

化 学

〈受験学部・学科〉

3 科目型 受験者

理工学部, 薬学部, 農学部【理系科目型】

2 科目型 受験者理工学部(生命科学科・建築学科・都市環境工学科・機械工学科・電気電子工学科),
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。

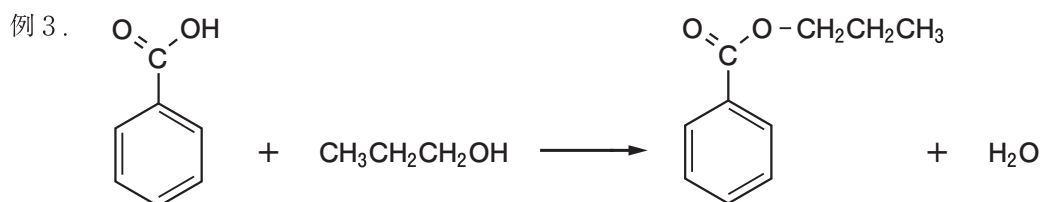
解答にあたっては、下記の注意事項に従うこと。

1. 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 $\boxed{a} \quad \boxed{b} . \boxed{c} \quad \boxed{d}$ とあるとき、
$$\begin{array}{cccc} \boxed{a} & \boxed{b} & \boxed{c} & \boxed{d} \\ \text{計算結果が } 7.103 \text{ ならば、四捨五入して } & 0 & 7 & 1 & 0 \text{ をそれぞれマークせよ。} \end{array}$$
例 2. 問題に $\text{C} \boxed{a} \text{H} \boxed{b} \boxed{c} \text{N} \boxed{d} \text{O} \boxed{e}$ とあるとき、
$$\begin{array}{ccccc} \boxed{a} & \boxed{b} & \boxed{c} & \boxed{d} & \boxed{e} \\ \text{答えが } \text{C}_2\text{H}_7\text{NO}_2 \text{ ならば、} & 2 & 0 & 7 & 1 & 2 \text{ をそれぞれマークせよ。} \end{array}$$

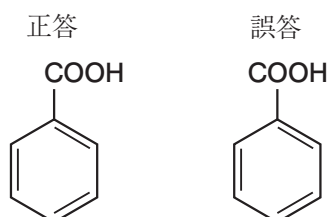
上の例のように、0 や 1 もマークし、空欄を残さないこと。

2. 化学式や反応式を書くように求められたときは、特に指定のない限り、下の例のように簡略化した式を用いてもよい。ただし、官能基の結合はわかるように明確に示すこと。



メチル基、カルボキシ基やアミノ基などは簡略化して書いてよいが、どの原子とどの原子が結合しているかは明確に示すこと。

カルボキシ基を簡略化して書いたときのよい例（正答）と悪い例（誤答）を下に示す。



ベンゼン環に結合しているカルボキシ基の原子は炭素であって、酸素ではない。

解答にあたって必要ならば、次の数値を用いよ。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Mg = 24.0$, $Ca = 40.0$

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

I 次の問 1 ～ 5 に答えよ。(23点)

問 1 グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 18.0 g を完全燃焼させるとき、必要となる空気は標準状態 (0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) で $\boxed{a} \boxed{b} . \boxed{c} \text{ L}$ である。a ～ c に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし、空気中の酸素は体積比で 20.0% とし、いずれの気体も理想気体とする。

問 2 0.100 mol/L 過酸化水素水 10.0 mL に少量の酸化マンガン(IV)を加えると、過酸化水素が分解して水と酸素が発生した。過酸化水素の濃度は、反応開始から 60 秒後に 0.076 mol/L へと減少した。この間の過酸化水素の平均の分解速度を $\boxed{a} . \boxed{b} \times 10^{-\boxed{c}} \text{ mol} / (\text{L} \cdot \text{s})$ 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 3 次の金属のうち、イオン化傾向が水素よりも大きいものを a ～ f から すべて 選んでマークせよ。

a. Au b. Ca c. Cu d. Mg e. Sn f. Zn

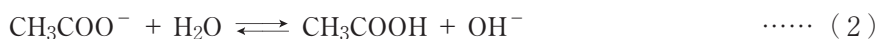
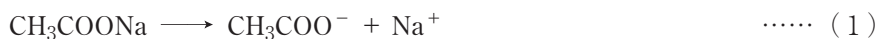
問 4 次の操作を行ったとき、塩素（気体）が発生するものを a ～ e から 2つ 選んでマークせよ。

