

化 学

〈受験学部〉

理工学部、薬学部、農学部【理系科目型】

問題は100点満点で作成しています。

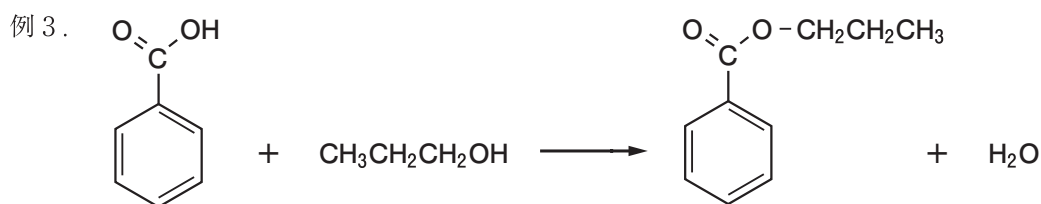
解答にあたっては、下記の注意事項に従うこと。

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 $\boxed{a}$ $\boxed{b}$ $\boxed{c}$ $\boxed{d}$ とあるとき、 $\boxed{a}$ $\boxed{b}$ $\boxed{c}$ $\boxed{d}$
計算結果が 7.103 ならば、四捨五入して 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、 $\boxed{a}$ $\boxed{b}$ $\boxed{c}$ $\boxed{d}$ $\boxed{e}$
答えが $C_2H_7NO_2$ ならば、2 0 7 1 2 をそれぞれマークせよ。

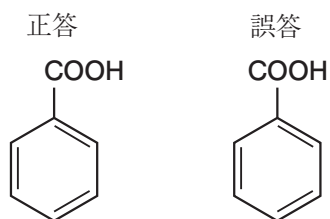
上の例のように、0 や 1 もマークし、空欄を残さないこと。

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 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $S = 32.0$, $Fe = 56.0$

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1～6に答えよ。(20点)

固体の溶解度は、通常、溶媒 100 g に溶ける溶質の質量 [g] の最大値 [g/溶媒 100 g] で表される。固体の溶解度は、硝酸カリウムのように高温ほど大きくなるものが多いが、塩化ナトリウムのようにほとんど変化しないものや、逆に、**ア** のように高温ほど溶解度が小さくなるものがある (下表)。そのため、① 温度による溶解度の差を利用して、固体物質を精製することができる。

表 水に対する溶解度 (100 g の水に溶ける溶質のグラム数)

	0℃	10℃	20℃	30℃	40℃	60℃	80℃
硝酸カリウム	13.3	22.0	31.6	45.6	63.9	109	169
塩化ナトリウム	37.5	37.7	37.8	38.0	38.3	39.0	40.0
ア	0.171	—	0.156	—	0.134	0.112	0.091

気体の溶解度は、その気体の圧力が $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ のときに、溶媒 1 L に溶解する気体の物質量や質量、または、その気体の体積を 0℃, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ の条件に換算した値で表される。気体の溶解度は、圧力が一定であれば、温度が高くなるにつれ、一般に **イ** なる。また、窒素や酸素など ② 溶解度の小さな気体では、温度が一定であれば、一定量の溶媒に溶ける気体の質量 (あるいは物質量) は、その気体の圧力 (混合気体の場合は分圧) に比例する。

問1 **ア** に該当する化合物として最も適するものを a～e から選んでマークせよ。

- a. 塩化カリウム b. シュウ酸 c. 硝酸ナトリウム
d. 水酸化カルシウム e. スクロース

問2 **イ** に該当する語句を a および b から選んでマークせよ。

- a. 大きく b. 小さく

問3 下線部①の精製法の名称として、最も適するものを a～d から選んでマークせよ。

- a. 再結晶 b. 昇華 c. 蒸留 d. 抽出

問4 不純物として塩化ナトリウムを 2.00% 含む硝酸カリウムの粉末 150 g を 80.0℃ の水 100 g に溶かした。この溶液をゆっくりと冷却すると、硝酸カリウムが a b . c ℃ で析出し始め、10.0℃ になると硝酸カリウムの結晶が d e f g 析出する。a～f に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし、複数の溶質が共存していても、それぞれの溶解度の値は変わらないものとし、表にない中間温度における溶解度は温度に比例するものとする。冷却中に硝酸ナトリウムと塩化カリウムは沈殿せず、また、水分は蒸発しないものとする。

