

[問題 1] 次の文章を読み、以下の設問 1～8 中の空欄 (1) ～ (15) にあてはまる適切な選択肢または数値を、対応する解答欄にマークしなさい。

原子は、正の電荷をもつ原子核と、負の電荷をもつ電子からなる。原子核は、正の電荷をもつ (ア) と、電荷をもたない (イ) からなる。ある原子について、(ア) の数と (イ) の数を足した数を、その原子の (ウ) という。例えば、 ^{14}C 原子の (ア) の数は (エ)、(イ) の数は (オ)、(ウ) は (カ) である。

原子内の電子は、原子核の周囲にいくつかの層をなして存在すると考えることができる。これらの層を電子殻といい、内側から順に、K 殻、L 殻、M 殻、N 殻・・・という。それぞれの電子殻に収容できる電子の最大数は決まっている。例えば、M 殻には最大で (キ) 個の電子が入る。

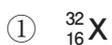
原子がイオンになったり、他の原子と結びついたりするときに、重要な役割を果たす電子を価電子といい、一般に、最外殻電子が価電子としてはたらく。例えば、(ク) であるナトリウムやカリウムは価電子を (ケ) 個もち、その価電子を失いやすい。それらが価電子を失うと、原子番号が最も近い安定な、貴ガス (希ガス) の原子と同じ電子配置をとるナトリウムイオンおよびカリウムイオンになる。

設問 1. (ア) ～ (ウ) に入る語句の組み合わせとして、最も適切なのは (1) である。

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	陽子	中性子	原子番号
②	陽子	中性子	質量数
③	陽子	中性子	原子量
④	陽子	中性子	相対質量
⑤	中性子	陽子	原子番号
⑥	中性子	陽子	質量数
⑦	中性子	陽子	原子量
⑧	中性子	陽子	相対質量

設問 2. (エ) に入る数は (2)、(オ) に入る数は (3)、(カ) に入る数は (4) (5) である。

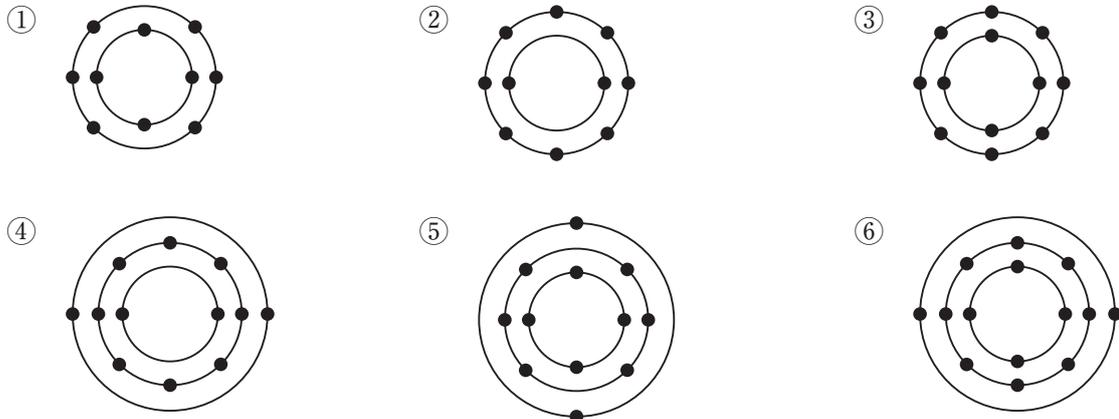
設問 3. 次のうち、中性子を最も多くもつのは (6) である。また、互いに同位体の関係にあるのは、(7) と (8) である。ただし、元素記号はすべて X で表している。



