

2025年度

# 「化 学」

試験時間 90 分

配点 150 点

※物理と化学から 1 科目を選択し、解答しなさい。

※選択解答する科目は、解答用紙にある「選択科目チェック欄」  
に☑を記入しなさい。

**【過去問題に関する追記】**

「答え」のみ記入する解答と、「選択肢」や「構造式」  
を記入する解答がある。

【1】 以下の各問いに答えよ。

- (1) 図1は、水の状態図の概略図である。図1の点AからBへの状態変化と関係の深い現象として適切なものを下の①～⑤からすべて選べ。ただし、図1は状態図の特徴を強調して示しており、温度や圧力や目盛の間隔は等間隔ではない。

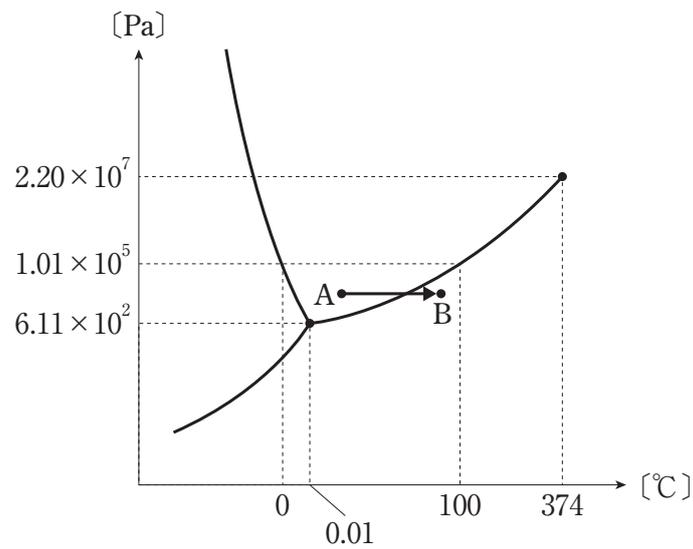


図1

- ① 冷凍庫の中の氷が小さくなる。
- ② 夏場に、冷たいコップの外側に水滴がつく。
- ③ 標高の高い場所では、1気圧における沸点よりも低い温度で水が沸騰する。
- ④ 気温が下がり、湖の表面の水が凍結する。
- ⑤ 超臨界状態であり、有機溶媒と混ざりやすくなる。

- (2) ベンゼンは有機溶媒であり，凝固点は  $5.53\text{ }^{\circ}\text{C}$  である．ベンゼンに酢酸を溶解させると，ベンゼン中で酢酸の一部が会合し，図2のように二量体を形成する． $500\text{ mL}$  のベンゼンに酢酸  $3.0\text{ g}$  を溶解したところ，この溶液の凝固点は  $5.21\text{ }^{\circ}\text{C}$  となった．ベンゼン中で会合し二量体を形成した酢酸分子の割合は何％か．最も適切な数値を下の①～⑤から選べ．ただし，ベンゼンの密度は  $0.88\text{ g/cm}^3$ ，モル凝固点降下は  $5.1\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$  とし，原子量は  $\text{H}=1.0$ ， $\text{C}=12$ ， $\text{O}=16$  とする．

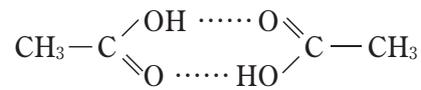


図2

- ① 10%      ② 50%      ③ 80%      ④ 90%      ⑤ 95%

- (3) 塩化ナトリウム水溶液から純粋な水を分離するために図3のような蒸留装置を準備した。下の①～⑤の蒸留操作の注意事項に関する文のうち、操作時の注意点として誤っているものをすべて選べ。

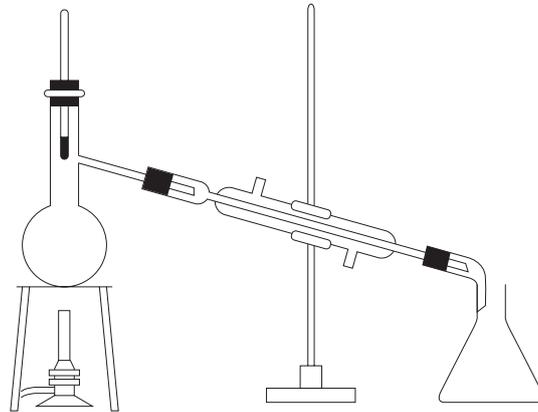


図3

- ① リービッヒ冷却器に流す冷却水は上から下に流すようにする。
- ② 温度計の球部がフラスコ内の水溶液に浸るようにする。
- ③ 水溶液の液量は、フラスコの容量の半分以下にする。
- ④ 三角フラスコは密栓しない。
- ⑤ 水溶液の突沸を防ぐために、沸騰石を加える。

