

試験問題 — 化 学

受験地本名	番 号

受 験 心 得

- この試験問題は、指示があるまで開かないこと。
- 試験問題には、受験地本名と番号を試験係官の指示に従って記入すること。
- 試験時間は、理科の選択科目 2 科目を合わせて、1 4 時 4 5 分から 1 6 時 4 5 分までの 1 2 0 分間である。
- 携帯電話等は、電源を切り、使用できない状態にすること。
- 受験番号や解答が正しくマークされていない場合や、解答を訂正するときの消しゴムのカスなどで、採点されない場合があるので、注意すること。
- 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、汚したりしないこと。
- 問題 **I** ~ **IV** の解答はマークシートにマークし、**V** ~ **VII** の解答は記述式用の解答用紙に記入すること。
- マークシートには、解答欄以外に次の記入欄があるので、試験係官の指示に従って、それぞれ正確に記入しマークすること。

① 氏名記入欄、受験番号欄

姓・名、受験番号をマークシートの氏名欄、受験番号欄に記入すること。

② 受験地本名欄

受験票の受験番号欄に記載されている受験地本名を、受験地本名欄から選び、正確にマークすること。

(例) 受験地本名が札幌の場合

受 験 地 本 名				
札幌 <input checked="" type="radio"/>	茨城 <input type="radio"/>	静岡 <input type="radio"/>	兵庫 <input type="radio"/>	愛媛 <input type="radio"/>
函館 <input type="radio"/>	栃木 <input type="radio"/>	富山 <input type="radio"/>	奈良 <input type="radio"/>	高知 <input type="radio"/>

③ 番号欄

受験票の受験番号欄に記載されている 4 桁の数字を記入し、正確にマークすること。

(例) 4 桁の数字が 1 0 1 2 の場合

番 号			
1	0	1	2
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

←記入

④ 科目欄

化学を選び、正確にマークすること。

⑤ 性別欄

性別をマークシートの性別欄に正確にマークすること。

- マークシートの解答は、適切な解答を 1 つ選択し、マークすること。

(例) **1** と表示のある問いに対して(3)と解答する。

解答 番号	解 答 欄											
	-	+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- 記述式の解答用紙には、解答欄以外に受験地本名欄、番号欄、氏名欄があるので、試験係官の指示に従って記入すること。
- 試験問題、解答用紙は全て回収するので、絶対に持ち帰らないこと。

問題 I ~ VII は、以下を参考にして解答すること。

- ・気体はすべて理想気体とする。
- ・圧力に指定のない場合は、大気圧 ($1.01 \times 10^5 \text{ Pa} = 76.0 \text{ cmHg}$) とする。
- ・必要があれば、次の数値を使用すること。

温度: $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$ アボガドロ定数: $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ 気体定数: $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

水のモル凝固点降下: $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg} / \text{mol}$ 水銀の密度: $13.6 \text{ g} / \text{cm}^3$

$\log_{10} 2 = 0.30$ $\log_{10} 3 = 0.48$ $\log_{10} 11 = 1.0$

$\sqrt{2} = 1.41$ $\sqrt{3} = 1.73$ $3.6^2 = 13.0$ $3.6^3 = 47.0$

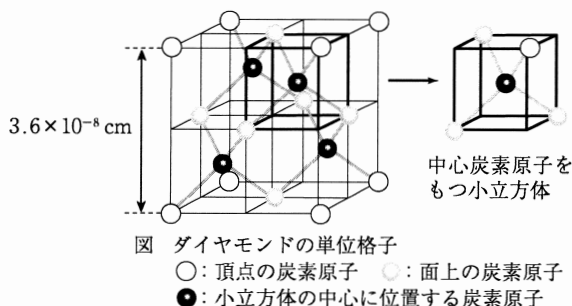
- ・必要があれば、次の原子量の値を使用すること。

原子量: H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, F = 19.0, Na = 23.0, S = 32.0, Cl = 35.5, Ca = 40.1,

