

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／システムマネジメント学科）

（3教科型・2月9日実施分）

（解答：64ページ）

（解答はすべて解答用紙に記入せよ。）

1 原子やイオンに関する以下の各文の空欄（①）～（⑤）に適切な数値を答えよ。また、空欄 A ～ M に適切な語を、語群の中から選び、記号で答えよ。

- ・原子核は中性子と A から構成されており、A の数は B と等しい。また中性子と A の数を合わせた数を C とよぶ。例えば¹³⁷Cs の原子核は（①）個の中性子と（②）個の A で構成されており、原子番号は（③）で、C は（④）である。
- ・（⑤）つの価電子を持つ Ca 原子は D の一種で、その価電子を失うと E 原子と同じ安定な電子配置となる。このようにして電子を失った原子が F である。D や G に分類される原子は価電子の数が少ないので、価電子の数が多い H に分類される原子にくらべて、F になりやすい傾向がある。
- ・陽イオンと陰イオンが I によって強く結合して構成された結晶をイオン結晶という。イオン結晶では、結晶を構成する各イオンの半径が大きくなるほど、イオン間の結合距離が J なる。結合距離が J になると結合は K なり、融点は L なる。イオン結晶どうし比較すると、例えば NaCl の結晶は、M の結晶よりも高い融点を示す。

語群：

- ア) 長く イ) 短く ウ) 弱く エ) 強く
オ) 高く カ) 低く キ) Mg ク) Ar
ケ) Ne コ) K サ) NaBr シ) NaF
ス) Na セ) 質量数 ソ) 原子量 タ) 原子番号
チ) 電子 ツ) 陽子 テ) アボガドロ定数
ト) 陽イオン ナ) 陰イオン ニ) 錯イオン ノ) アルカリ土類金属
ネ) アルカリ金属 ノ) ハロゲン
ハ) 静電的な引力(クーロン力) ヒ) ファンデルワールスカ
フ) 共有結合

2

問1. ハロゲンの単体とその化合物に関する以下の問いに答えよ。

- (1) ハロゲンの単体 F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 は常温・常圧でそれぞれ気体か、液体か、固体かを答えよ。
- (2) ハロゲンの単体と水素を反応させるとハロゲン化水素を生成する。それらのうちの1つは水に溶けると弱い酸性を、その他の3つは強い酸性を示す。弱い酸性を示すハロゲン化水素の分子式を書け。
- (3) ハロゲン化水素水溶液のうちの1つは、ガラス容器に保存することはできず、ポリエチレン製の容器に保存する。その理由はそのハロゲン化水素がガラスの主成分である SiO_2 と反応してしまうからである。この化学反応式を書け。

問2. 硫黄の単体とその化合物に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 硫黄の単体には、斜方硫黄、単斜硫黄、ゴム状硫黄がある。この3種類の硫黄の単体は異性体か、同素体か、同位体かを答えよ。
- (2) 硫黄単体が空気中で燃焼するときの化学反応式を書け。
- (3) 加熱した濃硫酸に銅を加えたときの反応を化学反応式で記せ。
- (4) 濃硫酸から希硫酸溶液を作る時、下記ア)～エ)の操作から正しいものを選び、記号で答えよ。

ア) 濃硫酸をビーカーに入れてから、水を加え攪拌し、均一にする。

イ) 濃硫酸をビーカーに入れてから、冷却しながら水を加え攪拌し、均一にする。

ウ) 水をビーカーに入れてから、冷却しながら濃硫酸を少しずつ加え攪拌し、均一にする。

エ) 水と濃硫酸を同時にビーカーに加え攪拌し、均一にする。

3 以下の各問いに答えよ。

問1. 下記のコロイドに関する文章を読み、 ~ に下の語群より適切なものを選び、記号で答えよ。

気体、液体、固体の中に、他の物質が直径1～数百ナノメートル程度の大きさの粒子となって分散している状態をコロイドという。流動性のあるコロイド溶液を といい、 が流動性を失ったものを という。例えば、 を温水に溶かしたとき、コロイド溶液となる。コロイド溶液に横から強い光を当てると、光の通路が輝いて見えるが、この現象を 現象という。コロイド粒子を特別な顕微鏡で観察すると、不規則な運動をしているように見られるが、この運動を 運動という。また、半透膜の中には、コロイド粒子を通さないが、水分子や小さな分子・イオンを通すものがある。この半透膜を利用した分離操作を という。