問5 下線部②の法則の名称を a～e から選んでマークせよ。

- a. ファラデーの法則 b. ヘスの法則 c. ヘンリーの法則
d. ボイル・シャルルの法則 e. ラウールの法則

問6 20℃ で 1.00×10^5 Pa の空気が 10.0 L の水に接しているとき、この水に溶解している窒素の質量は a . b c g 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、空気は、窒素：酸素 = 4：1（体積比）の混合気体であり、窒素は、20℃、 1.00×10^5 Pa において水 1.00 L に 6.80×10^{-4} mol 溶けるものとする。

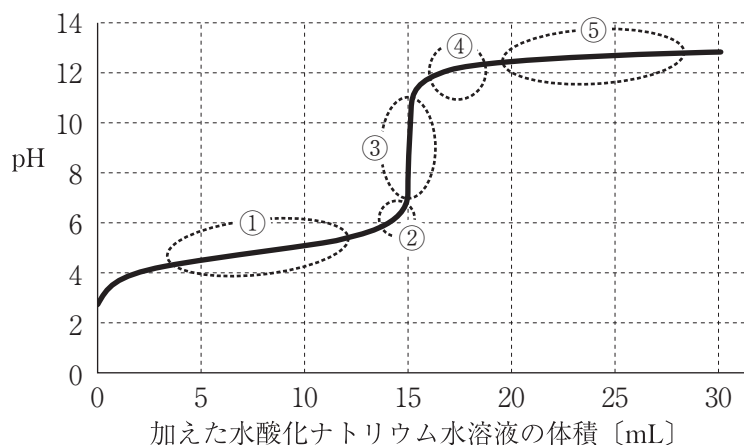
Ⅱ 次の文を読み、問 1 ～ 6 に答えよ。(20点)

水に強酸や強塩基を少量加えると、その pH は大きく変化する。しかし、酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液に少量の強酸や強塩基を加えても、pH の変化は小さい。このように、少量の酸や塩基を加えても pH がほぼ一定に保たれるはたらきを緩衝作用といい、緩衝作用のある溶液を緩衝液という。一般に、弱酸とその塩、または弱塩基とその塩の混合水溶液が緩衝液になる。

問 1 0.20 mol/L 塩酸の pH を $\boxed{a}.\boxed{b}$ 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。ただし、塩酸の電離度は 1.0 とする。また、必要ならば、 $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$ を用いよ。

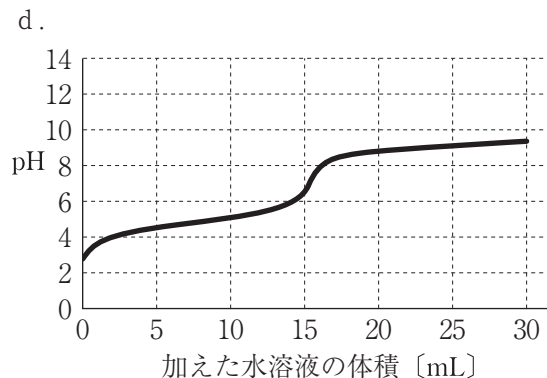
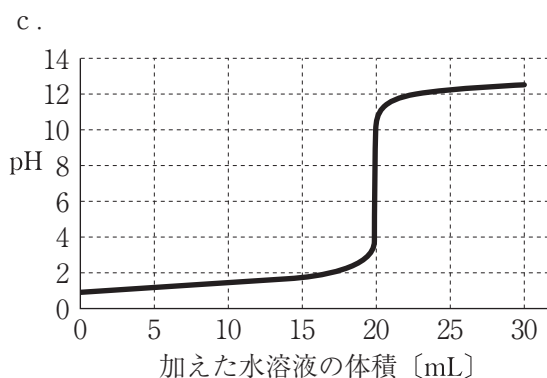
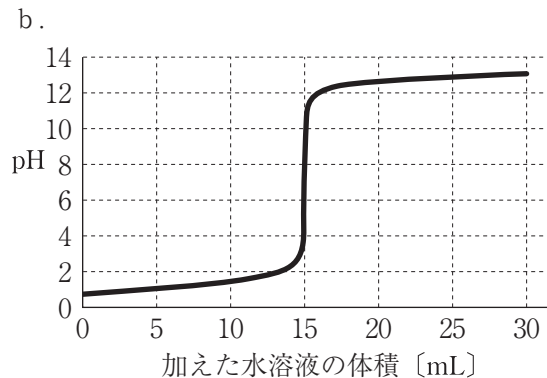
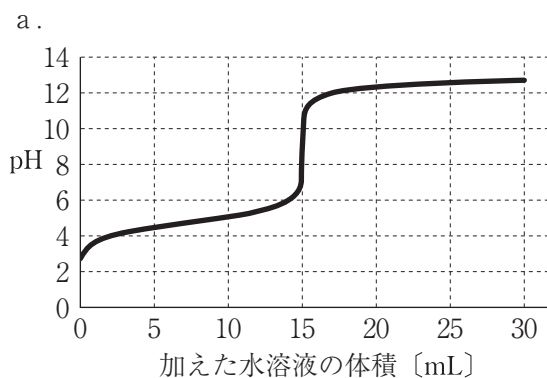
問 2 25℃における 0.20 mol/L 酢酸水溶液の pH は 2.6 であった。このときの酢酸の電離度を $\boxed{a}.\boxed{b} \times 10^{-\boxed{c}}$ と表すとき、a ～ c に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし、 $10^{-2.6} = 0.00251$ とする。

