

理 科

理科は **物 理** **化 学** **生 物** のうち 2 科目を選択受験のこと。

物 理 …… 1 頁 **化 学** ……19 頁 **生 物** ……34 頁

問題 **I** はマークシート方式、**Ⅱ** は記述式である。

I の解答はマークシートに、**Ⅱ** の解答は解答用紙に記入すること。

〔注 意 事 項〕

1. 監督者の指示があるまでは、この問題冊子を開かないこと。
2. マークシートは、コンピュータで処理するので、折り曲げたり汚したりしないこと。
3. マークシートに、氏名・受験番号を記入し、科目選択・受験番号をマークする。
マークがない場合や誤って記入した場合の答えは無効となる。

受験番号のマーク例(13015の場合)

受 験 番 号				
1	3	0	1	5
万位	千位	百位	十位	一位
	①	●	①	①
●	①	①	●	①
②	②	②	②	②
③	●	③	③	③
④	④	④	④	④
⑤	⑤	⑤	⑤	●
⑥	⑥	⑥	⑥	⑥
⑦	⑦	⑦	⑦	⑦
⑧	⑧	⑧	⑧	⑧
⑨	⑨	⑨	⑨	⑨

4. マークシートにマークするときは、HBまたはBの黒鉛筆を用いること。誤ってマークした場合には、消しゴムで丁寧^{ていねい}に消し、消しくずを完全に取り除いたうえで、新たにマークし直すこと。
5. 下記の例に従い、正しくマークすること。
(例えばcと答えたいとき)

正しいマーク例

a	b	●	d	e	f	g
---	---	---	---	---	---	---

誤ったマーク例

a	b	○	d	e	f	g
a	b	✓	d	e	f	g
a	b	●	d	e	f	g
a	b	●	d	e	f	g

○をする
✓をする
完全にマークしない
枠からはみ出す

6. 各科目とも基本的に正解は一つであるが、科目によっては二つ以上解答を求めている場合があるので設問をよく読み解答すること。
7. 解答は所定の位置に記入すること。

化 学

必要なら次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32, Cl = 35,

K = 39, Cr = 52, Ag = 108, Ba = 137, アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$,

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$, ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$.

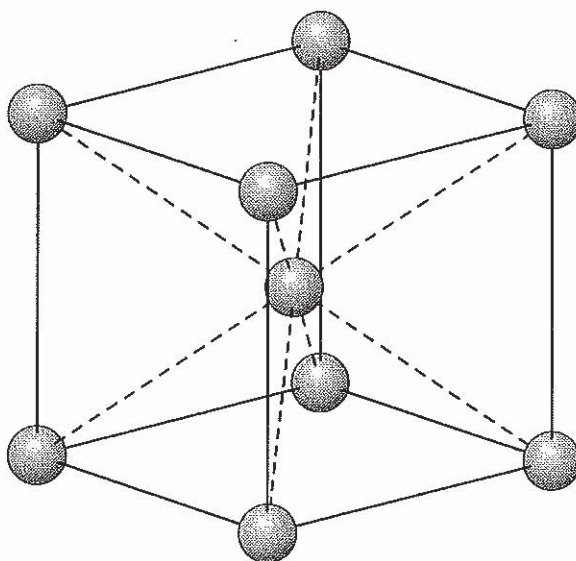
$\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 5 = 0.70$.

すべての気体は理想気体として扱うものとする。なお、 $1 \text{ hPa} = 1 \times 10^2 \text{ Pa}$ である。

I 以下の問題(第1問～第4問)の答えをマークシートに記しなさい。

第1問 クロム(Cr)は原子番号24の遷移元素である。クロムについて次の各問いに答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

