

令和 6 年度
入学者選抜学力試験問題
前期日程

理 科

注 意

1. 解答は、科目ごとに別冊の解答用紙の所定の解答欄に書くこと。
2. 各学部志望者は、以下のとおり選択し、解答用紙の表紙の選択別欄に○印を記入すること。
理学部志望者——理科 3 科目の中から 2 科目
生活環境学部及び工学部志望者——理科 3 科目の中から 1 科目
3. 選択した科目の解答用紙の表紙の※印欄に、本学受験番号・氏名を記入すること。
受験番号は、本学受験票の受験番号を記入すること。
※印欄以外の箇所には、受験番号・氏名を絶対に書かないこと。
4. 解答用紙の表紙の選択別欄に指定科目数をこえて○印をつけた場合は、すべての解答を無効とする。
5. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ること。
6. 問題冊子総ページ数——23
物 理——1～8 ページ 化 学——9～15 ページ
生 物——16～23 ページ
7. 解答用紙ページ数
物 理——9 ページ 化 学——6 ページ
生 物——3 ページ

化 学

I 以下の文章を読んで問1～4に答えよ。必要があれば次の原子量または数値を用いよ。

$$\text{Ag} = 108, \sqrt{2} = 1.4, \sqrt{3} = 1.7, \sqrt{5} = 2.2, \sqrt{7} = 2.6$$

銀Agは周期表において銅Cu、金Auと同じ(ア)族に属する遷移元素である。Agは銀白色の光沢のある金属で、電気伝導性と熱伝導性がすべての金属の中で最大であることや、展性・延性が(イ)に次いで大きいことから、電子機器などに用いられている。Agの結晶中では、Ag原子は自由電子によって(ウ)結合で結びついて規則正しく配列している。この結晶格子の最小の繰り返し単位を単位格子といい、Agの単位格子は面心立方格子である。AgはCuと同様に、塩酸HClや希硫酸 H_2SO_4 とは反応しないが、^①酸化力の強い濃硝酸 HNO_3 や希硝酸 HNO_3 とは反応して溶解し、気体を発生する。また、^②湿った空气中で硫化水素 H_2S に触れると、黒色の化合物(エ)を生じる。

水溶液中での銀イオン Ag^+ は、ハロゲン化物イオン X^- と反応して、ハロゲン化銀 AgX を生じる。このとき、フッ化銀 AgF を除く AgX は、水にほとんど溶けないため沈殿を生じる。また、 Ag^+ はクロム酸イオン CrO_4^{2-} とも反応して、(オ)色のクロム酸銀 Ag_2CrO_4 の沈殿を生じる。白色の塩化銀 AgCl の沈殿は、シアン化カリウム KCN 水溶液やチオ硫酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ^③水溶液に溶け、これらの水溶液はめっき液として使われている。

Ag^+ と X^- の沈殿生成は、水溶液中の Ag^+ や X^- の検出に利用されている。 AgCl を水に加えると、ごくわずかだけが溶け、上澄みの水溶液は飽和水溶液となる。飽和水溶液中での Ag^+ の濃度 $[\text{Ag}^+]$ と Cl^- の濃度 $[\text{Cl}^-]$ の積を溶解度積 $K_{\text{SP}}(\text{AgCl})$ といい、

$$K_{\text{SP}}(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] \quad (1)$$

と表す。同様に、水に難溶性の塩 Ag_2CrO_4 についても、溶解度積 $K_{\text{SP}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)$ は $[\text{Ag}^+]$ と $[\text{CrO}_4^{2-}]$ を用いて、

$$K_{\text{SP}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = \boxed{\text{カ}} \quad (2)$$

と表される。溶解度積は、それぞれの物質において温度が変わらなければ常に一定の値であり、水溶液中のイオン濃度の積が、 K_{SP} の値より小さい場合には物質は溶解しているが、 K_{SP} の値よりも大きいと沈殿が生じる。

AgCl と Ag_2CrO_4 ではどちらが水に溶けやすいだろうか。 AgCl および Ag_2CrO_4 の飽和水溶液それぞれにおいて、 $[\text{Cl}^-] = a$ (mol/L)、 $[\text{CrO}_4^{2-}] = b$ (mol/L)とすると、(1)および(2)式から、 $K_{\text{SP}}(\text{AgCl})$ と $K_{\text{SP}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)$ は $K_{\text{SP}}(\text{AgCl}) = (\text{キ}) [\text{mol}^2/\text{L}^2]$ 、 $K_{\text{SP}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 4b^3 [\text{mol}^3/\text{L}^3]$ と書き表せる。25℃における AgCl と Ag_2CrO_4 の K_{SP} の値は、 $K_{\text{SP}}(\text{AgCl}) = 2.0 \times 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ 、 $K_{\text{SP}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 3.6 \times 10^{-12} \text{ mol}^3/\text{L}^3$ である。これにより、 $a = (\text{ク}) \text{ mol/L}$ 、 $b = 9.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ と求められる。このことから、 Ag_2CrO_4 の方が AgCl より水に溶けやすいことがわかる。

