入 学 試 験 問 題

前

化学

（学習用配点 150 点）

2027 年度 東北大学・非公式予想問題

物理と併せて 150 分　前期日程対策　全　3　問

注 意 事 項

1 開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

2 問題冊子は 7 ページ、全 3 問である。印刷の欠落や不鮮明な箇所がないか確認すること。

3 解答には、黒鉛筆または黒色シャープペンシルを用いること。

4 解答用紙の指定欄に受験番号と氏名を記入すること。指定欄以外へ識別情報を書かないこと。

5 解答は、解答用紙の指定された欄に記すこと。設問ごとの字数や語数の条件を守ること。

6 解答欄には設問と関係のない文章・記号・符号を書かないこと。計算・論証の必要な設問は途中の過程も示すこと。

7 この問題冊子の余白は下書きに用いてよい。冊子のページを切り離さないこと。

8 問題冊子と解答用紙を照合し、解答すべき大問と小問の取り違えがないようにすること。

9 理科 2 科目 150 分（薬学部・工学部は物理・化学を指定）のうち化学 1 科目分の演習用。1 科目だけで演習するときは 75 分を目安とする。配点は学習用の独自配点で、大学の学部別配点とは異なる。

10 本冊子は非公式の独自予想問題である。大学の公式試験問題ではなく、配点と採点基準は学習用の独自設計である。

第　1　問

（50 点）

計算のために必要な場合には、次の数値を使用せよ。

原子量　H = 1.0　C = 12.0　O = 16.0　Na = 23.0　Al = 27.0　S = 32.0　Cl = 35.5

ファラデー定数　$9.65 \times 10^4\,\mathrm{C/mol}$　　$\log_{10} 2 = 0.30$

次の文章〔I〕と〔II〕を読み、問 1 から問 7 に答えよ。

〔I〕　塩素には、相対質量 35.0 の $^{35}\mathrm{Cl}$ と相対質量 37.0 の $^{37}\mathrm{Cl}$ の 2 種類の安定同位体があり、塩素の原子量は 35.5 である。塩化ナトリウム NaCl の結晶は、図 1 の単位格子（1 辺の長さ a）をもつ。$a = 5.64 \times 10^{-8}\,\mathrm{cm}$、結晶の密度は $2.16\,\mathrm{g/cm^3}$ である。また、炭素の放射性同位体 $^{14}\mathrm{C}$ の半減期は 5730 年である。

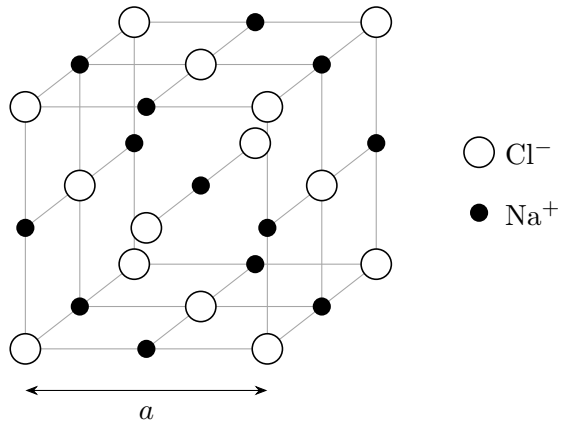


図 1

問 1　自然界の塩素における $^{35}\mathrm{Cl}$ の存在比〔%〕を求め、その数値を有効数字 3 桁で書け。

問 2　塩素分子 $\mathrm{Cl_2}$ には、質量数の和が 70、72、74 の 3 種類がある。これらの存在比を、最も簡単な整数比で書け。

問 3　図 1 の結晶について、次の (1) から (3) に答えよ。

(1) 1 個の $\mathrm{Na^+}$ に最も近い位置にある $\mathrm{Cl^-}$ の数を整数で書け。

(2) 単位格子に含まれる $\mathrm{Na^+}$ の数を整数で書け。

(3) アボガドロ定数〔/mol〕を求め、その数値を有効数字 3 桁で書け。

問 4　ある木片に含まれる ^{14}C の割合は、生きている木の $\frac{1}{8}$ であった。この木が伐採されてから経過した年数を求め、その数値を有効数字 2 桁で書け。ただし、生きている木の ^{14}C の割合は一定であったとする。

〔II〕　硫化水素 H_2S は水溶液中で次のように 2 段階に電離する。

$$H_2S \rightleftarrows H^+ + HS^- \quad K_1 = 1.0 \times 10^{-7}\,\mathrm{mol/L} \qquad HS^- \rightleftarrows H^+ + S^{2-} \quad K_2 = 1.0 \times 10^{-14}\,\mathrm{mol/L}$$