- a. 食塩水に濃硫酸を加えて加熱する。
- b. 次亜塩素酸ナトリウム NaClO 水溶液に塩酸を加える。
- c. 希塩酸に臭素を加える。
- d. 塩素酸カリウム KClO_3 と酸化マンガン(IV)（触媒）の混合物を加熱する。
- e. 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱する。

問 5 $5.00 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ の硝酸銀水溶液 200 mL に $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の塩酸を徐々に加えたとき、 $\boxed{a} . \boxed{b} \boxed{c} \text{ mL}$ で沈殿を生じた。a ～ c に該当する数字をそれぞれマークせよ。なお、この沈殿物の溶解度積は $1.80 \times 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とし、塩酸を添加したことによる体積の変化および温度の変化は無視できるものとする。

Ⅱ 次の文を読み、問 1 ～ 6 に答えよ。(28点)

酢酸ナトリウム CH_3COONa は、水に溶解すると式 (1) のようにほぼ完全に電離する。このとき生じた酢酸イオン CH_3COO^- の一部が式 (2) のように水分子と反応して、酢酸 CH_3COOH と水酸化イオン OH^- となるため、 $\boxed{\text{A}}$ 性を示す。このように弱酸の陰イオンが水と反応して、もとの弱酸を生じる変化を塩の加水分解という。



いま、濃度 c [mol/L] の CH_3COONa 水溶液の pH について考える。 CH_3COONa 水溶液中では式 (2) の電離平衡が成りたち、この平衡定数 K_h は式 (3) のようになる。

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \quad \cdots \cdots (3)$$

加水分解している CH_3COO^- の割合を h とすると、平衡状態における水溶液中の $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 、 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ および $[\text{OH}^-]$ はそれぞれ次のようになる。

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = \boxed{\text{ア}} \text{ mol/L}, [\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{OH}^-] = ch \text{ mol/L}$$

したがって K_h は式 (4) で表される。

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{\boxed{\text{イ}}}{\boxed{\text{ウ}}} \quad \cdots \cdots (4)$$

ここで h は、 $h > 0$ ではあるが 1 に比べて著しく小さいため、 $h \div 0$ とみなすことができる。そのため、 K_h は $\boxed{\text{イ}}$ となるので、 h は式 (5) で表される。

$$h = \sqrt{\frac{\boxed{\text{エ}}}{\boxed{\text{オ}}}} \quad \cdots \cdots (5)$$

$$\text{式 (5) より, } [\text{OH}^-] = ch = c \times \sqrt{\frac{\boxed{\text{エ}}}{\boxed{\text{オ}}}} = \sqrt{\boxed{\text{カ}}} \quad \cdots \cdots (6)$$

一方、水のイオン積を K_w [mol²/L²]、 CH_3COOH の電離定数を K_a [mol/L] とし、式 (4) の平衡定数 K_h の分母と分子に $[\text{H}^+]$ を乗ざると、 K_h は式 (7) で表すことができる。

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-], K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$
$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \times \frac{[\text{H}^+]}{[\text{H}^+]} = \frac{\boxed{\text{キ}}}{\boxed{\text{ク}}} \quad \cdots \cdots (7)$$

よって、水のイオン積 K_w 、式 (6) と式 (7) より、 $[H^+]$ は式 (8) で表すことができる。

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{K_w}{\sqrt{\frac{\text{カ}}{\text{ケ}}}} = K_w \times \sqrt{\frac{\text{ク}}{\text{ケ}}} = \sqrt{\frac{K_a K_w}{c}} \quad \dots\dots (8)$$

これを pH で表すと式 (9) となり、 CH_3COONa 水溶液の pH を求めることができる。

$$pH = -\log_{10} \sqrt{\frac{K_a K_w}{c}} \quad \dots\dots (9)$$

問 1 に該当する語句を a ～ c から選んでマークせよ。

- a. 塩基 b. 酸 c. 中

問 2 水溶液が酸性を示す塩を a ～ e から選んでマークせよ。

- a. $NaHCO_3$ b. Na_2CO_3 c. $NaNO_3$ d. Na_2SO_4 e. $(NH_4)_2SO_4$

問 3 ～ に該当するものを a ～ i からそれぞれ選んでマークせよ。

- a. c b. h c. ch d. ch^2 e. c^2h
f. $h - 1$ g. $1 - h$ h. $c(h - 1)$ i. $c(1 - h)$