問 3 下図は、ある濃度の弱酸の水溶液を、同じ濃度の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したときの滴定曲線を表したものである。点線で囲った領域①～⑤のうち、緩衝作用が最も強く現れる領域を選んでマークせよ。



問4 次の操作A～Dを行ったときの滴定曲線として適するものをa～dからそれぞれ選んでマークせよ。

- A. 20 mL の 0.10 mol/L 塩酸を 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で滴定
- B. 15 mL の 0.20 mol/L 塩酸を 0.20 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で滴定
- C. 15 mL の 0.10 mol/L 酢酸水溶液を 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で滴定
- D. 15 mL の 0.10 mol/L 酢酸水溶液を 0.10 mol/L アンモニア水溶液で滴定



問5 次の混合水溶液のうち、緩衝液となるものをa～dから選んでマークせよ。

- a. 硝酸 0.4 mol と硝酸カリウム 0.4 mol を含む 1.0 L の混合水溶液
- b. 酢酸 0.4 mol と水酸化ナトリウム 0.4 mol を含む 1.0 L の混合水溶液
- c. 塩化アンモニウム 0.4 mol と塩化水素 0.4 mol を含む 1.0 L の混合水溶液
- d. リン酸 0.4 mol と水酸化ナトリウム 0.6 mol を含む 1.0 L の混合水溶液

問6 0.1 mol/L 酢酸と 0.1 mol/L 酢酸ナトリウムの緩衝液を水で 10 倍に薄めたときの pH の変化として正しいものを a～c から選んでマークせよ。

- a. あまり変わらない
- b. 1 だけ大きくなる
- c. 1 だけ小さくなる

Ⅲ 次の文を読み、問 1 ～ 7 に答えよ。(21点)

単体の鉄は、灰白色の光沢をもった金属で、水素よりもイオン化傾向が [ア] , ① 希硫酸と反応して水素を発生して溶け、鉄(Ⅱ)イオンとなる。一方、濃硝酸とは不動態をつくり、溶けない。

鉄板は、湿った空気中では腐食され、さびが生じる。一般に、金属の腐食には、イオン化傾向の異なる 2 つの金属と、水や電解液との間に形成される一種の小規模な電池(局部電池)が関与している。鉄板の場合、少量含まれる炭素はイオン化しないので、鉄が [イ] 極、炭素が [ウ] 極となり、鉄板の表面に吸着された電解液によって局部電池が形成される。したがって、鉄原子は放電により電子を [エ] 。このとき、鉄は [オ] されたという。

