

問題・解答
用紙番号

22

の解答用紙に解答しなさい。

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),

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、

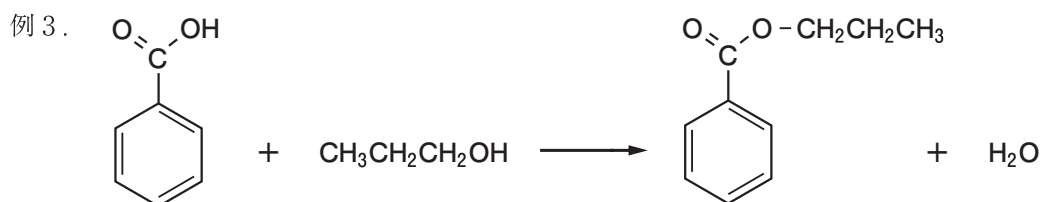
計算結果が 7.103 ならば、四捨五入して $\boxed{a} \boxed{b} . \boxed{c} \boxed{d}$ をそれぞれマークせよ。

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、 $\boxed{a} \boxed{b} \boxed{c} \boxed{d} \boxed{e}$ 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。

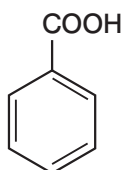
2. 化学式や反応式を書くように求められたときは、特に指定のない限り、下の例のように簡略化した式を用いてもよい。ただし、官能基の結合はわかるように明確に示すこと。



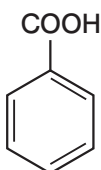
メチル基、カルボキシ基やアミノ基などは簡略化して書いてよいが、どの原子とどの原子が結合しているかは明確に示すこと。

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。

正答



誤答



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 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$

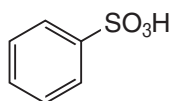
気体定数 $R = 8.30 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

I 次の問 1 ～ 5 に答えよ。(22点)

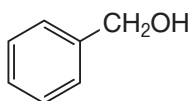
問 1 27℃で、窒素と水素の混合気体（物質質量比 1 : 1）3.0 g を 1.0 L の容器に入れたときの圧力を $\boxed{a}.\boxed{b} \times 10^{\boxed{c}} \text{ Pa}$ と表すとき、a ～ c に該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし、気体は理想気体とする。

問 2 濃度未知の塩酸 10.0 mL に、0.500 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 20.0 mL 加えたところ、水溶液は塩基性となった。その水溶液を過不足なく中和するのに 0.100 mol/L の希硫酸 5.00 mL を要した。最初の塩酸の濃度を $\boxed{a}.\boxed{b} \times 10^{-\boxed{c}} \text{ mol/L}$ と表すとき、a ～ c に該当する数字をそれぞれマークせよ。

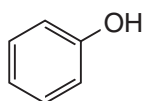
問 3 有機化合物 **A** ～ **D** を酸の強さの順に並べると $\boxed{\text{ア}} > \boxed{\text{イ}} > \boxed{\text{ウ}} > \boxed{\text{エ}}$ となる。
 $\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{エ}}$ に該当するものを **A** ～ **D** からそれぞれ選んでマークせよ。



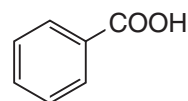
A



B



C



D

問 4 塩基性条件下、硫化水素と反応すると白色沈殿を生じるイオンを a ～ f から選んでマークせよ。ただし、硫化水素と反応させる前の金属イオンの濃度はいずれも 0.1 mol/L とする。

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

問5 アラニンに関する記述のうち、誤っているものを a～e から選んでマークせよ。

- a. アラニンには、鏡像異性体が存在する。
- b. アラニンの等電点は、アスパラギン酸の等電点よりも大きい。
- c. アラニン水溶液の pH を等電点と同じにしたとき、アラニンのアミノ基は -NH_2 、カルボキシ基は -COOH の形で存在する。
- d. アラニン水溶液の pH を等電点よりも大きくして電気泳動をすると、アラニンは陽極側へ移動する。
- e. アラニン水溶液にニンヒドリン水溶液を加えて加熱すると、赤紫～青紫色を呈する。

Ⅱ 次の文を読み、問 1 ～ 7 に答えよ。(27点)

COD（化学的酸素要求量）は、水質汚濁の状況を知るための指標の 1 つである。COD は、試料水 1 L 中に含まれる有機物（被酸化性物質）を酸化分解するのに必要とされる酸素の量〔mg/L〕で表される。水中に含まれる有機物が多く、汚濁が進行しているほど、この値が大きくなる。COD は、複雑な操作を経て測定されるが、下図のように単純化した概念として理解することができる。