Cu = 63.5, Zn = 65.4, Pd = 106, Ag = 108, I = 127, Hg = 201

I 次の文章を読み、各問に答えよ。(解答番号 ~)

ダイヤモンドの単位格子は、一辺の長さが $3.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$ の立方体である。単位格子中の原子配列は、右図のように、単位格子の頂点に○炭素原子、それぞれの面の中央に○炭素原子が並び、さらにその立方体を8等分してできた小立方体の一つおきに中心炭素原子(●)がある。この小立方体に着目すると、●炭素原子を中心に4個の炭素原子が正四面体の頂点方向に共有結合した構造をもつ。



問1 ダイヤモンド 0.50 cm^3 の中に含まれる最も適当な炭素原子の数を、次の(1)~(9)のうちから一つ選べ。

- (1) 2.2×10^8 (2) 4.6×10^8 (3) 5.6×10^8 (4) 1.5×10^{15} (5) 3.0×10^{15}
(6) 6.2×10^{15} (7) 1.1×10^{22} (8) 8.5×10^{22} (9) 1.7×10^{23}

問2 ダイヤモンド結晶中で単位格子の一辺の長さを a で表すとき、最も近い炭素原子間の距離(中心間距離)はどのように表されるか。最も適当な式を、次の(1)~(9)のうちから一つ選べ。

- (1) $\frac{\sqrt{2}}{2} a$ (2) $\frac{\sqrt{3}}{2} a$ (3) $\frac{1}{2} a$ (4) $\frac{\sqrt{2}}{4} a$ (5) $\frac{\sqrt{3}}{4} a$
(6) $\frac{1}{4} a$ (7) $\frac{\sqrt{2}}{8} a$ (8) $\frac{\sqrt{3}}{8} a$ (9) $\frac{1}{8} a$

問3 下線部が正しいものはいくつあるか。次の(1)~(6)のうちから一つ選べ。

- (a) 二酸化ケイ素の結晶は、分子結晶に分類される。
(b) フッ化水素分子間には、水素結合が存在する。
(c) ナフタレンの結晶は、水酸化ナトリウムの結晶に比べて融点が高い。
(d) ヨウ素(I_2)の結晶は、 I_2 分子が分子間力によって規則正しく並んだ構造をもつ。
(e) 黒鉛は、各炭素原子が4個の価電子を使って隣の炭素原子と共有結合で結合した構造をもつ。
(f) 氷の結晶は、1個の水分子に対して2個の水分子が水素結合で結合した構造をもつ。

- (1) 1 (2) 2 (3) 3 (4) 4 (5) 5 (6) 6

Ⅱ 次の文章を読み、各問に答えよ。(解答番号 ~)

窒素(N₂)と水素(H₂)を原料にしてアンモニアを合成する方法 () は を工業的に応用した例である。
その反応は、



と表され、アンモニアの生成に伴い発熱する。すべての気体は理想気体としてふるまうものとして、以下の各問に答えよ。

問1 と にあてはまる語句を、それぞれの選択肢(1)~(5)のうちから一つずつ選べ。

の選択肢

- (1) テルミット法 (2) モール法 (3) ハーバー・ボッシュ法
(4) オストワルト法 (5) アンモニアソーダ法

の選択肢

- (1) ヘスの法則 (2) ボイル・シャルルの法則 (3) ヘンリーの法則
(4) ルシャトリエの原理 (5) ファラデーの法則

問2 反応(A)が平衡に達しているとき、圧平衡定数 K_p を、濃度平衡定数 K_c 、気体定数 R [Pa·L/(K·mol)] および絶対温度 T [K] を用いて表した式を、次の(1)~(6)のうちから一つ選べ。

- (1) $\frac{1}{K_c(RT)^2}$ (2) $\frac{1}{K_cRT}$ (3) $\frac{RT}{K_c}$ (4) $\frac{(RT)^2}{K_c}$ (5) $\frac{K_c}{RT}$ (6) $\frac{K_c}{(RT)^2}$

