

平成 30 年度入学者選抜学力検査問題

〈前期日程〉

理 科

(医学部 医学科)

科 目	頁 数
物 理 基 礎・物 理	2 頁 ~ 8 頁
化 学 基 礎・化 学	10 頁 ~ 14 頁
生 物 基 礎・生 物	16 頁 ~ 23 頁



注 意 事 項 I

この冊子には物理、化学、生物の問題がのっている。そこから 2 科目を選択し、解答すること。

注 意 事 項 II

- 1 試験開始の合図があるまでこの問題冊子を開いてはいけない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を解答用紙に記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

化学基礎・化学

必要があれば、次の原子量を用いて計算せよ。

H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.1, Cl = 35.5, Ca = 40.1

I 次の文章を読み、以下の問1～問10に答えよ。

純水のような純溶媒を図1の試験管Iに入れて、かき混ぜながら一定の速度で冷却し溶媒の温度変化を記録すると、図2の冷却曲線Aのような冷却曲線が得られる。その冷却曲線から純溶媒の凝固点を求めることができる。また、同じ溶媒に不揮発性の溶質を溶解し、同様にかき混ぜながら冷却して溶液の温度変化を記録すると、今度は図2の冷却曲線Bのような冷却曲線が得られる。この場合もその冷却曲線から溶液の凝固点を求めることができる。溶液の凝固点は、純溶媒よりも低くなることが知られている。この現象を凝固点降下という。凝固点降下度は、溶質の (あ) に比例する。また、水のモル凝固点降下度は $1.85(\text{K}\cdot\text{kg}/\text{mol})$ と求められている。

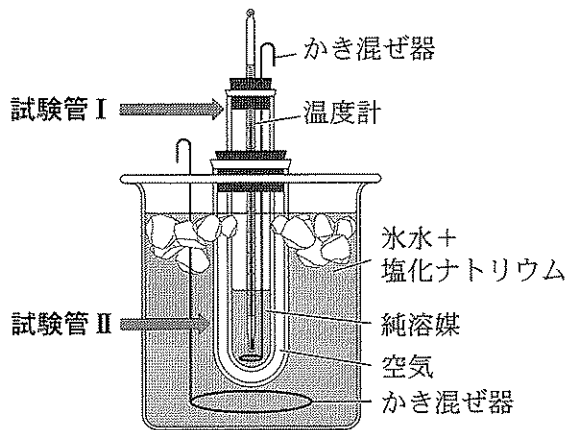


図1 凝固点測定装置の概略

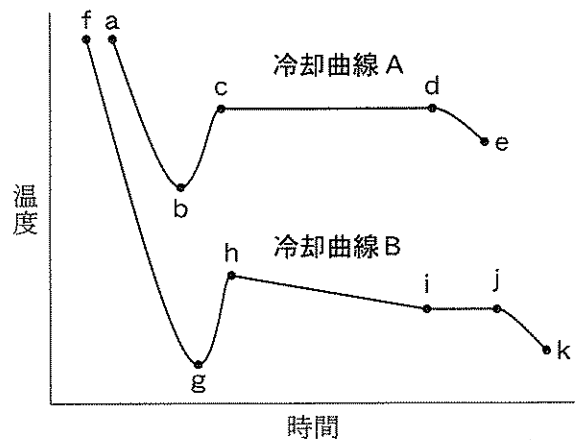


図2 冷却曲線

問1 文章中の空欄 (あ) に当てはまる語を答えよ。

問2 冷却曲線Aのa点からb点にかけて凝固点を過ぎても相変化を起こさず温度が低下する現象を何と呼ぶか答えよ。

問3 冷却曲線Aの各2点間a-b, b-c, c-dおよびd-eにおいて、それぞれにあてはまる状態を、次の(ア)液体のみ、(イ)液体と固体の混在、(ウ)個体のみ、の3つの状態のうちから1つずつ選び、記号ア～ウで答えよ。

- 問 4 図 1 の試験管 I と試験管 II の間にある空気の役割について 50 字以内で説明せよ。
- 問 5 冷却曲線 B の h 点から i 点にかけて温度が徐々に下降する理由を 50 字以内で説明せよ。
- 問 6 冷却曲線 B の i 点から j 点にかけて温度が一定となる理由を 100 字以内で説明せよ。
- 問 7 冷却曲線 A と冷却曲線 B における各凝固点を、図 2 の図中に点線などの補助線を用いて導きそれぞれ×印を付して、純溶媒から溶液への凝固点降下度の範囲を両矢印線(⇕)で示せ。なお、線や印などは手書きでよい。
- 問 8 塩化ナトリウム 1.0 g を 100 g の水に溶かした溶液の凝固点(°C)を有効数字 2 桁で求めよ。また、求める計算過程も記すこと。ただし、塩化ナトリウムの電離度は 1.0 とする。
- 問 9 塩化カルシウム 1.0 g を水 100 g に溶解した溶液の凝固点は、 $-0.436\text{ }^{\circ}\text{C}$ であった。このときの塩化カルシウムの電離度を有効数字 2 桁で求めよ。また、求める計算過程も記すこと。ただし、塩化カルシウムは、次の式(1)に従って電離するものとする。
- $$\text{CaCl}_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^- \quad \dots\dots(1)$$
- 問10 塩化カルシウム 2.0 g を水 500 g に溶解した溶液全量を、 $-0.400\text{ }^{\circ}\text{C}$ まで冷却したときに生じる氷の質量 g を有効数字 2 桁で求めよ。また、求める計算過程も記すこと。ただし、塩化カルシウムの電離度は、濃度および温度により変化しないものと仮定し、問 9 で求めた値を使用できるものとする。