問1 クロムの単体は下図のような体心立方格子の結晶構造をとり、密度は 7.2 g/cm^3 である。結晶内では最近接原子は互いに接触しているものとする。クロムの原子半径は何 cm か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 cm



$$\textcircled{1} \quad \frac{\sqrt{3}}{4} \times \sqrt[3]{24} \times 10^{-8}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{\sqrt{2}}{4} \times \sqrt[3]{24} \times 10^{-8}$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{\sqrt{3}}{4} \times \sqrt[3]{48} \times 10^{-8}$$

$$\textcircled{4} \quad \frac{\sqrt{2}}{4} \times \sqrt[3]{48} \times 10^{-8}$$

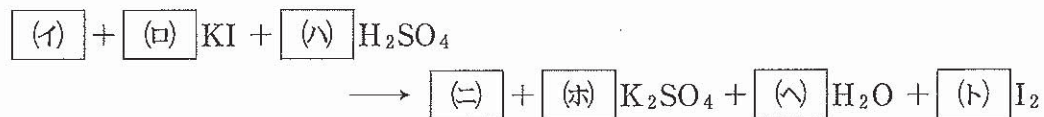
$$\textcircled{5} \quad \frac{\sqrt{3}}{2} \times \sqrt[3]{24} \times 10^{-8}$$

$$\textcircled{6} \quad \frac{1}{2} \times \sqrt[3]{24} \times 10^{-8}$$

問 2 クロム酸カリウムに関する以下の記述の中で誤っているものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 2

- ① 水溶液を硫酸酸性にすると赤橙色の溶液となる。
- ② 水溶液を硫酸酸性にすると二クロム酸イオンを生じる。
- ③ 酸性にした溶液を塩基性になると黄色の溶液となる。
- ④ クロム酸イオンと二クロム酸イオンのクロムの酸化数は二クロム酸イオンの方が大きい。
- ⑤ 水溶液に硝酸銀溶液を加えると暗赤色の沈殿が生じる。
- ⑥ 水溶液に硝酸鉛水溶液を加えると黄色の沈殿が生じる。

問 3 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液にヨウ化カリウムを加えたときの反応式は次のようになる。



空欄(イ)～(ト)に当てはまる数値または化学式の組み合わせで正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

3

	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)
①	K_2CrO_4	4	4	Cr_2O_3	4	4	2
②	K_2CrO_4	6	4	$\text{Cr}(\text{SO}_4)_3$	1	4	3
③	K_2CrO_4	6	7	$\text{Cr}(\text{SO}_4)_3$	6	7	3
④	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	4	2	Cr_2O_3	2	2	2
⑤	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	6	7	$\text{Cr}(\text{SO}_4)_3$	4	7	3
⑥	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	6	7	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$	4	7	3

問 4 硫酸クロム(Ⅲ)、硫酸カリウム、および結晶水からなる複塩結晶 49.9 g を加熱して無水物としたところ、質量が 21.6 g 減少した。得られた無水物を水に溶かし充分量の塩化バリウムを加えたところ 46.6 g の沈殿が生じた。次の問い(a), (b)に答えなさい。

(a) この複塩結晶中の硫酸クロム(Ⅲ)と硫酸カリウムの物質量の比(硫酸クロム(Ⅲ)：硫酸カリウム)はいくらか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 4

- ① 1 : 1 ② 1 : 2 ③ 1 : 3
④ 2 : 1 ⑤ 3 : 1 ⑥ 2 : 3

(b) この複塩結晶の組成式で正しいものを①～⑧の中から一つ選びなさい。

5

- ① $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ② $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
③ $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ④ $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
⑤ $\text{K}_2\text{Cr}(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ⑥ $\text{K}_2\text{Cr}(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
⑦ $\text{K}_2\text{Cr}(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ⑧ $\text{K}_2\text{Cr}(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

問 5 塩化クロム(Ⅲ)は組成式が $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ で H_2O または塩化物イオンが配位している正八面体 6 配位の錯塩である。この錯塩 5.30 g を水に溶かし、硝酸銀を充分量加えたところ、塩化銀の沈殿が 2.86 g 生じた。次の問い(a), (b)に答えなさい。

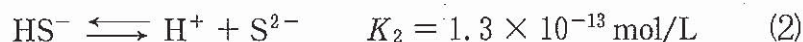
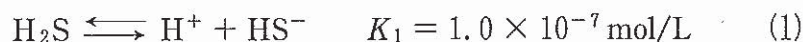
(a) この塩化クロム水溶液中の錯イオンはどれに相当するか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 6

