

化学

- 工学部（電子情報工学科／電気工学科）
- 情報工学部（情報工学科／情報通信工学科）

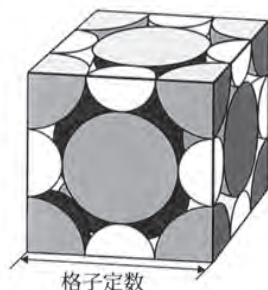
（一般選抜3教科型・2月9日実施分）

（解答：67ページ）

（解答はすべて解答用紙に記入せよ。）

- 1 元素群 X と元素群 Y（カッコ内の値は原子量）よりなる化合物 $Z_1 \sim Z_4$ は、すべて右図に示すような結晶格子を単位格子とする結晶である。白色の球は陽イオンを、灰色の球は陰イオンを表す。また、立方体の単位格子の一辺の長さを格子定数と呼ぶ。以下の各問いに答えよ。

元素群 X	元素群 Y
Na (23.0)	O (16.0)
K (39.1)	Cl (35.5)
Mg (24.3)	
Ca (40.1)	



問 1. 右上図の単位格子をもつ結晶構造を次の（ア）～（ウ）より選び、記号で答えよ。また、陽イオンは、何個の陰イオンと接しているか答えよ。

（ア）塩化ナトリウム型 （イ）塩化セシウム型 （ウ）閃亜鉛鉱型

問 2. 右上図の単位格子に含まれる陽イオンと陰イオンの個数をそれぞれ答えよ。

問 3. 下表は、元素群 X と元素群 Y よりなる 4 種類の化合物 $Z_1 \sim Z_4$ の格子定数と融点をまとめたものである。答案用紙の空欄①～④には化合物 $Z_1 \sim Z_4$ の化学式を、空欄⑤～⑧には化合物 $Z_1 \sim Z_4$ の格子定数を小数点以下第 3 位まで書け。それぞれの元素のイオン半径は、カッコ内の値を用いよ。ただし、 $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ である。

- ・元素群 X： Na^+ (0.116 nm), K^+ (0.152 nm), Mg^{2+} (0.086 nm), Ca^{2+} (0.114 nm)
- ・元素群 Y： O^{2-} (0.126 nm), Cl^- (0.167 nm)

化合物	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
化学式	①	②	③	④
格子定数 (nm)	⑤	⑥	⑦	⑧
融点 (°C)	776	801	2572	2852

問 4. 上表の値を用いて、KCl 結晶の密度 (g/cm^3) を求めよ。ただし、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ とし、有効数字は 2 桁とする。

- 2 以下の文章を読み、各問いに答えよ。ただし、原子量は $\text{H} = 1.0$, $\text{O} = 16.0$ とする。計算結果の有効数字は 2 桁にせよ。

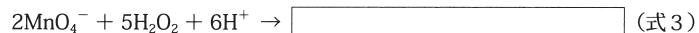
過マンガン酸カリウムは、① 酸性条件で ② 剤として働き、次のように反応する。



また、過酸化水素は、過マンガン酸カリウムと反応するとき ③ 剤として働き、次の式のように反応する。



酸化還元反応では、電子の授受が過不足なく行われ、(式 1) および (式 2) から e^- を消去すると次式が得られる。



(式 1)～(式 3) の反応により、過マンガン酸カリウムを用いて、④ 滴定を行い、市販のオキシドール（過酸化水素の水溶液）に含まれる過酸化水素の濃度を測定したい。このため、以下のような実験を行った。

（実験方法）

市販のオキシドールを正確に 10 倍に希釈した溶液 5.0 mL をコニカルビーカーに入れ、純水と少量の ① を加えて混ぜた。この水溶液に、ビュレットから $1.0 \times 10^{-2} \text{mol/L}$ の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下したところ、終点までに要した過マンガン酸カリウム水溶液の体積は 12.4 mL であった。