- (4) 次の①～⑤のイオン化エネルギーと電子親和力に関する文のうち、誤っているものをすべて選べ。
- ① 原子の最も外側の電子殻から電子1個を取り去るのに必要なエネルギーを第一イオン化エネルギーという。
  - ② He と Ar を比較すると、Arの方が第一イオン化エネルギーが大きい。
  - ③ Li と F を比較すると、Fの方が第一イオン化エネルギーが大きい。
  - ④ 貴ガスを除き、原子が最も外側の電子殻に電子1個を受け取るときに必要なエネルギーを電子親和力という。
  - ⑤ 一般に電子親和力が大きい原子は、陰性が強い。
- (5) 次の合成高分子化合物のうち、構成元素として窒素 N を含むものはいくつあるか。最も適切なものを下の①～⑥から選べ。

ナイロン 66

ポリアクリロニトリル

ポリ乳酸

ポリスチレン

尿素樹脂

メラミン樹脂

① 1

② 2

③ 3

④ 4

⑤ 5

⑥ 6

(6)の問題において、旧教育課程履修者は次ページの【旧教育課程履修者用】の問題を解答してもよい。

\*旧教育課程履修者とは、新教育課程履修者でない者

\*新教育課程履修者とは、令和4年4月に高等学校（特別支援学校の高等部を含む）に入学、もしくは中等教育学校の後期課程に進学し、平成30年告示高等学校指導要領に基づく教育課程の下で学び、令和7年3月に卒業見込みの者

- (6) 気体状態の分子の共有結合を切断してばらばらの原子にするのに必要なエネルギーを、その共有結合の結合エネルギーという。1.013×10<sup>5</sup> Paにおいて、25℃でのエタン C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> (気) の燃焼エンタルピーは $\Delta H = -1561$  kJ/mol、プロパン C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> (気) の燃焼エンタルピーは $\Delta H = -2219$  kJ/molである。25℃でのC-C結合の結合エネルギーは何kJ/molか。最も適切な数値を下の①～⑤から選べ。ただし、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>とC<sub>3</sub>H<sub>8</sub>におけるC-C結合とH-C結合の結合エネルギーはそれぞれ等しいものとし、25℃でのそれぞれの分子内の結合エネルギーは次の表に示す値とする。また、燃焼によって生じるH<sub>2</sub>Oはすべて液体であるものとする。

結合	結合エネルギー [kJ/mol]
H-C	416
H-O	463
O=O	498
C=O	804

- ① 297      ② 305      ③ 349      ④ 393      ⑤ 400

【旧教育課程履修者用】

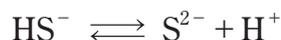
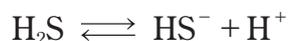
- (6) 気体状態の分子の共有結合を切断してばらばらの原子にするのに必要なエネルギーを、その共有結合の結合エネルギーという。1.013×10<sup>5</sup> Paにおいて、25℃でのエタン C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> (気) の燃焼熱は 1561 kJ/mol, プロパン C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> (気) の燃焼熱は 2219 kJ/mol である。25℃での C-C 結合の結合エネルギーは何 kJ/mol か。最も適切な数値を下の①～⑤から選べ。ただし、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> と C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> における C-C 結合と H-C 結合の結合エネルギーはそれぞれ等しいものとし、25℃でのそれぞれの分子内の結合エネルギーは次の表に示す値とする。また、燃焼によって生じる H<sub>2</sub>O はすべて液体であるものとする。

結合	結合エネルギー [kJ/mol]
H-C	416
H-O	463
O=O	498
C=O	804

- ① 297      ② 305      ③ 349      ④ 393      ⑤ 400

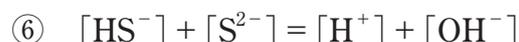
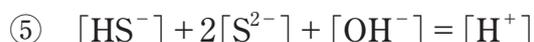
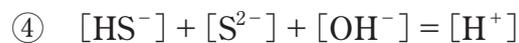
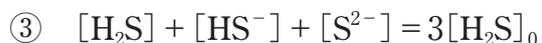
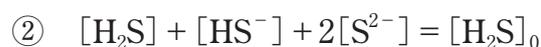
【2】 次の文章〔A〕〔B〕を読み、以下の各問いに答えよ。