- ① $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ ② $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]^{2+}$
③ $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]^+$ ④ $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]^+$
⑤ $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]^-$ ⑥ $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]^{2-}$

(b) この錯イオンには何種類の立体異性体が考えられるか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 7

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

第2問 気体の硫化水素は水溶液中では、次のように2段階で電離し、それぞれの平衡定数を K_1 、 K_2 とする。



1013 hPa で水溶液 1 L に気体の硫化水素は pH によらず $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol}$ 溶解するものとする。ただし、気体の溶解による溶液の体積変化は無いものとし、温度は常に 25 °C とする。次の各問いに答えなさい。

[解答番号 ~]

問 1 気体の硫化水素を 1013 hPa にて飽和した水溶液中における HS^- の濃度は何 mol/L か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし、 K_2 は K_1 よりもはるかに小さく、 H^+ および HS^- の濃度は(1)の反応だけで決まるとする。 mol/L

- ① 1.0×10^{-8} ② 1.1×10^{-7} ③ 1.3×10^{-6}
④ 1.0×10^{-4} ⑤ 1.3×10^{-3} ⑥ 2.6×10^{-3}

問 2 気体の硫化水素の圧力を 9117 hPa にした時、 S^{2-} の濃度は何 mol/L か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし、気体の硫化水素の溶解は、ヘンリーの法則に従うとする。 mol/L

- ① 4.3×10^{-14} ② 1.3×10^{-13} ③ 3.9×10^{-13}
④ 1.3×10^{-12} ⑤ 4.3×10^{-12} ⑥ 3.9×10^{-11}

問 3 1013 hPa で気体の硫化水素を飽和させた水溶液の pH は 2 であった。その溶液中の S^{2-} の濃度は何 mol/L か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 mol/L

- ① 1.3×10^{-17} ② 1.3×10^{-16} ③ 1.0×10^{-10}
④ 1.0×10^{-7} ⑤ 1.3×10^{-5} ⑥ 1.0×10^{-4}

第3問 次の各問いに答えなさい。〔解答番号 1 ~ 8 〕

問1 化合物Aを合成するために、次の操作(i)~(iii)を行った。

- (i) ナトリウムフェノキシドに高温・高圧のもとで二酸化炭素を反応させた後、希硫酸を作用させて化合物Bを得た。一方、酢酸に十酸化四リンを作用させ化合物Cを得た。
- (ii) 化合物B 0.320 g と化合物C 0.270 g を試験管内にて混合し濃硫酸を加えた後、よく振り混ぜて加熱すると化合物A および化合物Dが生じた。
- (iii) 化合物Aを精製するために試験管の温度を室温まで戻した後、冷水を加え振り混ぜさらに試験管の氷冷により固体を析出させ、ろ過を行った。その後、固体を充分量の水で洗い水分を除去した。

次の問い(a)~(c)に答えなさい。

- (a) 操作(iii)で得られた固体は化合物Aと不純物で構成されていると考えられる。化合物Aは何か。適切なものを①~⑥の中から一つ選びなさい。

1

- ① アセチルサリチル酸 ② 安息香酸 ③ サリチル酸メチル
④ サリチル酸ナトリウム ⑤ 無水フタル酸 ⑥ ナフタレン

- (b) 化合物Dに関する記述として、誤りを含むものを①~⑥の中から一つ選びなさい。 2

- ① 化合物Dの酸性は、希塩酸や二酸化炭素の水溶液より弱い。
- ② 同じモル濃度の水溶液では、化合物Dよりも塩酸の方が電気を良く通す。
- ③ アセチレンに化合物Dを付加させた化合物は、合成樹脂の原料として利用される。
- ④ 化合物Dにエタノールを加え、濃硫酸を触媒として加えて温めると、エステルを生じる。
- ⑤ 化合物Dに炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、二酸化炭素が発生する。
- ⑥ 触媒を用いたエチレンの酸化によりできた化合物を、さらに酸化させると化合物Dになる。

