

# 理 科

15:00~17:00

## 解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は38ページある。このうち、「物理」は2～7ページ、「化学」は8～18ページ、「生物」は19～31ページ、「地学」は32～38ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た2科目について解答せよ。各学部・系・群・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部・系・群・専攻 科目	理 学 部				医 学 部						歯 学 部	薬 学 部	工 学 部				農 学 部	獣 医 学 部	水 産 学 部
	数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物・地学重点選抜群	医学系	保 健 学 系			理学専攻	作業療法専攻			応用理工系注	情報エレクトロニクス系	機械知能工学系	環境社会工学系注			
						看護学専攻	放射線技術専攻	検査学術専攻											
物理	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	
化学	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
生物	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
地学	○	○	○	◎									○		○	○		○	

注)：工学部(応用理工系、環境社会工学系)は、物理又は化学を含む2科目選択

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下2箇所)は、監督員の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

# 化 学

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。必要があれば次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, S = 32, Ca = 40,

Fe = 56, Sr = 88, Ag = 108, Ba = 137

アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

- 1 水酸化カルシウム  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  と水酸化ストロンチウム  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  の溶解度に関する以下の文章Aを読み、問1～問3に答えよ。また文章Bを読み、問4～問9に答えよ。ただし、水酸化ストロンチウムは八水和物  $\text{Sr}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  として析出する。

## 文章A

固体の溶解度は、水 100 g に溶解する溶質の最大量をグラム単位 (g) で表したものである。 $\text{Ca}(\text{OH})_2$  の溶解度は、 $0^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$  の範囲で温度が上昇すると単調に減少することが知られている。このことから、溶解が  反応であることがわかる。単独の  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  と  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  の溶解度を表1に示す。60℃の水 1 kg を含む  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  の飽和水溶液を得るためには、 g の水に  g の  $\text{Sr}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  を溶解すればよい。一方、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$  と  $\text{Sr}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  の混合物を水に溶解させて溶解度を測定したところ表2のようになり、それぞれの物質の溶解度は、表1に示した単独の物質の溶解度と異なる値となった。これは  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  と  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  が溶解したときに同じイオンを生じるためであり、 効果と呼ばれる。また、物質が溶解している水溶液の条件を変えて目的とする固体を析出させることで物質を精製する方法を  という。

表1 各物質の溶解度 (g/水 100 g)

温度(°C)	10	60
Ca(OH) <sub>2</sub>	0.182	0.122
Sr(OH) <sub>2</sub>	0.56	3.56

表2 混合水溶液における  
各物質の溶解度 (g/水 100 g)

温度(°C)	10	60
Ca(OH) <sub>2</sub>	0.060	0.033
Sr(OH) <sub>2</sub>	0.49	3.40

文章B

Ca(OH)<sub>2</sub>とSr(OH)<sub>2</sub>・8H<sub>2</sub>Oの混合物から各純物質を精製するために、表2の値をもとにして、図1のような仮想的な装置と操作を考えた。容器AとBに水が入っており、それぞれ10℃と60℃に保たれている。つぎに両方の容器に溶けきらない量のCa(OH)<sub>2</sub>とSr(OH)<sub>2</sub>・8H<sub>2</sub>Oの混合物を入れ、容器AとBの水溶液を図1の矢印のように循環させる。容器AとBの間では、水溶液だけが移動すると考える。また、それぞれの容器内で溶解と析出は速やかに起こるものとする。□(え)は温度の低い容器Aで溶解して温度の高い容器Bで析出し、□(お)はこの逆になる。

いま、Ca(OH)<sub>2</sub> 100 gとSr(OH)<sub>2</sub>・8H<sub>2</sub>O 200 gからなる均一な混合物を150 gずつ、水の入っている容器AとBに入れ、飽和溶液とする。このあと容器AとBの間で水溶液を循環させると、容器Aの固体の質量は□(か)。また容器Bの固体の質量は□(き)。水溶液の循環を続けていると、やがて容器AとBにある固体の量が変化しなくなる。このとき、容器Aの中では□(く)、また容器Bの中では□(け)。この段階で容器AとBにそれぞれ水1 kgを含む水溶液があるとすると、容器Aにある固体の質量は□(c) gになると推定される。容器AとBにある固体をそれぞれろ過すると、純物質を得ることができる。