〔A〕 2価の弱酸である硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$  は、水溶液中で次のように2段階に電離する。



25℃において、1段階目の電離定数  $K_1 = 9.2 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ 、2段階目の電離定数  $K_2 = 1.2 \times 10^{-14} \text{ mol/L}$  とする。金属イオンの多くは  $\text{S}^{2-}$  と硫化物の沈殿を生成するが、水溶液の pH によって沈殿する場合と沈殿しない場合がある。

- (1)  $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Cd}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$  がそれぞれ  $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  含まれる pH = 2.0 の水溶液に  $\text{H}_2\text{S}$  を飽和させたところ、沈殿が生成した。生成した硫化物の沈殿の化学式をすべて記せ。
- (2) (a)硫酸銅(Ⅱ)  $\text{CuSO}_4$  水溶液に  $\text{H}_2\text{S}$  を通じると黒色沈殿が生成した。 (b)生成した沈殿は希硝酸  $\text{HNO}_3$  を加えて加熱すると無色の気体を発生しながら溶解し、水溶液が白濁した。 なお、発生した無色の気体は空気中ですみやかに酸化されて赤褐色の気体になった。下線部(a),(b)についてイオンを含まない化学反応式をそれぞれ記せ。
- (3)  $\text{H}_2\text{S}$  水溶液中に溶解している分子やイオンには、いくつかの関係が成立している。それぞれの分子やイオンを X としたときのモル濃度を  $[\text{X}]$  のように表したとき、水溶液中で成立している関係式として適切なものを次の①～⑥からすべて選べ。ただし、水溶液中に溶解した  $\text{H}_2\text{S}$  の全モル濃度を  $[\text{H}_2\text{S}]_0$ 、水溶液中に分子として存在している  $\text{H}_2\text{S}$  のモル濃度を  $[\text{H}_2\text{S}]$  とし、 $\text{H}_2\text{S}$  以外の物質は溶解していないものとする。



- (4) 25 °Cにおいて、 $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の  $\text{Zn}^{2+}$ が含まれる  $\text{pH}=2.0$ の水溶液に  $\text{H}_2\text{S}$ を通じたのちに、この溶液の  $\text{pH}$ を徐々に大きくした。  $\text{ZnS}$ の沈殿が生じ始めるときの  $\text{H}^+$ のモル濃度  $[\text{H}^+]$ は何  $\text{mol/L}$ か。有効数字2桁で記せ。ただし、25 °Cにおける  $\text{ZnS}$ の溶解度積を  $[\text{Zn}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 2.2 \times 10^{-18} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とし、 $[\text{H}_2\text{S}]$ は  $0.10 \text{ mol/L}$ で一定とする。また、必要であれば  $\sqrt{5} = 2.2$ を用いること。
- (5) (4)のとき、温度一定で水溶液の  $\text{pH}$ を  $4.0$ にすると、水溶液中の  $\text{Zn}^{2+}$ の何%が  $\text{ZnS}$ として沈殿するか。有効数字2桁で記せ。ただし、溶液の体積変化はないものとする。

[B] 鉄 Fe を主成分とする飲料用のスチール缶を希硫酸に溶解させ、硫酸アンモニウム  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  溶液を加えてから結晶を析出させると、青色のモール塩が得られる。モール塩の化学式は  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  と表され、 $\text{FeSO}_4$  と  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  の複塩である。モール塩は酸化数+2の Fe の化合物の中では空气中で比較的安定な化合物の1つであり、酸化還元滴定の試料としても利用される。

(6) モール塩の粉末試料をろつぽに入れて注意深く加熱したところ、水和水のみが完全に蒸発し、無水物になった。このとき、はじめの粉末試料と比較して試料の質量は 27.5% 減少していた。その後、さらに加熱し 700 °C まで達すると、安定な鉄の化合物が生成した。このとき、はじめの粉末試料と比較して試料の質量は 79.6% 減少していた。 $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  の  $n$  の値はいくらか。整数で記せ。また、最終的に生成した鉄の化合物の化学式として最も適切なものを次の①～⑧から選べ。ただし、原子量は  $\text{H}=1.0$ ,  $\text{N}=14$ ,  $\text{O}=16$ ,  $\text{S}=32$ ,  $\text{Fe}=56$  とし、実験中に Fe の物質量は変化しなかったものとする。