問 4 ～ に該当するものを a ～ k からそれぞれ選んでマークせよ。

- a. c b. h c. ch d. ch^2 e. c^2h
f. K_a g. K_h h. K_w i. cK_a j. cK_h
k. cK_w

問 5 式 (7) より、 K_a が 弱酸ほど K_h が大きくなり、加水分解反応を起こしやすいことがわかる。 に該当する語句を a または b から選んでマークせよ。

- a. 大きい b. 小さい

問 6 25℃における 0.030 mol/L CH_3COONa 水溶液の pH は . 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。ただし、25℃における酢酸の電離定数 K_a および水のイオン積 K_w は、それぞれ 2.7×10^{-5} mol/L および 1.0×10^{-14} mol²/L² とする。また、 $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.50$ とする。

Ⅲ 次の文を読み、問1～7に答えよ。(25点)

マグネシウムとカルシウムは、いずれも周期表の2族に属する元素であるが、それらの性質は大きく異なる。例えば、マグネシウムは常温の水とはほとんど反応せず、熱水とは徐々に反応する。また、その生成物の水酸化マグネシウムは水にほとんど溶けず、Aを示す。一方、カルシウムは常温の水と反応してアを発生し、水酸化カルシウムになる。水酸化カルシウムは、イともよばれる白い粉末であり、水に少し溶けてBを示す。水酸化カルシウムの飽和水溶液にウを吹き込むと、エの白色沈殿が生じるが、ウをさらに過剰に通じると、エはオとなって溶解し、この水溶液を加熱すると、エの沈殿ができる。また、カルシウムイオンは炎色反応を示すが、マグネシウムイオンは示さない。

水に含まれるマグネシウムイオンやカルシウムイオンは、水を利用する上でさまざまな影響を与える。そのため、水道水の水質基準では、マグネシウムイオン濃度〔mg/L〕とカルシウムイオン濃度〔mg/L〕をそれぞれ炭酸カルシウム CaCO_3 濃度〔mg/L〕に換算し、それらを合計したものを硬度と定義しており、その上限値が設定されている。硬度は、下式で求めることができ、一般に、硬度が高い水を硬水、低い水を軟水という。

$$\begin{aligned} \text{硬度} [\text{mg/L}] = & \left(\text{マグネシウムイオン濃度} [\text{mg/L}] \times \frac{100}{24.0} \right) \\ & + \left(\text{カルシウムイオン濃度} [\text{mg/L}] \times \text{X} \right) \end{aligned}$$

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

- | | | |
|---------|--------|---------|
| a. 強塩基性 | b. 強酸性 | c. 弱塩基性 |
| d. 弱酸性 | e. 中性 | |

問2 ア ～ オ に該当する語句を a～i からそれぞれ選んでマークせよ。ただし、必要ならば繰り返し選んでよい。

- | | | |
|------------|--------------|----------|
| a. 塩化カルシウム | b. 酸化カルシウム | c. 酸素 |
| d. 消石灰 | e. 水素 | f. 生石灰 |
| g. 炭酸カルシウム | h. 炭酸水素カルシウム | i. 二酸化炭素 |

問3 下線部において、沈殿が生じる理由を簡潔に書け。

問4 カルシウムイオンの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. 黄色 | b. 黄緑色 | c. 青紫色 |
| d. 青緑色 | e. 赤紫色 | f. 橙赤色 |

問5 $\boxed{X}$ を $\boxed{a}.\boxed{b}\boxed{c}$ 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6 ある水道水のマグネシウムイオン濃度とカルシウムイオン濃度を調べたところ, それぞれ 4.80 mg/L と 22.0 mg/L であった。したがって, この水道水の硬度は $\boxed{a}\boxed{b}.\boxed{c}$ mg/L である。a～c に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問7 硬水でセッケンを使うと泡立ちにくく, 洗浄力が低下する理由を簡潔に書け。

IV 次の文を読み、問1～6に答えよ。(24点)

