

令和6年度(2024年度) C方式入学試験問題

化 学 (5問・70分)

1. 問題1～5のすべての問題に解答すること。
2. 解答は解答用紙の指定欄に記入し、解答用紙のみ提出すること。
3. 問題用紙は持ち帰ること。

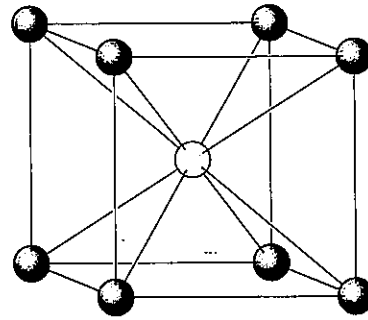
[注意] 数値で答える場合には、特に指定しない限り四捨五入して有効数字2桁で答えなさい。

必要なときは、次の数値を用いなさい。

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

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16

問題 1 図のような単位格子の中心に A^+ イオン，周囲に B^- イオンが配置するイオン結晶 AB について以下の問 1～5 に答えなさい。ただし， $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ ， $1 \mu\text{g} = 10^{-6} \text{ g}$ であり，有効数字 3 桁で答えなさい。



問 1 単位格子中に B^- イオンは何個含まれているか答えなさい。

問 2 単位格子の各辺の長さが $a(\text{\AA})$ であるとき，単位格子の体積 (\AA^3) を， a を用いて示しなさい。

問 3 0.100 mm 四方のイオン結晶 AB には何個の AB が存在しているか， a を用いて示しなさい。

問 4 0.100 mm 四方のイオン結晶 AB の重さは $4.00 \mu\text{g}$ である。この結晶の密度 (g/cm^3) を求めなさい。

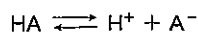
問 5 このイオン結晶 AB の式量を求めなさい。ただし， $a = 4.12$ とする。計算式も書くこと。

問題 2 次の文章を読み、問 1～6 に答えなさい。

水に溶けて、 H^+ (H_3O^+) を生じる物質を酸、 OH^- を生じる物質を塩基とする酸・塩基の定義を(あ)の定義という。アンモニアを水に溶かすと、(ア)を示す。これは、アンモニア分子が水分子から(イ)を奪って、水溶液中に(ウ)が生じるからである。また、 H^+ を相手に与える物質を酸、 H^+ を相手から受け取る物質を塩基とする酸・塩基の定義を(い)の定義という。

酸や塩基のような電解質が水に溶けているとき、溶けている電解質全体のうち電離した電解質の割合を電離度という。濃度がある程度高いときでも電離度が1に近い酸や塩基を、それぞれ強酸、強塩基といい、電離度が1よりも著しく小さい酸や塩基を、それぞれ弱酸、弱塩基という。

弱酸 HA を水に溶かすと、水溶液中でその一部の分子が電離して、次のような化学平衡の状態になる。



このような電離による化学平衡を電離平衡という。電離のときの平衡定数を電離定数といい、HA の電離定数 K_a は

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

と表すことができる。

問 1 文章中の(あ)と(い)に当てはまる適切な語句を書きなさい。

問 2 文章中の(ア)～(ウ)に当てはまる適切なものを選び、その記号を書きなさい。

- ① 酸性 ② 塩基性 ③ H^+ ④ OH^-

問 3 水溶液が酸性または塩基性になる塩それぞれをすべて選び、記号で答えなさい。

- ① NaNO_3 ② CH_3COOK ③ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ④ K_2CO_3

問 4 濃度が c (mol/L) の弱酸 HA の水溶液において HA の電離度が α であるとき、HA の電離定数 K_a は、濃度 c と電離度 α を用いて、どのように書き表すことができるか、答えなさい。ただし、電離度 α は 1 よりも十分に小さいとする。

問 5 0.10 mol/L 酢酸 CH_3COOH 水溶液における酢酸の電離度は、同じ温度の 0.40 mol/L 酢酸水溶液における酢酸の電離度の何倍か、答えなさい。ただし、電離度は 1 よりも十分に小さいとする。

問 6 0.10 mol/L 酢酸水溶液の 25℃ での pH を答えなさい。答えは小数第二位を四捨五入して、小数第一位まで示すこと。また、計算過程も書くこと。ただし、25℃ での酢酸の電離定数は 2.7×10^{-5} mol/L、 $\log_{10} 2.7 = 0.43$ とする。

問題 3 窒素原子とその化合物に関する以下の文章を読み、問 1～5 に答えなさい。

窒素 N は、タンパク質や DNA などの生体物質や肥料、医薬品などに含まれる人類にとって欠かせない元素の一つである。窒素は周期表の 15 族に属し、原子は(あ)個の価電子をもつ。したがって、水素原子や酸素原子と共有結合を形成し、酸化数の異なるさまざまな化合物をつくる。

