

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 [注]文系科目型を除く

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)

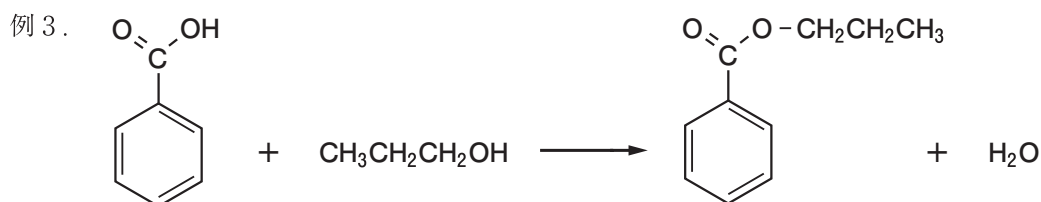
問題は100点満点で作成しています。

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。

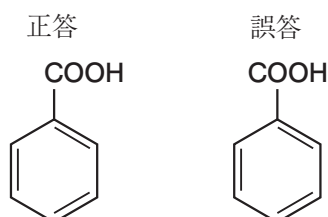
例 1. 問題に $\boxed{a} \boxed{b} . \boxed{c} \boxed{d}$ とあるとき、 $\boxed{a} \boxed{b} . \boxed{c} \boxed{d}$
計算結果が 7.103 ならば、四捨五入して 0 7 1 0 をそれぞれマークせよ。例 2. 問題に $C \boxed{a} H \boxed{b} \boxed{c} N \boxed{d} O \boxed{e}$ とあるとき、 $\boxed{a} \boxed{b} \boxed{c} \boxed{d} \boxed{e}$
答えが $C_2H_7NO_2$ ならば、2 0 7 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 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$

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

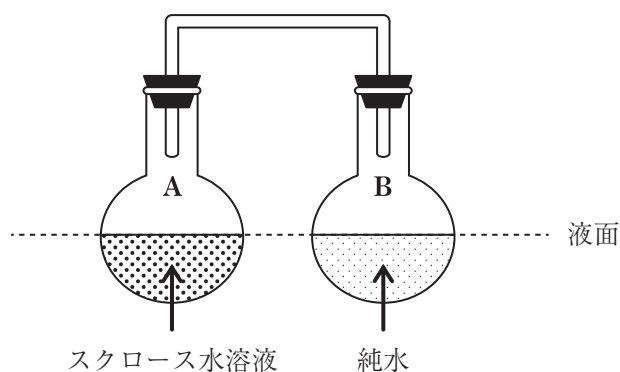
I 次の問 1 ～ 6 に答えよ。(23点)

問 1 原子番号と必ず同じ数になるものを a ～ e から選んでマークせよ。

- | | |
|------------------------|-------------------|
| a. 陽子と中性子の数の和 | b. 陽イオンに含まれる電子の数 |
| c. 電氣的に中性の原子に含まれる電子の数 | d. 陽イオンに含まれる中性子の数 |
| e. 電氣的に中性の原子に含まれる中性子の数 | |

問 2 25°C における 0.200 mol/L のアンモニア水の pH は $\boxed{a}\boxed{b}.\boxed{c}$ 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、 25°C におけるアンモニアの電離度 α は 0.0100 、水のイオン積 K_w は $1.00 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とする。必要ならば、 $\log_{10} 2 = 0.30$ を用いよ。

問 3 下図のように、容器 **A** に高濃度のスクロース水溶液、容器 **B** に純水を同じ高さまで入れて密閉した。これを室温で長時間放置したとき、時間の経過とともに観察される変化として最も適切なものを a ～ c から選んでマークせよ。



- a. 容器 **A** の液面の高さが、容器 **B** の液面の高さより高くなる。
b. 容器 **A** の液面の高さが、容器 **B** の液面の高さより低くなる。
c. 容器 **A** と容器 **B** の液面の高さは変化しない。

問4 ハロゲンに関する記述について誤っているものを a～e から選んでマークせよ。

- a. 原子は、価電子を7個もつ。
- b. 単体は、すべて二原子分子である。
- c. 単体の酸化力の強さは、塩素>臭素>ヨウ素の順である。
- d. 単体のフッ素は水と激しく反応して、水素を発生する。
- e. 単体のヨウ素は常温・常圧では固体である。