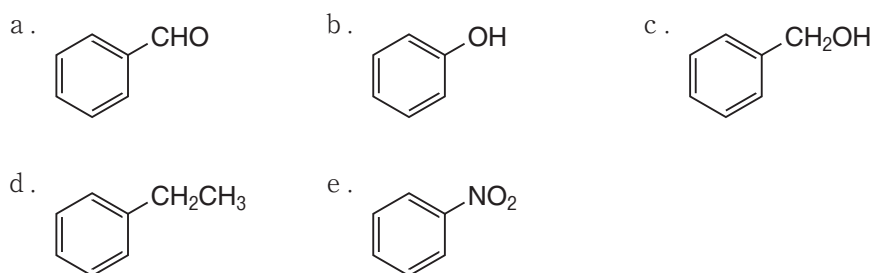
安息香酸は芳香族カルボン酸の一つであり、① トルエンをコバルト Co やマンガン Mn などの金属触媒を用いて空気中で酸化すると合成できる。一般的に、芳香族カルボン酸の酸としての強さは、塩酸や硝酸よりも弱く、そして炭酸やフェノールよりも **ア**。そのため、安息香酸に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、**イ** と **ウ** が生成し、発泡が確認される。

芳香族カルボン酸およびその誘導体は、香料や医薬品への利用が多い。例えば、② 安息香酸とメタノールに少量の濃硫酸を加えて得られる安息香酸メチルは、香料として食品中に添加されている。また、③ サリチル酸と無水酢酸から合成できるアセチルサリチル酸は、解熱鎮痛薬や抗血栓薬として用いられている。

問1 下線部①の反応は、以下の化学反応式で表すことができる。**A** ～ **D** に該当する数字をそれぞれマークせよ。



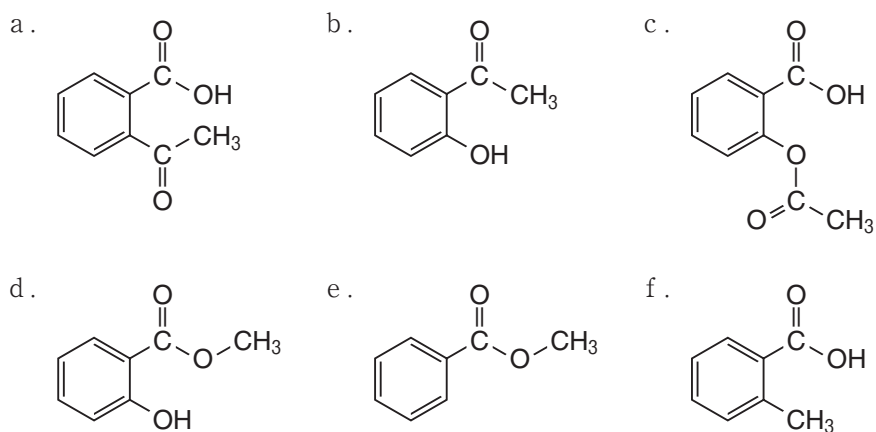
問2 酸化すると安息香酸が得られる化合物を a～e から すべて 選んでマークせよ。



問3 **ア** ～ **ウ** に該当する語句の組合せとして、正しいものを a～f から選んでマークせよ。

	ア	イ	ウ
a	弱い	安息香酸ナトリウム	水素
b	弱い	炭酸ナトリウム	二酸化炭素
c	弱い	安息香酸ナトリウム	二酸化炭素
d	強い	安息香酸ナトリウム	水素
e	強い	炭酸ナトリウム	二酸化炭素
f	強い	安息香酸ナトリウム	二酸化炭素

問4 安息香酸メチルおよびアセチルサリチル酸の構造式を a～f からそれぞれ選んでマークせよ。



問5 下線部②の反応において，安息香酸 0.25 mol とメタノール 2.0 mol に少量の濃硫酸を加えると溶液全体の体積が 100 mL となった。ある一定の温度で反応させたところ，安息香酸メチルが 0.20 mol 生成して平衡に達した。この反応の平衡定数 K を $\boxed{a}.\boxed{b} \times 10^{-\boxed{c}}$ と表すとき，a～c に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし，反応前の溶液は水を含まず，反応前後の溶液の体積変化はないものとする。

問6 下線部③の反応において，アセチルサリチル酸を 54.0 g 合成するには，無水酢酸は最低 $\boxed{a}\boxed{b}.\boxed{c}$ mL 必要である。a～c に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし，無水酢酸の密度は 1.08 g/cm^3 とする。