- |                                |                           |                           |                           |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ① $\text{FeO}$                 | ② $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | ③ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ | ④ $\text{FeSO}_4$         |
| ⑤ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ | ⑥ $\text{FeS}$            | ⑦ $\text{Fe}_2\text{S}_3$ | ⑧ $\text{Fe}_3\text{S}_4$ |

(7) 硫酸酸性条件で  $\text{FeSO}_4$  を  $\text{KMnO}_4$  と反応させると、 $\text{Fe}^{2+}$  が還元剤、 $\text{MnO}_4^-$  が酸化剤としてはたらいで反応する。このときの反応についてイオンを含まない化学反応式を記せ。

(8) モール塩は比較的安定な化合物だが、pH の大きい水溶液中では  $\text{Fe}^{2+}$  が酸化されやすいため、実験は酸性条件下で行う。モール塩を希硫酸に溶解させ、正確に 100 mL とし、溶液 A とした。溶液 A のうち、10.0 mL をはかり取って三角フラスコに入れ、純水を加えて全体の体積を 20.0 mL とした。そこに 0.0200 mol/L の  $\text{KMnO}_4$  水溶液を滴下したところ、10.2 mL 滴下したところで終点となった。溶液 A 中の  $\text{Fe}^{2+}$  のモル濃度は何 mol/L か。有効数字 3 桁で記せ。ただし、 $\text{MnO}_4^-$  は  $\text{Fe}^{2+}$  とのみ反応したものとする。

【3】 次の文章〔A〕〔B〕を読み、以下の各問いに答えよ。

〔A〕 47℃において、容積 8.3 L の密閉容器に、一酸化窒素と酸素を物質質量比 1 : 1 で封入したところ、すみやかに一酸化窒素と酸素が反応して、一酸化窒素はすべて二酸化窒素となった。その後、時間が経過すると、生成した二酸化窒素の一部が次の式のように反応して気体の四酸化二窒素が生成した。



生成した二酸化窒素の 40% が反応したときの容器内の圧力は  $5.2 \times 10^4 \text{ Pa}$  であった。この状態を状態 P とする。ただし、反応に関与した気体はすべて理想気体とする。

(1) 次の A ~ D のうち、一酸化窒素が生成する反応の組み合わせとして最も適切なものを下の①~⑥から選べ。

- A 銅を濃硝酸に加える。
- B 銀を希硝酸に加える。
- C 高温高圧で二酸化炭素とアンモニアを反応させる。
- D アンモニアを白金を触媒として高温で酸化する。

- ① A と B                      ② A と C                      ③ A と D
- ④ B と C                      ⑤ B と D                      ⑥ C と D

(2) 状態 P において、四酸化二窒素の分圧は何 Pa か。有効数字 2 桁で記せ。

(3) 状態 P において、容器内の混合気体の平均分子量はいくらか。有効数字 2 桁で記せ。ただし、原子量は  $N=14$ ,  $O=16$  とする。

(4) 状態 P において、容器内に存在する混合気体の物質質量は何 mol か。有効数字 2 桁で記せ。ただし、気体定数は  $R=8.3 \times 10^3 \text{ [Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})]$  とする。

- (5) 実在気体の場合，分子間力と分子自身の体積が存在するため，厳密には気体の状態方程式が成立しない．実在気体には分子間力がはたらくので，体積一定であれば理想気体と比べて気体の圧力が小さくなる．実在気体の圧力の減少分は気体のモル濃度の2乗に比例する．また，実在気体には分子自身の体積があるので，圧力一定であれば理想気体と比べて気体としての体積が大きくなる．実在気体の体積の増加分は気体の物質量に比例する．絶対温度  $T$  [K] において，1 mol の実在気体の圧力が  $P$  [Pa]，体積が  $V$  [L] のとき，この実在気体に成立する関係として最も適切なものを次の①～⑧から選べ．ただし， $R$  は気体定数 [Pa·L/(K·mol)]， $a$  は分子間力に関する定数， $b$  は分子自身の体積の効果を表す定数 ( $a > 0$ ,  $b > 0$ ) である．