化 学

I のつづき

問 1 (ア)~(ク)にあてはまる適切な数値、式または語句を答えよ。ただし、(ク)は有効数字 2 桁で答えよ。

問 2 下線部①について、単位格子中に含まれる Ag 原子の個数と、1 個の Ag 原子に隣接する原子の個数をそれぞれ答えよ。また、結晶の密度 (g/cm^3) を有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。ただし、単位格子の一辺の長さは $4.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$ 、アボガドロ定数は $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ である。

問 3 下線部②について、Ag を濃硝酸 HNO_3 および希硝酸 HNO_3 と反応させたときの化学反応式をそれぞれ示せ。また、下線部③について、AgCl が $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 水溶液に溶ける反応をイオン反応式で示せ。

問 4 AgCl と Ag_2CrO_4 の溶解度積の差を利用すると、水溶液中の $[\text{Cl}^-]$ を滴定実験によって定量することができる。Cl⁻ を含む試料水溶液に、指示薬として少量のクロム酸カリウム K_2CrO_4 水溶液を加え、濃度が正確にわかっている硝酸銀 AgNO_3 水溶液を滴下する。最初に水溶液中の Cl⁻ がほぼすべて AgCl として沈殿する。さらに AgNO_3 水溶液を滴下すると、 Ag_2CrO_4 の沈殿が生じ始める。この沈殿の色を確認したところを滴定の終点とし、終点までに滴下した AgNO_3 水溶液の体積から試料水溶液中の $[\text{Cl}^-]$ を求めることができる。そこで、以下の実験を行った。

(実験) 25℃ で、濃度不明の試料食塩水 15.0 mL に、 $9.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の K_2CrO_4 水溶液 1.0 mL を加え、 $5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の AgNO_3 水溶液をピュレットで滴下した。
9.0 mL の AgNO_3 水溶液を滴下したところで、 Ag_2CrO_4 の沈殿生成を確認した。

この結果より、試料食塩水中の $[\text{Cl}^-]$ (mol/L) を有効数字 2 桁で答えよ。また、 Ag_2CrO_4 の沈殿が生じ始めた時点での、混合水溶液中の $[\text{Cl}^-]$ (mol/L) を有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。

化 学

Ⅱ 以下の文章を読んで問1～4に答えよ。気体はいずれも理想気体とし、気体定数は $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

隔壁でA室とB室が分けられた容器がある(図1)。隔壁はA室とB室の圧力差で左右に移動する。A室とB室の間での熱の出入りはない。B室には点火装置とコックが付いていて、気体の排出や吸入が可能となっている。A室とB室の容積をそれぞれ V_A 、 V_B とする。

はじめ、コックは閉じられており、容器内の温度は300 Kで、容器内のA室とB室は空気で満たされていた。A室とB室の容積は $V_A = V_B = 2.49 \text{ L}$ であり、^① 圧力はともに $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で、隔壁は中央にあった。なお、空気は窒素と酸素の物質質量比4 : 1の混合気体である。この状態から次の操作1～3を順に行った。

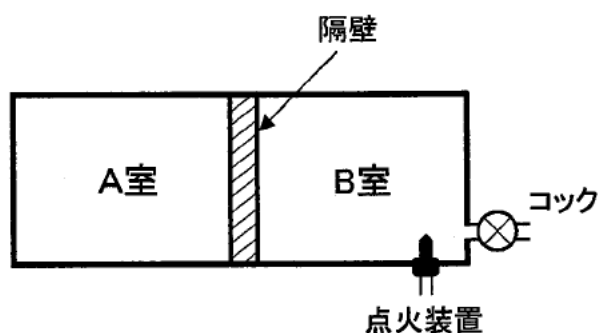


図1 容器の図

【操作1】 温度を300 Kに保ったまま、空気を逃さないようにしてコックを開け0.020 molの水素を加え、コックを閉じた。このとき隔壁はA室の方(左側)に移動して静止した。

【操作2】 次に、B室の温度を300 Kに保ったまま、A室のみを加熱すると、A室とB室の容積が $V_A = V_B = 2.49 \text{ L}$ となり、隔壁が中央に戻って静止した。