語群：

- | | | | |
|------------|---------|--------|---------|
| ア) 酢酸 | イ) ゲル | ウ) ミセル | エ) 析出 |
| オ) デンプン | カ) ろ過 | キ) ガラス | ク) ブラウン |
| ケ) 凝析 | コ) 結晶 | サ) 蒸留 | シ) イオン |
| ス) 塩化ナトリウム | セ) ショ糖 | ソ) 凝集 | タ) 塩析 |
| チ) 電気泳動 | ツ) チンダル | テ) 透析 | ト) ゴル |

問2. アンモニア水に塩化アンモニウムを溶かし、混合溶液を調製した。次の問いに答えよ。

- (1) この混合溶液に少量の酸 (H^+) を加えたときのイオン反応式を書け。
- (2) この混合溶液に少量の塩基 (OH^-) を加えたときのイオン反応式を書け。
- (3) (1) および (2) の場合において、混合溶液の pH はあまり変化しない。このような溶液の名称を下の語群より選び、記号で答えよ。

語群：

- ア) 希薄溶液 イ) 塩素水 ウ) 緩衝液 エ) 乳濁液 オ) 電解液

問3. 未知濃度の希硫酸 1.0 mL に、0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を 20 mL 加えると、水溶液は塩基性となった。この水溶液に 0.10 mol/L 塩酸を 5.0 mL 加えると、過不足なく中和した。次の問いに答えよ。

- (1) このときに使用した 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液の pH を整数値で求めよ。ただし、水のイオン積は $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ 、水酸化ナトリウムは完全に電離しているとする。
- (2) 希硫酸のモル濃度 mol/L を有効数字 2 桁で求めよ。

問4. 以下の下線で示す原子の酸化数をそれぞれ求め、解答欄に酸化数を答えよ。

- (1) \underline{N}_2
- (2) \underline{NO}_2
- (3) \underline{HNO}_3
- (4) \underline{NH}_4^+

4 一般の家庭で使われているガスには、都市ガスとLPガスとがある。都市ガスの主成分はメタンであり、LPガスの主成分はプロパンである。ここでは、都市ガスとLPガスが、それぞれ純粋なメタンと純粋なプロパンであると考えて、2つのガスの性質を比較する。ただし、H、C、Oの原子量は、1.0、12、16とせよ。

問1. メタンとプロパンが燃焼するときの化学反応式をそれぞれ記せ。

問2. メタン（気）とプロパン（気）の燃焼熱が、それぞれ891と、2219 kJ/molであり、二酸化炭素（気）、水（液）の生成熱は、それぞれ394と、286 kJ/molである。メタン（気）とプロパン（気）の生成熱をそれぞれ求めよ。解答は、整数値で答えよ。但し、燃焼で生成する水は液体とする。

問3. 都市ガスとLPガスでは燃焼熱が異なるため、それぞれに専用のコンロがある。これらは、ガスの種類が異なっても燃焼時間が等しければ、等しい熱量が得られるように設計されている。都市ガス用とLPガス用の燃焼1時間当たりの熱量が等しいガスコンロを使用した時に、圧力・温度が等しい環境で同じ燃焼時間中に消費するガスの体積が大きいのはどれか。次の選択肢から選び、記号で答えよ。

ア) 都市ガス イ) LPガス ウ) 都市ガスとLPガスで等しい

問4. 圧力・温度が等しい環境で、同じ熱量を得るまで燃焼させる時に、二酸化炭素の排出量が多いのはどれか。次の選択肢から選び、記号で答えよ。

ア) 都市ガス イ) LPガス ウ) 都市ガスとLPガスで等しい

問5. ガス漏れ警報器は、ガスの性質により足元付近に設置する時と、部屋の天井付近に設置する場合がある。都市ガスとLPガスを使う場合に、ガス漏れ検出器を設置する適切な場所はどこか、それぞれ次の選択肢から選び、記号で答えよ。