設問 4. (キ) に入る数として、最も適切なのは である。

- ① 2 ② 6 ③ 8 ④ 16 ⑤ 18 ⑥ 32

設問 5. マグネシウム Mg 原子の電子配置として、最も適切なのは である。ただし、同心円は電子殻を示し、黒点は電子を示している。また、原子核は省略している。



設問 6. (ク) および (ケ) に入る語句および数の組み合わせとして、最も適切なのは である。

	(ク)	(ケ)
①	アルカリ金属	1
②	アルカリ金属	2
③	アルカリ金属	7
④	アルカリ土類金属	1
⑤	アルカリ土類金属	2
⑥	アルカリ土類金属	7
⑦	ハロゲン	1
⑧	ハロゲン	2
⑨	ハロゲン	7

設問 7. ナトリウムイオンと同じ電子配置をとる貴ガスの原子は , カリウムイオンと同じ電子配置をとる貴ガスの原子は である。

- ① Ar ② He ③ Kr ④ Ne

設問 8. ナトリウムイオンと同じ電子配置をとるイオンは と である。

- ① Br⁻ ② Ca²⁺ ③ Cl⁻ ④ F⁻
 ⑤ H⁺ ⑥ Li⁺ ⑦ Mg²⁺ ⑧ S²⁻

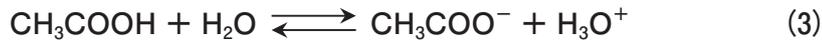
[問題2] 次の文章を読み、以下の設問1～8中の空欄 (16) ～ (30) にあてはまる適切な選択肢または数値を、対応する解答欄にマークしなさい。ただし、25℃における水のイオン積は $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ であり、 $\log_{10}3 = 0.48$ 、 $\log_{10}3.3 = 0.52$ とする。また、数値を $a \times 10^n$ の形で指数表記する場合、 a の値は $1 \leq a < 10$ 、 n は整数とする。

塩化水素 HCl やアンモニア NH₃ の水溶液中での電離は、それぞれ式(1)と式(2)のように表される。



式(1)において、HClは水H₂Oに水素イオンH⁺を与えているので酸であり、式(2)において、NH₃はH₂OからH⁺を受け取っているので塩基である。このとき、H₂Oに着目すると、式(1)では、H₂OはHClからH⁺を受け取るので塩基としてはたらく、式(2)では、H₂OはNH₃にH⁺を与えているので酸としてはたらいっている。このようなH⁺の授受という観点に着目した酸と塩基の定義を、(ア)の定義という。式(1)のように、H₂Oが塩基としてはたらくとき、H⁺はH₂Oと(イ)結合を形成して、(ウ)H₃O⁺になる。

HClは、式(1)のように水溶液中でほぼ完全に電離する強酸であるのに対して、酢酸CH₃COOHは、水に溶けると式(3)のように電離するが、CH₃COOH分子の一部しか電離しない。



そのため、(a)HClとCH₃COOHの水溶液は同じモル濃度であっても、水溶液中の水素イオン濃度が異なり、反応性や電気の通しやすさなどに違いが生じる。酸や塩基が水溶液中で電離する割合を(b)電離度という。CH₃COOHやNH₃のように電離度が小さく、水溶液中で一部しか電離しない酸と塩基を、それぞれ(c)弱酸と弱塩基という。例えば、強塩基である水酸化ナトリウムNaOHの場合、25℃における0.010 mol/L NaOH水溶液中のNaOHは完全に電離するので、pHは(エ)である。一方、弱塩基であるNH₃の場合、25℃における0.010 mol/Lアンモニア水中のアンモニアの電離度は 3.0×10^{-3} であり、このアンモニア水の水素イオン濃度は(オ)、pHは(カ)となり、同じモル濃度のNaOH水溶液とアンモニア水のpHは大きく異なる。

