

化 学

30

(前 期 日 程)

「解答はじめ」の合図があるまでは問題冊子を開いてはいけません。

解答する上で必要があれば、次の数値を用いること。

原子量： H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Al = 27.0, Si = 28.0,
S = 32.0, Cl = 35.5, K = 39.0, Mn = 55.0, Cu = 63.5, Br = 80.0

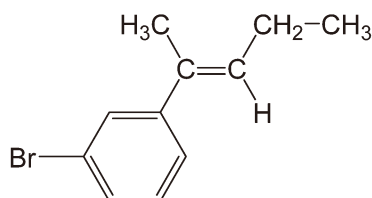
気体定数： $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$, $0.0821 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

理想気体のモル体積 (0°C , $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$)： 22.4 L/mol

文字数が制限されている解答においては、該当するまず目に文字、記号、数字（添字を含む）を一つずつ記入すること。句読点も一文字に数えること。

構造式は次の例にならって記すこと。



注 意 事 項

1. 問題冊子は1ページから10ページまでの綴りでできています。「解答はじめ」の合図の後、ページの落丁、乱丁あるいは印刷の不鮮明なものがあれば、手をあげて試験監督者に申し出てください。
2. 問題は5問あります。それぞれに解答用紙が1枚ずつ、合計5枚あります。5枚の解答用紙の全てに受験番号を必ず記入してください。
3. 解答は該当する解答用紙の解答欄に記入してください。
4. 問題冊子の空白ページや余白は、計算や下書き用紙として使用してください。
5. 問題冊子は、試験終了後、持ち帰ってください。

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

結晶中では、その構成粒子である原子、イオンまたは分子が、規則的に密に配列しており、結晶の密度は気体に比べて著しく大きい。結晶の構成粒子は、イオン結合、共有結合、金属結合または分子間力により結びついている。

イオン結晶はイオン結合でできており、陽イオンと陰イオンが（ア）力で結びついている。陽イオンと陰イオンは、金属原子中の価電子が非金属原子に移ることでつくられる。イオン結晶の結晶構造は、(A)イオンの大きさと密接に関係している。

共有結晶は共有結合でできており、共有結合は主に非金属元素の原子間で作られる。隣接する原子が互いに電子を出し合い、それらが共有電子対となって共有結合が形成される。

金属結晶は金属結合でできており、金属原子の価電子は結晶中を動き回ることできる（イ）電子となる。そのため、**Cu** や **Al** などの金属は高い（ウ）性を示し、導線として用いられる。

分子結晶は分子間力でできている。分子間力は、（エ）力や水素結合などに由来する。無極性分子間に働く（エ）力は分子の分子量が大きいほど大きくなり、価電子を持たない **Ne** や **Ar** も低温で結晶をつくる。一方、水素結合は（オ）の大きい原子が隣接分子中の水素原子を仲立ちとして生じる結合であり、氷の結晶中にも見られる。

問1 （ア）～（オ）にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問2 以下の(a)～(h)の物質から常温でイオン結晶であるもの、分子結晶であるものをそれぞれすべて選び、記号で答えよ。

- (a) ケイ素 (b) アマルガム (c) ヨウ素 (d) 酸化マグネシウム
(e) 二酸化ケイ素 (f) ダイヤモンド (g) ブドウ糖 (h) 塩化セシウム

問3 下線部(A)のイオンの大きさに関して、以下の原子がそれぞれ安定な電子配置をもつイオンになった場合、イオンの大きさが最も大きいイオンと最も小さいイオンをそれぞれイオン式で答えよ。