窒素と水素の化合物であるアンモニア NH_3 は N の酸化数が(い)の、刺激臭をもち塩基性を示す無色の気体である。塩化アンモニウム NH_4Cl と水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の混合物を加熱して発生させ、(う)置換で捕集する。

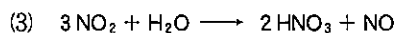
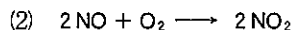
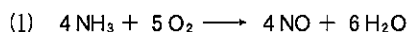
また、窒素は酸素とさまざまな割合で反応し、酸化数の異なる酸化物をつくる。

一酸化窒素 NO は N の酸化数が(え)の、中性で無色の気体であり、銅 Cu に希硝酸を加えて発生させ、(お)置換で捕集する。一酸化窒素は空気中ですみやかに酸化されて、二酸化窒素となる。

二酸化窒素 NO_2 は N の酸化数が(か)の、刺激臭をもつ赤褐色の有毒な気体で、銅 Cu に濃硝酸を加えて発生させ、(き)置換で捕集する。二酸化窒素は水と反応して硝酸と一酸化窒素になる。

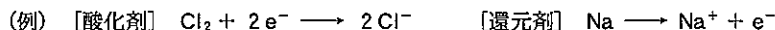
硝酸 HNO_3 は N の酸化数が(く)の、揮発性のある無色の液体で水に溶けやすい。硝酸は強い酸性を示すだけでなく、強い酸化力をもつため、水素よりもイオン化傾向の小さい金属とも反応する。たとえば、希硝酸は銀 Ag と反応して硝酸銀と一酸化窒素を与える。^①

硝酸はオストワルト法という次の手順で合成される。すなわち、(1)白金を触媒としてアンモニアを酸化し、(2)生じた一酸化窒素を空気酸化した後、(3)二酸化窒素を温水に吸収させて硝酸とする、の 3 工程である。^② 各反応の化学反応式を以下に示した。



問 1 文章中の(あ)～(く)に当てはまる語句または数字を書きなさい。

問 2 酸化還元反応での酸化剤および還元剤の電子の授受は、例に示したように、それぞれ電子 e^- を含むイオン反応式(半反応式)で表すことができる。下線部①について、希硝酸から一酸化窒素を生じる還元反応の半反応式を書きなさい。



問 3 問 2 で書いた半反応式と、0 価の銀が 1 価の銀イオンとなる酸化反応の半反応式をもとにして、下線部①の化学反応式を書きなさい。

問 4 下線部②の 3 工程からなるオストワルト法を、アンモニアから硝酸を生じる 1 つの化学反応式で示しなさい。

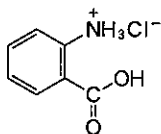
問 5 オストワルト法によって 68 kg のアンモニアから得られる 67 % の硝酸(密度 1.4 g/mL)は理論上何 L か答えなさい。

問 1 実験(I)について、分液ろうとを用いた分離操作の結果、2層に分かれた。上の層になるのは水溶液、ジエチルエーテル溶液のどちらか。ただし、ジエチルエーテルと水の密度はそれぞれ $0.71 \text{ g/cm}^3 (25^\circ\text{C})$ 、 $1.0 \text{ g/cm}^3 (25^\circ\text{C})$ であるとする。

問 2 実験(II)について、次の(1)および(2)に答えなさい。

- (1) 化合物Aの分子式を書きなさい。
- (2) 燃焼で生成した気体を塩化カルシウム管とソーダ石灰管に通すことによって、二酸化炭素の質量と水の質量を別々に測定することができる。どちらの管に先に通すべきか答えなさい。

問 3 化合物A, B, C, D, E, Fの構造式を構造式の例にならって書きなさい。



構造式の例

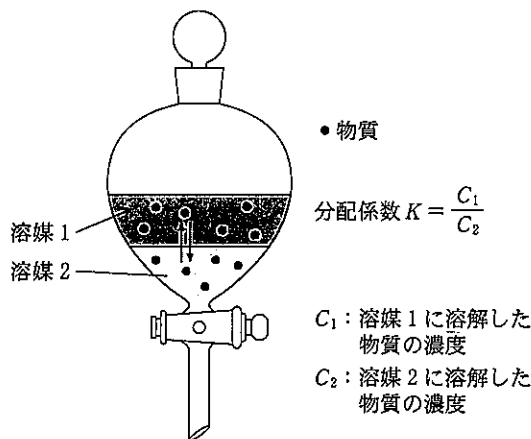
問 4 化合物A, B, Cの分子量を大きい順に左から並べたときの正しい組み合わせを、次のa~fから1つ選びなさい。

- a 化合物A > 化合物B > 化合物C
- b 化合物A > 化合物C > 化合物B
- c 化合物B > 化合物A > 化合物C
- d 化合物B > 化合物C > 化合物A
- e 化合物C > 化合物A > 化合物B
- f 化合物C > 化合物B > 化合物A

