選択肢 (あ) KCl (い) Na₂SO₄ (う) KSCN (え) H₂S
(お) 濃青 (か) 血赤 (き) 白 (く) 緑 (け) 黒 (こ) 無

(4) ろ液 H に含まれる金属イオンは何か, イオン式で記せ.

問2 次の文章を読み、(1)と(2)の問いに答えよ。必要であれば次の値を用いよ。

ファラデー定数 $F = 9.6 \times 10^4 \text{ C/mol}$ ，水のイオン積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$

鉛と白金を電極に用いた下の図のような装置で電気分解を行った。電解質溶液には、濃度 $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の硫酸ナトリウム Na_2SO_4 水溶液を用いた。陰極側溶液と陽極側溶液は、陽イオン交換膜で仕切られている。膜を隔てた陰極側溶液と陽極側溶液の間は、ナトリウムイオンのみが移動できるものとする。各電極側の溶液量はともに $1.0 \times 10^{-1} \text{ L}$ であり、溶液は均一になるように常にかきまぜた。電解質溶液の温度は 298 K に保った。装置のスイッチを入れて電気分解を開始すると、電流計は $1.0 \times 10^{-3} \text{ A}$ の一定値を示した。



(1) 電気分解を続けると、陽極側溶液で白色固体が析出しはじめた。(i)と(ii)の問いに答えよ。

(i) 白色固体の生成を電子 e^- を含む反応式で記せ。

(ii) 白色固体の飽和水溶液の濃度は、298 K で 1.5×10^{-4} mol/L であった。陽極側溶液で白色固体が析出し始めたのは、電気分解開始から何秒後か。有効数字 2 桁で答えよ。また、その導出過程を記せ。なお、電流値から求められる電気量は、陽極側では、すべて白色固体の生成に関係する反応に使われたものとする。

(2) 陰極側溶液では、電気分解開始と同時に電極表面より気体が発生した。電気分解開始から 96 秒後、陰極側溶液から 1.0×10^{-2} L を取り出し、水を加えて 1.0 L に希釈した。

(i)～(iii)の問いに答えよ。なお、電流値から求められる電気量は、陰極側溶液では、すべて気体発生に関係する反応に使われたものとする。電気分解開始前の陰極側溶液の pH は 7.0 であった。必要であれば、次の値を用いよ。 $\sqrt{5} = 2.23$

(i) 下線部の反応を電子 e^- を含む反応式で記せ。

(ii) 希釈した水溶液において、水の電離によって生成した水素イオンの濃度を c [mol/L] とすると、希釈した水溶液中の水酸化物イオン濃度は、

$c + \boxed{\text{ア}}$ [mol/L] である。

また、水のイオン積 K_w を用いると、希釈した水溶液中の水酸化物イオン濃度は、

$\frac{K_w}{\boxed{\text{イ}}}$ [mol/L] である。

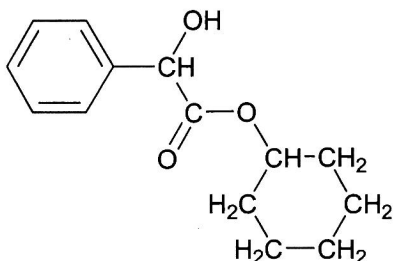
$\boxed{\text{ア}}$ と $\boxed{\text{イ}}$ にあてはまる適当な数値または数式を記せ。

(iii) 希釈した水溶液中の水素イオン濃度 [mol/L] を有効数字 2 桁で答えよ。また、その導出過程を記せ。

化 学

第 3 問 (33点)

次の問 1 と問 2 に答えよ。ただし、構造式は下の例にならって記せ。



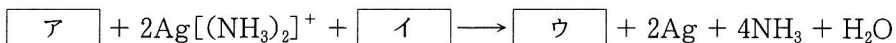
問 1 次の (1)～(4) の問いに答えよ。

(1) 化合物 X (分子式 $C_3H_6O_2$) を飽和炭酸水素ナトリウム水溶液に滴下したところ、二酸化炭素が発生した。 このことから化合物 X がカルボン酸であることがわかった。X の構造式と、下線部の反応をあらわす化学反応式を記せ。 また、二酸化炭素が発生した理由を 20 字以内で説明せよ。

(2) 化合物 Y (分子式 $C_3H_6O_2$) を希塩酸中で加熱すると、加水分解されて、アルコール A と化合物 B が得られた。B はホルムアルデヒドを酸化しても得られる。また、B を濃硫酸とともに加熱すると、一酸化炭素と水が生じる。B をアンモニア性硝酸銀溶液に加えて穏やかに加熱すると、銀イオン Ag^+ が還元されて金属銀が析出した。 次の (i) と (ii) の問いに答えよ。

(i) Y の構造式を記せ。

(ii) 下線部の反応をあらわす次のイオン反応式について、 ア ～ ウ に当てはまる化学式を記せ。



(3) アルコール C を試験管にとり、表面が黒くなるまで加熱した銅線を液面近くまで入れて上下させたところ、銅線表面の色が変化し、ホルムアルデヒドが生成した。 下線部の反応をあらわす化学反応式を記せ。

(4) アルコール D とテレフタル酸の脱水縮合でつくられる合成樹脂はペットボトルの材料として用いられている。また、D は不凍液としても用いられている。D を二クロム酸カリウムで完全に酸化すると、ジカルボン酸 E が得られた。硫酸で酸性にした過マンガン酸カリウム水溶液に E を加えると、過マンガン酸イオンの赤紫色が消えて、淡赤色の溶液になった。 アルコール D の構造式を書き、下線部の反応をあらわす化学反応式を記せ。

問2 次の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。

硫酸水銀(Ⅱ) HgSO_4 を触媒としてプロピンに水を付加させると、主生成物として **ア** が得られる。アセチレンを赤熱した鉄に接触させると **イ** 分子が重合し、ベンゼンが生じる。ベンゼンを濃硝酸と濃硫酸の混酸と反応させると、ニトロベンゼンが生じる。ニトロベンゼンに鉄と濃塩酸を加えてニトロ基を還元するとアニリン塩酸塩が生じる。① アニリン塩酸塩の水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、油状のアニリンが遊離する。水で冷やししながら、 アニリンの希塩酸溶液に亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、塩化ベンゼンジアゾニウムが生じる。② 塩化ベンゼンジアゾニウムの水溶液を温めると、 **ウ** と塩化水素を発生してフェノールを生じる。フェノールは、工業的にはクメン法で製造され、このとき **ア** も生じる。塩化ベンゼンジアゾニウムの水溶液に、フェノールを溶かした水酸化ナトリウムの水溶液を加えると、橙赤色の *p*-ヒドロキシアゾベンゼン (*p*-フェニルアゾフェノール) を生じる。

- (1) **ア** と **ウ** に当てはまる化合物の名称をそれぞれ答えよ。
- (2) **イ** に当てはまる数字を記せ。
- (3) **ア** に当てはまる化合物にはいくつかの異性体が考えられる。そのうち、環状構造をもつ異性体の構造式をすべて記せ。なお、光学異性体が存在する場合は区別しなくてよい。
- (4) 下線部①の反応を化学反応式で記せ。
- (5) 下線部②の反応を化学反応式で記せ。
- (6) *p*-ヒドロキシアゾベンゼン (*p*-フェニルアゾフェノール) の構造式を記せ。

(空 白)