以下では、水溶液に H_2S を通じて飽和させたとき、$[H_2S] = 0.10\,\mathrm{mol/L}$ で一定とし、水溶液の pH は強酸を加えて調節され、H_2S を通じても変化しないものとする。[A] は物質 A のモル濃度〔mol/L〕を表す。CuS と ZnS の溶解度積は、それぞれ $6.0 \times 10^{-30}\,(\mathrm{mol/L})^2$、$1.0 \times 10^{-18}\,(\mathrm{mol/L})^2$ とする。

問 5　$[S^{2-}]$ を K_1、K_2、$[H^+]$、$[H_2S]$ を用いて表せ。

問 6　pH 1.0 の水溶液に H_2S を通じて飽和させたときの $[S^{2-}]$〔mol/L〕を求め、その数値を有効数字 2 桁で書け。

問 7　Cu^{2+} と Zn^{2+} をそれぞれ $1.0 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol/L}$ 含む pH 1.0 の水溶液に、H_2S を通じて飽和させた。

(1) 生じる沈殿として正しいものを、次の (a) から (d) の中から 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

(a) CuS のみ　(b) ZnS のみ　(c) CuS と ZnS　(d) 沈殿は生じない

(2) 沈殿が生じたあとの水溶液に残る $[Cu^{2+}]$〔mol/L〕を求め、その数値を有効数字 2 桁で書け。

(3) この水溶液の pH を少しずつ大きくしていくと、ZnS が沈殿し始める。そのときの pH を求め、その数値を小数第 1 位まで書け。ただし、$[Zn^{2+}]$ は $1.0 \times 10^{-2}\,\mathrm{mol/L}$ のままとする。

第　2　問

（50 点）

計算のために必要な場合には、次の数値を使用せよ。

原子量　H = 1.0　C = 12.0　O = 16.0　Na = 23.0　Al = 27.0　S = 32.0　Cl = 35.5

ファラデー定数　9.65×10^4 C/mol　　$\log_{10} 2 = 0.30$

次の文章〔I〕から〔III〕を読み、問 1 から問 9 に答えよ。

〔I〕　硫黄は 16 族の元素で、単体にはいくつかの同素体がある。硫黄の化合物のうち、二酸化硫黄 SO_2 は硫黄を燃焼させると得られ、工業的には酸化バナジウム (V) を触媒として三酸化硫黄 SO_3 に変えたのち、濃硫酸に吸収させて硫酸を製造する。この方法を接触法という。

問 1　硫黄とその化合物に関する次の (a) から (e) の記述の中から、正しいものをすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。

(a) 斜方硫黄、単斜硫黄、ゴム状硫黄は互いに同素体である。

(b) 二酸化硫黄は、どのような相手に対しても還元剤としてのみはたらく。

(c) 濃硫酸は不揮発性で、吸湿性をもつ。

(d) 希硫酸に銅を加えると、水素が発生する。

(e) 硫化水素は無色で腐卵臭をもつ有毒な気体である。

問 2　二酸化硫黄を硫化水素水に通じると、溶液が白濁した。この反応を、イオンを含まない化学反応式で書け。

問 3　硫黄 32.0 kg がすべて硫酸に変わったとすると、質量パーセント濃度 98.0 % の濃硫酸は何 kg 得られるか。その数値を有効数字 3 桁で書け。

〔II〕　アルミニウムは、ボーキサイトから得た酸化アルミニウム Al_2O_3 を、融解した氷晶石に溶かし、炭素電極を用いて電気分解（溶融塩電解）することで製造される。アルミニウムは濃硝酸には溶けない。

問 4　陰極で起こる反応を、電子を含むイオン反応式で書け。また、陽極で発生する気体を 2 つ、化学式で書け。

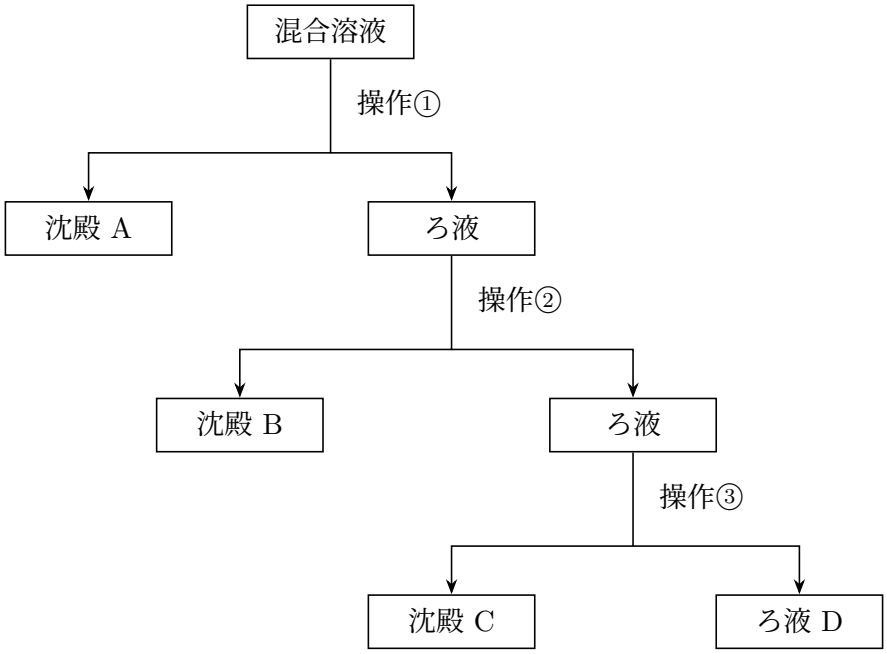
問 5　1.00×10^4 A の電流で 9650 秒間電気分解したとき、陰極で得られるアルミニウムの質量〔kg〕を求め、その数値を有効数字 3 桁で書け。ただし、流れた電流はすべてアルミニウムの析出に使われたものとする。