問3 反応(A)に関する(a)~(e)の記述のうち、すべて正しいものを選んだ組合せはどれか。次の(1)~(9)のうちから一つ選べ。

- (a) 圧力一定で温度を上昇させると K_c の値は増加する。
(b) K_c の値は反応における触媒の有無とは関係しない。
(c) 正反応の反応速度は、反応が進むにつれて小さくなる。
(d) 温度一定で各気体の初濃度が2倍になると K_c の値も大きくなる。
(e) 平衡状態にあるときは正反応、逆反応ともに反応速度は0である。

- (1) (a), (b) (2) (b), (c) (3) (c), (e) (4) (d), (e) (5) (a), (b), (c)
(6) (a), (c), (d) (7) (a), (d), (e) (8) (b), (c), (d) (9) (b), (d), (e)

Ⅲ 次の文章を読み、各問に答えよ。(解答番号 ～)

硫黄の単体は、自然界では黄色固体として火山地帯で産出する。工業的には、a生ゴムから弾性ゴムを生成する過程で得られる。斜方硫黄、単斜硫黄、ゴム状硫黄などの同素体があるが、いずれも b水に不溶であり、硫黄原子は他の c4個の硫黄原子と結合した構造を有している。硫黄の反応性は酸素と同様に非常に高く、硫黄の単体は、d金を含む多くの元素と反応し、硫化物をつくる。そのうち、硫化鉄(Ⅱ)は、理科教育において、[ア]希塩酸との反応による硫化水素の発生実験にしばしば用いられる。硫化水素と多くの[イ]重金属イオンとの反応においては、特有の色を呈する硫化物沈殿を生じる。

硫黄の酸化物である二酸化硫黄は、硫黄単体や黄鉄鉱などを燃焼させると発生する。[ウ]二酸化硫黄を硫化水素水に作用させると溶液が白濁する。また、[エ]触媒存在下で空気中の酸素と反応すると、三酸化硫黄が得られる。この三酸化硫黄の生成反応は、接触法の工程のひとつである。接触法においては、その後、発煙硫酸を経て濃硫酸が製造される。

[オ]濃硫酸は、塩化ナトリウムと反応すると塩化水素を生成する。加熱した濃硫酸である[カ]熱濃硫酸は、水銀や銀を溶解し、二酸化硫黄を発生する。

問1 下線部 a ～ d の記述について、正誤の組合せとして正しいものを、次の(1)～(8)のうちから一つ選べ。

	a	b	c	d
(1)	正	正	正	正
(2)	正	誤	誤	正
(3)	正	正	誤	誤
(4)	正	誤	正	誤
(5)	誤	正	正	正
(6)	誤	正	誤	誤
(7)	誤	誤	正	誤
(8)	誤	誤	誤	正

問2 下線部 [ア] の反応により発生する気体と、同じ方法で捕集できる気体を生成する反応の実験操作を、次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 銅に希硝酸を加える。
- (2) ギ酸を濃硫酸とともに加熱する。
- (3) ホタル石に濃硫酸を加えて加熱する。
- (4) エタノールを濃硫酸とともに 160℃で加熱する。
- (5) 酢酸ナトリウム（無水塩）と水酸化ナトリウムの混合物を加熱する。

問3 下線部〔イ〕に関連する以下の実験手順を読み、次の問に答えよ。

<実験手順>

0.010 mol/L の硝酸銀を含む水溶液と 0.010 mol/L の硫酸亜鉛を含む水溶液を下図のようにそれぞれ 4 本の試験管に分ける。水素イオン濃度 $[H^+]$ を 1.0 $\mu\text{mol/L}$ (1.0×10^{-6} mol/L), 0.10 mmol/L, 0.010 mol/L, 1.0 mol/L になるようそれぞれ調製する。合計 8 本の試験管中の水溶液に硫化水素を通じて飽和させる。すべての水溶液をそれぞれろ過し、硫化銀 (溶解度積 $K_{sp} = 5.0 \times 10^{-51}$ (mol/L)³), あるいは硫化亜鉛 ($K_{sp} = 2.2 \times 10^{-18}$ (mol/L)²) の沈殿生成をそれぞれ確認する。