問 5 化合物Bにメタノールと少量の濃硫酸を作用させると得られる化合物Gの名称を書きなさい。なお、化合物Gは強い芳香をもつ無色の液体で、筋肉などの消炎鎮痛剤(湿布薬)として用いられる。

(2) 次の文章を読み、問6に答えなさい。

互いに混ざり合わない2種類の溶媒(溶媒1, 溶媒2とする)を用いた物質の抽出操作において、両溶媒どちらにも溶ける物質は2つの溶媒間を移動し、一定温度で平衡状態に達する。このとき、各溶媒中での物質の濃度を C_1 および C_2 とすれば、その濃度比 $\frac{C_1}{C_2} = K$ は一定となる。この値 K は分配係数と呼ばれ、抽出を行う際の重要な指標として使われている(右図)。

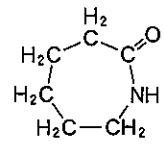
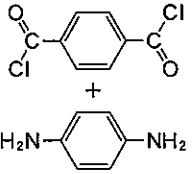
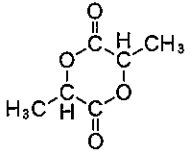


問 6 ヘキサンと水を用いて、物質Hを抽出する場合を考える。水 100 mL にHが 0.90 g 溶解した溶液にヘキサン 100 mL を加えてよく振り混ぜたとき、ヘキサンに移行したH

の質量(g)を求めなさい。ただし、操作中に溶液の体積は変化しないものとし、物質Hが溶けているヘキサン溶液および水溶液をそれぞれ $C_{\text{ヘキサン}}$ 、 $C_{\text{水}}$ とした場合の分配係数を $K = \frac{C_{\text{ヘキサン}}}{C_{\text{水}}} = 4.0$ とする。

問題 5 アミド結合やエステル結合をもつ高分子化合物は数多く、合成繊維や樹脂として用いられている。これらについて、問 1～5 に答えなさい。

問 1 以下の表の単量体ならびに単量体から得られる重合体の構造式ア～エを、ナイロン 66 の例を参考にしてそれぞれ答えなさい。

表		
重合体の名称	単量体	重合体
ナイロン 66	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH} \\ + \\ \text{H}-\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{N}-\text{H} \\ \qquad \qquad \\ \text{H} \qquad \qquad \text{H} \end{array}$	$\left[\text{CO}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH} \right]_n$
ナイロン 6		ア
アラミド		イ
ポリ酢酸ビニル	ウ	$\left[\text{CH}_2-\underset{\text{OCOCH}_3}{\text{CH}} \right]_n$
ポリ乳酸		エ

問 2 表から不斉炭素原子をもつ重合体を 2 つ選び、その名称を答えなさい。

問 3 表の単量体から重合体を得る反応が付加重合に相当するものを 1 つ選び、その重合体の名称を答えなさい。

問 4 ポリ酢酸ビニルを水酸化ナトリウム水溶液で加水分解するとポリビニルアルコールが得られる。また、これをアセタール化するとビニロンが得られる。以下の(1)と(2)に答えなさい。

(1) ポリ酢酸ビニル、ポリビニルアルコール、ビニロンのうち最も水に溶けやすいのはどれか。名称を答えなさい。

(2) ポリビニルアルコールからビニロンを得るために用いる化合物として適切なものを以下の中から 1 つ選び、書きなさい。

アセトン 無水酢酸 ホルムアルデヒド エチレングリコール ギ酸

問 5 近年では廃プラスチックの処理が問題となっていて高分子化合物のリサイクルが試みられている。以下のように、ペットボトルなどに用いられているポリエチレンテレフタレート (PET) の分解を試みた。(1)と(2)に答えなさい。

ペットボトルをハサミで細かく切り、5.0 g を量って三角フラスコに入れた。この三角フラスコにメタノール 50 mL と水酸化ナトリウム 5.0 g を加えて 65 °C で加熱したところ、だんだんと乳白色に濁ってきた。室温まで冷却したのち塩酸を 50 mL 加えたところ、沈殿物として **A** が析出してきた。沈殿物を吸引ろ過して 1 L の水で水洗したのち、乾燥させたところ、PET の原料となる化合物 **A** 4.0 g が得られた。

(1) 得られた化合物 **A** はなにか。構造式を問 1 の表の構造式を参考に書きなさい。

(2) 塩酸を加えたときに沈殿物が析出してきたのはなぜか。適切な理由を以下の a ~ e から 1 つ選び、記号で答えなさい。

- a 塩酸を加えることで PET が加水分解されたから。
- b 塩酸を加えることで PET の分解物の重合が進行して高分子が得られたから。
- c 塩酸を加えることで PET の分解物がイオン形から分子形になり溶けにくくなったから。
- d 塩酸を加えることで PET の分解物が塩酸塩となって溶けにくくなったから。
- e 塩酸を加えることで PET の分解物の構造はそのままでも溶解度が下がったから。