問 6　次の (1) と (2) に答えよ。

(1) 氷晶石を用いる理由を、20 字程度で書け。

(2) アルミニウムが濃硝酸に溶けないのは、表面に緻密な酸化被膜ができるためである。この状態を何というか。その名称を書け。

〔III〕　4 つの金属イオン（Ag^{+}、Fe^{3+}、Cu^{2+}、Zn^{2+}）を含む混合溶液（水溶液）に、次の操作①から③を行い、各金属イオンを分離した。



操作①　希塩酸を加える。

操作②　ろ液に、過剰量のアンモニア水を加える。このときろ液は深青色になった。

操作③　ろ液に希塩酸を加えて酸性にしたのち、硫化水素を通じる。

問 7　沈殿 A から C の化学式を、それぞれ書け。

問 8　操作②のろ液が深青色を示す原因となった錯イオンのイオン式と、その立体的な形の名称を書け。

問 9　ろ液 D に含まれる金属イオンを、次の (a) から (d) の中から 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

(a) Ag^{+}　　(b) Fe^{3+}　　(c) Cu^{2+}　　(d) Zn^{2+}

第　3　問

（50 点）

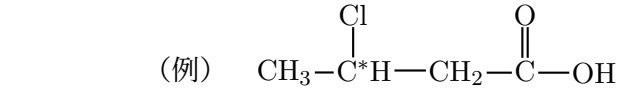
計算のために必要な場合には、次の数値を使用せよ。

原子量　H = 1.0　C = 12.0　O = 16.0　Na = 23.0　Al = 27.0　S = 32.0　Cl = 35.5

ファラデー定数　$9.65 \times 10^4\,\mathrm{C/mol}$　　$\log_{10} 2 = 0.30$

分子量 200 以下の化合物 A がある。以下の実験 1 から実験 6 に関する記述を読み、問 1 から問 8 に答えよ。構造式や不斉炭素原子の表示（∗）を求められた場合には、下記の例にならって書け。なお、問 4 を除き、立体異性体は区別しない。

（例）



実験 1　化合物 A 8.90 mg を完全に燃焼させたところ、二酸化炭素 24.2 mg と水 6.30 mg のみが得られた。

実験 2　化合物 A を水酸化ナトリウム水溶液とともに加熱して完全に加水分解したのち、反応液に希塩酸を加えて酸性にしたところ、芳香族化合物 B と化合物 C が得られた。化合物 B は、トルエンを過マンガン酸カリウムで酸化しても得られた。

実験 3　化合物 B と化合物 C の混合物をジエチルエーテルに溶かし、炭酸水素ナトリウム水溶液を加えて振り混ぜたところ、気体が発生し、化合物 B は水層に移った。

実験 4　化合物 C にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したところ、黄色の沈殿が生じた。化合物 C は不斉炭素原子をもっていた。

実験 5　化合物 C を二クロム酸カリウムの硫酸酸性水溶液で酸化したところ、化合物 E が得られた。化合物 E は銀鏡反応を示さなかった。

実験 6　化合物 C を濃硫酸とともに加熱したところ、分子内で脱水が起こり、分子式 C_4H_8 のアルケンの混合物 D が得られた。

問 1　化合物 A の分子式を書け。

問 2　化合物 C の構造式を書け。不斉炭素原子には∗印をつけよ。

問 3　化合物 E の構造式を書け。

問 4　混合物 D に含まれる可能性のあるアルケンの構造式をすべて書け。ただし、シス-トランス異性体は区別して書くこと。

問5　化合物 A の構造式を書け。不斉炭素原子には＊印をつけよ。

問6　化合物 B と分子式 $C_4H_{10}O$ のアルコールから得られるエステルは、化合物 A を含めて何種類あるか。構造異性体の数を整数で書け。

問7　実験3で化合物 B が水層に移った反応を、イオンを含まない化学反応式で書け。有機化合物は示性式で示すこと。

問8　実験4で生じた黄色の沈殿の化学式を書け。