設問1. (ア)～(ウ)に入る語句の組み合わせとして、最も適切なのは (16) である。

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	アレニウス	水素	オキシニウムイオン
②	アレニウス	水素	ヒドロキシ酸
③	アレニウス	配位	オキシニウムイオン
④	アレニウス	配位	ヒドロキシ酸
⑤	ブレンステッド・ローリー	水素	オキシニウムイオン
⑥	ブレンステッド・ローリー	水素	ヒドロキシ酸
⑦	ブレンステッド・ローリー	配位	オキシニウムイオン
⑧	ブレンステッド・ローリー	配位	ヒドロキシ酸

設問 2. 次の各反応において、下線部の物質が酸としてはたらいっているのは、(17) と (18) である。

- ① $\underline{\text{CO}_3^{2-}} + \underline{\text{H}_2\text{O}} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$
- ② $\text{CH}_3\text{COOH} + \underline{\text{H}_2\text{O}} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
- ③ $\underline{\text{H}_2\text{PO}_4^-} + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
- ④ $\underline{\text{HS}^-} + \text{H}_3\text{O}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$
- ⑤ $\underline{\text{CH}_3\text{COO}^-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$

設問 3. 下線部(a)に関連して、0.10 mol/L 塩酸と 0.10 mol/L 酢酸水溶液の比較に関する記述として、最も適切なのは (19) である。

- ① 塩酸のほうが酢酸水溶液よりも pH が大きい。
- ② 塩酸は電気をよく通すが、酢酸水溶液は電気を全く通さない。
- ③ 同じ体積の水溶液を 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で過不足なく中和するとき、水酸化ナトリウム水溶液の滴下量は、塩酸のほうが酢酸水溶液よりも多くなる。
- ④ 同じ質量かつ同じ表面積をもつマグネシウム片を入れると、塩酸中のほうが酢酸水溶液中よりも激しく水素が発生する。

設問 4. 下線部(b)に関連して、酸の電離度を表す式として最も適切なのは、(20) である。

- ① $\frac{\text{電離した酸の物質質量} [\text{mol}]}{\text{電離していない酸の物質質量} [\text{mol}]}$ または $\frac{\text{電離した酸のモル濃度} [\text{mol/L}]}{\text{電離していない酸のモル濃度} [\text{mol/L}]}$
- ② $\frac{\text{電離した酸の物質質量} [\text{mol}]}{\text{溶かした酸の物質質量} [\text{mol}]}$ または $\frac{\text{電離した酸のモル濃度} [\text{mol/L}]}{\text{溶かした酸のモル濃度} [\text{mol/L}]}$
- ③ $\frac{\text{電離していない酸の物質質量} [\text{mol}]}{\text{溶かした酸の物質質量} [\text{mol}]}$ または $\frac{\text{電離していない酸のモル濃度} [\text{mol/L}]}{\text{溶かした酸のモル濃度} [\text{mol/L}]}$
- ④ $\frac{\text{溶かした酸の物質質量} [\text{mol}]}{\text{電離した酸の物質質量} [\text{mol}]}$ または $\frac{\text{溶かした酸のモル濃度} [\text{mol/L}]}{\text{電離した酸のモル濃度} [\text{mol/L}]}$
- ⑤ $\frac{\text{電離していない酸の物質質量} [\text{mol}]}{\text{電離した酸の物質質量} [\text{mol}]}$ または $\frac{\text{電離していない酸のモル濃度} [\text{mol/L}]}{\text{電離した酸のモル濃度} [\text{mol/L}]}$
- ⑥ $\frac{\text{溶かした酸の物質質量} [\text{mol}]}{\text{電離していない酸の物質質量} [\text{mol}]}$ または $\frac{\text{溶かした酸のモル濃度} [\text{mol/L}]}{\text{電離していない酸のモル濃度} [\text{mol/L}]}$

設問 5. 下線部(c)に関連して、次の物質のうち、水溶液中で弱酸なのは (21) と (22) である。

- ① 硝酸 HNO_3 ② フッ化水素 HF ③ 炭酸水素ナトリウム NaHCO_3
- ④ 硫化水素 H_2S ⑤ 酢酸ナトリウム CH_3COONa ⑥ 臭化水素 HBr