(c) 固体に含まれる不純物中の主な化合物は何か。適切なものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 3

- | | |
|---------------|-------------|
| ① ナトリウムフェノキシド | ② サリチル酸 |
| ③ サリチル酸ナトリウム | ④ サリチル酸メチル |
| ⑤ 安息香酸 | ⑥ アセチルサリチル酸 |

問 2 固体に含まれる不純物の除去をさらに進め、化合物 A の純度がさらに高い結晶 0.330 g を得た。この結晶は化合物 A と不純物として問 1 (c) で解答した化合物のみが含まれると考えられる。結晶における化合物 A の純度は、結晶中の化合物 A あるいは不純物の量がわかれば算出することができる。不純物のみと反応して呈色する試薬(発色剤)を用いて、呈色した化合物の溶液に光を通過させ、この物質による光の吸収の程度(吸光度)を測定する。吸光度は一定の条件で呈色した物質の濃度に比例することが知られており、吸光度と濃度の関係が得られれば、結晶溶液の吸光度を測定することにより、結晶溶液中の呈色する物質濃度が計算でき、純度を算出できる。次の操作(iv), (v)を行った。

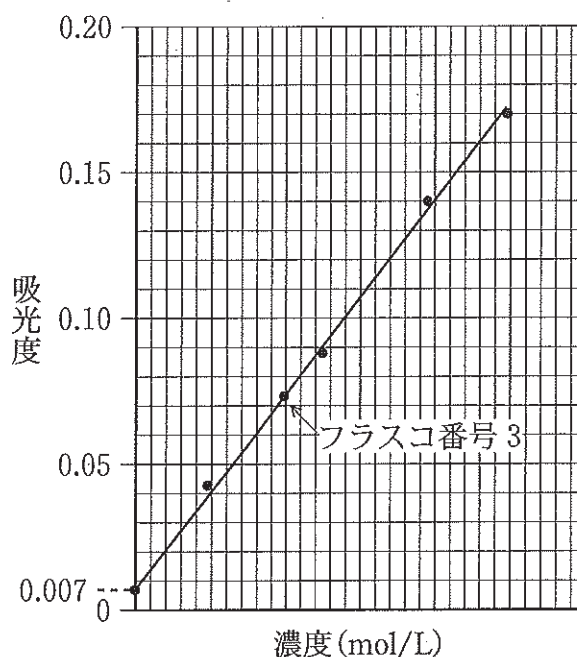
(iv) 発色剤により呈色する化合物 69.0 mg を含む 500 mL の標準溶液を調製した。メスフラスコ 6 本にそれぞれ一定量の発色剤を加えた上で、表に示したように異なる量の標準溶液を加えて 100 mL の溶液を調製し、それぞれの吸光度を測定した。

(v) 結晶 50.0 mg および実験(iv)で使用した同量の発色剤を含む 100 mL の溶液を調製し、この溶液の吸光度を測定した。

次の問い(a)~(e)に答えなさい。

フラスコ (番号)	標準溶液 (mL)	吸光度
1	0.0	0.007
2	2.0	0.041
3	4.0	0.073
4	5.0	0.087
5	8.0	0.140
6	10.0	0.173

※フラスコ番号1の吸光度は
発色剤の光の吸収による。



(a) 発色剤として適当なものはどれか。正しいものを①~⑥の中から一つ選
びなさい。 4

- ① 塩化鉄(Ⅲ)水溶液 ② さらし粉 ③ ヨウ素
④ ニンヒドリン水溶液 ⑤ 硫酸銅(Ⅱ)水溶液 ⑥ エタノール

(b) 実験(iv)で得られた結果をもとに、横軸に呈色した化合物の濃度
(mol/L)、縦軸に吸光度をとり、各測定点に最も近くなるように直線を引
いたところ、図のような直線となり縦軸上の切片は0.007となった。この
時、フラスコ番号3の測定結果がこの直線上に乗っていたとすると、直線
の傾きはいくつになるか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。