問 1. 文章中の ① ～ ④ に下の語群より適切なものを選び、記号で答えよ。

- ア) 酸化 イ) 還元 ウ) 中和 エ) 酸化還元
オ) 塩酸 カ) 硫酸 キ) 硝酸

問 2. (式 1)～(式 3)の右辺を完成せよ。

問 3. 市販のオキシドール中の過酸化水素のモル濃度を求めよ。

問 4. 市販のオキシドール中の過酸化水素の質量パーセント濃度を求めよ。ただ

し、市販のオキシドールの密度は、 1.0 g/cm^3 とする。

問 5. この滴定の終点における溶液の色の変化として、最も適切なものを選択し、

記号で答えよ。

ア) 無色から薄い暗緑色に変化

イ) 薄い暗緑色から無色に変化

ウ) 無色から薄い赤紫色に変化

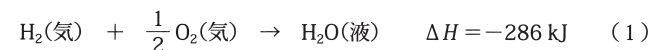
エ) 薄い赤紫色から無色に変化

3

下記問題 A / 問題 B のどちらかを選び、解答欄に○をつけ、解答せよ。なお、解答欄は共通である。計算結果の有効数字を 3 桁にせよ。ただし、C と O の原子量はそれぞれ 12.0 と 16.0 である。

問題 A (新教育課程に準ずる)

1.00 mol の水素 H_2 を燃焼し液体の水を生成するとき、286 kJ の熱量が放出される。この水素の燃焼反応を反応エンタルピー ΔH を付した反応式で表すと、次の (1) 式となる。



この ΔH は、水素の燃焼エンタルピーとも言う。反応エンタルピーは、反応前後の物質の状態 (三態や同素体) によって異なるので、反応式に固体、液体などの状態を付記する必要がある。

問 1. 赤熱した 1.00 mol の黒鉛 C が水蒸気と反応すると、一酸化炭素 CO と水素 H_2 を生成すると同時に 131 kJ の熱量を吸収する。(1) 式にならって、反応エンタルピー ΔH を付した反応式を記せ。

問 2. 1.00 mol の黒鉛 C を完全に燃焼すると二酸化炭素 CO_2 を生成し、394 kJ の熱量を放出する。(1) 式にならって、反応エンタルピー ΔH を付した反応式を記せ。また、3.00 g の黒鉛 C を完全に燃焼するとき発生する熱量は何 kJ か。

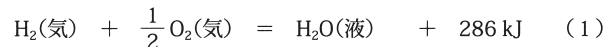
問 3. 1.00 mol の黒鉛 C が酸素 O_2 と反応し、一酸化炭素 CO を生成するとき、111 kJ の熱量を発生する。(1) 式にならって、反応エンタルピー ΔH を付した反応式を記せ。また、9.00 g の黒鉛 C が O_2 と反応し CO を生成するとき発生する熱量は何 kJ か。

問 4. 一酸化炭素 CO を燃焼させると CO_2 を生成する。CO の燃焼エンタルピーを求め、(1) 式にならって、反応エンタルピー ΔH を付した反応式を記せ。

問 5. ある条件で 1.00 mol の黒鉛を燃焼すると 1/4 の黒鉛は CO_2 を生成し、3/4 の黒鉛は CO を生成した。生成した CO と CO_2 の質量をそれぞれ求めよ。また、発生した熱量も求めよ。

問題 B (旧教育課程に準ずる)

1.00 mol の水素 H_2 を燃焼し液体の水を生成するとき、286 kJ の熱量が放出される。この水素の燃焼反応の熱化学方程式は次の (1) 式となる



反応熱は、反応前後の物質の状態 (三態や同素体) によって異なるので、熱化学方程式に固体、液体などの状態を付記する必要がある。

問 1. 赤熱した 1.00 mol の黒鉛 C が水蒸気と反応すると、一酸化炭素 CO と水素 H_2 を生成すると同時に 131 kJ の熱量を吸収する。(1) 式にならって、この反応の熱化学方程式を記せ。

問 2. 1.00 mol の黒鉛 C を完全に燃焼すると二酸化炭素 CO_2 を生成し、394 kJ の熱量を放出する。この黒鉛 C の燃焼反応の熱化学方程式を記せ。また、3.00 g の黒鉛 C を完全に燃焼するとき発生する熱量は何 kJ か。

問 3. 1.00 mol の黒鉛 C が酸素 O_2 と反応し、一酸化炭素 CO を生成するとき、111 kJ の熱量を発生する。この反応の熱化学方程式を記せ。また、9.00 g の黒鉛 C が O_2 と反応し CO を生成するとき発生する熱量は何 kJ か。

問 4. 一酸化炭素 CO を燃焼させると CO_2 を生成する。 CO の燃焼熱を求め、(1) 式にならって、 CO の燃焼反応の熱化学方程式を記せ。

問 5. ある条件で 1.00 mol の黒鉛を燃焼すると 1/4 の黒鉛は CO_2 を生成し、3/4 の黒鉛は CO を生成した。生成した CO と CO_2 の質量をそれぞれ求めよ。また、発生した熱量も求めよ。