(1) 容器Bで析出した固体をろ過して分別し、再び水に溶かして二酸化炭素を吹き込むと、最初は白色沈殿が(2)生じるが、さらに吹き込むと白色沈殿が(3)溶解する。

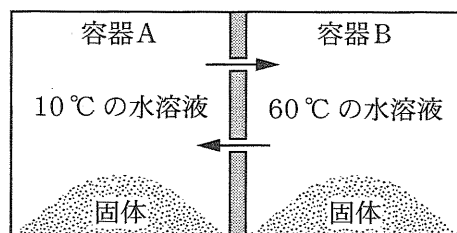


図1 装置の概略図

問 1  に入る語句として適切なものを下の(ア)~(エ)から選び、記号で答えよ。

(ア) 中和      (イ) 吸熱      (ウ) 凝固      (エ) 発熱

問 2 ,  に適切な語句を入れよ。

問 3 ,  に整数値を入れよ。

問 4 ,  に化学式を入れよ。

問 5 ,  にあてはまる適切なものを下の(ア)~(エ)から選び、記号で答えよ。

(ア) 増加する      (イ) いったん増加して減少する  
(ウ) 減少する      (エ) いったん減少して増加する

問 6 ,  にあてはまる適切なものを下の(ア)~(エ)から選び、記号で答えよ。

(ア)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  と  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  がともに飽和に達している  
(イ)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  と  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  がともに飽和に達していない  
(ウ)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  が飽和に達しており、 $\text{Sr}(\text{OH})_2$  は飽和に達していない  
(エ)  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  が飽和に達しており、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$  は飽和に達していない

問 7  に有効数字 2 桁の数値を入れよ。

問 8 下線部(1)に関して，容器 A で析出する純物質をなるべく多く得るためには，どのような条件にすればよいか。下の(ア)～(エ)から 2 つ選び，記号で答えよ。

(ア) 水の量を増やす

(イ) 水の量を減らす

(ウ) 容器 A の温度を下げる

(エ) 容器 B の温度を上げる

問 9 下線部(2)と(3)の反応式を記せ。

2 次の I, II に答えよ。

I 次の文章を読み、問 1～問 4 に答えよ。

A 君は、引き出しにあった磁石がどんな物質であるか調べてみることにした。文献で調べたところ、組成式  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  をもつと推定された。その結晶構造での単位格子の体積  $V$  は  $6.8 \times 10^{-22} \text{ cm}^3$  であり、単位格子中には 2 個の  $\text{Ba}^{2+}$  を含むと書かれていた。そこで、このときの体積  $V(\text{cm}^3)$  から密度  $D(\text{g/cm}^3)$  を計算した。実際にこの磁石の密度をアルキメデス法で測定したところ、この値とよく一致した。

B 君に話したところ、念のため化学組成を確認することになった。磁石 1.0 g を十分に粉碎して、1.0 mol/L の希硝酸<sup>(1)</sup> に溶かした。この水溶液にアンモニア水を滴下して、水酸化鉄(III) を析出させた。析出物をろ別して十分に水洗したのち、1000 °C に加熱して赤かっ色固体<sup>(2)</sup> を得た。一方、ろ液に 1.0 mol/L の硫酸を滴下すると白色沈殿<sup>(3)</sup> が析出した。これらの質量から、A 君の見つけた磁石の組成が確かに  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  であることがわかった。

問 1 (ア) 密度  $D(\text{g/cm}^3)$  を、体積  $V(\text{cm}^3)$  とモル質量  $M(\text{g/mol})$  を用いた計算式で示せ。

(イ)  $D(\text{g/cm}^3)$  を有効数字 2 桁で求めよ。

問 2 下線部(1)の希硝酸は、濃硝酸(60 %  $\text{HNO}_3$ , 密度  $1.4 \text{ g/cm}^3$ ) を希釈して調製した。体積で何倍に希釈したか有効数字 2 桁で答えよ。

問 3 下線部(2)および(3)で示した物質を化学式で答えよ。

問 4 化学組成を決定する実験において、鉄(III)イオンやバリウムイオンはすべて回収できたものとする。下線部(2)および(3)で示したそれぞれの物質の質量(g)を、有効数字 2 桁で求めよ。