5

- ① 1.65×10^3 ② 1.68×10^3 ③ 1.73×10^3
④ 1.75×10^3 ⑤ 1.83×10^3 ⑥ 2.05×10^3

(c) 実験(v)の吸光度が 0.172 であったとすると、この結晶溶液中に含まれる呈色した化合物の濃度は何 mol/L か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 mol/L

- ① 8.05×10^{-5} ② 8.52×10^{-5} ③ 9.04×10^{-5}
④ 9.40×10^{-5} ⑤ 1.00×10^{-4} ⑥ 1.30×10^{-4}

(d) 結晶における化合物 A の純度は何%か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 %

- ① 80.2 ② 83.5 ③ 85.2
④ 92.6 ⑤ 93.3 ⑥ 97.2

(e) この実験で得られた結晶 0.330 g 中の化合物 A は、問 1 (ii) の条件から理論的に回収が見込まれる化合物 A の量に対して何%か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 54 ② 67 ③ 77
④ 84 ⑤ 90 ⑥ 96

第4問 次の各問いに答えなさい。〔解答番号

1

 ~

11

 〕

アミノ酸はその分子内に塩基性の(イ)基と酸性の(ロ)基を持ち、水溶液中ではイオンとして存在している。アミノ酸をアルコールに溶かし濃硫酸を少量加えて加熱すると(ロ)基が(ハ)化され酸の性質が失われる。またアミノ酸を無水酢酸と反応させると、(イ)基の水素が(ニ)基で置換され、塩基としての性質が失われる。同じ炭素原子に(イ)基と(ロ)基が結合したアミノ酸を α -アミノ酸という。以下に記されている α -アミノ酸はタンパク質を構成する α -アミノ酸を指すこととする。

7つの α -アミノ酸からなるペプチドⅠはそのペプチド内にリシン、X、Zの3種の α -アミノ酸を含んでいる。このペプチドⅠに適切な還元剤を作用させるとS—S結合が開裂し、ペプチドⅡとペプチドⅢの2つに分かれた。ペプチドⅡおよびⅢに対して塩基性アミノ酸のカルボキシ基側のペプチド結合のみを加水分解する酵素を作用させると、ペプチドⅡはペプチドⅣとペプチドⅤに分かれ、ペプチドⅢは反応しなかった。ペプチドⅢ、Ⅳ、Ⅴのそれぞれの水溶液に対して水酸化ナトリウム水溶液を加え、さらに少量の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると、ペプチドⅣの水溶液だけ赤紫色に呈色した。ペプチドⅢ、Ⅳ、Ⅴのそれぞれの水溶液に対して濃硝酸を加えて加熱後、塩基性になるとすべての水溶液が橙黄色になった。ペプチドⅤはXのみからなるジペプチドであり、分子量が500以下であった。

問 1 文中の(イ)～(ニ)に当てはまる言葉として最もふさわしいものを①～⑫の中から一つずつ選びなさい。ただし、同じ番号を何度選んでもよい。

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
1	2	3	4

- | | | |
|---------|--------|---------|
| ① アセタール | ② アセチル | ③ アミノ |
| ④ アルデヒド | ⑤ エステル | ⑥ カルボキシ |
| ⑦ スルホン | ⑧ ハロゲン | ⑨ ヒドロキシ |
| ⑩ フェニル | ⑪ ニトロ | ⑫ リン酸 |

問 2 文中の下線部は何という反応か。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 5

- | | |
|------------|---------------|
| ① ヨードホルム反応 | ② ニンヒドリン反応 |
| ③ テルミット反応 | ④ カップリング反応 |
| ⑤ ビウレット反応 | ⑥ キサントプロテイン反応 |

問 3 α -アミノ酸 X は炭素、水素、酸素、窒素のみからなり、元素分析の結果、6.60 g の X には酸素 1.28 g、水素 0.44 g、窒素 0.56 g が含まれていることがわかった。X の分子式はどのようなになるか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 6

- | | | |
|-------------------|---------------------|------------------------|
| ① $C_4H_8N_2O_3$ | ② $C_6H_{14}N_4O_2$ | ③ $C_6H_9N_3O_2$ |
| ④ $C_9H_{11}NO_2$ | ⑤ $C_9H_{11}NO_3$ | ⑥ $C_{11}H_{12}N_2O_2$ |