問5 炭素、水素、酸素からなる 2.64 mg の有機化合物 **A** を完全燃焼させたところ、6.60 mg の二酸化炭素と 3.24 mg の水が生成した。**A** の組成式を $\text{C}_{\boxed{a}}\text{H}_{\boxed{b}}\boxed{c}\text{O}_{\boxed{d}}$ と表すとき、a～d に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問6 分子式 $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ で表されるエステル **A** を加水分解したところ、カルボン酸とアルコールが得られた。得られたカルボン酸は還元性を示し、一方のアルコールを酸化するとケトンが生じた。**A** の構造式を書け。

Ⅱ 次の文を読み、問 1 ～ 5 に答えよ。(22点)

過酸化水素 H_2O_2 は、式 (1) のように反応して、水 H_2O と酸素 O_2 に分解される。



化学反応の速さは、単位時間当たりの物質の変化量（物質量や濃度の変化量）で表される。これを反応速度という。過酸化水素の分解反応が一定体積中で進行するとき、分解の反応速度（分解速度） v は、過酸化水素の濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ と反応速度定数 k を用いて式 (2) のように表される。

$$v = k[\text{H}_2\text{O}_2] \quad \cdots \cdots (2)$$

いま、過酸化水素水 5.00 mL に、少量の 鉄(Ⅲ)イオン Fe^{3+} ^① を触媒として加え、20℃ ^② で反応させたところ、下表の結果が得られた。

表

反応開始後の経過時間 [min]	$[\text{H}_2\text{O}_2]$ [mol/L]
0	0.800
2	0.682
4	0.581

問 1 反応開始後 0 ～ 2 分間の過酸化水素の平均分解速度を $\boxed{a} . \boxed{b} \times 10^{-\boxed{c}} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$ と表すとき、 $a \sim c$ に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問 2 反応開始後 0 ～ 2 分間の反応速度定数 k を $\boxed{a} . \boxed{b} \times 10^{-\boxed{c}} / \text{min}$ と表すとき、 $a \sim c$ に該当する数字をそれぞれマークせよ。

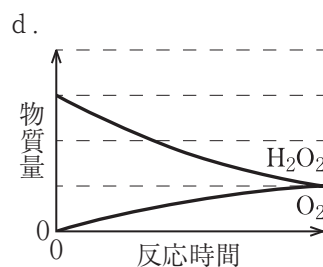
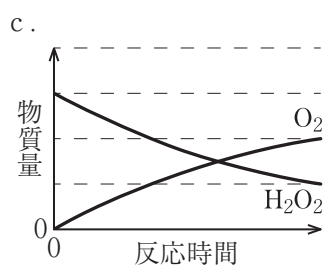
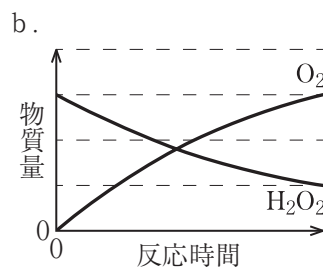
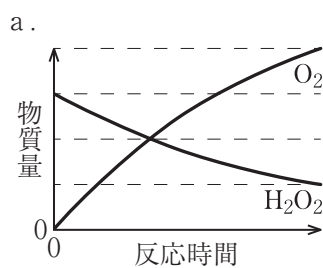
問 3 下線部①を加えても変化しないものを $a \sim c$ から選んでマークせよ。

- a. 活性化エネルギー b. 反応エンタルピー（反応熱） c. 反応速度

問4 下線部②の温度を 20℃ から 40℃ に上げると、活性化エネルギーを越える運動エネルギーをもつ過酸化水素分子の数の割合が X するため、反応速度が Y なる。X および Y に該当する語句の組合せとして正しいものを a～d から選んでマークせよ。

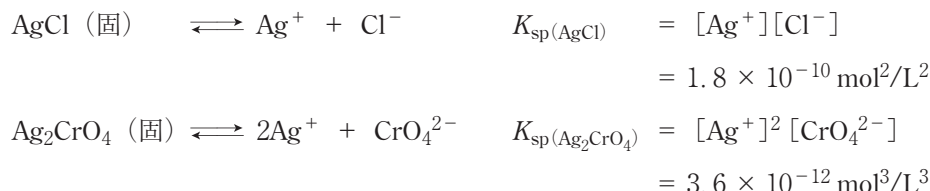
	X	Y
a	減少	大きく
b	減少	小さく
c	増加	大きく
d	増加	小さく