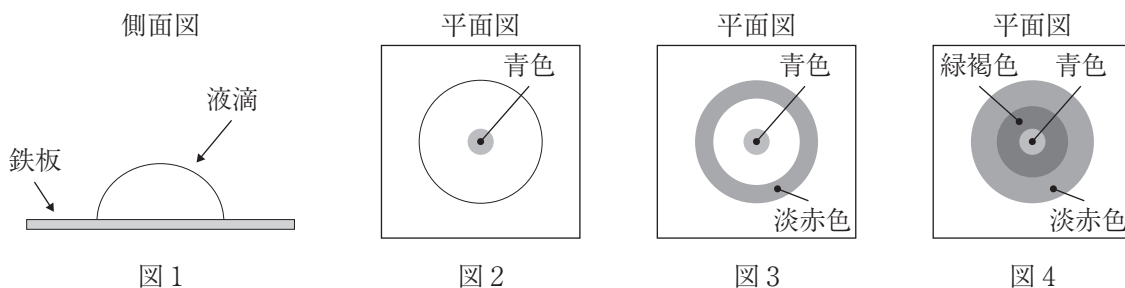
いま、鉄板を用いて、腐食によってさびが生じる過程を観察した。表面をよくみがいた鉄板を水平に保ち、② ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム水溶液とフェノールフタレイン溶液を少量加えた 3 % 塩化ナトリウム水溶液を静かに落とし液滴をつくった(図 1)。

しばらくすると、鉄板から溶け出した [1] がヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウムと反応して青色の物質が生成し、図 2 のように、液滴の中央部が青色に変化した。

さらに、観察を続けていると、全体が青色にはならず、時間が経つにつれて、図 3 のように、液滴の周辺部が徐々に淡赤色に変化した。これは、鉄原子から放出された電子が鉄板中を伝わり、式(1)のように、溶液の周辺部で空気中の酸素との反応が起こり、生成した水酸化物イオンがフェノールフタレインを呈色させたためである。



数時間後には、図 4 のように、液滴の中心部の青色の周囲が緑褐色に変化した。この緑褐色に変化した部分では、液滴に含まれる [1] と水酸化物イオンが反応して生じた [2] (緑白色沈殿)と、[2] が溶存酸素によって徐々に酸化されて生じた [3] (褐色沈殿)が共存しており、この [3] はやがて複雑な構造をもつ赤さびへと変化する。



問1 ア ～ オ に該当する語句を a～h からそれぞれ選んでマークせよ。

- a. 受け取る b. 失う c. 大きく d. 還元
e. 酸化 f. 正 g. 小さく h. 負

問2 カ ～ ク に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問3 下線部①の反応において、鉄 5.60 g を完全に反応させたとき、発生する水素の体積は、標準状態で a . b c L である。a～c に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問4 下線部②に含まれる錯イオンは、鉄(Ⅲ)イオンを中心として非共有電子対をもつ A 個のシアニ化物イオンが B 結合で結合したイオンで、イオンの形は C である。A ～ C に該当する数字および語句の組合せとして正しいものを a～l から選んでマークせよ。

	A	B	C
a	4	イオン	正方形
b	4	イオン	正四面体形
c	4	イオン	正八面体形
d	4	配位	正方形
e	4	配位	正四面体形
f	4	配位	正八面体形
g	6	イオン	正方形
h	6	イオン	正四面体形
i	6	イオン	正八面体形
j	6	配位	正方形
k	6	配位	正四面体形
l	6	配位	正八面体形

問5 1 に該当する鉄イオンの価数として最も適する数字をマークせよ。

問6 2 および 3 に該当する化学式として最も適するものを a～d からそれぞれ選んでマークせよ。

- a. FeO b. Fe₃O₄ c. Fe(OH)₂ d. Fe(OH)₃

問7 鉄 Fe にスズ Sn をめっきしたものをブリキ，亜鉛 Zn をめっきしたものをトタンという。

イオン化傾向は $\text{Zn} > \text{Fe} > \text{Sn}$ であるので，通常の状態では，ブリキの方がトタンより腐食しにくい，表面が傷つき Fe が露出しやすい屋外での建材としてはトタンがよく用いられる。この理由を 30 文字以内で書け。

IV 次の文を読み、問 1 ～ 7 に答えよ。(24点)

炭化水素の水素原子をヒドロキシ基で置換した構造をもつ化合物を、アルコールという。ヒドロキシ基を 1 つもつアルコールは一価アルコールに分類され、鎖式の飽和炭化水素基をもつ一価アルコールは $\text{C}\boxed{\text{ア}}\text{H}\boxed{\text{イ}}\text{OH}$ の一般式で表される。