4

以下の文を読み、各問いに答えよ。

炭酸ナトリウムは工業的には 法で製造される。 の飽和水溶液にアンモニアを十分に吸収させ、これに二酸化炭素を吹き込むと、水への溶解度が比較的小さい が析出する。この懸濁液をろ過して得られた固体の を加熱して炭酸ナトリウムを得る。また、ろ液に含まれる を水酸化カルシウムと反応させてアンモニアを回収する。炭酸ナトリウム水溶液を蒸発、濃縮すると、炭酸ナトリウム十水和物の無色の結晶が生じる。これを乾燥した空气中に放置すると炭酸ナトリウム一水和物の白色粉末に変化する。この現象を という。

は工業的には 法の間中生成物として製造している。実験室では、炭酸ナトリウムの飽和水溶液に過剰の二酸化炭素を吹き込むことで生成させる。また、 に塩酸を加えると と ガスが発生する。

の飽和水溶液を電気分解すると、陽極で 、陰極で が発生し、水溶液中に が生成する。 の乾燥物は白色の固体であるが、空気中の水分を吸収して溶ける。この現象を という。

問 1. ～ にあてはまる語句を書け。

問 2. ～ にあてはまる化学式を書け。

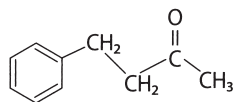
5

次の各問いに答えよ。

分子式 $C_2H_4O_2$ で表される有機化合物には、いくつもの異性体が考えられる。これらの異性体のひとつである化合物 A にエタノールと少量の濃硫酸を添加し加熱したところ、果実のような芳香をもつ無色透明な化合物 B が得られた。一方、 $C_2H_4O_2$ のほかの異性体である化合物 C を水に溶解し少量の塩酸を加えて加熱したところ、刺激臭をもち還元性をもつ化合物 D と有毒で無色のアルコール化合物 E が得られた。さらに、 $C_2H_4O_2$ の異性体である化合物 F と化合物 G とは、シス・トランス異性体の関係にあり、化合物 F はシス形であり、化合物 G はトランス形であった。シス・トランス異性体では、置換基が二重結合に対して同じ側にあるものを ① と呼び、反対側にあるものを ② と呼ぶ。

問 1. ① と ② にあてはまる適当な語句を答えよ。

問 2. 次の例を参考に、化合物 A ～ G の構造式を答えよ。なお、これらの化合物の中には、常温常圧で安定に存在できない化合物も含まれている。



問 3. 純粋な化合物 A ～ E のうち、水に溶かしたときに酸性になるものをすべて答えよ。さらに、これらを同じ濃度で水に溶かしたときに、もっとも酸性の強い化合物はどれか。それぞれ、記号 A ～ E で答えよ。

問 4. 化合物 D の水溶液に関する記述としてふさわしくないものを選べ。

- ア) アンモニア性硝酸銀溶液を加えて温めると金属銀が遊離する。
イ) フェーリング液を加えると黒色の沈殿物が生成する。

化学

●工学部（生命環境化学科／知能機械工学科）
●情報工学部（情報システム工学科／情報マネジメント学科）

（一般選抜3教科型・2月10日実施分）

（解答：67ページ）

（解答はすべて解答用紙に記入せよ。）

1

以下の各問いに答えよ。

問 1. 以下の文章中の空欄 ① ～ ⑩ に当てはまる適切な語句を選択肢から選び、解答欄に記号で答えよ。

窒素の価電子数は ① 個であり、② 個の水素原子と共有結合することによって、アンモニア分子を生成する。アンモニア分子は、③ 組の共有電子対と ④ 組の非共有電子対を持ち、その形は ⑤ である。窒素の電気陰性度は水素より ⑥ ため、窒素は ⑦ の電荷を帯び、水素は ⑧ の電荷を帯びるため、アンモニア分子は ⑨ である。アンモニア分子の非共有電子対が水素イオンに提供され共有されると、アンモニウムイオンとなる。このような結合様式を ⑩ と呼ぶ。アンモニウムイオンの形は、⑪ 形である。