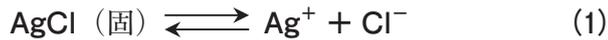
設問 6. (エ) に入る数値は (23) (24) である。

設問 7. (オ) に入る数値は (25) . (26) $\times 10^{-\text{(27) \text{(28)}}$ である。

設問 8. (カ) に入る数値は (29) . (30) である。

[問題3] 次の文章を読み、以下の設問1～6中の空欄 (31) ～ (42) にあてはまる適切な選択肢または数値を、対応する解答欄にマークしなさい。ただし、 $\sqrt{1.82} = 1.35$ とし、数値を $a \times 10^n$ の形で指数表記する場合、 a の値は $1 \leq a < 10$ 、 n は整数とする。また、二つの水溶液の混合後の体積は、混合前の水溶液の体積の和に等しいとする。

塩化銀 AgCl は、水に溶けにくい (ア) の難溶性塩であり、水にほとんど溶解しないが、まったく溶けないというわけではなく、わずかに溶解する。固体の AgCl を水に加えてよくかき混ぜたあとに固体が残ると、水溶液中では、式(1)の溶解平衡が成立している。



このとき、上澄みは飽和水溶液であり、その中の銀イオンのモル濃度 $[\text{Ag}^+]$ と塩化物イオン Cl^- のモル濃度 $[\text{Cl}^-]$ の積は、式(2)の K_{sp} で表され、温度が変わらなければ常に一定である。この値を塩化銀の (イ) といい、 25°C における値は $1.82 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ である。

$$K_{\text{sp}} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] \quad (2)$$

固体の AgCl を水に加えてよくかき混ぜた飽和水溶液中の $[\text{Ag}^+]$ と $[\text{Cl}^-]$ は、いずれも (ウ) mol/L である。この飽和水溶液に塩化水素ガスを通じると、水溶液中の $[\text{Cl}^-]$ は増加するため、式(1)に示す溶解平衡は左向きに移動して AgCl の沈殿が生成する。このとき、水溶液中の $[\text{Cl}^-]$ が $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ になれば、 $[\text{Ag}^+]$ は (エ) mol/L になる。

Cl^- を含む水溶液に硝酸銀 AgNO_3 水溶液を加えたとき、 AgCl の沈殿が生成するかどうかは、イオンの濃度の積と K_{sp} の値から判断できる。例えば、 $3.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ の塩化カルシウム CaCl_2 水溶液 5.0 mL に、 $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の AgNO_3 水溶液を 5.0 mL を加えると、 AgCl が沈殿しないと仮定した場合の Ag^+ の濃度と Cl^- の濃度の積は (オ) $(\text{mol/L})^2$ となり、 K_{sp} よりも値が (カ) のので、 AgCl の沈殿は (キ) と判断できる。

設問 1. (ア) と (イ) に入る語句の組み合わせとして、最も適切なのは (31) である。

	(ア)	(イ)
①	黄色	電離定数
②	黄色	溶解度積
③	赤褐色	電離定数
④	赤褐色	溶解度積
⑤	白色	電離定数
⑥	白色	溶解度積
⑦	黒色	電離定数
⑧	黒色	溶解度積

設問 2. (ウ) に入る数値は, $\boxed{32}.\boxed{33}\boxed{34} \times 10^{-\boxed{35}}$ である。

設問 3. 下線部の現象を表す語句として, 最も適切なものは $\boxed{36}$ である。

- ① 緩衝作用 ② 水和 ③ 凝析
④ 塩析 ⑤ 過飽和 ⑥ 共通イオン効果
⑦ 潮解 ⑧ 風解

設問 4. (エ) に入る数値は, $\boxed{37}.\boxed{38} \times 10^{-\boxed{39}}$ である。

設問 5. (オ) ~ (キ) に入る数値と語句の組み合わせとして, 最も適切なものは $\boxed{40}$ である。

	(オ)	(カ)	(キ)
①	6.0×10^{-10}	大きい	生成する
②	6.0×10^{-10}	大きい	生成しない
③	3.0×10^{-10}	大きい	生成する
④	3.0×10^{-10}	大きい	生成しない
⑤	1.5×10^{-10}	小さい	生成する
⑥	1.5×10^{-10}	小さい	生成しない
⑦	6.0×10^{-11}	小さい	生成する
⑧	6.0×10^{-11}	小さい	生成しない