ア) 足元付近 イ) 天井付近 ウ) どちらでも同じ

5 分子構造と異性体に関する以下の問いに答えよ。

C_nH_{2n+2} で表される化合物から1個の水素原子を除いた原子団を ① とい
い、有機化合物の性質を決める働きをもつ原子や原子団を ② という。有機
化合物の表示のしかたには、分子中の原子の種類と数を表した分子式と、分子式か
ら ② を分けて明記した示性式と、価表と呼ばれる線（—）で原子の結合の
様子を表わした ③ がある。示性式は有機化合物を ② の種類によっ
て性質がよく似た化合物に分類するためによく使用される。

問1. 上の ① ~ ③ に、もっとも適切な語句を下記の語群から選び
記号で答えよ。

語群：

ア) カルボキシ基 イ) 官能基 ウ) アルキル基 エ) 脱離基
オ) 構造式 カ) 組成式 キ) 反応式

問2. ヒドロキシ基を持った分子式 CH_4O の化合物の名称と、示性式を答えよ。

問3. 分子式 C_2H_6O で表される化合物には ② の種類が異なる2つの異性体
がある。この2つの異性体の名称と示性式をそれぞれ答えよ。また、このよう
な異性体を何というか答えよ。

問4. エステル結合を持った分子式 $C_3H_6O_2$ の化合物には、原子の繋がり方が異な
る2つの異性体がある。この2つの異性体の名称と示性式をそれぞれ答えよ。

化学

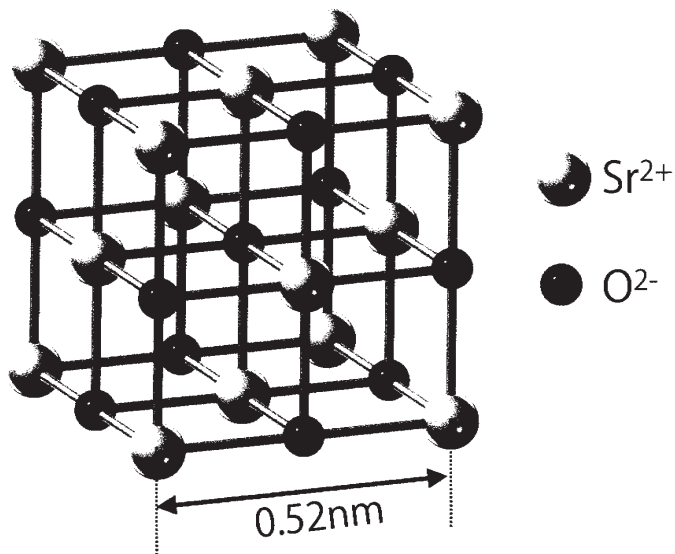
- 工学部（生命環境化学科／知能機械工学科）
- 情報工学部（情報システム工学科）

（3教科型・2月10日実施分）

（解答：65ページ）

（解答はすべて解答用紙に記入せよ。）

- 1 図に示した酸化ストロンチウム結晶の単位格子に関して、以下の各問いに答えよ。但し、Srの原子量は88，Oの原子量は16とする。アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。



問1. この結晶は ア) 共有結合の結晶, イ) イオン結晶, ウ) 分子結晶, エ) 金属結晶のうちのどの結晶に分類されるか, 記号で答えよ。

問2. この結晶と同じ分類に属する物質を次から選び, 記号で答えよ。

ア) 黒鉛, イ) ドライアイス, ウ) 臭化カリウム, エ) 鉄

問3. ストロンチウムイオンだけに着目すると, この結晶は ア) 体心立方格子, イ) 面心立方格子, ウ) 六方最密構造のうちのどの結晶系と同じであるか, 記号で答えよ。

問4. 1つの単位格子中に含まれるストロンチウムイオンの数を答えよ。

問5. 結晶中に存在するストロンチウムイオンの配位数を答えよ。

問6. Sr²⁺ のイオン半径 (nm) を有効数字2桁で計算せよ。ただし O²⁻ のイオン半径は 0.14 nm とする。

問7. 単位格子1個の体積 (nm³) と, 単位格子1個に含まれる Sr²⁺ および O²⁻ イオンの総質量 (g) を求めよ。また, これらの値から, 酸化ストロンチウムの密度 (g/cm³) を計算せよ。ただし, それぞれ, 有効数字は2桁とする。