①  $\left(P + \frac{a}{V}\right)(V + b) = RT$

②  $\left(P - \frac{a}{V}\right)(V - b) = RT$

③  $\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V + b) = RT$

④  $\left(P - \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$

⑤  $\left(P + \frac{a}{V}\right)(V - b) = RT$

⑥  $\left(P - \frac{a}{V}\right)(V + b) = RT$

⑦  $\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$

⑧  $\left(P - \frac{a}{V^2}\right)(V + b) = RT$

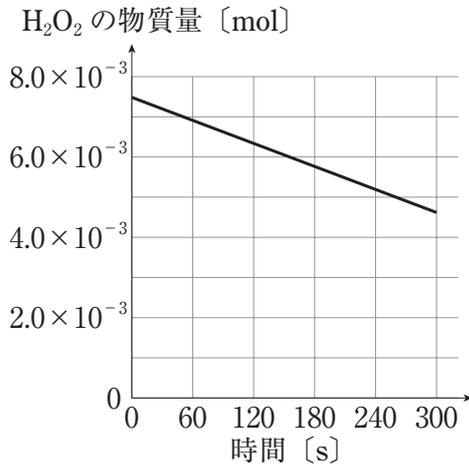
[B] 20 ℃において、0.750 mol/L の過酸化水素水 10.0 mL に少量の酸化マンガン(IV) を加えて 60 s ごとに過酸化水素のモル濃度を測定していったところ、次の表の結果が得られた。