設問 6. 以下の物質のうち, 水に溶けにくい難溶性塩として, 適切なものは $\boxed{41}$ と $\boxed{42}$ である。

- ① 硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4 ② 硫酸ナトリウム Na_2SO_4
③ 硫酸バリウム BaSO_4 ④ 塩化カリウム KCl
⑤ 炭酸水素ナトリウム NaHCO_3 ⑥ 硝酸カリウム KNO_3
⑦ クロム酸銀 Ag_2CrO_4

[問題 4] 次の文章を読み、以下の設問 1～7 中の空欄 (43) ～ (51) にあてはまる適切な選択肢または数値を、対応する解答欄にマークしなさい。

アルコールは、炭化水素の水素原子を (ア) で置換した化合物である。アルコールの (ア) は極性が (イ)、水分子と水素結合を形成して、水和しやすい性質を示す。一方、炭化水素部分は極性が (ウ)、水和しにくい性質を示す。そのため、例えば、(ア) を 1 つだけでもつ直鎖状の第一級アルコールで比較すると、炭素数が多いほどアルコールは水に (エ) なる。また、同じ炭素数で比較した場合、一般に、(ア) の数が多いほどアルコールは水に (オ) なる。また、アルコールは図 1 のように様々な有機化合物の原料となる。

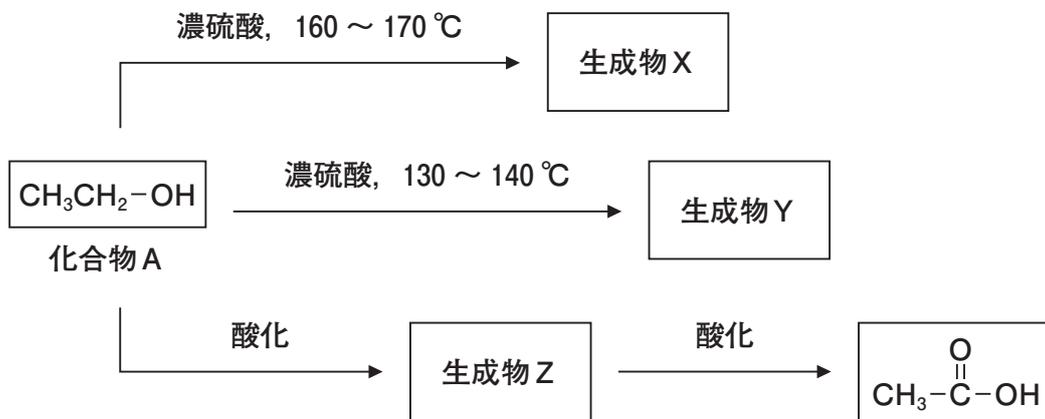


図 1 アルコールを原料とする反応生成物

設問 1. (ア) ～ (オ) にあてはまる語句の組み合わせとして、最も適切なものは (43) である。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
①	アミノ基	大きく	小さく	溶けにくく	溶けやすく
②	アミノ基	小さく	小さく	溶けやすく	溶けやすく
③	アミノ基	大きく	大きく	溶けにくく	溶けにくく
④	アミノ基	小さく	大きく	溶けやすく	溶けにくく
⑤	ヒドロキシ基	大きく	小さく	溶けにくく	溶けやすく
⑥	ヒドロキシ基	小さく	小さく	溶けやすく	溶けやすく
⑦	ヒドロキシ基	大きく	大きく	溶けにくく	溶けにくく
⑧	ヒドロキシ基	小さく	大きく	溶けやすく	溶けにくく
⑨	ヒドロキシ基	大きく	小さく	溶けにくく	溶けにくく