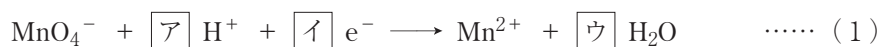
いま、ある湖の水の汚濁の状況を調べるために、以下の操作Ⅰ～Ⅲを行い、COD の値を求めた。

操作Ⅰ：試料水 100 mL に希硫酸を加えて酸性にした後、酸化剤として $5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 過マンガン酸カリウム KMnO_4 水溶液 10.0 mL を正確に加え、30 分間煮沸し、有機物を酸化した。このとき、未反応の KMnO_4 があり、水溶液は A 色であった。

操作Ⅱ：操作Ⅰで得られた水溶液が $60 \sim 80^\circ\text{C}$ の間に、 $1.25 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ シュウ酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 水溶液 10.0 mL を正確に加えて A 色を完全に消失させた。

操作Ⅲ：操作Ⅱで得られた水溶液を $5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ KMnO_4 水溶液で滴定したところ、終点までに 5.00 mL を要した。

この一連の操作における KMnO_4 および $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ のはたらきを示すイオン反応式は、それぞれ式（1）および（2）のとおりであり、有機物が放出した電子 e^- の物質量〔mol〕は、操作ⅠとⅢで加えた KMnO_4 が受け取る e^- の物質量〔mol〕から $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ が放出する e^- の物質量〔mol〕を差し引いたものとなる（下図）。



操作Ⅰで加えた KMnO_4	操作Ⅲで滴定した KMnO_4
試料水中の有機物	操作Ⅱで加えた $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$

図

また、酸素の酸化剤としてのはたらきを示すイオン反応式は、式（3）のように表されるので、有機物が放出した e^- の物質量〔mol〕から試料水 1 L 中の有機物を酸素 O_2 で酸化するときに必要な酸素の質量〔mg〕を算出することができる。



問 1 ア ～ ウ に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問 2 下線部①および②で使用する器具として最も適切なものを a ～ e からそれぞれ選んでマークせよ。

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

問 3 A に該当する色として最も適切なものを a ～ e から選んでマークせよ。

- a. 黄 b. 橙 c. 青 d. 赤紫 e. 緑

問 4 操作 I において、希硫酸の代わりに希塩酸を用いることはできない。その理由として最も適するものを a ～ c から選んでマークせよ。

- a. 希塩酸が酸化剤としてはたらくため
b. 一価の酸である塩酸は、二価の酸である硫酸よりも弱酸のため
c. 塩化物イオンが還元剤としてはたらくため

問 5 操作 I ～ III で $KMnO_4$ が受け取った e^- の物質量の合計は a . b c $\times 10^{-\text{d}}$ mol である。a ～ d に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問 6 操作 I で有機物が放出した e^- の物質量は a . b c $\times 10^{-\text{d}}$ mol である。a ～ d に該当する数字をそれぞれマークせよ。

問 7 試料水の COD の値は a b . 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。

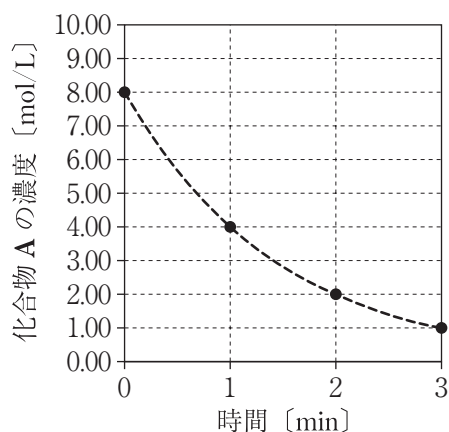
Ⅲ 次の文を読み、問 1 ～ 5 に答えよ。(25点)

1 分子の化合物 **A** は、下式のように、不可逆的な化学反応によりそれぞれ 1 分子の化合物 **B** および化合物 **C** へと分解される。



この化学反応は、温度一定の条件下において、**A** の分解速度 v が **A** の濃度 $[\text{A}]$ に比例し、反応速度式は $v = k [\text{A}]$ で表される (k : 反応速度定数)。したがって、**A** の分解反応の反応速度定数 k は、経時的な **A** の濃度変化を測定することにより求めることができる。

いま、一定体積の容器を用いて、ある温度において 8.00 mol/L の **A** を **B** および **C** へと分解させた。反応開始 1, 2 および 3 分後にそれぞれ **A** の濃度を測定した結果、**A** の濃度 [mol/L] と反応時間 [min] の関係は図のようになった。また、**A** の分解反応の反応速度定数 k を決定するため、各時間間隔における **A** の濃度変化、**A** の分解反応速度、**A** の平均濃度を算出した (表)。