【操作3】 次に、隔壁を中央に固定して移動しないようにした。それから、点火装置を用いてB室内の水素をすべて燃焼させた。燃焼後、B室の温度を300 Kに戻した。

問1 下線部①に関して、B室の窒素と酸素の物質質量[mol]をそれぞれ求めよ。計算過程も示し、有効数字2桁で答えよ。

化 学

Ⅱ のつづき

問 2 操作 1 に関して、隔壁が静止したときの A 室と B 室の容積の比($V_A : V_B$)を V_A を 1.0 とし
て求めよ。計算過程も示し、有効数字 2 桁で答えよ。

問 3 操作 2 に関して、隔壁が中央に戻って静止したときの A 室の温度[K]を求めよ。計算過程
も示せ。

問 4 操作 3 に関して、次の設問(1)および(2)に答えよ。ただし、300 K における水の飽和蒸気圧
は、 $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$ である。

(1) 操作 3 で 300 K に戻した後に B 室内で液体として存在する水の物質量[mol]を求めよ。計
算過程も示し、有効数字 2 桁で答えよ。なお、液体の水の体積は無視でき、気体が水に溶解
することはないものとする。

(2) 操作 3 で 300 K に戻した後の B 室内の圧力[Pa]を求めよ。計算過程も示し、有効数字 2
桁で答えよ。

化 学

Ⅲ 以下の文章(A)および(B)を読んで問1～6に答えよ。必要があれば次の原子量を用いよ。

H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16

(A) ポリ酢酸ビニルは酢酸ビニルを付加重合させた高分子である(図1(a))。付加重合により合成される高分子では、2種類以上の単量体を混合して共重合させ、その割合を変えることで重合体の性質を制御することが可能である。例えば、エチレンと酢酸ビニルを共重合させたエチレン-酢酸ビニル共重合体(EVA, 図2(a))は、その配合の比率により、熱可塑性を利用した接着剤や、柔軟性を利用したクッション素材などに利用されている。

ポリビニルアルコールも広く使われている高分子である(図1(b))。ビニルアルコールは不安定で①すぐにその異性体に変化するため、ビニルアルコールを重合させることは困難である。そのため、ポリビニルアルコールはポリ酢酸ビニルを加水分解することで得られる。同様に、EVAを加水分解することでエチレン-ビニルアルコール共重合体(EVOH, 図2(b))が得られる。ポリビニルアルコールは洗濯のりなどに使われる水溶性の高分子であるが、エチレン由来の繰り返し単位が一定以上含まれるEVOHは水に不溶となりフィルム材料として利用されている。



図1 (a) ポリ酢酸ビニルの構造, および, (b) ポリビニルアルコールの構造

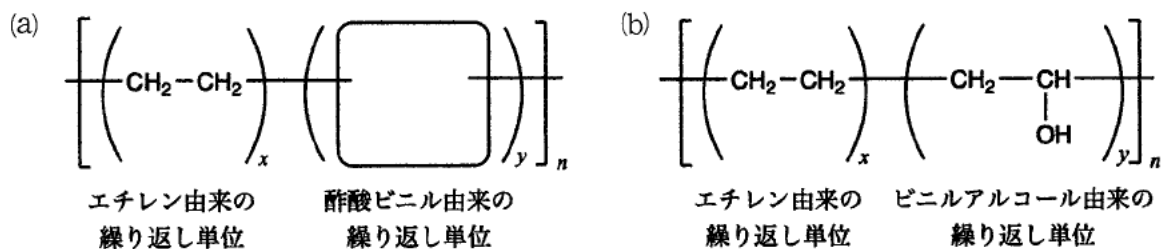


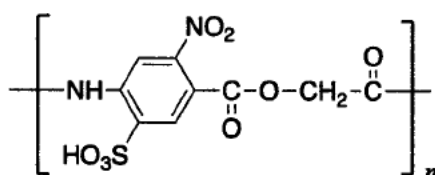
図2 (a) エチレン-酢酸ビニル共重合体(EVA)の構造, および, (b) エチレン-ビニルアルコール共重合体(EVOH)の構造(x と y は繰り返し単位の組成を表しており, それぞれ x 個, y 個連続して結合しているというわけではない)

化 学

Ⅲのつづき

問 1 ポリ酢酸ビニルの繰り返し単位の構造を、下の例にならって書け。

(例)



問 2 高分子化合物に関して、次の設問(1)~(3)に答えよ。

(1) 重合には付加重合、縮合重合、付加縮合、開環重合などの種類がある。付加重合で作られている高分子を次の(a)~(f)の中からすべて選び記号で答えよ。

- | | |
|-----------------|-------------------|
| (a) ポリメタクリル酸メチル | (b) ポリスチレン |
| (c) フェノール樹脂 | (d) ポリエチレンテレフタラート |
| (e) ポリプロピレン | (f) ナイロン66 |