問5 式(1)の分解反応において、反応時間と、水溶液中に残存する過酸化水素の物質質量および生成した酸素の物質質量との関係を表すグラフとして最も適切なものを a～d から選んでマークせよ。



Ⅲ 次の文を読み、問 1 ～ 6 に答えよ。(27点)

沈殿反応を利用した定量法を沈殿滴定といい、クロム酸カリウム K_2CrO_4 を指示薬とした塩化物イオン Cl^- の定量法をモール法という。モール法では、塩化銀 AgCl とクロム酸銀 Ag_2CrO_4 の溶解度の差を利用している。 AgCl と Ag_2CrO_4 の溶解度積 K_{sp} の値は、水溶液中の各成分のモル濃度をそれぞれ $[\text{Ag}^+]$, $[\text{Cl}^-]$ および $[\text{CrO}_4^{2-}]$ で表すと、次のようになる。



Cl^- を含む中性の試料水溶液に、少量の K_2CrO_4 水溶液を加え、硝酸銀 AgNO_3 水溶液を滴下すると、まず $[\text{Ag}^+]$ と $[\text{Cl}^-]$ の積が $K_{\text{sp}(\text{AgCl})}$ に達して AgCl の白色沈殿が生成しはじめる。さらに、 AgNO_3 水溶液を滴下すると、 AgCl の生成により、 $[\text{Cl}^-]$ が減少し、溶解度積は一定なので $[\text{Ag}^+]$ が大きくなっていく。① Cl^- と等しい物質量の AgNO_3 を加えて、試料中の Cl^- のほとんどすべてが沈殿した後、さらに試料中に AgNO_3 を滴下すると、やがて試料中の $[\text{Ag}^+]^2$ と $[\text{CrO}_4^{2-}]$ の積が $K_{\text{sp}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)$ に達して Ag_2CrO_4 の赤褐色沈殿が生成する。この赤褐色沈殿が生成するのは、 Cl^- のほとんどすべてが沈殿した直後だと考えられるので、赤褐色沈殿が生成しはじめた点を滴定の終点とみなすことができる。 AgNO_3 水溶液のモル濃度と、滴定の終点までに滴下した AgNO_3 水溶液の体積から、試料中の $[\text{Cl}^-]$ を求めることができる。

いま、ある醤油中の $[\text{Cl}^-]$ をモール法で定量するため、以下の操作Ⅰ～Ⅲを行った。

操作Ⅰ：醤油を正確に 2.0 mL はかりとり、水を加えて全量を正確に 100 mL とした。

操作Ⅱ：操作Ⅰで調製した醤油の希釈溶液を正確に 5.0 mL はかりとり、そこに CrO_4^{2-} のモル濃度が $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ となるように 0.10 mol/L の K_2CrO_4 水溶液を加えた。

操作Ⅲ：0.20 mol/L の AgNO_3 水溶液で滴定を行い、② 赤褐色沈殿が生成しはじめたときの滴下量を記録した。

問 1 操作Ⅰで使用する実験器具として適切なものを a ～ d から 2つ 選んでマークせよ。

a. ビュレット b. ホールピペット c. メスシリンダー d. メスフラスコ

問 2 下線部①において、試料中の $[\text{Ag}^+]$ を $\boxed{a} \cdot \boxed{b} \times 10^{-\boxed{c}} \text{ mol/L}$ と表すとき、a ～ c に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし、 $\sqrt{1.8} = 1.34$ とする。

問3 操作Ⅱで加えた 0.10 mol/L の K_2CrO_4 水溶液の体積は $\boxed{\text{X}}$ mL である。 $\boxed{\text{X}}$ に該当する数値として最も適切なものを a～e から選んでマークせよ。ただし、 K_2CrO_4 水溶液を添加したことによる体積の変化は無視できるものとする。また、醤油の希釈溶液には CrO_4^{2-} と反応する成分は含まれないものとする。

a. 0.10 b. 0.20 c. 0.40 d. 0.80 e. 1.0

問4 下線部②のとき、試料中の $[\text{Ag}^+]$ を $\boxed{\text{a}}.\boxed{\text{b}} \times 10^{-\boxed{\text{c}}} \text{ mol/L}$ と表すとき、a～c に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし、醤油の希釈溶液には Cl^- 以外に Ag^+ と反応する成分は含まれないものとする。滴定による体積の変化は無視できるものとし、 CrO_4^{2-} のモル濃度は $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ とする。また、 $\sqrt{2} = 1.41$ とする。