問 4 ペプチドⅣを完全に加水分解して得られた α -アミノ酸水溶液をろ紙の中央に少しつけ、乾燥させた後、pH 3.0 の緩衝溶液を用いて電気泳動を行った。最も移動した α -アミノ酸はどれか。またそのアミノ酸は陽極、陰極のどちらに移動したか。組み合わせとして正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 7

	α -アミノ酸	電極		α -アミノ酸	電極
①	リシン	陽極	④	リシン	陰極
②	X	陽極	⑤	X	陰極
③	Z	陽極	⑥	Z	陰極

問 5 α -アミノ酸 X の陽イオンと双性イオンの平衡における電離定数を K_1 、双性イオンと陰イオンの平衡における電離定数を K_2 とした時、それぞれの値が

$$K_1 = 1.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$K_2 = 8.0 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$$

であるとする、X の等電点はいくつになるか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 8

- ① 5.3 ② 5.5 ③ 5.7
④ 5.9 ⑤ 6.1 ⑥ 6.3

問 6 ペプチドⅡは何個の α -アミノ酸からできているか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 9 個

- ① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6 ⑥ 7

問 7 ペプチド I に関して次の問い(a), (b)に答えなさい。

- (a) ペプチド I にはリシン, X, Z がそれぞれ何個ずつ含まれているか。組み合わせとして正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 10

	リシン	X	Z		リシン	X	Z
①	1	4	2	④	2	4	1
②	2	3	2	⑤	2	2	3
③	3	2	2	⑥	1	3	3

- (b) ペプチド I のアミノ酸配列は何種類考えられるか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 11

① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6 ⑥ 7

Ⅱ 二酸化炭素と中和滴定に関連する次の各問いの答えを解答用紙に記しなさい。

問 1 次の文中の (イ) には適当な語句を記し, A , B および C にはふさわしい化学式を記しなさい。

炭酸ナトリウムは, 工業的には (イ) 法により製造される。この方法では, A の飽和水溶液を原材料とし, 気体 B と二酸化炭素を反応させることで C を析出させ, 生成した C を加熱分解して炭酸ナトリウムを得る。

C は, 工業的には同じ方法の中間生成物として得られるが, 実験室では, 炭酸ナトリウム水溶液に二酸化炭素を通じて作ることができる。

問 2 $5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の水酸化ナトリウム水溶液を 200 mL ずつ用意し, I 液, II 液とした。I 液には $2X \text{ [mol]}$ の二酸化炭素, II 液には $X \text{ [mol]}$ の二酸化炭素をそれぞれ完全に吸収させた。I 液, II 液のそれぞれにフェノールフタレインを加え, $1.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の塩酸で滴定したところ指示薬の色が変化するまでに, I 液は $A \text{ [mL]}$ を要し, II 液は $3A \text{ [mL]}$ を要した。次の問い(a)~(c)に答えなさい。ただし, 二酸化炭素の吸収による水酸化ナトリウム水溶液の体積変化は無いものとする。

(a) X の値を求めなさい。

(b) 二酸化炭素を反応させた後で, I 液中に存在する炭酸ナトリウムの物質量を求めなさい。

(c) II 液の中和点までに要した塩酸は何 mL であったか。

問 3 I 液について、フェノールフタレインを用いて中和点を決定した後、メチルオレンジを指示薬として加え、さらに $1.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の塩酸で滴定を続けた。指示薬の色が変化するまでにさらに何 mL を必要とするか。

問 4 II 液について、 $1.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の塩酸で上記 2 種類の指示薬を用いて滴定し、その滴定量から吸収された二酸化炭素の物質量を算出することにした。その時、誤ってメチルオレンジの代わりに変色域がより酸性の指示薬を用いてしまった。このときに測定された値から算出される二酸化炭素の物質量は、実際の物質量と比べてどの様になるか。その理由も含め 75 字以内で説明しなさい。