

2021年度公募制推薦入試A日程〔11/19〕 適性検査問題

1 時 限

12 化 学

(薬 学 部)

問題は200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. 解答用紙は、マークセンス方式問題用と記述式問題用の2種類がある。適宜、該当する解答用紙に解答すること。
2. 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、

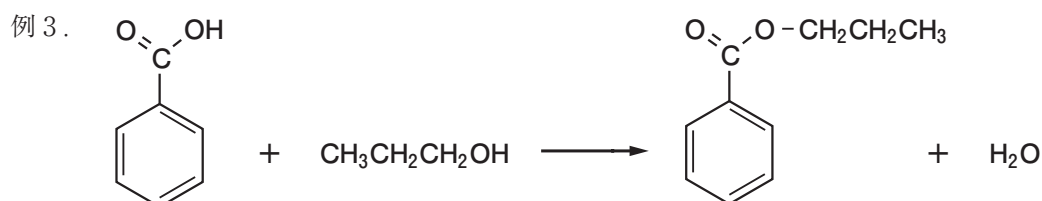
\boxed{a} \boxed{b} . \boxed{c} \boxed{d}
 計算結果が 7. 103 ならば、四捨五入して 0 7 1 0 をそれぞれマークせよ。

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 C₂H₇NO₂ ならば、2 0 7 1 2 をそれぞれマークせよ。

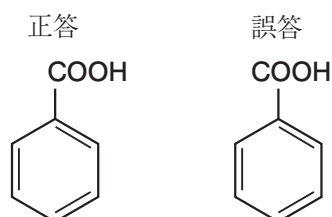
上の例のように、0や1もマークし、空欄を残さないこと。

3. 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。

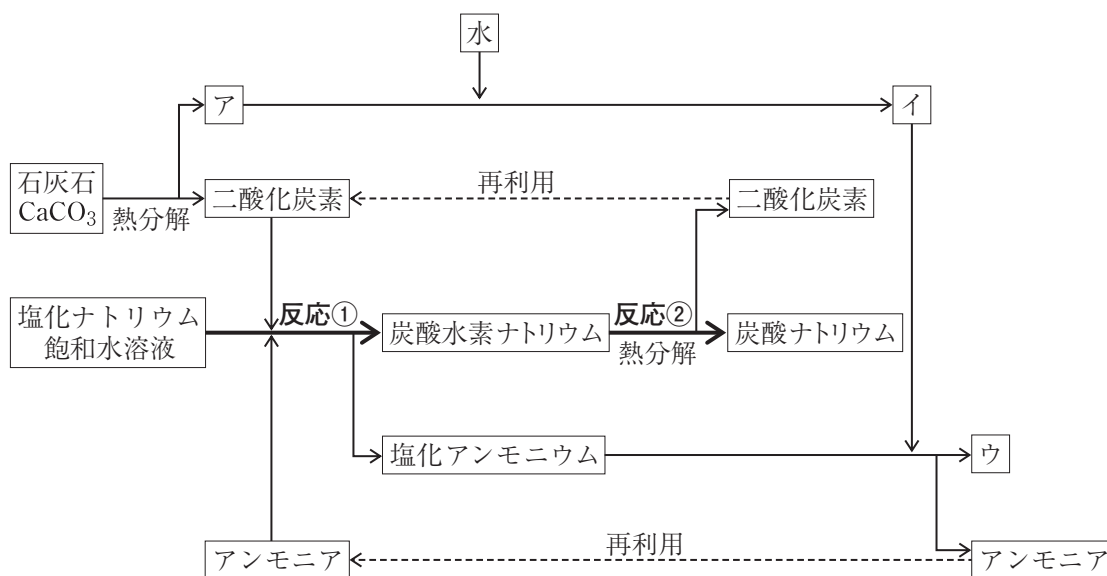
解答にあたって必要ならば、次の数値を用いよ。

原子量 H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.0, Cl = 35.5,

Ca = 40.0

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

I 下図は、石灰石と塩化ナトリウムを主原料として、炭酸ナトリウムを工業的に製造するアンモニアソーダ法の工程の概略を示したものである。問1～6に答えよ。(50点)