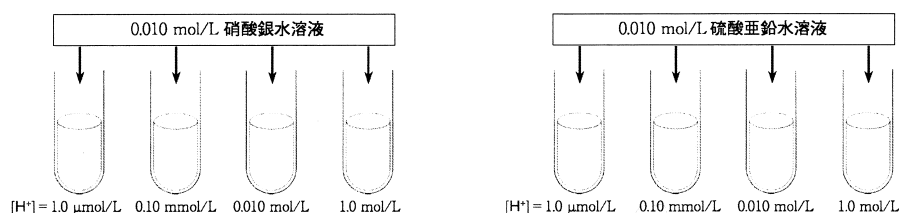
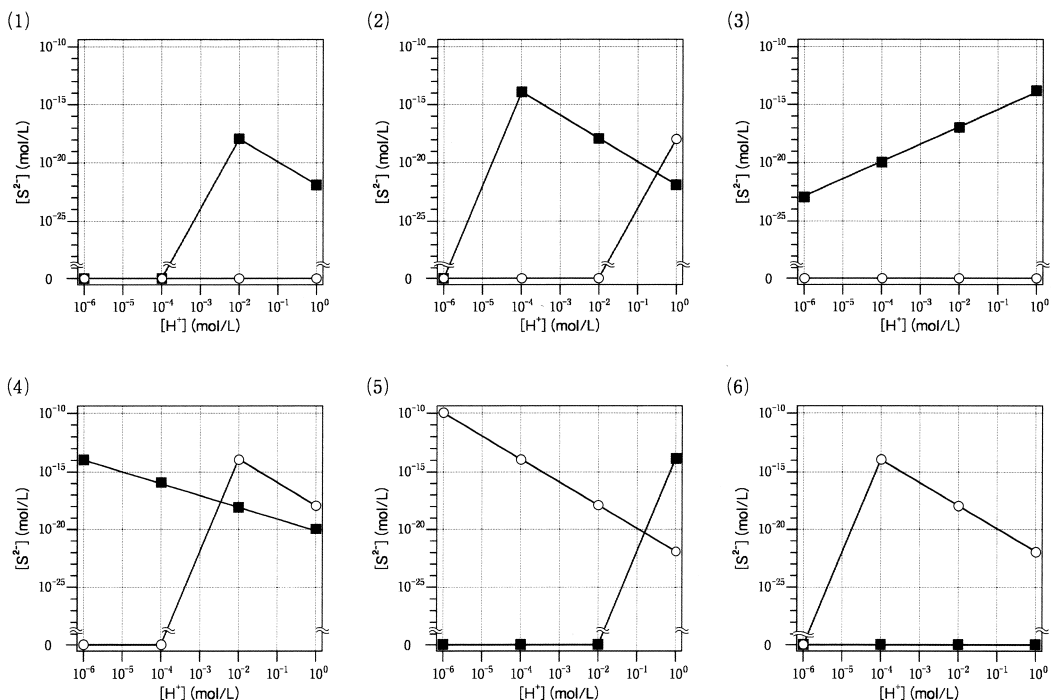


図 硫化物の沈殿生成実験用の溶液調製

実験を始める前に、各水素イオン濃度 $[H^+]$ ごとに、ろ液中に含まれる S^{2-} の濃度 ($[S^{2-}]$) を予測し、 $[H^+]$ を横軸、 $[S^{2-}]$ を縦軸としてグラフを作成した。硝酸銀水溶液の結果は○、硫酸亜鉛水溶液の結果は■でそれぞれ示した。<実験手順>における $[S^{2-}]$ と $[H^+]$ の関係を表すグラフとして最も適当なものを、次の(1)~(6)のうちから一つ選べ。ただし、硫化水素の飽和水溶液の濃度は、0.10 mol/L とする。また、硫化水素の 2 段階の電離平衡と、対応する電離定数 K_1 , K_2 は、それぞれ次式で表されるものとし、各水溶液に硫化水素を通じて $[H^+]$ は変化しないものとする。 10