2 金属元素の単体とその化合物に関する以下の文章を読み、各問いに答えよ。

アルカリ金属は周期表の1族の元素で、価電子1個をもち、1価の陽イオンになりやすい。アルカリ金属の単体はその化合物の①電解により得られ、②中に保存する。

アルカリ土類金属は③族の元素で、③価の陽イオンになりやすい。アルカリ土類金属は常温で水と反応して水酸化物と④を生じ、その水溶液に⑤を通じると、沈殿を生じる。

a 亜鉛は塩酸とも水酸化ナトリウム水溶液とも反応するので、⑥元素である。

鉄や銅のような⑦元素の原子は、最外殻電子数が1個または2個であり、⑧元素とは異なり、原子番号が増加しても最外殻電子はそれ以上増えない。また、⑦元素の原子は複数の⑨数を示す。b 鉄(II)イオンを含む水溶液に水酸化ナトリウム水溶液やアンモニア水を加えると⑩の沈殿を生じ、そのまま放置すると、この沈殿は⑪によって⑨され、赤褐色の沈殿に変化する。銅(II)イオンを含む水溶液にアンモニア水を少しずつ加えると、最初に青白色沈殿を生じ、加え続けると、c 沈殿が消え⑫の水溶液となる。

問1. 上記文章中の①～⑫を下記の語群から適切なものを選び、記号で答えよ。

語群：

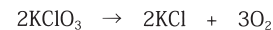
- | | | | |
|--------|--------|--------|----------|
| ア) 水溶液 | イ) 陽性 | ウ) 陰性 | エ) 両性 |
| オ) 窒素 | カ) 1 | キ) 2 | ク) 3 |
| ケ) 4 | コ) 水 | サ) 典型 | シ) 溶融塩 |
| ス) 遷移 | セ) 溶解 | ソ) 酸化 | タ) 石油 |
| チ) 還元 | ツ) 酸素 | テ) 血赤色 | ト) 黒色 |
| ナ) 緑白色 | ニ) 深青色 | ヌ) 水素 | ネ) 二酸化炭素 |

問2. 下線a～cで記述されている現象で起こる反応を、aは化学反応式で、bとcはイオン反応式で、それぞれ記せ。

3 以下の各問いに答えよ。

問1. 下記の酸化数に関する文章を読み、①～④に下の語群より適切なものを選び、記号で答えよ。また、⑤～⑥にあてはまる酸化数を答えよ。

物質中の原子が電子を失うと、その原子の酸化数は①、その原子を含む物質は②されたという。一方、物質中の原子が電子を受け取ると、その原子の酸化数は③、その原子を含む物質は④されたという。酸化と還元は常に同時に起こるので、まとめて酸化還元反応という。次の酸化還元反応で塩素原子の酸化数は、⑤から⑥に変化する。

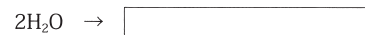


語群：

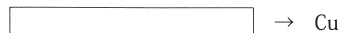
- | | | | |
|---------|-------|--------|--------|
| ア) 中和 | イ) 放電 | ウ) 増加し | エ) 減少し |
| オ) 変化せず | カ) 酸化 | キ) 還元 | ク) 分解 |
| ケ) 酸化還元 | コ) 充電 | | |

問2. 白金電極を用いて、硫酸銅(II)水溶液を5.0 Aの電流で32分10秒間電気分解した。ただし、ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 、気体定数 $R = 8.31 \text{ J/(mol K)}$ 、銅の原子量を64とする。計算結果は、有効数字2桁で解答すること。

- (1) このときに流れた電子の物質量を求めよ。
- (2) 以下の陽極における反応式の空欄部分を書け。



- (3) 陽極で発生する気体の標準状態(0℃, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)における体積を求めよ。
- (4) 以下の陰極における反応式の空欄部分を書け。



- (5) 陰極で析出する銅の質量を求めよ。

問3. 次の酸および塩基が、ア) 強酸、イ) 弱酸、ウ) 強塩基、エ) 弱塩基のどれに分類できるか選択し、記号で答えよ。

- (1) NH_3
- (2) H_2S
- (3) $\text{Ba}(\text{OH})_2$
- (4) $\text{Cu}(\text{OH})_2$

