

問題・解答
用紙番号

15

の解答用紙に解答しなさい。

化 学

〈受験学部・学科〉

理工学部(生命科学科)、薬学部、
農学部(農業生産学科・応用生物科学科・食品栄養学科)

問題は100点満点で作成しています。

解答にあたっては、下記の注意事項に従うこと。

数字をマークするように求められたときは、次の例に従ってマークせよ。

例1. 問題に $\boxed{a} \boxed{b} . \boxed{c} \boxed{d}$ とあるとき、

計算結果が 7.103 ならば、四捨五入して $\boxed{a} \boxed{b} . \boxed{c} \boxed{d}$ 0 7 1 0 をそれぞれマークせよ。

例2. 問題に $C \boxed{a} H \boxed{b} \boxed{c} N \boxed{d} O \boxed{e}$ とあるとき、

答えが $C_2H_7NO_2$ ならば、 $\boxed{a} \boxed{b} \boxed{c} \boxed{d} \boxed{e}$ 2 0 7 1 2 をそれぞれマークせよ。

上の例のように、0 や 1 もマークし、空欄を残さないこと。

解答にあたって必要ならば、次の数値を用いよ。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, $S = 32.0$, $Cl = 35.5$,

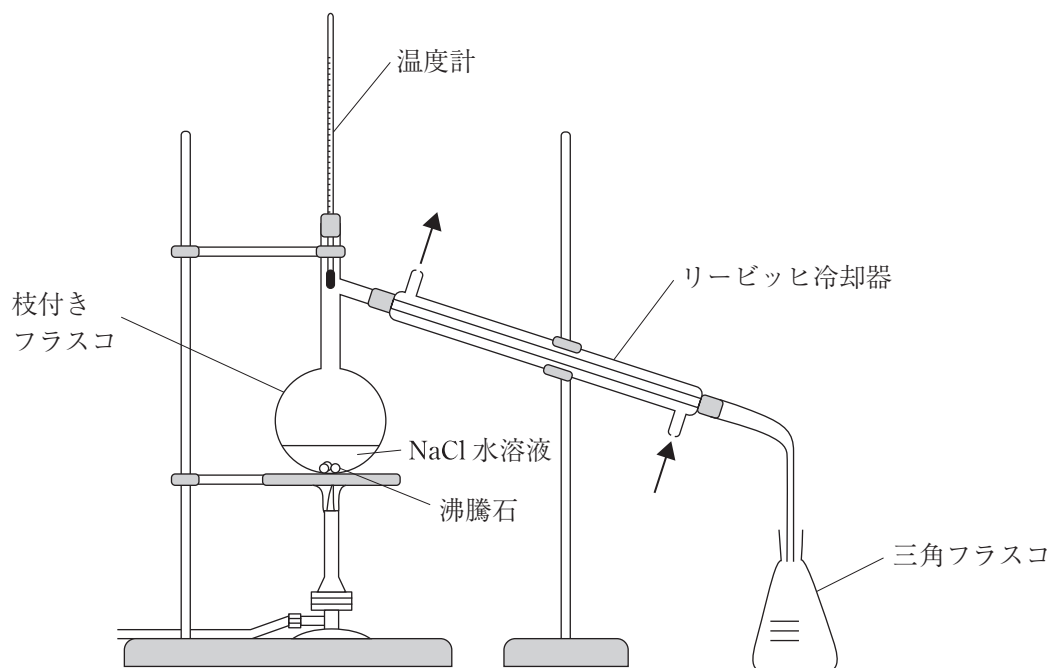
$K = 39.0$, $Ca = 40.0$, $Fe = 56.0$, $Cu = 63.5$, $Zn = 65.0$, $Ag = 108$

気体定数 $R = 8.30 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

I 次の文を読み、問1～7に答えよ。(23点)

海水には、塩分として主に塩化ナトリウム NaCl が含まれている。海水は塩分濃度が高いので飲用水には適さない。そのため、海水から飲用水を得るには、海水から純水を分離する操作が必要である。

いま、水 100 g に NaCl 3.50 g を溶かした水溶液がある。① 下図の装置 を用いて、② この NaCl 水溶液 103.5 g を加熱したところ、 ③ 三角フラスコ内に純水が 20.0 g 得られた。 さらに加熱を続けたところ、枝付きフラスコ内に NaCl の結晶が得られた。ただし、装置内の気体状態の水は無視できるものとし、この操作により NaCl 水溶液から分離された純水は、すべて三角フラスコに回収されるものとする。