問1 **ア** ~ **ウ** に該当するカルシウム化合物の化学式をそれぞれ書け。

問2 反応①において、生成する炭酸水素ナトリウムは反応溶液から容易に分離できる。この理由を「溶解度」という単語を用いて簡潔に書け。

問3 反応①と②の反応式をそれぞれ書け。また、反応②で発生する二酸化炭素は反応①で再利用できる。反応①で使用する二酸化炭素のうち、反応②で発生する二酸化炭素は最大何%を占めるか。該当する数値を書け。

問4 アンモニアソーダ法により、質量パーセント濃度が26.5%の塩化ナトリウム水溶液 1.00×10^3 kg 中の塩化ナトリウムのうち、40%が炭酸ナトリウムに変化した。このときに得られる炭酸ナトリウムの無水塩の質量を $\boxed{a}.\boxed{b} \times 10^{\boxed{c}}$ kg と表すとき、a～cに該当する数字をそれぞれ選んでマークせよ。ただし、各反応は完全に進行するものとする。

問5 濃度未知の炭酸ナトリウム水溶液 200 mL に含まれる溶媒を完全に蒸発させたところ、炭酸ナトリウム十水和物の結晶 14.3 g が得られた。蒸発前の炭酸ナトリウム水溶液のモル濃度を $\boxed{a}.\boxed{b}\boxed{c}$ 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6 炭酸ナトリウム十水和物を空気中に放置したとき、水和物の一部が失われて一水和物になる現象の名称を a～e から選んでマークせよ。

- a. 潮解 b. 風解 c. 電解 d. 融解 e. 溶解

Ⅱ 次の文を読み、問1～7に答えよ。(50点)

容積 83.0 L の密閉容器にプロパン (気体) 13.2 g と酸素 (気体) 64.0 g を入れた。この混合気体を完全に燃焼させたところ、二酸化炭素と水が生成した。反応後、密閉容器内を 100℃ にしたとき、容器内の圧力は X であった。さらに、密閉容器内を 27℃ にすると、容器内の圧力は Y であった。ただし、気体はすべて理想気体とし、液体の体積および水への気体の溶解は無視できるものとする。また、水の蒸気圧は 27℃ にて 4.0×10^3 Pa、100℃ にて 1.0×10^5 Pa とする。

問1 下線部①の混合気体の平均分子量を $a.b.c$ 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 下線部①の酸素の分圧を $a.b \times 10^c$ Pa 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。ただし、密閉容器内の温度は 27℃ とする。

問3 下線部②の化学反応式は次のように表される。 $a \sim c$ に該当する数字をそれぞれマークせよ。



問4 下線部③のとき、密閉容器内に存在するすべての物質の化学式とその状態を例にならって書け。

例 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (液)

問5 X を $a.b \times 10^c$ Pa 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6 下線部④のとき、密閉容器内に存在するすべての物質の化学式とその状態を例にならって書け。

例 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (液)

問7 Y を $a.b \times 10^c$ Pa 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。

Ⅲ 次の文を読み、問1～6に答えよ。(50点)

化学反応には瞬時に起こる速い反応や、ゆっくりと進行する遅い反応がある。例えば2.5～3.5%過酸化水素 H_2O_2 水溶液のオキシドールは、傷口の消毒に用いられると、粘膜や血液中の ^①カタラーゼによって瞬時に分解し、酸素を発生して殺菌作用を発揮する。しかし、室温での保存時にはすぐに分解することはない。このように、同じ反応であっても反応物の濃度や温度、添加物などによって反応の速さは異なる。化学反応の反応速度 v は、単位時間当たりの物質の物質量や濃度の変化量を用いて、式(1)のように計算される。

$$\begin{aligned} \text{反応速度 } v &= \frac{\text{生成物の物質量または濃度の変化量}}{\text{反応時間}} \\ &= - \frac{\text{反応物の物質量または濃度の変化量}}{\text{反応時間}} \quad \dots\dots (1) \end{aligned}$$

一方、反応速度 v と生成物(または反応物)の濃度の関係を示す式を反応速度式といい、反応速度定数 k を用いて表される。反応速度式や k の値は反応の種類によって異なり、反応速度 v は、生成物(または反応物)の物質量または濃度の積や累乗に比例するなど様々である。

いま、式(2)で示す H_2O_2 の分解反応の反応速度と物質量の関係、および反応速度定数を調べるために、以下の実験を行った。



実験I：1.00 mol/L の H_2O_2 水溶液 10.0 mL に少量の ^②酸化マンガン(IV) MnO_2 を加え、 27°C に保ちながら分解反応によって生成した酸素 O_2 をすべて捕集した。 O_2 の体積を図1のように容器内の水面と外の水面の高さを同じにして60秒ごとに測定したところ、表1の結果が得られた。