(2) 熱可塑性とはどういう性質か簡潔に説明せよ。

(3) 熱可塑性をもたない高分子を設問(1)の(a)~(f)の中から1つ選び記号で答えよ。

問 3 下線部①に関して、ビニルアルコールから変化してできる異性体の化合物名を答えよ。

問 4 次の設問(1)および(2)に答えよ。なお、高分子鎖の末端の構造は無視してよい。

(1) EVOH 中に含まれるビニルアルコール由来の繰り返し単位の割合を α としたとき(ただし、 α は $0 < \alpha < 1$ とする)、EVOH の組成式を $C_{5-\alpha}H_{2\alpha+1}O_3$ のように整数と α を用いて表せ。

(2) EVOH を 50.0 mg 完全燃焼させたところ、二酸化炭素が 137.5 mg 得られた。この EVOH の炭素の含有量(質量%)および α の値を有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も示せ。

化 学

Ⅲのつづき

(B) 図3は pH 指示薬であるメチルオレンジの合成経路である。まず、ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸を加えて 60℃ で反応させることで淡黄色の液体である化合物 A が得られる。この反応は、温度が上がりすぎると化合物 A に対しても同様の反応が起こり化合物 B などが生成するため、注意が必要である。化合物 A をスズと塩酸で還元した後、水酸化ナトリウム水溶液を加えると化合物 C が得られる。この化合物 C に濃硫酸を加えて 200℃ で加熱し、スルホン化することで化合物 D が得られる。化合物 D を水酸化ナトリウム水溶液に溶かしてナトリウム塩 E とし、氷浴で 0℃ に冷やしながらか、亜硝酸ナトリウムと塩酸を加えるとジアゾ化により化合物 F が生成する。ここにジメチルアニリンを加えると、ジアゾカップリングによりメチルオレンジが得られる。

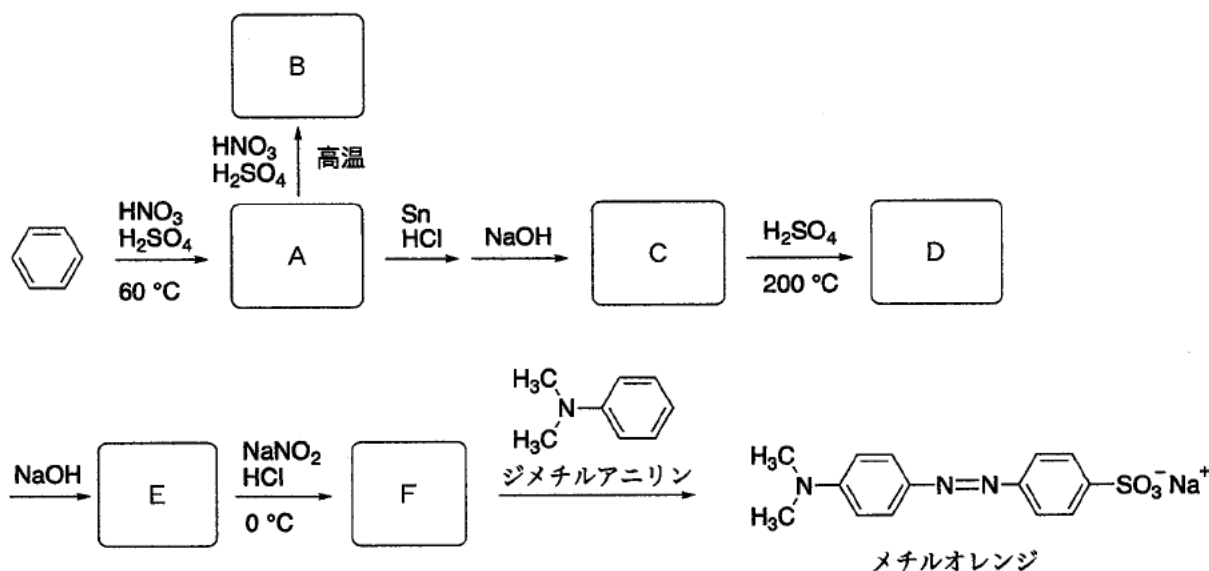


図3 メチルオレンジの合成経路

問 5 化合物 A~C および E の構造式を図3中のメチルオレンジの構造にならって書け。なお、化合物 B はベンゼン環に 2 つの置換基をもつ化合物であり、B のベンゼン環の水素原子 1 つを臭素原子で置き換えた場合 3 つの異性体を得られる。

問 6 下線部②について、この操作はなぜ冷やす必要があるのか説明せよ。