

後 期 日 程

令和 3 年度入学試験問題（後期日程）

化 学

（ 理 工 学 部 ）

——— 解 答 上 の 注 意 事 項 ———

1. 「解答始め」の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は全部で9ページあります。落丁、乱丁又は印刷不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせなさい。
3. 解答紙4枚と計算紙1枚は、糊付けされています。「解答始め」の合図があったら、初めにすべての用紙を丁寧に切り離しなさい。上手に切り離せない場合や誤って破いてしまった場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
4. 問題は①から④まで4問あります。解答は、必ず解答紙の指定された箇所に記入しなさい。
5. 計算問題においては、計算式も記述しなさい。
6. 解答しない問題がある場合でも、解答紙4枚すべてを提出しなさい。
7. 試験終了後、問題冊子と計算紙は持ち帰りなさい。

化 学

必要があれば，原子量および定数は以下の値を使いなさい。

H 1.0

C 12

O 16

Si 28

気体定数 $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

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

1

以下の実験に関する問いに有効数字2桁で答えなさい。

実験1：外部から圧力を変化させることができる体積一定の容器に、 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ の水 0.5 L と二酸化炭素を加えて、 $2.0\times 10^5\text{ Pa}$ の圧力を加えた。

実験2： $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ に保たれた 1.0 L の密閉できる容器に、 0.022 mol の二酸化炭素と 0.30 L の水を入れて、溶解平衡に達するまで放置した。

$1.0\times 10^5\text{ Pa}$ のとき、 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ の水 1.0 L に二酸化炭素は $8.0\times 10^{-2}\text{ mol}$ 溶けるものとする。気体はすべて理想気体とし、気体の溶解度と圧力の間にはヘンリーの法則が成り立つものとする。実験中に水はすべて液体状態で、気体の水への溶解にともなう水の体積変化、水の蒸気圧は無視できるものとする。また、水中の炭酸生成は考えないものとする。

- (1) 実験1の圧力状態で水に溶けている二酸化炭素の体積を求めなさい。
- (2) 実験2において、気体として存在している二酸化炭素の物質量を、二酸化炭素の分圧 P [Pa]を用いて表しなさい。
- (3) 実験2において、水に溶解している二酸化炭素の物質量を、二酸化炭素の分圧 P [Pa]を用いて表しなさい。
- (4) 実験2において、気体の二酸化炭素の分圧 P [Pa]を求めなさい。

2

ケイ素とその化合物に関する次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

ケイ素 (Si) は地殻中で酸素の次に多く存在する 族の元素であり、私たちの生活の中でも広く用いられている元素の一つである。①ケイ素の単体は、二酸化ケイ素を主成分とするけい砂を電気炉中で炭素を用いて還元することにより得られる。ケイ素の単体では、ケイ素原子は 個の価電子を使って他のケイ素原子と 結合しており、②ダイヤモンドと同じ構造を有する。電気伝導性は導体と絶縁体の中間の の性質を示し、集積回路や太陽電池などに用いられている。二酸化ケイ素は 性酸化物であり、たとえば、③水酸化ナトリウムとともに加熱すると反応する。得られた生成物に水を加えて加熱すると、 と呼ばれる無色透明な粘性の大きい液体が得られる。さらに、 の水溶液に酸を加えると が析出し、これを乾燥させたものが④シリカゲルである。ガラスは Na や Ca などを含むケイ酸塩でできており、ケイ素や酸素などの構成単位の配列に規則性がないため、ガラスの構造は であるといえる。また、佐賀県の産業の一つとして有田焼に代表される陶磁器産業が挙げられ、陶磁器はケイ素を含む原料を主原料として作られる。陶磁器は原料や焼成温度の違いにより土器・陶器・磁器に分類され、これらのうち、最も高い焼成温度で作られるのは である。また、ファインセラミックスにおいてもケイ素の化合物が用いられ、たとえば、耐熱材料としては炭化ケイ素や窒化ケイ素が使われ、窒化ケイ素の化学式は と書くことができる。