設問 2. 図 1 の化合物 A の名称は である。

- ① メタノール ② エタノール ③ 1-ブタノール
④ フェノール ⑤ アセトン ⑥ 酢酸
⑦ 酢酸エチル ⑧ ホルムアルデヒド

設問 3. 図 1 の生成物 X, Y, Z にあてはまる化合物の構造式として, 最も適切なものはそれぞれ , , である。

- ① ② ③ ④ ⑤
 $\text{CH}_3\text{-OH}$ $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$ $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OCH}_2\text{CH}_3$
⑥ ⑦ ⑧ ⑨
 $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-O-CH}_2\text{CH}_3$ $\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} & \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$ $\text{H-C}\equiv\text{C-H}$

設問 4. 生成物 X が生成する反応の名称として, 最も適切なものは である。

- ① 加水分解 ② エステル化 ③ 脱水 ④ 重合
⑤ スルホン化 ⑥ アセチル化 ⑦ ジアゾ化 ⑧ 縮合

設問 5. 分子式 $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ で表される化合物のうち, アルコールに分類される化合物は 個である。ただし, 立体異性体は含めないものとする。

設問 6. 生成物 Y の性質に関する記述として, 誤っているのは である。

- ① 水によく溶ける。
② 揮発性が高い。
③ 引火性がある。
④ 麻酔作用を示す。
⑤ ナトリウムとは反応しない。

設問 7. 生成物 Z に関する記述として, 最も適切なものは である。

- ① ヨードホルム反応を起こすが, 銀鏡反応は起こさない。
② ヨードホルム反応を起こさないが, 銀鏡反応は起こす。
③ ヨードホルム反応も銀鏡反応も起こさない。
④ ヨードホルム反応を起こし, フェーリング液も還元する。
⑤ ヨードホルム反応を起こすが, フェーリング液は還元しない。
⑥ ヨードホルム反応を起こさず, フェーリング液も還元しない。

[問題5] 次の文章ⅠおよびⅡを読み、以下の設問1～7中の空欄 52 ～ 63 にあてはまる適切な選択肢または数値を、対応する解答欄にマークしなさい。ただし、数値を $a \times 10^n$ の形で指数表記する場合、 a の値は $1 \leq a < 10$ 、 n は整数とする。

Ⅰ. 密閉容器に水素 H_2 とヨウ素 I_2 を入れて一定温度に保つと、ヨウ化水素 HI が生成する。この反応は、式(1)で表される。



この反応の HI の生成速度 v [mol/(L·s)] は式(2)のように表されることが分かっている。

$$v = k[H_2]^x[I_2]^y \quad (x, y \text{ は整数}) \quad (2)$$

式(2)の x 、 y および反応速度定数 k を求めるために、ある一定温度で、 H_2 と I_2 の初濃度(反応開始時の濃度)を変えて、反応初期の HI の生成速度を求める実験を行った。その結果、表1が得られた。

表1 H_2 および I_2 の初濃度と反応初期の HI の生成速度

実験	H_2 の初濃度 [mol/L]	I_2 の初濃度 [mol/L]	反応初期の HI の生成速度 [mol/(L·s)]
1	0.25	0.25	5.0×10^{-3}
2	0.50	0.25	1.0×10^{-2}
3	0.50	1.0	4.0×10^{-2}