問4 二重下線部の接触法において、三酸化硫黄から発煙硫酸を製造する装置を、次の(1)~(8)のうちから一つ選べ。 11

- (1) 溶鉱炉 (2) 接触炉 (3) 転炉 (4) 熱交換器 (5) 凝縮器
 (6) 冷却器 (7) 吸収塔 (8) 蒸留塔

問5 下線部〔ウ〕~〔カ〕について、それぞれの化学反応を下記にまとめた。各反応は主に、どの反応物の、どの性質を利用して起こるか。反応物とその性質がすべて正しいものを、次の(1)~(8)のうちから一つ選べ。 12

〔ウ〕 二酸化硫黄を硫化水素水に作用させると溶液が白濁する。

〔エ〕 触媒存在下で二酸化硫黄を空気中の酸素と反応させると三酸化硫黄が生成する。

〔オ〕 濃硫酸を塩化ナトリウムと反応させると塩化水素が生成する。

〔カ〕 熱濃硫酸を水銀や銀と反応させると二酸化硫黄が生成する。

	〔ウ〕	〔エ〕	〔オ〕	〔カ〕
(1)	硫化水素の還元作用	酸素の酸化作用	濃硫酸の不揮発性	濃硫酸の不揮発性
(2)	二酸化硫黄の還元作用	酸素の酸化作用	濃硫酸の脱水作用	濃硫酸の酸化作用
(3)	硫化水素の弱酸性	二酸化硫黄の酸化作用	濃硫酸の酸化作用	濃硫酸の脱水作用
(4)	硫化水素の還元作用	二酸化硫黄の酸化作用	濃硫酸の不揮発性	濃硫酸の酸化作用
(5)	二酸化硫黄の酸化作用	二酸化硫黄の還元作用	濃硫酸の不揮発性	濃硫酸の酸化作用
(6)	硫化水素の弱酸性	二酸化硫黄の還元作用	濃硫酸の脱水作用	濃硫酸の酸化作用
(7)	二酸化硫黄の酸化作用	酸素の酸化作用	濃硫酸の酸化作用	濃硫酸の不揮発性
(8)	硫化水素の還元作用	二酸化硫黄の弱酸性	濃硫酸の不揮発性	濃硫酸の脱水作用

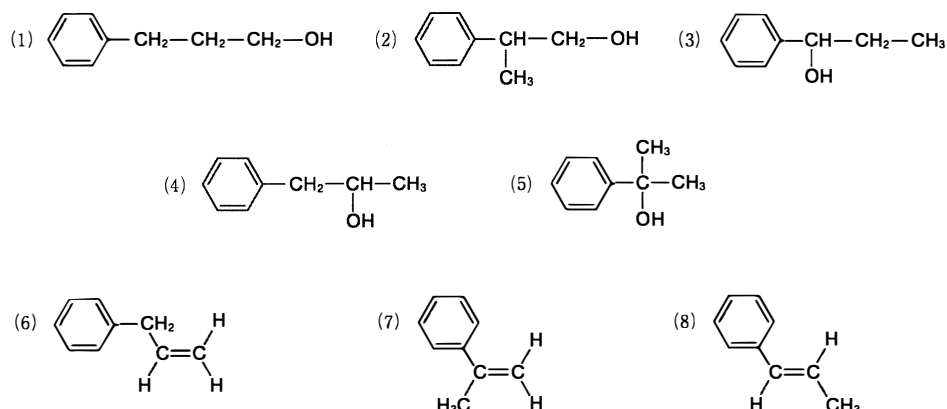
IV 次の文章を読み、各問に答えよ。ただし、鏡像異性体（光学異性体）は考慮しないこととする。（解答番号 ～ ）