（選択肢）

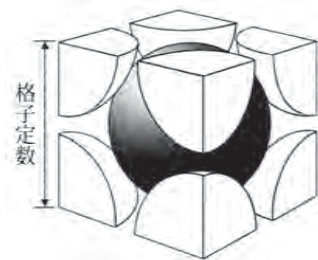
- ア) 1 イ) 2 ウ) 3 エ) 4 オ) 5
カ) 6 キ) 7 ク) 8 ケ) 直線 コ) 折れ線
サ) 三角錐 シ) 正四面体 ス) 大きい セ) 小さい ソ) 正
タ) 負 チ) 極性分子 ツ) 無極性分子 テ) 配位結合 ト) イオン結合

問 2. アンモニウムイオンと塩化物イオンからなる塩である塩化アンモニウムは、右図のような結晶構造を持つ単位格子からなる結晶である。この結晶構造を下記の (ア) ～ (ウ) より選び、記号で答えよ。

また、単位格子に含まれるアンモニウムイオン（灰色の球）と塩化物イオン（白色の球）の個数をそれぞれ答えよ。

(ア) 塩化ナトリウム型 (イ) 塩化セシウム型 (ウ) 閃亜鉛鉱型

問 3. 立方体の単位格子の一辺の長さを格子定数と呼ぶ。塩化アンモニウム結晶の格子定数は 0.387 nm である。アンモニウムイオンを球と考え、塩化物イオンのイオン半径を 0.167 nm として、アンモニウムイオンのイオン半径 (nm) を小数第3位まで求めよ。ただし、 $\sqrt{3} = 1.73$ とし、 $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ である。



問 4. 塩化アンモニウムの密度 (g/cm^3) を求めよ。ただし、原子量は、 $\text{H} = 1.0$, $\text{N} = 14.0$, $\text{Cl} = 35.5$ とする。また、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ とし、有効数字は 2 桁とする。

2 下図は、水酸化ナトリウムを得るための塩化ナトリウム水溶液の電気分解装置を示したものである。3.0 A の電流を 1 時間 20 分 25 秒、流したとして、次の各問いに答えよ。ただし、電解槽は膜で仕切られ、陽極側と陰極側の水溶液の体積はいずれも 10 L である。ファラデー定数を $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。計算結果の有効数字は 2 桁にせよ。

問 1. 図中の ① ～ ⑦ に適する化学式を答えよ。

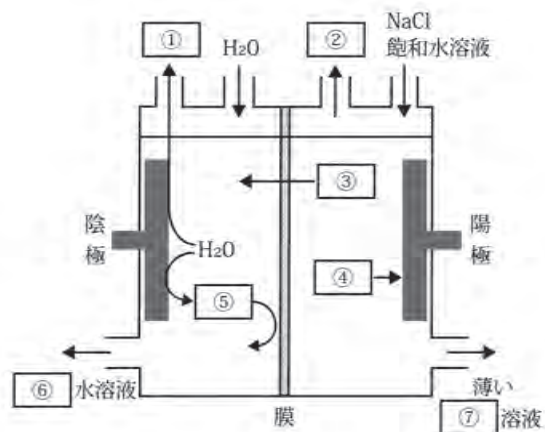
問 2. 陽極および陰極で起こる反応を、イオンを含めた反応式 (イオン反応式) で、装置全体での反応を化学反応式で記せ。

問 3. 電極の間を仕切っている膜の名称を下記の選択肢ア)～ウ) から適切なものを選び、記号で答えよ。

ア) 半透膜 イ) 陽イオン交換膜 ウ) 陰イオン交換膜

問 4. 得られる水酸化ナトリウムの物質量を求めよ。

問 5. このとき陽極および陰極で発生する気体の標準状態 (0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) における体積を求めよ。



3 以下の各問いに答えよ。計算結果の有効数字を 2 桁にせよ。ただし、C, N, O の原子量はそれぞれ 12, 14, 16 で、気体定数 R は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ である。また、すべてのガスは理想気体とみなす。

問 1. 2.8 g の窒素 N_2 を体積 1.0 L の容器内に入れた。温度が $3.0 \times 10^2 \text{ K}$ のとき、容器内の圧力を求めよ。