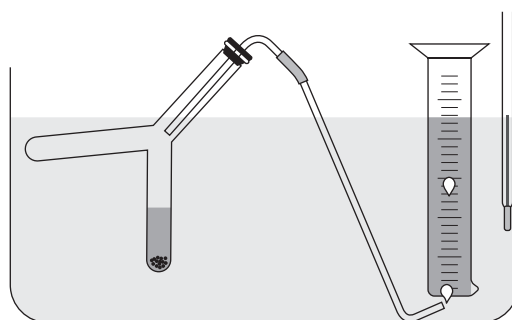


図1

| | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
| 反応時間 (s) | 0 | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 |
| O_2 の体積 (mL) | 0.00 | 24.9 | 45.0 | 61.4 | 74.5 | 85.0 |

表1

実験Ⅱ：＜グラフ作成＞表1より反応時間（s）と生成したO₂の体積（mL）との関係を表すグラフ（図2）を作成した。

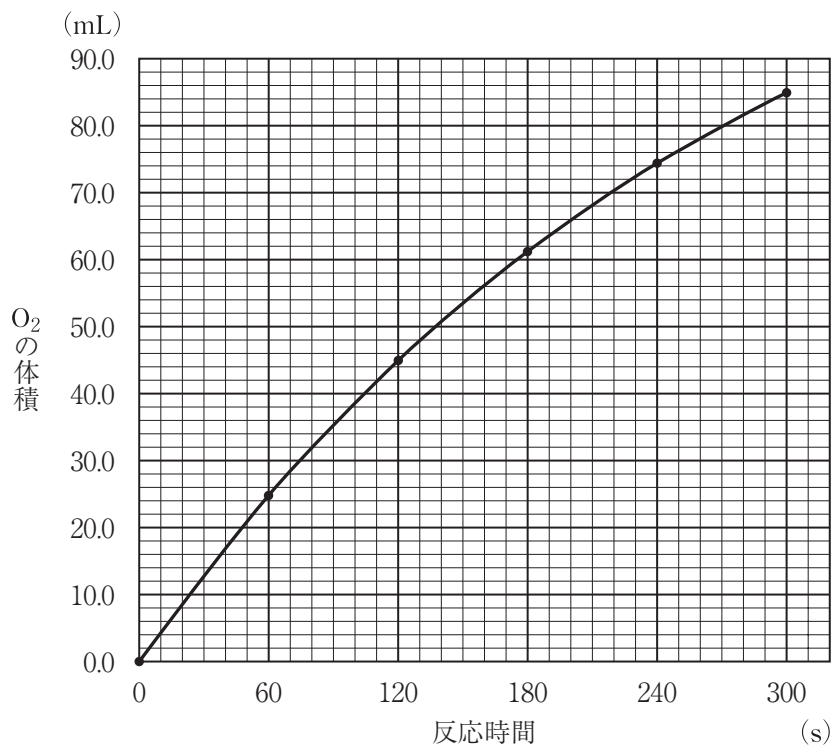


図2 O₂の発生量

実験Ⅲ：＜データ処理＞^③発生したO₂の物質質量（mol），残存するH₂O₂の濃度（mol/L），H₂O₂の濃度の平均値（mol/L），およびH₂O₂の分解速度 v を算出したところ，表2の結果が得られた。ただし，O₂を理想気体として扱い，気体定数 $R = 8.30 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ ，27℃における大気圧および水の蒸気圧をそれぞれ $1.010 \times 10^5 \text{ Pa}$ ， $0.040 \times 10^5 \text{ Pa}$ とした。また，反応によるH₂O₂水溶液の体積変化およびO₂の水への溶解はないものとして計算した。

| | | | | | | |
|---|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 反応時間 (s) | 0 | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 |
| O ₂ の物質質量 (mol) | 0 | 9.70×10^{-4} | 1.75×10^{-3} | 2.39×10^{-3} | 2.90×10^{-3} | 3.31×10^{-3} |
| H ₂ O ₂ の濃度 (mol/L) | 1.00 | 0.806 | 0.650 | 0.522 | 0.420 | 0.338 |
| H ₂ O ₂ の濃度の平均値 (mol/L) | | 0.903 | 0.728 | 0.586 | 0.471 | 0.379 |
| H ₂ O ₂ の分解速度 v [mol/(L·s)] | | 3.23×10^{-3} | X | 2.13×10^{-3} | 1.70×10^{-3} | 1.37×10^{-3} |