問1 NaCl 水溶液に浸した白金線をガスバーナーの外炎に入れると、炎の色が ア 色に変化する。ア に該当する色として最も適するものを a～e から選んでマークせよ。

- a. 青緑 b. 赤 c. 黄 d. 黄緑 e. 橙赤

問2 下線部①を用いて、NaCl 水溶液から純水を得る操作の名称を a～e から選んでマークせよ。

- a. 拡散 b. 再結晶 c. 蒸留 d. 抽出 e. ろ過

問3 下線部①の適切な使用法およびその理由として 誤っているもの を a～e から選んでマークせよ。

- a. リービッヒ冷却器に向かう蒸気の温度を測定するために、温度計の球部は枝付きフラスコの枝の付け根の位置に設置する。
b. NaCl 水溶液が枝付きフラスコの枝に向かわないようにするために、NaCl 水溶液の液量は枝付きフラスコの容量の半分以下にする。
c. 突沸を防ぐために、枝付きフラスコに沸騰石を入れる。
d. 冷却効率を高めるために、冷却水は図の矢印の方向に流す。
e. 得られた純水の蒸発を防ぐために、三角フラスコを密栓する。

問4 下線部②の NaCl 水溶液の大気圧下 (1.013×10^5 Pa) における沸点を abc . d °C と表すとき、a～d に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし、大気圧下での水の沸点は 100.0°C、水のモル沸点上昇は $0.52 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ とし、NaCl は完全に電離しているものとする。

問5 下線部③のとき、枝付きフラスコ内の NaCl 水溶液の質量パーセント濃度は a . b % である。a および b に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問6 問4 の沸点と比べ、下線部③のときの NaCl 水溶液の沸点はどのように変化するか。正しいものを a～c から選んでマークせよ。

- a. 高くなる b. 低くなる c. 変わらない

問7 NaCl の結晶の種類として正しいものを a～d から選んでマークせよ。

- a. イオン結晶 b. 共有結合結晶 c. 金属結晶 d. 分子結晶

Ⅱ 次の文を読み、問 1 ～ 6 に答えよ。(25点)

硫化水素 H_2S 0.10 mol を水 1 L に溶かした水溶液は酸性で、水溶液中で H_2S は式 (1) および式 (2) と表されるように 2 段階で電離している。 K_1 は式 (1) の平衡定数、 K_2 は式 (2) の平衡定数である。



硫黄原子 S は水溶液中で分子またはイオンの状態で存在していることから、この H_2S 水溶液中の分子またはイオンに含まれる S の物質量の和は溶かした H_2S の物質量と等しいので、式 (3) が成り立つ。

$$\boxed{\text{イ}} + \boxed{\text{ウ}} + \boxed{\text{エ}} = 0.10 \text{ mol/L} \quad \cdots \cdots (3)$$

また、 H_2S 水溶液は電氣的に中性なので、水溶液中に含まれる正電荷をもつイオンの濃度と負電荷をもつイオンの濃度に着目すると、式 (4) が成り立つ。

$$\boxed{\text{ア}} = \boxed{\text{イ}} + 2\boxed{\text{エ}} + [\text{OH}^-] \quad \cdots \cdots (4)$$

いま、0.10 mol/L H_2S 水溶液の pH を求めることを考える。式 (1) の平衡定数 K_1 と式 (2) の平衡定数 K_2 から、 $\boxed{1}$ と比べて $\boxed{2}$ の電離はきわめてわずかであることがわかる。つまり、 $[\text{HS}^-] \gg [\text{S}^{2-}]$ とみなせることから、式 (1) ～ (4) の $[\text{S}^{2-}]$ は無視することができる。 K_1 から $[\text{HS}^-]$ は 0.10 mol/L より非常に小さいことがわかるため、 $\boxed{\text{ウ}}$ は式 (5) のように近似できる。また、この水溶液は酸性なので、 $[\text{H}^+] \gg [\text{OH}^-]$ とみなせることから、式 (4) の $[\text{OH}^-]$ は無視することができる。よって、式 (4) から式 (6) が得られる。

$$\boxed{\text{ウ}} = 0.10 \text{ mol/L} - [\text{HS}^-] \doteq 0.10 \text{ mol/L} \quad \cdots \cdots (5)$$

$$\boxed{\text{ア}} = \boxed{\text{イ}} \quad \cdots \cdots (6)$$

式 (1)、式 (5)、式 (6) から、この H_2S 水溶液の $[\text{H}^+]$ は $\boxed{\text{X}}$ mol/L と求められ、この H_2S 水溶液は pH が $\boxed{\text{Y}}$ であることがわかる。