時間 [s]	0	60	120	180	240	300
モル濃度 [mol/L]	0.750	0.588	0.466	0.366	0.286	0.228

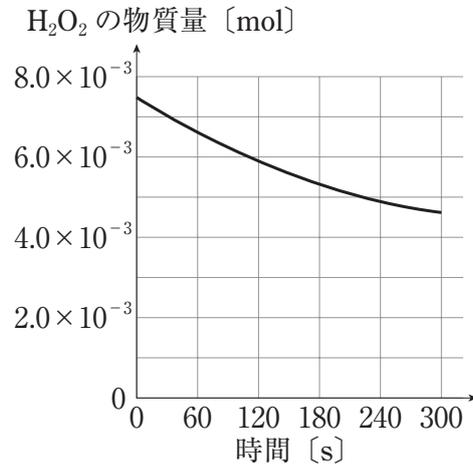
ただし、過酸化水素水の体積は変化しなかったものとする。

(6) 過酸化水素水中の過酸化水素の物質質量〔mol〕と時間〔s〕の関係を表したグラフとして最も適切なものを次の①～⑥から選べ。

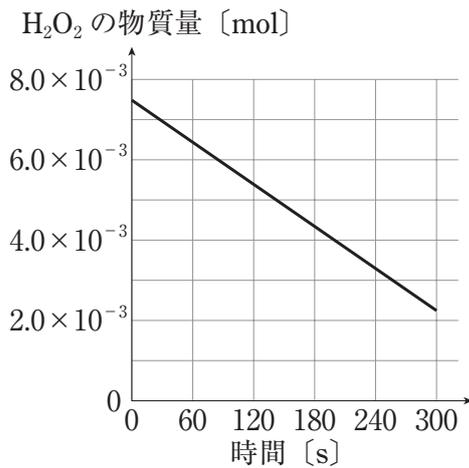
①



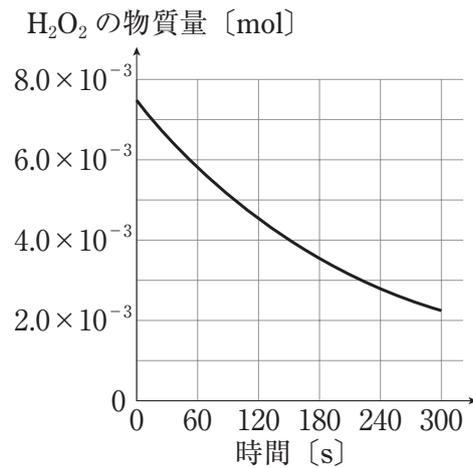
②



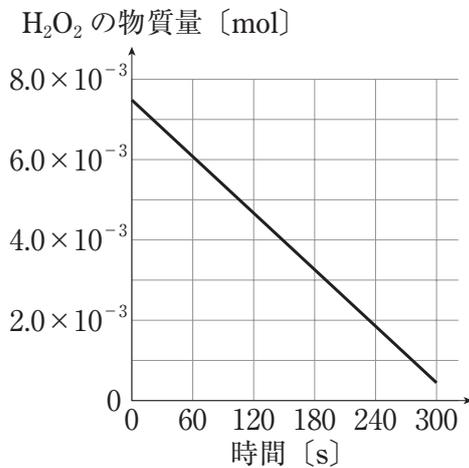
③



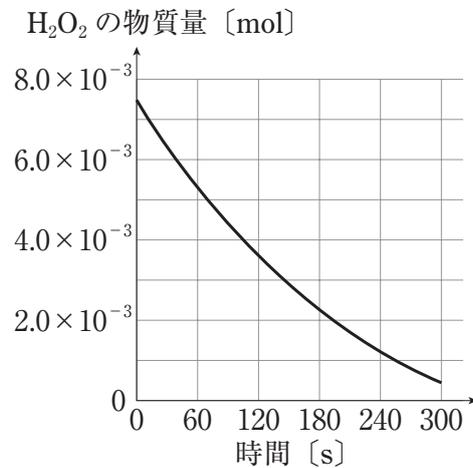
④



⑤



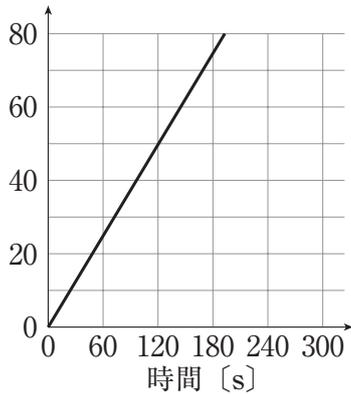
⑥



(7) 過酸化水素の分解によって発生した酸素の  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  における積算での体積 [mL] と時間 [s] の関係を表したグラフとして最も適切なものを次の①～⑥から選べ。ただし、気体定数は  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ [Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})]$  とし、溶解する酸素の量は無視できるものとする。

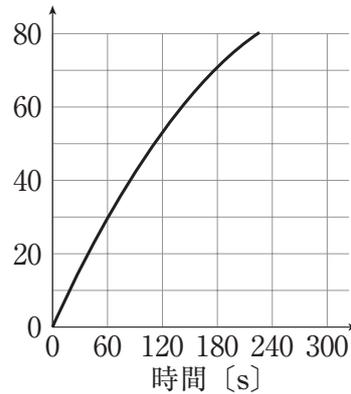
①

発生した  $\text{O}_2$  の体積 [mL]



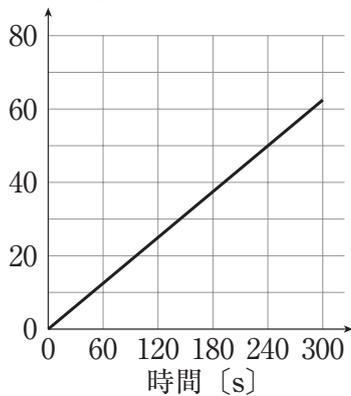
②

発生した  $\text{O}_2$  の体積 [mL]



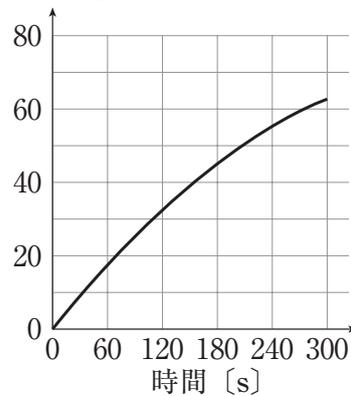
③

発生した  $\text{O}_2$  の体積 [mL]



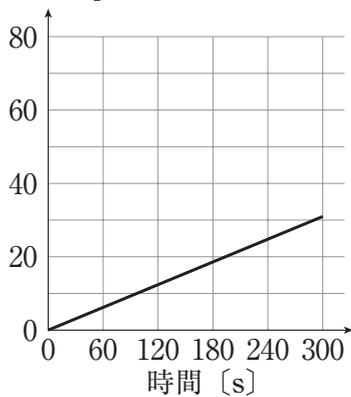
④

発生した  $\text{O}_2$  の体積 [mL]



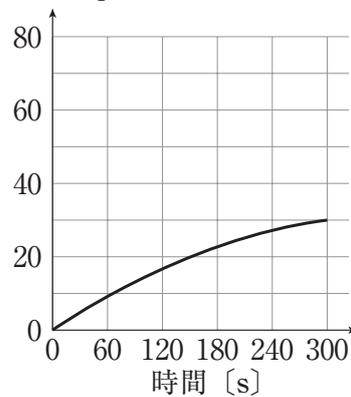
⑤

発生した  $\text{O}_2$  の体積 [mL]