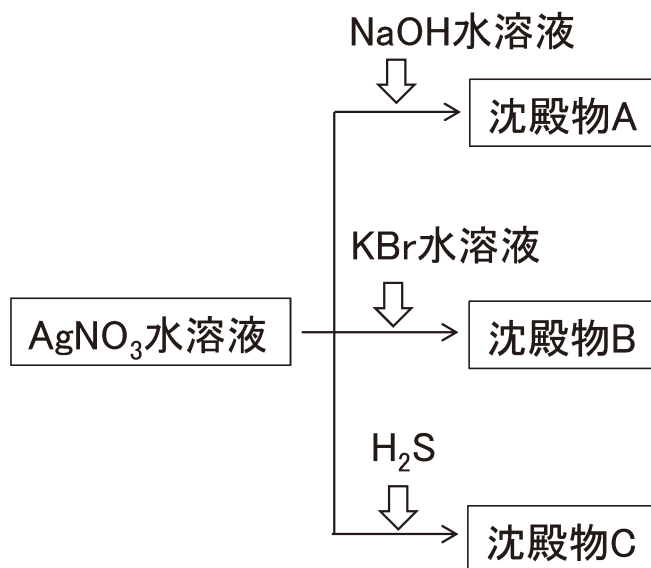
Na Al Ca O S Cl

問4 Cuの結晶格子は面心立方格子であり、単位格子の一辺の長さは0.36 nmである。体積1.0 cm³のCu中に存在するCu原子の数は何個か、有効数字2桁で答えよ。

問5 氷の0 °Cにおける密度は、0.92 g/cm³である。体積1.0 cm³の氷中に存在する水分子の数は何個か、有効数字2桁で答えよ。

問6 問5の体積1.0 cm³の氷に熱を加え続けると、100 °Cですべて水蒸気になった。1.01×10⁵ Paにおいてこの100 °Cの水蒸気の体積は何cm³か、有効数字2桁で答えよ。ただし、水蒸気は理想気体として振舞うものとする。

2



〔 I 〕 図に銀イオンの反応を示す。以下の問いに答えよ。

問 1 Ag は濃硝酸に溶ける。この反応を化学反応式で記せ。

問 2 AgNO₃ 水溶液に NaOH 水溶液, KBr 水溶液を加える, または H₂S を通じると, 沈殿物が生じる。沈殿物 A, 沈殿物 B, および沈殿物 C の化学式を, それぞれ記せ。

問 3 AgNO₃ 水溶液に加えても沈殿を生じないものはどれか。下記の(ア)～(エ)から適切なものを 1 つ選び, 記号で答えよ。

(ア) HF 水溶液 (イ) HCl 水溶液 (ウ) KI 水溶液

(エ) K₂CrO₄ 水溶液

問 4 沈殿物 A を加熱すると分解して気体が生成する。この反応を化学反応式で記せ。

問 5 沈殿物 B に光をあてると分解する。この反応を化学反応式で記せ。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

化学反応は熱エネルギーを与えることによって起こる場合が多いが、与えた光エネルギーを物質が吸収することによって起こる化学反応もある。例えば、酸素 O_2 は暗所では安定であるが、(ア) 線を当てるとオゾンが生成する。オゾンは酸素 O_2 と互いに(イ)の関係であり、(i) 酸素 O_2 中で放電することによっても得られる。 オゾンは分解されやすく、このときに強い(ウ)作用を示す。このため、(iii) 水に湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙を青紫色に変えることで検出することができる。

一方で、(iii) 化学反応がおきるとき、物質がもつ化学エネルギーを光として放出することがある。この例として(エ)反応があり、(エ)が塩基性水溶液中でオゾンなどによって(ウ)されると、明るく青い光を発する。この反応は、血液中の成分によって促進されるため^{けっこん}血痕の検出に用いられている。

問6 (ア)～(エ)に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問7 下線部(i)に関して、ある体積の酸素 O_2 中で放電を行ったところ、酸素 O_2 の一部がオゾンに変化したために、全気体の占める体積が 1.0%減少した。このとき、オゾン以外の生成物がなかったとすると、放電後の気体に含まれるオゾンの体積百分率は何%か。有効数字2桁で答えよ。ただし、すべての気体は理想気体としてふるまい、反応によって温度と圧力は変化しないとする。

問8 下線部(ii)でおきる色の変化は、ヨウ素が生成しヨウ素デンプン反応がおこるためである。このヨウ素が生成する反応の化学反応式を記せ。

問9 下線部(iii)に関して、この現象を何というか。漢字4字で記せ。また、この現象と最も関連の深いものを(a)～(c)の中から一つ選び、記号で答えよ。

- (a) ネオンなどの気体を放電管に封入したネオンサインが光を発する
- (b) ホタルが光を発する
- (c) 水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液に光を当てると、光の進路が明るく輝いて見える