II 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

食塩水の濃度を調べるために、以下の実験を行った。

操作1：0.68 gの硝酸銀を天秤で正確にはかりとり、ビーカー中で純水に溶解した。この水溶液を50 mLメスフラスコに移し、標線まで純水を加えた後、よく振り混ぜた。

操作2：メスフラスコの水溶液をビュレットに入れた。

操作3：ホールピペットを用いて食塩水5.0 mLを三角フラスコに入れた。さらに純水14.5 mLとクロム酸カリウム水溶液0.5 mLを加えてよく振り混ぜた。

操作4：三角フラスコをよく振り混ぜながらビュレットから硝酸銀水溶液を滴下した。この操作により三角フラスコ内に白色沈殿 (a) が生成した。

操作5：硝酸銀水溶液の滴下を続けると、三角フラスコ内に暗赤色の沈殿 (b) が生成した。フラスコを振り混ぜても、この沈殿が消えなくなったところを滴定終点と判断し、滴下した硝酸銀水溶液の体積を読み取った。終点以降は硝酸銀水溶液を添加しても三角フラスコ内の溶液に変化は見られなかった。

なお、正確な測定のためには、中性付近のpHで滴定を行う必要がある。これは、酸性条件下でクロム酸イオンが (c) に、アルカリ性条件下で銀イオンが (d) になるためである。

問1 空欄 (a) ～ (d) にあてはまる化学式またはイオン式を記せ。

問2 滴定終点での硝酸銀水溶液の滴下体積は12.50 mLであった。食塩水の濃度(mol/L)を有効数字2桁で求めよ。

問 3 硝酸銀水溶液の滴下体積と三角フラスコ内の水溶液中の銀イオン濃度および塩化物イオン濃度の関係を示すグラフを、図 1 の(ア)~(ク)の中から選び、それぞれ記号で答えよ。ただし、白色沈殿の溶解度積は非常に小さく、またクロム酸イオンは白色沈殿の生成に影響をおよぼさないものと考えてよい。

問 4 以下の(ア)~(エ)の操作について、正確な滴定結果を得るうえで間違っているものをすべて選び記号で答えよ。

(ア) 操作 1 において、硝酸銀水溶液をビーカーからメスフラスコに移す前に、この硝酸銀水溶液でメスフラスコを数回共洗いした。

(イ) 操作 1 において、硝酸銀水溶液をビーカーからメスフラスコに移した後、水溶液が少し残ったビーカーを少量の純水で数回すすぎ、その洗液をメスフラスコに移した。その後、標線まで純水を加えた。

(ウ) 操作 2 において、硝酸銀水溶液をメスフラスコからビュレットに入れた後、水溶液が少し残ったメスフラスコを少量の純水で数回すすぎ、その洗液をビュレットに入れた。