4

次の反応に関する実験について、各問いに答えよ。有効数字は2桁とせよ。



実験1

ある温度に保った環境で、4.0 Lの容器の中に、水素 $1.2 \times 10^{-2} \text{ mol}$ とヨウ素 $1.2 \times 10^{-2} \text{ mol}$ を加えて反応を行った。しばらく時間がたつと、ヨウ化水素が $1.2 \times 10^{-2} \text{ mol}$ になり、ヨウ化水素の物質量が変化しなくなった。

実験2

実験1と同じ温度で、10 Lの容器の中に、水素 $4.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ とヨウ素 $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ を加えて反応を行った。

問1. 実験1で、反応開始から水素の物質量が $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ に減少するまでの時間と比べて、ヨウ素の物質量が $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ から $8.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ に減少するまでの時間は、ア) 長いのか、イ) 短いのか、ウ) 同じか、記号で答えよ。但し、この時に起こる逆反応の寄与は無視できるものとする。

問2. 下線aの時の、水素とヨウ素の物質量は、それぞれいくらか。

問3. 下線bの時の状態を何と呼ぶか。

問4. 実験2で、ヨウ化水素の物質量が変化しなくなったときの反応容器中のヨウ化水素の物質量を求めよ。

実験3

実験1と同じ温度で、1.0 L の容器の中に、水素 1.2×10^{-2} mol とヨウ素 1.2×10^{-2} mol を加えて反応を行った。

実験4

実験1より温度を高くした状態で、4.0 L の容器の中に、水素 1.2×10^{-2} mol とヨウ素 1.2×10^{-2} mol を加えて反応を行った。

問5. 実験3で、ヨウ化水素の物質量が変化しなくなったときの反応容器中のヨウ化水素の物質量を求めよ。

問6. 実験3で、反応開始からヨウ化水素の物質量が変化しなくなるまでの時間は、実験1のときと比べて、ア) 長いのか、イ) 短いのか、ウ) 同じか、記号で答えよ。

問7. 実験4で、反応開始から水素の物質量が 1.0×10^{-2} mol に減少するまでの時間は、実験1のときと比べて、ア) 長いのか、イ) 短いのか、ウ) 同じか、記号で答えよ。但し、ここでは平衡に達していないものとする。

5

有機化合物の分子式の決定に関する次の各問いに答えよ。なお、有効数字は2桁とする。H, C, O の原子量は、それぞれ 1.0, 12, 16 を用いよ。

有機化合物の分子式を決定するには、まず成分元素の種類を調べた後に、完全に燃焼させて生成する物質の質量から各元素の割合を求める。C, H, O のみからなる 12 mg の有機化合物の完全燃焼で 17.6 mg の二酸化炭素と 7.2 mg の水を生じたとすると、有機化合物中の a C の質量と H の質量は計算で求められる。有機化合物中の O の質量は の式により求められる。

C, H, O の質量から組成式 $C_xH_yO_z$ を求めるためには、まず原子数の比を次の式から求める。

$$x : y : z = \frac{(\text{Cの質量})}{\text{②}} : \frac{(\text{Hの質量})}{\text{③}} : \frac{(\text{Oの質量})}{\text{④}}$$

次に化合物を構成する各元素の原子数の最も簡単な整数比で表した b 組成式 $C_xH_yO_z$ が求められる。さらに c 分子量が決まると分子式が決まる。

問1. 下線部 a の C の質量と H の質量を計算せよ。

問2. にあてはまる計算式を下の ア) ~ ウ) の中から選び、記号で答えよ。また O の質量を計算せよ。

ア) (試料の質量) - (二酸化炭素の質量) - (水の質量)

イ) (二酸化炭素の質量) - 2 × (水の質量) + 4 × (H の質量)

ウ) (試料の質量) - (C の質量) - (H の質量)

問3. ~ に適切な数値を入れよ。

問4. 下線部 b の組成式を求めよ。

問5. この有機化合物の分子量が 60 と測定されたとき、下線部 c のこの化合物の分子式を記せ。