図

表

時間 [min]	A の濃度 [mol/L]	A の濃度変化 [mol/L]	A の分解反応速度 [mol/(L・min)]	A の平均濃度 [mol/L]
0	8.00	} -4.00 -2.00 -1.00	4.00	6.00
1	4.00		X	3.00
2	2.00		1.00	1.50
3	1.00			

問 1 表中の **X** を **a** . **b** **c** mol/(L・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 5 分後の **A** の濃度は **Y** mol/L であると予測できる。**Y** に該当する数値として最も適するものを $a \sim g$ から選んでマークせよ。

- a. 0.10 b. 0.25 c. 0.33 d. 0.50
 e. 0.67 f. 0.75 g. 1.00

問3 Aの分解反応の反応速度定数 k を $\boxed{Z}$ /min と表すとき、 $\boxed{Z}$ に該当する数値として最も近いものを a～g から選んでマークせよ。

- a. 0.10 b. 0.25 c. 0.33 d. 0.50
e. 0.67 f. 0.75 g. 1.00

問4 反応開始1分後での C の濃度を $\boxed{a}$. $\boxed{b}$ $\boxed{c}$ 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。

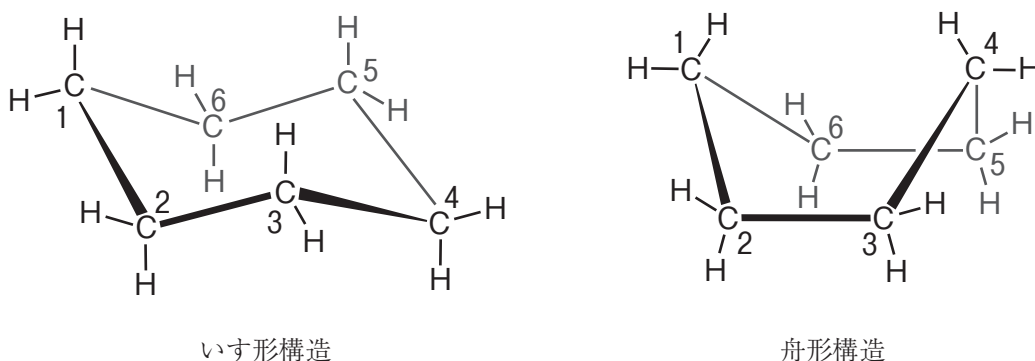
問5 過酸化水素は酸素と水へと分解される。この分解反応に触媒として酸化マンガン(IV)を加えた場合、過酸化水素の分解速度は $\boxed{ア}$ 。また、この化学反応の反応熱は $\boxed{イ}$ 。 $\boxed{ア}$ および $\boxed{イ}$ に該当する語句を a～c からそれぞれ選んでマークせよ。

- a. 大きくなる b. 小さくなる c. 変化しない

Ⅳ 次の文を読み、問1～6に答えよ。(26点)

シクロアルkanは、環状構造をもつ飽和炭化水素であり、一般式 $\boxed{\text{A}}$ ($n \geq 3$) で表される。シクロアルkanのうち、5個の炭素が環状につながった $\boxed{\text{ア}}$ と6個の炭素が環状につながったシクロヘキサンは化学的に安定だが、炭素数が3個の $\boxed{\text{イ}}$ は不安定であり、常温で容易に臭素 Br_2 と反応する。①

シクロヘキサンは、ニッケルや白金などを触媒として、高温高压下で $\boxed{\text{ウ}}$ に水素を付加させると合成できる。シクロヘキサンの環を構成する炭素原子は、すべてメタンの正四面体構造と同じ結合角度をもつ。そのため、シクロヘキサンは、下図のようないす形構造または舟形構造をとると考えられるが、不安定な舟形構造はほとんど存在しない。②



図

問1 $\boxed{\text{A}}$ に該当する一般式を a～e から選んでマークせよ。

- a. $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ b. $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ c. C_nH_{2n} d. $\text{C}_n\text{H}_{2n-1}$ e. $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$

問2 $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{ウ}}$ に該当する化合物名を a～e からそれぞれ選んでマークせよ。

- a. シクロブタン b. シクロプロパン c. シクロヘプタン
d. シクロペンタン e. ベンゼン

問3 炭素数5個からなるシクロアルkanには $\boxed{\text{X}}$ 種類の環状の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4 問3の環状の構造異性体のうち、立体異性体をもつものは1種類である。該当する構造式を書け。

問 5 下線部①の反応において，主に得られる生成物の構造式を書け。

問 6 下線部②の理由は，図中の **1** の位置の炭素原子に結合している水素原子と，Y の位置の炭素原子に結合している水素原子の空間的な距離が近くなり，立体反発が生じるためである。Y に該当するものを **2** ～ **6** から選んでマークせよ。