分子式 $C_9H_{12}O$ で表されるベンゼンの一置換体 A, B, C, D, E をそれぞれ穏やかに酸化したところ、A, Bからはアルデヒド、C, Dからはケトンが生じた。E はほとんど酸化されなかった。

A, B, C, D, E の脱水反応により、A からは F, B からは G, C からは H と I, D からは G と H と I, E からは F がそれぞれ生じた。元素分析から、F, G, H, I の分子式はすべて C_9H_{10} であることがわかった。また、構造解析から、H と I は互いにシーストランス異性体（幾何異性体）の関係にあることがわかった。

問1 A, C, D, F にあてはまる化合物の構造式を、次の(1)～(8)のうちからそれぞれ一つ選べ。

A: , C: , D: , F:



問2 G と H と I の混合物に臭素(Br_2)を作用させて得られたベンゼンの一置換体（分子式 $C_9H_{10}Br_2$ ）のうち、構造異性体の数は 個、不斉炭素原子を1個以上もつ構造異性体の数は 個であった。また、G と H と I の混合物に塩化水素を作用させて得られたベンゼンの一置換体（分子式 $C_9H_{11}Cl$ ）のうち、構造異性体の数は 個、不斉炭素原子を1個以上もつ構造異性体の数は 個であった。

～ にあてはまる数字を、次の(1)～(9)のうちからそれぞれ一つ選べ。必要があれば、同じ数字を何回選んでもよい。

(1) 1 (2) 2 (3) 3 (4) 4 (5) 5 (6) 6 (7) 7 (8) 8 (9) 9

問3 F に等モルの水素(H_2)を付加反応させて得られた化合物 を、酸素を用いて酸化したのち、硫酸で分解すると化合物 と化合物 が得られる。化合物 は塩化鉄(III)水溶液と反応し、特有の紫色に呈色する。

～ にあてはまる適切な化合物名を、次の(1)～(9)のうちからそれぞれ一つ選べ。

- | | | |
|-------------|---------------------|-----------------|
| (1) アセトン | (2) 2-プロパノール | (3) ナトリウムフェノキシド |
| (4) アセトアニリド | (5) クメン（イソプロピルベンゼン） | (6) ベンズアルデヒド |
| (7) フェノール | (8) プロペン | (9) アセトアルデヒド |

V 次の文章を読み、各問に答えよ。

化合物の分子量は、凝固点や浸透圧の測定などによって求めることができる。凝固点の測定では、溶媒と溶液の凝固点をそれぞれ測定することで分子量が求まる。また、浸透圧の測定では、図のような中央に半透膜のある左右対称の U 字管を用い、次の手順で測定する液面の高さの差 h [cm] から分子量が求まる。(1) U 字管の一方の側に化合物の水溶液を、もう一方の側に水溶液と同じ体積の純水をそれぞれ注ぎ、液面の高さが同じであることを確認する。(2) 平衡に達するまで静置した後生じる液面の高さの差 h [cm] を測定する。

問1 非電解質である平均分子量 1.00×10^4 の高分子化合物 1.00 g を 27.0°C で 1.00 kg の水に溶かした水溶液 A の凝固点降下度 Δt [K]、および浸透圧の測定によって観測される液面の高さの差 h [cm] はそれぞれいくつか。理論値を計算せよ。3桁目を四捨五入して、有効数字2桁で記せ。計算過程も記せ。ただし、U字管全体の温度は 27.0°C で恒温に保たれ、水溶液 A と純水の密度は 1.00 g/cm^3 、水溶液 A の浸透圧はファン・ホッフの法則に従うものとする。

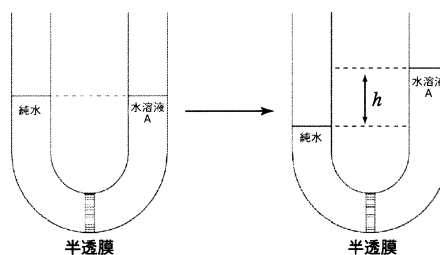


図 (左) 浸透圧測定の概略図と (右) 大気圧下における浸透の様子

問2 問1 の高分子化合物の Δt [K] と h [cm] の実測を試みた。温度測定には 0.1°C (0.1 K) の精度の温度計を、高さ測定には 1 mm の精度の定規をそれぞれ使うこととした。高分子化合物の平均分子量を精度よく求めるには、凝固点測定と浸透圧測定のどちらがより適しているか。理由を記述せよ。