問1 ア ～ エ に該当するものを a ～ d からそれぞれ選んでマークせよ。

a. $[\text{H}^+]$ b. $[\text{HS}^-]$ c. $[\text{H}_2\text{S}]$ d. $[\text{S}^{2-}]$

問2 1 および 2 に該当する語句を a および b からそれぞれ選んでマークせよ。

a. 式 (1) b. 式 (2)

問3 X mol/L を a . b $\times 10^{-\text{c}}$ mol/L と表すとき、a ～ c に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問4 Y を a . b と表すとき、a および b に該当する数字をそれぞれマークせよ。必要ならば、 $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$ を用いよ。

問5 H_2S 水溶液中の $[\text{S}^{2-}]$ は、塩酸などの強酸を加えると オ になり、アンモニアなどの塩基を加えると カ なる。オ および カ に該当する語句を a および b からそれぞれ選んでマークせよ。

a. 大きく b. 小さく

問6 金属イオンが含まれる水溶液に H_2S を通じると、多くの場合、硫化物の沈殿を生じるが、水溶液の pH によっては沈殿しない金属イオンもある。これは、水溶液中の pH により $[\text{S}^{2-}]$ が変化するからである。いま、 Co^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Sn^{2+} , Zn^{2+} の5つの金属イオンが同じ物質質量ずつ含まれる水溶液に H_2S を通じると、 CoS を含めて3種類の沈殿が確認された。このとき CoS 以外に生じた沈殿物を a ～ d から 2つ選んで マークせよ。ただし、それぞれの硫化物の溶解度積は、以下のとおりとする。

硫化物	CoS	MnS	NiS	SnS	ZnS
溶解度積 $[(\text{mol/L})^2]$	1.0×10^{-20}	1.0×10^{-10}	1.0×10^{-19}	1.0×10^{-25}	1.0×10^{-24}

a. MnS b. NiS c. SnS d. ZnS

Ⅲ 次の文を読み、問 1 ～ 7 に答えよ。(25点)

Ag^+ 、 Ca^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 、 K^+ 、 Zn^{2+} の 6 種類の金属イオンを同じ物質量で含む水溶液がある。以下の操作を順に行い、水溶液中のそれぞれの金属イオンを完全に分離した。

操作Ⅰ：水溶液に希塩酸を加えたところ、沈殿 **A** が生じた。

操作Ⅱ：**A** をろ過により分離した後、ろ液に硫化水素を通じたところ、沈殿 **B** が生じた。

操作Ⅲ：**B** をろ過により分離した後、ろ液を加熱し、ろ液中の硫化水素を追い出した。

操作Ⅳ：ろ液に希硝酸を加えて加熱後、塩化アンモニウムと過剰のアンモニア水を加えて塩基性にしたところ、ア 色の沈殿 **C** が生じた。

操作Ⅴ：**C** をろ過により分離した後、ろ液に硫化水素を通じたところ、沈殿 **D** が生じた。

操作Ⅵ：**D** をろ過により分離した後、ろ液に酢酸を加えて酸性にしてから加熱し、ろ液中の硫化水素を追い出した。その後、ろ液に炭酸アンモニウム水溶液を加えたところ、沈殿 **E** が生じた。

操作Ⅶ：**E** をろ過により分離した後、ろ液 **F** を得た。

問 1 沈殿 **A** ～ **E** 中に含まれる金属イオンを a ～ f からそれぞれ選んでマークせよ。

a. Ag^+ b. Ca^{2+} c. Cu^{2+} d. Fe^{3+} e. K^+ f. Zn^{2+}

問 2 **F** に含まれる金属イオンが呈する炎色反応の色として最も適するものを a ～ f から選んでマークせよ。

a. 赤色 b. 黄緑色 c. 黄色 d. 青緑色 e. 赤紫色 f. 橙赤色

問 3 操作Ⅳにおいて、下線部の操作を省略したとき、ア 色ではなく、イ 色の沈殿が生じた。ア および イ に該当する色として最も適するものを a ～ f からそれぞれ選んでマークせよ。