(エ) 操作 3 において、純水で洗浄した三角フラスコを、ぬれたままの状態で使用した。

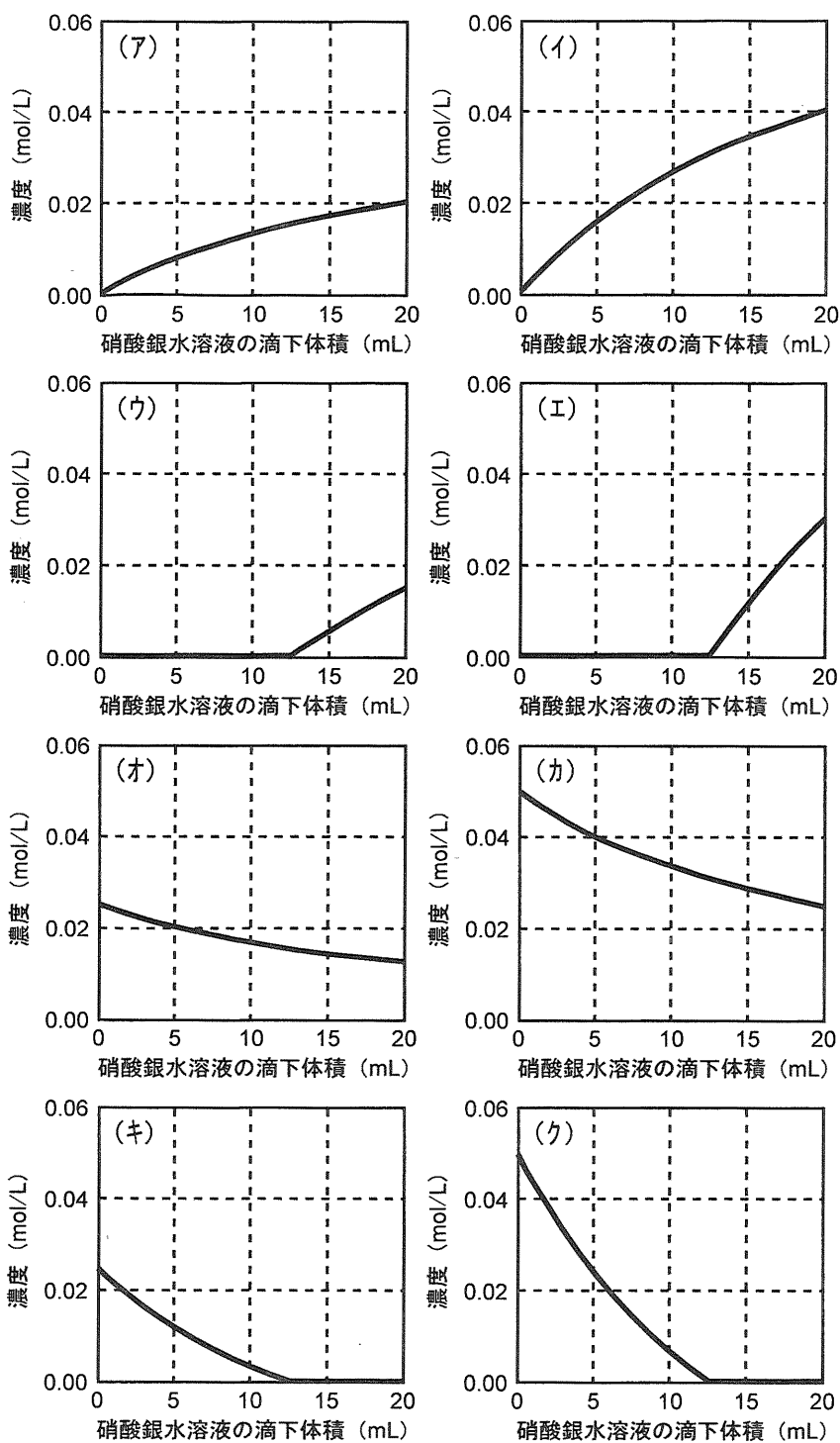
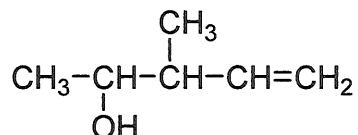


図1 硝酸銀水溶液の滴下体積と水溶液中のイオン濃度の関係

3 次の I, II に答えよ。なお、構造式については記入例にならって示せ。

(記入例)



I 次の文章を読み、問 1～問 5 に答えよ。

分子式  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  である化合物の構造異性体のうち、分子内にヒドロキシ基をもつものは 8 種類ある。化合物 A, B, C, D はそのいずれかである。

これらを二クロム酸カリウムの希硫酸溶液と加温しておだやかに反応させると、A は変化しなかったが、B, C, D からはそれぞれ酸化生成物が得られた。これらの酸化生成物のうち、C からの生成物のみがヨードホルム反応を示し、D からの生成物のみが銀鏡反応を示した。また、この D の酸化生成物は不斉炭素原子をもつことがわかった。