次の操作 1～操作 3 でそれぞれ溶液をつくった。これらの溶液の pH の求め方に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。ただし温度は 25°C で一定とし、酢酸の電離定数 K_a は $2.8 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、水のイオン積 K_w は $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とし、 $[X]$ は X のモル濃度を表すものとする。 $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 2.4 = 0.38$, $\log_{10} 2.8 = 0.45$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\sqrt{2} = 1.4$ とする。

操作 1 : 0.10 mol/L の酢酸水溶液 15 mL に、 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 5.0 mL を加えた。

NaOH を加えると中和反応がおこり、溶液中に残る CH_3COOH の物質量は (ア) mol となる。中和反応で生じる CH_3COONa は、水溶液中で完全に電離する。このとき、中和されずに残った CH_3COOH の電離により生ずる CH_3COO^- の物質量は、NaOH を加えて生じた CH_3COO^- の物質量に比べてわずかで、無視することができる。混合後の体積を考慮して $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ は (イ) mol/L, $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ は (ウ) mol/L となるので、これらを CH_3COOH の電離定数の式に代入して $[\text{H}^+]$ が求まる。これより pH は (エ) となる。

操作 2 : 0.10 mol/L の酢酸水溶液 500 mL に、 0.10 mol/L の酢酸ナトリウム水溶液 500 mL を加えた。この溶液に 5.0 mol/L の塩酸 2.0 mL をさらに加えた。

HCl を加える前の溶液中にある CH_3COOH と CH_3COONa の物質量は等しいので、 $[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{CH}_3\text{COO}^-]$ とみなすことができ $K_a = [\text{H}^+]$ となる。従って HCl を加える前の pH は (オ) である。HCl を加えて生じる H^+ は CH_3COO^- と反応して CH_3COOH になる。加えた HCl の物質量は (カ) mol であるので、全体の体積は変化しないものとする、HCl を加えた後の $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ は (キ) mol/L, $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ は (ク) mol/L となる。これらを CH_3COOH の電離定数の式に代入して $[\text{H}^+]$ が求まる。これより pH は (ケ) となる。

操作 3 : 濃塩酸を水で希釈して 1.0×10^{-3} mol/L の塩酸 (I) と 2.0×10^{-7} mol/L の塩酸 (II) をつくった。

塩酸 (I) では水の電離の寄与を無視することができ、pH は (コ) となる。しかし塩酸 (II) は、HCl の濃度が低いので水の電離を考慮する必要がある。水溶液中に含まれる正電荷と負電荷を持つイオンの濃度は等しいから、 $[H^+] = [OH^-] + [Cl^-]$ である。HCl は完全に電離するので、 $[Cl^-]$ は (サ) mol/L である。 $[OH^-] = K_w/[H^+]$ であるから $[H^+]$ について次の二次方程式が成り立つ。

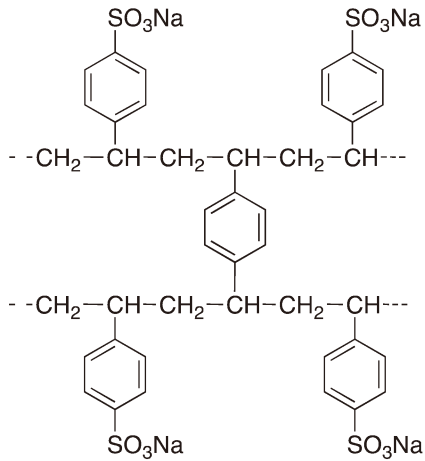
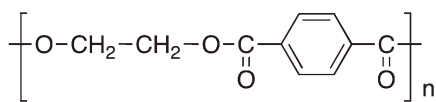
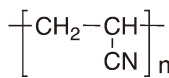
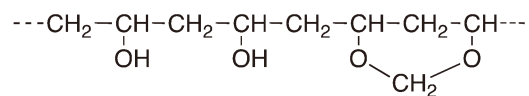
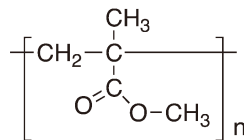
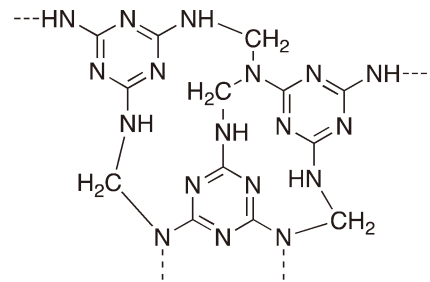
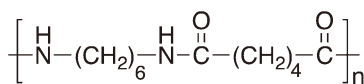
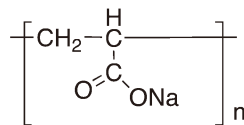
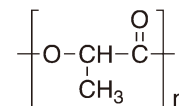
$$[H^+]^2 - (\text{サ}) [H^+] - K_w = 0$$