ここに、炭素数 4 個からなる鎖式の飽和炭化水素基をもつ一価アルコール **A**、**B**、**C** がある。次の実験Ⅰ～Ⅲを行い、それぞれのアルコールの構造を決定した。

実験Ⅰ：**A**、**B**、**C** をそれぞれ試験管にとり、硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると、**A** はカルボン酸 **D** に酸化され、**B** はケトン **E** へと酸化された。一方、**C** は酸化されなかった。

実験Ⅱ：**E** を試験管にとり、 $\boxed{\text{ウ}}$ と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させると、特有の臭気をもつ黄色の沈殿が生成した。

実験Ⅲ：**A** と **C** をそれぞれ試験管にとり、濃硫酸を加えて加熱すると、両者とも脱水反応が進行して同じ構造のアルケン **F** が生成した。

問 1 下線部について、 $\boxed{\text{ア}}$ および $\boxed{\text{イ}}$ に該当するものを a ～ g からそれぞれ選んでマークせよ。

- | | | | |
|------------|-------------|-------------|------------|
| a. n | b. $2n$ | c. $3n$ | d. $n + 1$ |
| e. $n + 2$ | f. $2n + 1$ | g. $2n + 2$ | |

問 2 下線部のアルコールは、炭素数が $\boxed{\text{X}}$ 個以上になると、構造異性体が存在する。 $\boxed{\text{X}}$ に該当する数字をマークせよ。

問 3 実験Ⅰについて、**A** が **D** へ酸化されるとき、途中 $\boxed{\text{Y}}$ に分類される化合物を経由する。

$\boxed{\text{Y}}$ に該当するものを a ～ e から選んでマークせよ。

- | | | |
|---------|---------|----------|
| a. アミド | b. アルケン | c. アルデヒド |
| d. エステル | e. エーテル | |

問 4 $\boxed{\text{ウ}}$ に該当する試薬として最も適するものを a ～ e から選んでマークせよ。

- | | | |
|--------------|-----------|------------|
| a. 塩化鉄(Ⅲ)水溶液 | b. 酢酸鉛(Ⅱ) | c. フェーリング液 |
| d. 無水酢酸 | e. ヨウ素 | |

問5 **A**, **B**, **C** をそれぞれ試験管にとり、実験Ⅱと同じ操作を行ったとき、特有の臭気をもつ黄色の沈殿が生成するのはどれか。該当するものをすべて選んでマークせよ。

問6 **B**, **C**, **F** の構造式を書け。

問7 実験Ⅰの酸化反応で、**B** 11.1 g がすべて **E** に変化したとすると、 $\boxed{a}\boxed{b}.\boxed{c}$ g の **E** が生成する。a ～ c に該当する数字をそれぞれマークせよ。

V 次の問 1 ～ 6 に答えよ。(15点)

問 1 次のうち、分子結晶に該当するものを a ～ f から 2つ選んでマークせよ。

- a. 塩化鉄(Ⅲ) b. グルコース c. 臭化カリウム
d. ダイヤモンド e. ドライアイス f. ナトリウム

問 2 0.10 mol/L 硫酸 H_2SO_4 を 500 mL つくるには、98%硫酸（密度 1.84 g/mL）が a . b mL 必要である。a および b に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問 3 次の化合物をそれぞれ水 1.00 kg に溶かしたとき、凝固点が最も高いものを a ～ d から選んでマークせよ。ただし、電解質は完全に電離するものとする。

- a. 5.55 g の塩化カルシウム（式量111） b. 5.85 g の塩化ナトリウム（式量58.5）
c. 18.0 g のグルコース（分子量180） d. 51.3 g のスクロース（分子量342）

問 4 下線の原子の酸化数が + 5 のものを a ～ h から すべて選んでマークせよ。

- a. CO b. CO₂ c. HClO₂ d. HClO₃
e. HNO₃ f. HNO₂ g. H₂SO₄ h. SO₂

問 5 炭素と水素の質量比が 6 : 1 である炭化水素の分子量を測定したところ、56 であった。この炭化水素の分子式を $\text{C}_{\text{a}}\text{H}_{\text{b}}$ 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。

問 6 グリシン、アラニン、システイン各 1 分子からなる鎖状のトリペプチドには、 a 種類の構造異性体が存在する。a に該当する数字をマークせよ。