一方、B および C を濃硫酸とともに加熱したところ、B からは 2 種類のアルケン E, F が、C からは 3 種類のアルケン E, F, G が生成した。

問 1 A, B, C, D のうち、第二級アルコールに属するものの記号をすべて記せ。

問 2 A の構造式を記せ。

問 3 二クロム酸カリウム 1 mol で酸化できる B の物質質量 (mol) を記せ。ただし、反応は完全に進行するものとする。

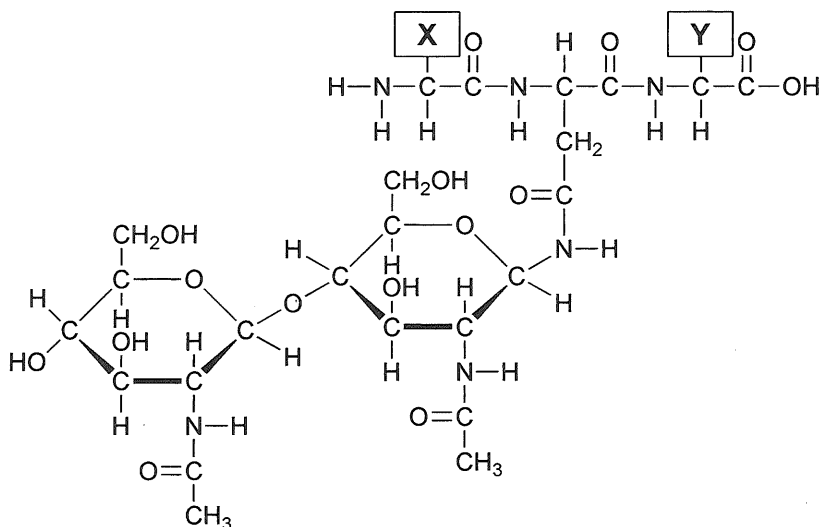
問 4 G の構造式を記せ。

問 5 A, B, C, D を除く分子式  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  のアルコールのうち、不斉炭素原子をもつものの構造式を 1 つ記せ。

II 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

化合物Aは、生物の細胞の表面に分布して細胞どうしの認識などに重要な役割を果たしている高分子化合物Bの構成成分である。Bは (a) タンパク質に分類される。Aの糖部分では、 $\beta$ -グルコースのヒドロキシ基の1つがアセトアミド基(-NH-CO-CH<sub>3</sub>)に置き換わった単糖2分子が縮合して (b) 結合を形成している。

Aを塩酸中で加熱して完全に加水分解したところ、1種類の糖C、3種類の $\alpha$ -アミノ酸D、E、Fのほかに、アンモニアと弱酸である (c) が生成した。Cにニンヒドリン水溶液を加えて加熱すると、液が赤紫色になった。また、<sup>(1)</sup>Cにフェーリング液を加え加熱したところ、(ア)。次に、Dの水溶液に濃硝酸を加えて加熱すると、液は黄色になった。なお、Dは酸性を示す官能基を側鎖に含む。Eの元素分析を行ったところ、質量百分率で炭素34.3%、水素6.7%、窒素13.3%、硫黄0%とわかった。Fは、総電荷が0となるpHを示す (d) が2.77であった。



化合物A

問 1 文章中の (a) ~ (d) にあてはまる適切な語句または化合物名を記せ。

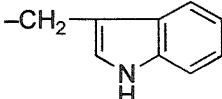
問 2 下線部(1)の変化が生じるのは C のどの官能基によるか、官能基名を記せ。

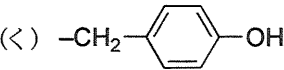
問 3 文章中の (ア) に入る現象を(あ)~(お)の中から選び、記号で答えよ。また、理由を 20 字以上 30 字以内で記せ。

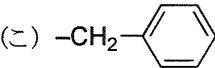
- (あ) 何も変化は起こらなかった      (い) 赤色沈殿が生じた  
 (う) 液が青紫色になった      (え) 黒色沈殿が生じた  
 (お) 銀が析出した

問 4 A の構造式中の X , Y にあてはまる置換基を(あ)~(こ)の中から選び、記号で答えよ。ただし、X と Y を区別する必要はない。

(あ)  $-\text{CH}_2-\text{OH}$       (い)  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$       (う)  $-(\text{CH}_2)_4-\text{NH}_2$

(え)  $\begin{array}{c} \text{OH} \\ | \\ -\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$       (お)       (か)  $-\text{CH}_3$

(き)  $-\text{CH}_2-\text{SH}$       (く)       (け)  $-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$

(こ) 

問 5 pH 5 の緩衝液中で D, E, F の混合物を電気泳動させた場合に、もっとも陽極側に移動するものの記号を記せ。