これを解くと $[H^+]$ が求まる。これより塩酸 (II) の pH は (シ) となる。

問 1 (ア) ~ (シ) に適切な数値を 有効数字 2 桁 で記せ。

問 2 操作 1 でつくった溶液に少量の H^+ を加えると CH_3COO^- と反応する。また少量の OH^- を加えると CH_3COOH と反応する。いずれの場合も溶液の pH はほとんど変化しない。このような溶液を何とよぶか。

下記の構造式で示されるポリマー**A**～**I**について、以下の問いに答えよ。

**A****D****B****C****E****F****G****H****I**

問1 下記の(あ)～(お)の用途で使われるポリマーは、主に**A**～**I**のいずれかの構造を含んでいる。それぞれの用途で最も適切なものを、**A**～**I**の中から一つ選び、記号で答えよ。

- (あ) イオン交換樹脂 (い) 生分解性プラスチック (う) 毛布用の繊維
(え) プラスチックレンズ (お) 吸水性高分子

問2 **B**, **C**, **E**, **H**のポリマーの名称を記せ。

問3 **B~I** から熱硬化性樹脂をすべて選び，記号で答えよ。

問4 モノマーから合成するとき，**B~G** は (か) 付加重合，(き) 付加重合とその後の化学反応，(く) 縮合重合，(け) 付加縮合のいずれの反応によってつくられるか。それぞれ最も適切なものを一つ選び，記号で答えよ。

炭素、水素、酸素のみからなる分子量 108 のベンゼン環を有する化合物 **A**, **B**, **C** がある。これらについて以下の実験を行った。

実験 1 : 化合物 **A**, **B**, **C** を元素分析したところ、いずれの化合物も成分元素の質量百分率は炭素 77.7%, 水素 7.5%, 酸素 14.8%であった。

実験 2 : 化合物 **A**, **B**, **C** それぞれに金属ナトリウムを作用させたところ、化合物 **A** と **B** からは^(ア)可燃性の気体が発生したが化合物 **C** は変化が認められなかった。

実験 3 : 化合物 **A**, **B**, **C** それぞれに塩化鉄 (Ⅲ) 水溶液を加えたところ、化合物 **A** のみが呈色した。

実験 4 : 化合物 **A** をニトロ化すると、ベンゼン環に直接ついている水素原子の 1 つだけがニトロ基で置換された^(イ)3つの異性体の混合物が得られた。

実験 5 : 化合物 **B** と酢酸の混合物に濃硫酸を加えて加熱すると、甘い香りのする化合物が得られた。

問 1 化合物 **A**, **B**, **C** の分子式を記せ。

問 2 化合物 **C** の構造式を記せ。

問 3 下線部 (ア) の気体を化学式で答えよ。

問 4 **実験 4** で得られた下線部 (イ) の 3 つの異性体の構造式を記せ。ただしニトロ化は、非共有電子対を有する原子が直接結合しているベンゼン環の炭素の *o*-位あるいは *p*-位で進行するものとする。

問 5 化合物 **A** の名称を答えよ。

問 6 **実験 5** の反応を化学反応式で記せ。ただし有機化合物は構造式で記述すること。