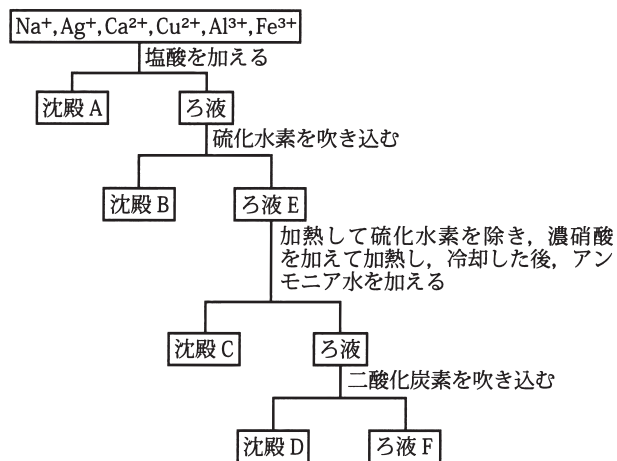
問 2. 問 1 の容器にドライアイス 4.4 g を入れてから、温度を $3.0 \times 10^2 \text{ K}$ に保ちながら、ドライアイスをすべて昇華させた。容器内の全圧、および N_2 と CO_2 の分圧をそれぞれ求めよ。

問 3. 問 2 の容器に 1.0 mol/L の NaOH 水溶液 0.50 L を加え、容器内の気体と十分に混合・反応させた。混合過程で起こった反応の反応式を記せ。

問 4. 問 3 の容器内の圧力を求めよ。ただし、容器内の N_2 の水溶液への溶解および水溶液から水の蒸発は無視できるものとする。また、混合・反応後も温度と水溶液の体積は変わらないとする。

問 5. 問 3 の混合・反応後の水溶液中の NaOH のモル濃度を求めよ。

- 4 図は Na^+ , Ag^+ , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} の 6 種類のイオンを含む水溶液から、各イオンを分離する操作を示したものである。以下の問いに答えよ。



- 問 1. 沈殿 A ～ D として分離される金属イオンを書け。ただし、沈殿 C は 2 種類の金属が含まれている。
- 問 2. ろ液 F に含まれている金属イオンを化学式で示せ。
- 問 3. 沈殿 A にチオ硫酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 水溶液を加えたときの変化をイオンを含む反応式で示せ。
- 問 4. 沈殿 C に含まれる 2 つの化合物のうち、1 つは水酸化ナトリウム水溶液を加えたときに反応する。反応によって生成するイオンを化学式で示せ。
- 問 5. ろ液 E における操作で濃硝酸を加える理由を説明せよ。

- 5 次の各問いに答えよ。

ベンゼンは、6 個の炭素原子よりなる正六角形の環状構造をしており、それぞれの炭素原子に水素原子が 1 個ずつ結合している。6 個の炭素原子と 6 個の水素原子は、すべて 1 つの平面上にある。ベンゼンは、炭素原子間に二重結合が存在する。一般に、炭素原子間の二重結合（例えばエチレン）では ① 反応を起こしやすいが、ベンゼンの二重結合の場合、② 反応を起こしやすい。この性質は、芳香族化合物に共通している。

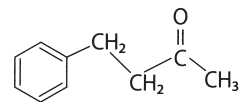
ベンゼンにヒドロキシ基が 1 個結合した化合物 A は、アルケンにヒドロキシ基がついたアルコールとは異なる性質をもつ。化合物 A を水に溶かすと電離 ③。このため、化合物 A の水溶液は、④ 性を示す。また、化合物 A に塩化鉄 (III) 水溶液を加えると、溶液の色が ⑤ に変化する。一方で、アルコールと共通の性質もある。化合物 A と金属ナトリウムと反応させると気体 B が発生し、化合物 C が生成する。また、化合物 A と無水酢酸を反応させると化合物 D と酢酸が生成する。

ベンゼン環にカルボキシ基が 1 個結合した化合物 E は、室温で無色の固体で冷水には溶けにくい、熱水には溶解し、⑥ 性を示す。触媒として濃硫酸を用い化合物 E とエタノールを反応させると化合物 F が生成する。

- 問 1. ① ～ ⑥ にあてはまる適当な語句を、以下の語群から選んで、記号で答えよ。

ア) 脱水	イ) 加水分解	ウ) 付加	エ) 脱離
オ) 置換	カ) 縮合	キ) する	ク) しない
ケ) 弱酸	コ) 中	サ) 弱塩基	シ) 黒色
ス) 黄色	セ) 紫色	ソ) 緑色	

- 問 2. 物質 A ～ F は何であるか。化合物については、次の例を参考に構造式で、気体分子については分子式で答えよ。



- 問 3. 化合物 A と化合物 E を水酸化ナトリウム水溶液に溶解して得られたそれぞれの水溶液に、二酸化炭素を吹き込んだ時に、変化しないのはどちらか、記号で答えよ。