- (1) ～ にあてはまる適切な語句や化学式、数字を答えなさい。
- (2) 下線部①と③の化学反応式を書きなさい。
- (3) 下線部②に関して、立方体の形をとるケイ素単体の単位格子の一辺の長さを $5.4 \times 10^{-8} \text{ cm}$ とし、一つの単位格子に含まれるケイ素原子の数を 8 とし、ケイ素単体の密度 $[\text{g}/\text{cm}^3]$ を答えなさい。答は有効数字2桁で書きなさい。

- (4) 下線部④は脱臭剤や乾燥剤等に利用されている。その理由をシリカゲルの構造をもとに説明しなさい。

3 河川の汚染物質の一つとして有機化合物がある。この有機化合物は、過マンガン酸カリウム水溶液による酸化を利用して、その濃度を決定することができる。その操作1~4を記述した文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

操作1： 河川から採取した試料水100 mLを三角フラスコに入れ、硫酸を加えて試料溶液を酸性にした。なお、①試料水の塩化物イオン濃度は十分低いものとする。

操作2： 三角フラスコ中の試料溶液に 5.0×10^{-3} mol/Lの過マンガン酸カリウム水溶液を②正確に10 mL添加した。これを沸騰湯浴中でときどき振り混ぜながら30分間加温した。加温後の試料溶液は過剰の過マンガン酸イオンのため赤紫色を示した。

操作3： 次に三角フラスコ中の試料に、 1.0×10^{-2} mol/Lシュウ酸水溶液を正確に10 mL添加してよく振り混ぜた。③試料は無色になった。

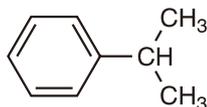
操作4： 60 °C程度に加温しながら三角フラスコ中にある過剰のシュウ酸イオンを 5.0×10^{-3} mol/L過マンガン酸カリウム水溶液を用いて滴定した。④終点までに2.0 mLを要した。

- (1) 下線部①において、塩化物イオン濃度が高いと操作4での過マンガン酸カリウム水溶液の滴下量が増加する。その理由を説明しなさい。
- (2) 下線部②で使用するのに最も適切な器具の名称を答えなさい。
- (3) 下線部③の化学反応式を書きなさい。
- (4) 下線部④において終点をどのように判断するか説明しなさい。
- (5) 操作2における過剰の過マンガン酸イオンの物質質量[mol]を計算しなさい。答は有効数字2桁で書きなさい。

- (6) 有機化合物の酸化に消費された過マンガン酸カリウムの物質質量[mol]を試料水1 Lあたりに換算して求めなさい。答は有効数字2桁で書きなさい。

- 4 有機化合物に関する次の文章を読んで問いに答えなさい。なお、構造式は例にならって示しなさい。

(構造式の例)



同一の分子式 $C_{11}H_{14}O_2$ で表されるベンゼン環を含む 2 種類のエステル A と B がある。エステル A を加水分解すると、化合物 C と化合物 D が得られた。一方、エステル B を加水分解すると、分子式 C_7H_8O で表される化合物 E と分子式 $C_4H_8O_2$ で表される化合物 F が得られた。

- (1) 61 mg の化合物 C をはかりとり、完全燃焼させると、二酸化炭素 154 mg, 水 27 mg が生成した。化合物 C の分子式を求めなさい。
- (2) 化合物 D の分子式を求めなさい。
- (3) 化合物 D にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えると、黄色の沈殿が生成した。化合物 D の構造式を示しなさい。
- (4) 化合物 E に塩化鉄(III)水溶液を加えると、青色に呈色した。化合物 E の構造として考えられる構造式をすべて示しなさい。
- (5) エステル B を加水分解したところ、未反応のエステル B, 化合物 E, 化合物 F の混合物が得られた。そこで、抽出により化合物 E と化合物 F の分離を行った。抽出に関する次の文章を読んで、 ～ にあてはまる適切な語句を、以下の選択肢から選びなさい。ただし、抽出操作では加水分解は起こらないものとする。

混合物のエーテル溶液に十分な量の を加え、抽出を行った。水層を除いた後、エーテル層にさらに十分な量の を加え、抽出を行った。 で抽出を行った水層に十分な量の を加えると が得られた。一方、 で抽出を行った水層からは、 を加えると が得られた。

選択肢

塩酸、炭酸水素ナトリウム水溶液、水酸化ナトリウム水溶液、飽和食塩水、蒸留水、エステル B、化合物 E、化合物 F