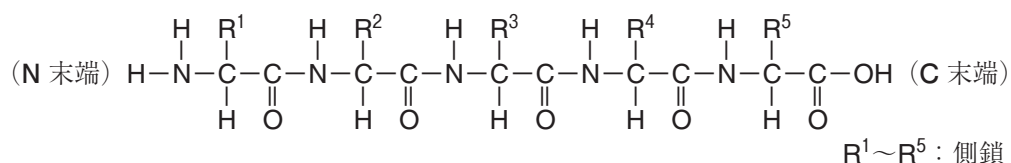
問5 操作Ⅲにおいて、 AgNO_3 水溶液を 1.50 mL 滴下したところで、滴定の終点に達した。滴下した AgNO_3 の物質量を $\boxed{\text{a}}.\boxed{\text{b}} \times 10^{-\boxed{\text{c}}} \text{ mol}$ と表すとき、a～c に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし、醤油の希釈溶液には Cl^- 以外に Ag^+ と反応する成分は含まれないものとする。

問6 醤油中の $[\text{Cl}^-]$ を $\boxed{\text{a}}.\boxed{\text{b}} \text{ mol/L}$ 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。

Ⅳ 次の文を読み、問 1 ～ 5 に答えよ。(28点)

α -アミノ酸どうしがカルボキシ基とアミノ基で脱水縮合してできた物質をペプチドという。

鎮痛作用を示す脳内ペプチドの 1 つであるエンケファリンは、 α -アミノ酸 5 分子が図のように脱水縮合した鎖状の構造をとる。また、エンケファリンは 4 種類の α -アミノ酸 (**A**～**D**) で構成され、**A**～**D** は表に示すいずれかである。



(注) N 末端、C 末端とは、それぞれペプチド鎖の末端にあつて、ペプチド結合していないアミノ基、カルボキシ基をいう。

図

表

名称	構造式
グリシン	$ \begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array} $
メチオニン	$ \text{H}_3\text{C}-\text{S}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 $
フェニルアラニン	$ \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 $
チロシン	$ \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 $

いま、エンケファリンを構成する α -アミノ酸の配列順序を調べるために、以下の操作 I ～ IV を行った。

操作 I : エンケファリンに塩酸を加えて加熱して加水分解したところ、**A**～**D** の α -アミノ酸が得られた。このうち、**A** および **B** はベンゼン環をもつアミノ酸 (芳香族アミノ酸) であり、**A** は塩化鉄(Ⅲ)水溶液と反応して呈色した。

操作 II : エンケファリンの N 末端の α -アミノ酸をある方法で決定したところ、**A** であった。

操作Ⅲ：エンケファリンにキモトリプシンを作用させたところ、**A**、**C**およびトリペプチド**P**が得られた。なお、キモトリプシンは、芳香族アミノ酸のカルボキシ基側のペプチド結合を特異的に切断する酵素である。

操作Ⅳ：**P**に塩酸を加えて加熱したところ、ペプチド結合が完全に切断されて**B**と**D**が物質比1：2で得られた。このうち、**D**には鏡像異性体（光学異性体）が存在しなかった。

問1 チロシンに濃硝酸を加えて加熱すると黄色を呈する。この反応はチロシンのどの部分にどのような変化が起きたためと考えられるか。簡潔に書け。

問2 エンケファリンや**P**のような3つ以上の α -アミノ酸分子からなるペプチド水溶液に、薄い水酸化ナトリウム水溶液と薄い硫酸銅(Ⅱ)水溶液を少量加えると赤紫色を呈する。この反応の名称をa～eから選んでマークせよ。

- a. キサントプロテイン反応 b. 銀鏡反応 c. テルミット反応
- d. ニンヒドリン反応 e. ビウレット反応

問3 エンケファリンのC末端の α -アミノ酸を**B**～**D**から選んでマークせよ。

問4 **A**～**D**に該当する α -アミノ酸をa～dからそれぞれ選んでマークせよ。

- a. グリシン b. メチオニン c. フェニルアラニン d. チロシン

問5 図を参考にN末端を左側、C末端を右側にして**P**の構造式を書け。