II

次の文章を読み、以下の問1～問9に答えよ。

現代の私たちの生活にとって欠かせない携帯電話、パソコンおよび液晶テレビなどの電化製品には、多くの金属が使用されている。近年は、これらの電化製品からリチウムなどの希少金属はもとより、金、銀、銅といった貴金属を回収して、再資源化する技術の開発が進められている。その一環として、これらの製品中の金属を酸処理などで金属イオンとして可溶化し、種々の沈殿操作を行って各種金属を分離・回収する方法がある。

そこで、8種類の金属イオン(Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Fe^{3+} , Ag^+ , Ba^{2+} , Al^{3+} , Li^+)を含む混合水溶液 I から、それぞれの金属イオンを分離・回収する実験を計画し、以下の【操作1】～【操作6】を行った。ただし、ここでは混合水溶液 I に最初から含まれている陰イオンの影響はないものとする。

【操作1】 混合水溶液 I に希塩酸を加えて生じた沈殿 A と沈殿 B をろ過して、沈殿とろ液①に分離した。このろ紙上の沈殿に熱湯を注いで沈殿 B を溶かし出して除き、沈殿 A を回収した。また、その熱湯溶出液にクロム酸カリウム水溶液を加えて生じた沈殿 C をろ過して回収した。

【操作2】 ろ液①に硫化水素を通じて生じた沈殿 D をろ過して回収し、ろ液②と分離した。

【操作3】 ろ液②に、次の一連の操作 I ～操作 III を行った。

操作 I :
 操作 II :
 操作 III :

その結果生じた水酸化物からなる沈殿 E と沈殿 F をろ過して、沈殿とろ液③に分離した。このろ紙上の沈殿に、水酸化ナトリウム水溶液を注いで沈殿 F を溶かし出して除き、沈殿 E を回収した。^(a)

【操作4】 ろ液③に硫化水素を再度通じて生じた沈殿 G をろ過して回収し、ろ液④と分離した。

【操作5】 ろ液④に希硫酸を加えて生じた沈殿 H をろ過して回収し、ろ液⑤と分離した。

【操作6】 ろ液⑤に残存している金属イオンを、次の操作 IV で確認した。

操作 IV :

問 1 文章中の沈殿 A～沈殿 H にあてはまる物質の化学式および色をそれぞれ記せ。

問 2 【操作1】で回収した沈殿 A は、試薬、熱、電気を使うことなく該当する金属へと還元することができる。その方法を説明せよ。

問 3 沈殿 A の金属イオンからなる硝酸塩は、水に可溶である。その硝酸塩水溶液を試験管に取りアンモニア水を加えると、はじめは褐色の沈殿を生じるが、さらに過剰にアンモニア水を加えると、沈殿が消失する。また、さらに飽和脂肪酸 X を加えて加熱すると、試験管の内面に金属が析出する。下線部(1)および下線部(2)で起きる各化学反応と、飽和脂肪酸 X にあてはまる物質の名称および構造式を、それぞれ答えよ。

問 4 【操作 3】の中で行われた操作 I ~ 操作 III の内容を、それぞれ記せ。また、操作 I と操作 II の 2 つの操作を行った理由を答えよ。

問 5 【操作 3】の下線部(a)で、水酸化ナトリウム水溶液を注いで沈殿 F が溶ける化学反応式を記せ。

問 6 【操作 6】の中で行われた操作 IV の内容を記せ。また、予想される結果と残留する金属イオンの名称を答えよ。

問 7 混合水溶液 I 中の 8 種類の金属イオンのうち、アンモニアと安定な錯イオンを形成するものが 3 種ある。それら 3 種の金属イオンを化学式で記し、それぞれ対応する錯イオンの典型的な立体構造を次の 5 つの形状、(ア)直線、(イ)正方形、(ウ)正四面体、(エ)立方体、(オ)正八面体、の中から 1 つずつ選び、記号ア ~ オで答えよ。

問 8 金属イオン Fe^{3+} の水溶液は、黄褐色を呈する。この Fe^{3+} の水溶液にヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム水溶液を加えると濃青色の沈殿を生じる。一方、 Fe^{3+} の水溶液にチオシアン酸カリウム水溶液を加えると血赤色に呈色する。下線部(3)の化学反応式と生じた濃青色沈殿物質の名称、および下線部(4)の化学反応式を、それぞれ答えよ。

問 9 混合水溶液 I と同様に、2 種の金属イオン Cu^{2+} と Zn^{2+} が、それぞれ $5.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ および $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の濃度で溶けている混合水溶液 II がある。この混合水溶液を用いて効率よく Cu^{2+} と Zn^{2+} を分離・回収するため次の実験を追加して行った。この追加実験について、以下の問 i と問 ii に答えよ。

硫化水素を混合水溶液 II に通じて硫化水素濃度 $[\text{H}_2\text{S}]$ を $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ 一定に保った条件下で、純度 100 % の CuS を最も高い収率で分離・回収するため、その反応溶液の水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を極限となる (あ) mol/L に調製して実験し、良好な結果を得た。

問 i 下線部 (5) で水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を調製するにあたり、どのような極限を考慮したのかその内容を具体的に説明せよ。

問 ii 下線部 (5) の空欄 (あ) にあてはまる水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ の数値を有効数字 2 桁で求めよ。また、求める計算過程も記すこと。ただし、ここでは CuS と ZnS の各溶解度積 $K_{\text{sp}(\text{CuS})}$ と $K_{\text{sp}(\text{ZnS})}$ を、それぞれ $1.3 \times 10^{-30} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ と $2.4 \times 10^{-18} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とする。さらに、 H_2S の第 1 電離式 ($\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^-$) と第 2 電離式 ($\text{HS}^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{S}^{2-}$) の各電離定数 K_1 と K_2 は、それぞれ $9.6 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ と $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol/L}$ とする。