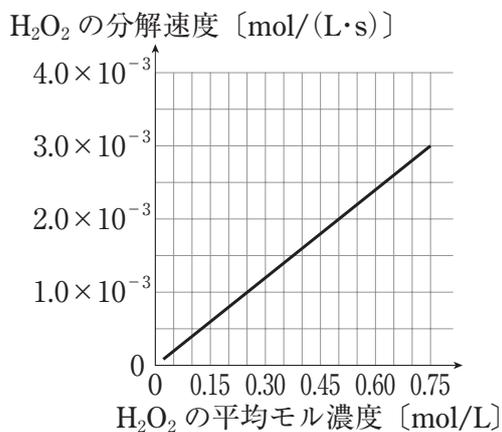
⑥

発生した  $\text{O}_2$  の体積 [mL]

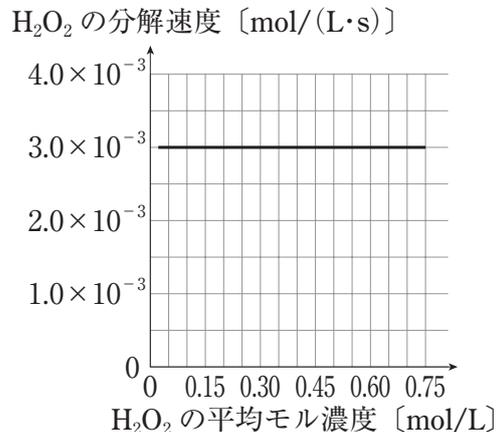


(8) 過酸化水素の分解速度 [mol/(L·s)] と過酸化水素水の平均モル濃度 [mol/L] の関係を表したグラフとして最も適切なものを次の①～⑥から選べ。