VI

次の文章を読み、各問に答えよ。

金属元素の多くは空气中で酸化され、金属表面には酸化物ができる。また、ほとんどの非金属元素は高温で酸化される。多種多様な酸化物は、それぞれの化学的な特徴や反応性から、塩基性酸化物、酸性酸化物、両性酸化物に大別される。表のように同一周期元素と比較すると、周期表上で右にある元素の酸化物ほど酸性が強くなり、左にある元素の酸化物ほど塩基性が強くなる。表には、それぞれの元素の酸化数が最も大きい酸化物を示した。

表 第3周期元素の主な酸化物と水酸化物・オキシ酸

族	2	13	14	15	17
元素記号	Mg	Al	Si	P	Cl
酸化物	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	(a)	(b)
分類	塩基性	両性	(d)	酸性	酸性
水酸化物・オキシ酸	Mg(OH) ₂	Al(OH) ₃	(c)	H ₃ PO ₄	HClO ₄
液性	弱塩基性	—	—	酸性	強酸性

問1 空欄(a)～(c)にあてはまる化学式をそれぞれ記せ。

問2 次の文章中の〔ア〕にあてはまる化合物の化学式と、下線部〔イ〕の用途に使われる理由をそれぞれ記せ。

Mgと同じ第2族の元素の酸化物〔ア〕は、水との反応により、液性が強塩基性を示す水酸化物を生成する。この水酸化物の水溶液に希硫酸を加えると白色沈殿が生じる。得られる白色粉末は、〔イ〕医薬品として、主に、消化管の病変部の形状などを検査するときに用いられる。

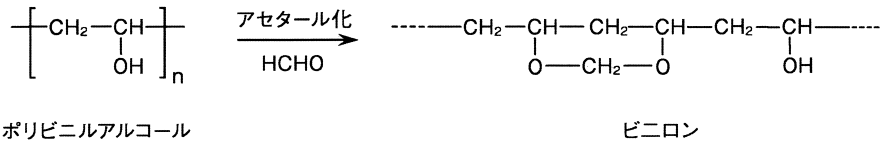
問3 空欄(d)にあてはまる酸化物の分類を記せ。

問4 Alの酸化物 Al₂O₃と塩酸、および、Al₂O₃と水酸化ナトリウム水溶液との反応を化学反応式でそれぞれ記せ。

問5 Al₂O₃に関連する次の文章中の下線部〔ウ〕の特徴があらわれる理由と、下線部〔エ〕の用途に使われる理由をそれぞれ記せ。

一般には白色粉末である Al₂O₃であるが、Al₂O₃が主成分の結晶であるルビーは、〔ウ〕美しい赤色の宝石として天然に産出される。ルビーが人工合成されるようになってからは、〔エ〕精密機械の部品や固体レーザー素子などに用いられている。

Ⅵ 合成繊維ビニロンは、ポリビニルアルコールのアセタール化により、次の化学反応式のように合成される。ビニロンに関する以下の各問に答えよ。問2は、小数点以下を四捨五入した整数で答えよ。



問1 アセチレンからポリビニルアルコールを合成する方法について、化学反応式を用いて説明せよ。

問2 ポリビニルアルコール 100 g を質量パーセント濃度 30% のホルムアルデヒド水溶液で部分的にアセタール化すると、105.44 g のビニロンが合成された。

- (1) ポリビニルアルコールのヒドロキシ基の何%がアセタール化されたかを求めよ。
- (2) この反応に必要な質量パーセント濃度 30% のホルムアルデヒド水溶液の質量 [g] を求めよ。