表2

問1 下線部①のカタラーゼや下線部②の MnO_2 のように、化学反応の前後でそれ自身は変化しないが反応速度を大きくするような物質を一般に何と呼ぶか。漢字2文字で書け。

問2 図1のようにして O_2 を V [L] 集めたときの 27°C における下線部③の O_2 の物質量 (mol) を P_A , P_B , R を用いて書け。ただし、気体定数を R [$\text{Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$], 27°C における大気圧および水の蒸気圧をそれぞれ P_A [Pa], P_B [Pa] とする。

問3 表2の60～120秒の H_2O_2 の分解速度 $\boxed{\text{X}}$ を $\boxed{\text{a}} \cdot \boxed{\text{b}} \boxed{\text{c}} \times 10^{-\boxed{\text{d}}}$ mol/(L·s) 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4 残存する H_2O_2 の物質量が、反応前の $\frac{1}{2}$ になる時間(半減期という)を $\boxed{\text{Y}}$ 秒と表すとき、 $\boxed{\text{Y}}$ に該当する数値を書け。ただし、 H_2O_2 の物質量が $\frac{1}{2}$ になるのに対応して発生した O_2 の物質量から O_2 の発生量 (mL) を算出し、 $\boxed{\text{Y}}$ を図2のグラフから読みとること。

問5 H_2O_2 の濃度と H_2O_2 の分解速度 v の間には比例関係が成立することが分かっている。表2より H_2O_2 の濃度の平均値 (mol/L) に対する H_2O_2 の分解速度 v [mol/(L·s)] を解答用紙のグラフにプロットし、これらの関係を示す直線を描け。

問6 この反応の反応速度定数 k [/s] として最も適切な数値を a～f から選んでマークせよ。

a. 2.8×10^{-4}

b. 2.8×10^{-3}

c. 3.6×10^{-4}

d. 3.6×10^{-3}

e. 7.2×10^{-4}

f. 7.2×10^{-3}

IV 次の文を読み、問1～7に答えよ。(50点)

塩化銀や硫酸バリウムは、水に溶けにくい塩であり、これらを難溶性塩という。ただし、難溶性塩もわずかではあるが、水に溶解する。ある種の電解質の水溶液中に、その電解質を構成するイオンと同じ種類のイオンを生じる別の物質を加えると、元の電解質の溶解度は変化する。

難溶性塩の性質は、化合物の分別定量に応用できる。ここに、NaOHとNa₂CO₃の混合水溶液(試料溶液A)がある。以下の操作により試料溶液Aに含まれるNaOHとNa₂CO₃の定量を行った。

操作I：試料溶液Aを正確に40.0 mLはかりとり、メチルオレンジを指示薬として0.100 mol/L 硫酸で滴定し、滴定値26.0 mLを得た。

操作II：別に、試料溶液Aを正確に40.0 mLはかりとり、新たに沈殿が生じなくなるまで10% BaCl₂水溶液を加えた。

操作III：操作IIの反応液に、フェノールフタレインを指示薬として0.100 mol/L 硫酸で滴定し、滴定値16.0 mLを得た。

問1 下線部について、塩化銀の飽和水溶液に塩化ナトリウムを加えたときに起こる変化を簡潔に書け。

問2 操作IでNaOHとNa₂CO₃に起こる反応の化学反応式をそれぞれ書け。

問3 操作Iで使用する0.100 mol/L 硫酸を500 mL調製するのに必要な濃硫酸の量を . mL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、濃硫酸の質量パーセント濃度を98.0%、密度を1.80 g/cm³とする。

問4 操作IIでNa₂CO₃に起こる反応の化学反応式を書け。また、反応により沈殿する化合物の化学式をマル「○」で囲め。

問5 操作IIで生じた沈殿を除かずに、操作IIIを行うことができる。その理由を書け。

問6 操作IおよびIIで用いた試料溶液A 40.0 mLに含まれるNaOHの物質量を . × 10⁻ mol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7 操作IおよびIIで用いた試料溶液A 40.0 mLに含まれるNa₂CO₃の質量を

a . b c × 10⁻ d g と表すとき, a ~ d に該当する数字をそれぞれマークせよ。