表1の結果より、 HI の生成速度の式は (ア) であり、
 反応速度定数 $k =$ (イ) [L/(mol·s)] であることが分かった。

式(1)で表される反応の進行度とエネルギーの関係は、下の図1のようになる。

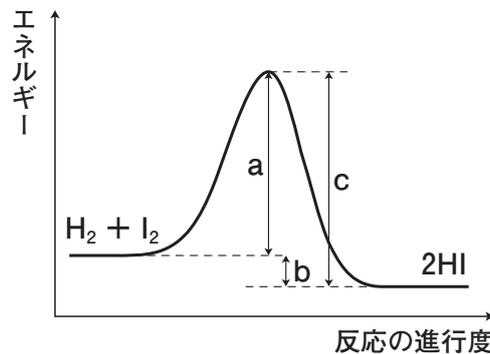
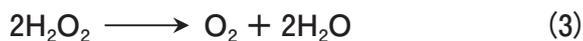


図1 H_2 と I_2 から HI が生成する反応の進行度とエネルギーの関係

図1より、式(1)で表される反応は (ウ) 反応であり、その活性化エネルギーの大きさは図中の (エ)、反応エンタルピー(反応熱)の大きさは図中の (オ) で示される。活性化エネルギーがより低い反応経路で反応させるには (カ) と良い。

II. 過酸化水素 H_2O_2 に酸化マンガン(IV)を加えると、酸素 O_2 と水 H_2O が生じる。この反応は式(3)で表される。



温度を一定にしながら、 0.880 mol/L 過酸化水素水 10.0 mL に酸化マンガン(IV)を加え、 O_2 の発生量(累積量)を 30 秒ごとに測定した。その測定結果を表2にまとめた。ただし、水溶液の体積は変化しないものとする。

表2 過酸化水素水の分解反応時間と発生した O_2 の総物質質量

反応時間 [s]	発生した O_2 の総物質質量 [mol]
0	0
30	3.33×10^{-4}
60	6.40×10^{-4}
90	9.20×10^{-4}

設問 1. (ア)に入る式として、最も適切なのは である。

- ① $v = k[\text{H}_2][\text{I}_2]$ ② $v = k[\text{H}_2][\text{I}_2]^2$ ③ $v = k[\text{H}_2]^2[\text{I}_2]$
 ④ $v = k[\text{H}_2]^2[\text{I}_2]^2$ ⑤ $v = k[\text{H}_2]^3[\text{I}_2]^2$ ⑥ $v = k[\text{H}_2]^2[\text{I}_2]^3$

設問 2. (イ)に入る値は . $\times 10^{-\text{$ である。

設問 3. (ウ)に入る語句と、(エ)と(オ)に入る記号の組み合わせとして、最も適切なのは である。

	(ウ)	(エ)	(オ)
①	吸熱	a	b
②	吸熱	b	a
③	吸熱	b	c
④	吸熱	c	b
⑤	発熱	a	b
⑥	発熱	b	a
⑦	発熱	b	c
⑧	発熱	c	b

設問 4. (カ) に入る文章として、最も適切なのは である。

- ① 触媒を加える
- ② より高温にする
- ③ より低温にする
- ④ H_2 と I_2 を増やす
- ⑤ H_2 と I_2 を減らす

設問 5. 表 2 の結果より、反応開始から 90 秒の間で分解した H_2O_2 の物質量は

. $\times 10^{-\text{$ [mol] である。

設問 6. 表 2 の結果より、反応開始後 90 秒における H_2O_2 の濃度として、最も適切なものは

[mol/L] である。

- ① 8.80×10^{-3}
- ② 6.40×10^{-2}
- ③ 6.96×10^{-2}
- ④ 8.80×10^{-2}
- ⑤ 0.640
- ⑥ 0.696

設問 7. 表 2 の結果より、反応開始後 60 秒から 90 秒の間における H_2O_2 の分解の平均反応速度

として、最も近いのは [mol/(L·s)] である。

- ① 9.3×10^{-4}
- ② 1.9×10^{-3}
- ③ 2.2×10^{-3}
- ④ 3.7×10^{-3}
- ⑤ 4.7×10^{-3}
- ⑥ 6.2×10^{-3}