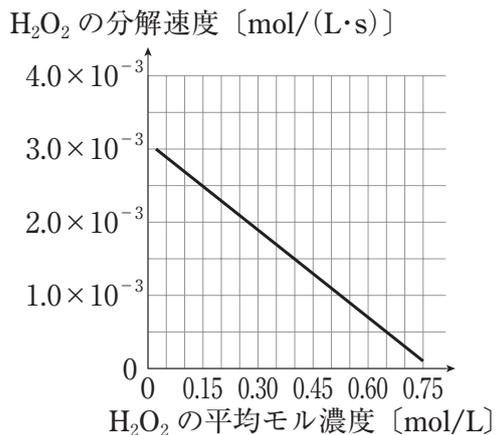
①



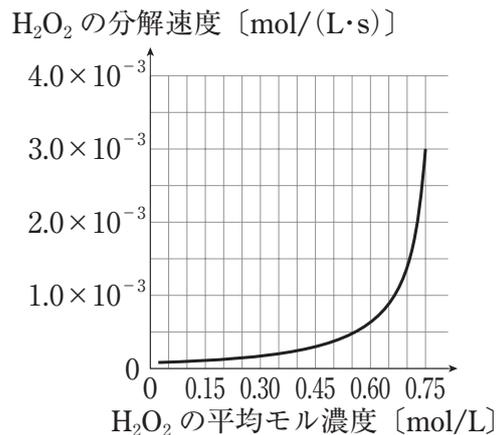
②



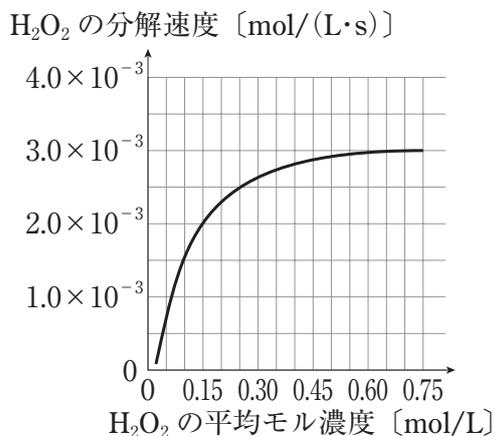
③



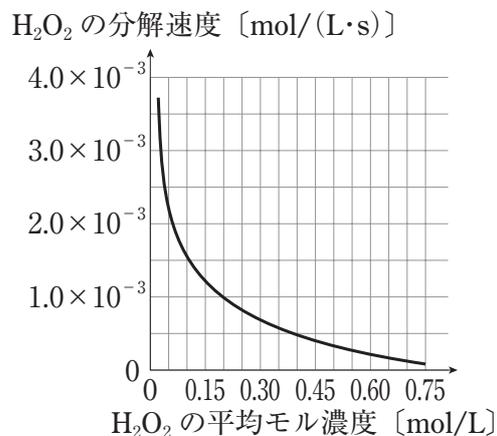
④



⑤



⑥



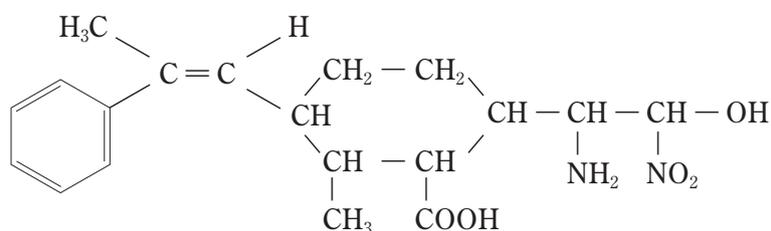
- (9) 過酸化水素の分解速度  $v$  [mol/(L·s)] を過酸化水素のモル濃度  $[\text{H}_2\text{O}_2]$  と反応速度定数  $k$  を用いて表せ. また, 120 ~ 180 s の平均の反応速度と平均のモル濃度から計算した  $k$  の値はいくらか. 単位を付けて有効数字 2 桁で記せ.

【4】 ベンゼンは特異臭をもつ、無色で可燃性の液体である。ベンゼン環をもつ物質を芳香族化合物という。ベンゼン環は不飽和結合をもつが非常に安定であり、置換反応が起こりやすい。ベンゼンに鉄を触媒として臭素を反応させると、一置換体である化合物 A が生成する。ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸の混合物を加えて 60℃で反応させると化合物 B が生成する。さらに温度を上げて反応を続けるとベンゼンの二置換体である化合物 C が主に生成する。また、トルエンに濃硝酸と濃硫酸の混合物を加えて常温で反応させると、ベンゼンの二置換体である化合物 D や E などが主に生成する。この反応を高温で行うと最終的に爆薬に利用される化合物 F が生成する。このように、ベンゼン環に結合した置換基によって、次の置換反応がどこに起こりやすいかが決まることを配向性という。たとえば、ヒドロキシ基はオルト-パラ配向性、カルボキシ基はメタ配向性を示す。なお、化合物 D のベンゼン環に結合した水素原子 1 つをヨウ素原子に置換したものには 2 種類の構造異性体が存在する。

トルエンを塩基性条件で過マンガン酸カリウム水溶液によって酸化すると、化合物 G のカリウム塩が生成する。同様に、化合物 D を塩基性条件で過マンガン酸カリウム水溶液によって酸化すると、化合物 H のカリウム塩が生成する。また、化合物 E をスズと濃塩酸によって還元すると化合物 I の塩酸塩が生成する。以下の各問いに答えよ。

(1) 化合物 A ~ I の構造式を例にしたがって記せ。

例)



- (2) 化合物 E のベンゼン環に結合した水素原子 1 つをヨウ素原子に置換したのものには、何種類の構造異性体が存在するか。整数で記せ。
- (3) アニリンの希塩酸溶液に氷冷しながら亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、化合物 J が生成する。化合物 J の水溶液に低温でナトリウムフェノキシド水溶液を加えると、染料として利用されているアゾ化合物 K が生成する。化合物 J と K の構造式を(1)の例にしたがって記せ。
- (4) (3)の化合物 J は分解しやすく、その水溶液を温めると加水分解する。その化学反応式は次のように表される。化学反応式の空欄アに当てはまる部分を記せ。ただし、有機化合物の構造式は(1)の例にしたがって記せ。



- (5) *p*-キシレンを塩基性条件で過マンガン酸カリウム水溶液によって酸化すると、化合物 L のカリウム塩が生成する。化合物 L とエチレングリコールを縮合重合すると、飲料容器や衣料品などに利用される合成高分子化合物が得られる。130 g の化合物 L と 50 g のエチレングリコールから得られる合成高分子化合物の質量は最大で何 g か。有効数字 2 桁で記せ。ただし、原子量は H=1.0, C=12, O=16 とし、末端の構造は無視するものとする。
- (6) 分子量 200 以下の芳香族炭化水素 M を元素分析したところ、質量百分率で C : 90.6%, H : 9.43% であった。化合物 M を塩基性条件で過マンガン酸カリウム水溶液とともに長時間加熱すると、化合物 N のカリウム塩が得られる。化合物 N は加熱すると容易に脱水し、無水フタル酸が得られる。化合物 M の構造式を(1)の例にしたがって記せ。ただし、原子量は H=1.0, C=12 とする。