a. 黒 b. 白 c. 青白 d. 赤褐 e. 濃青 f. 緑白

問 4 操作Ⅳを行った後の溶液中に存在する錯イオンの形として最も適するものを a ～ d から選んでマークせよ。

a. 正四面体形 b. 正八面体形 c. 正方形 d. 直線形

問5 **E**に希塩酸を加えて完全に溶解したときに発生する気体として、最も適するものをa～fから選んでマークせよ。

- | | | |
|----------|---------|----------|
| a. アンモニア | b. 塩化水素 | c. 塩素 |
| d. 酸素 | e. 水素 | f. 二酸化炭素 |

問6 生じた沈殿のうち、質量が最も大きいものを**A**～**E**から選んでマークせよ。

問7 操作Ⅵで生じた**E**の質量は1.5 gであった。操作Ⅰで生じた**A**の質量を X g と表すとき、X に最も近い数値をa～fから選んでマークせよ。

- | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| a. 1.0 | b. 1.4 | c. 1.5 | d. 1.6 | e. 2.2 | f. 2.4 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|

Ⅳ 次の文を読み、問1～8に答えよ。(27点)

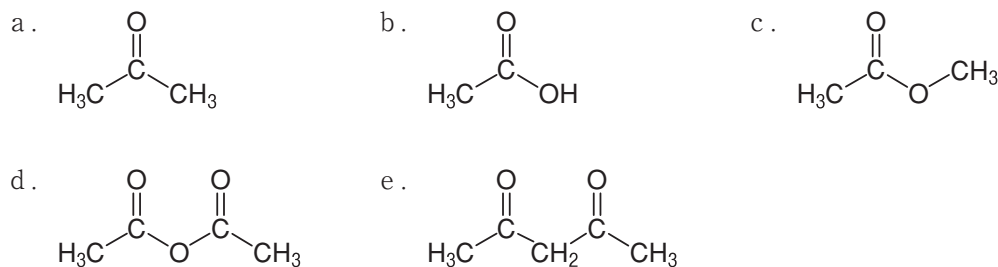
サリチル酸は、ベンゼン環に ア と イ が互いにオルト位で結合した化合物で、その誘導体には医薬品として重要なものがある。

サリチル酸と無水酢酸に濃硫酸を加えると、サリチル酸の ア が無水酢酸と反応し、アセチルサリチル酸が生成する。① アセチルサリチル酸は、解熱・鎮痛薬として全世界で広く利用されている。一方、② サリチル酸とメタノールに濃硫酸を加えて加熱すると、サリチル酸の イ がメタノールと反応し、サリチル酸メチルが生成する。サリチル酸メチルは、芳香のある無色の液体で、消炎鎮痛剤として外用塗布薬に用いられる。

問1 ア および イ に該当する語句を a～f からそれぞれ選んでマークせよ。

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| a. アセチル基 | b. アミノ基 | c. アルデヒド基 |
| d. カルボキシ基 | e. カルボニル基 | f. ヒドロキシ基 |

問2 無水酢酸の構造式として正しいものを a～e から選んでマークせよ。



問3 アセチルサリチル酸の分子式を $\text{C}_{\text{a}}\text{H}_{\text{b}}\text{O}_{\text{c}}$ と表すとき、a～c に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問4 下線部①の反応で、アセチルサリチル酸 30 g を合成するために最低限必要な無水酢酸の質量を a b g と表すとき、a および b に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし、反応は完全に進行するものとする。

問5 下線部②の反応で用いられるメタノールに関する記述として誤っているものを a～d から選んでマークせよ。

- a. 酸化されるとギ酸になる。
- b. 水と任意の割合で混じりあう。
- c. ヨードホルム反応に陽性である。
- d. 最も簡単な構造の脂肪族アルコールである。

問6 下線部②の反応の名称として最も適切なものを a～e から選んでマークせよ。

- a. アセチル化 b. エステル化 c. 酸化
- d. スルホン化 e. ニトロ化

問7 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えたときに呈色する化合物を a～c からすべて選んでマークせよ。

- a. アセチルサリチル酸 b. サリチル酸 c. サリチル酸メチル

問8 炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると二酸化炭素を生じる化合物を a～c からすべて選んでマークせよ。

- a. アセチルサリチル酸 b. サリチル酸 c. サリチル酸メチル