

令和4年度・個別学力検査

理 科 (中)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は14ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 試験開始後、すべての解答用紙に氏名(カタカナ)及び受験番号を記入しなさい。
受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。また、氏名(カタカナ)及び受験番号以外の文字、数字などは、絶対に記入してはいけません。
5. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
6. 解答用紙のたて線より右側には、何も書いてはいけません。
7. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
8. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。

令和4年度個別学力検査 中期日程

薬学部
理科 問題 題

名古屋市立大学 学生課入試係 052-853-8020

許可なしに転載、複製
することを禁じます。

◇M11(426—107)

化 学

数値による解答の有効数字は3桁とせよ。

必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量 H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Al = 27.0,

S = 32.1, Cl = 35.5, K = 39.1, Cr = 52.0, Cu = 63.6, Ag = 108

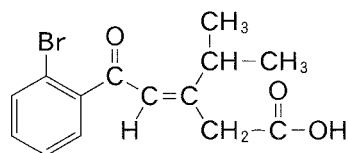
アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

標準状態における気体のモル体積 22.4 L/mol

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

構造式は右の例にならって示せ。



化学問題 1

元素周期表の中で17族元素は とよばれる。それに属する塩素は、最も外側の電子殻である 殻に 個の電子をもつ。塩化物イオンは、貴ガス(希ガス)である 原子と同じ電子配置をもつ。塩化物イオンの半径は、塩素原子の半径よりも く、カリウムイオンの半径よりも い。

実験室では、塩素は酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加え、加熱して発生させる。この反応において、酸化マンガン(IV)は 剤として働く。発生した塩素ガス中の塩化水素を除去するために が入った洗気びんに通す。次に、塩素ガスを乾燥させるために が入った洗気びんに通す。最終的に、塩素ガスは下方置換法で捕集する。

塩素は水に少し溶け、一部が反応して塩化水素と次亜塩素酸を生じる。次亜塩素酸^(C)のように分子中に酸素を含む酸は ⑩ とよばれる。次亜塩素酸は、水道水やプールなどの殺菌や消毒に用いられる。家庭用洗剤の中には、次亜塩素酸ナトリウムを主成分とする塩素系の洗剤と、塩酸を主成分とする塩酸系の洗剤がある。この塩素系の洗剤と塩酸系の洗剤を混ぜると塩素が発生する。そのため、^(D)それらの洗剤の容器には「まぜるな危険」の注意書き表示が義務づけられている。

塩化ナトリウムの結晶は塩化物イオンとナトリウムイオンがイオン結合し、それ^(E)ぞれのイオンが交互に規則正しく配列した図1のような構造をもつ。

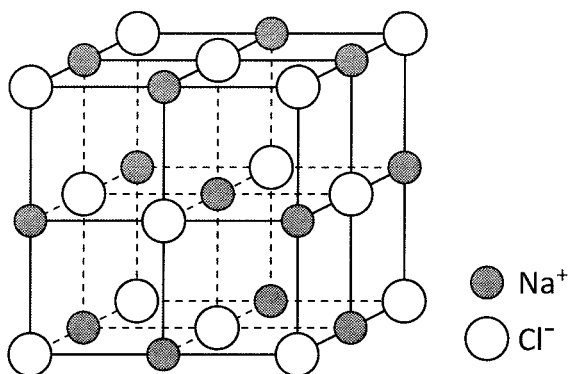


図1

問 1. ① から ⑩ にあてはまる最も適切な語句または数字を答えよ。

問 2. 原子番号1から20までの元素のうち、下線部(A)の塩素が最大値を示すものを下記の(a)~(f)の中からすべて選べ。

- | | |
|-----------------|-----------|
| (a) 原子半径 | (b) 価電子の数 |
| (c) 単体の融点 | (d) 単体の沸点 |
| (e) 第1イオン化エネルギー | (f) 電子親和力 |

問 3. 下線部(B)の反応を化学反応式で示せ。

問 4. 下線部(C)の反応を化学反応式で示せ。

問 5. 下線部(D)の反応を化学反応式で示せ。

問 6. 下線部(E)の塩化ナトリウムの結晶の単位格子について、以下の設問に答えよ。ナトリウムイオンの半径は 1.20×10^{-8} cm, 塩化物イオンの半径は 1.80×10^{-8} cm とする。ただし、各イオンは完全な球形であるとする。必要があれば、 $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\pi = 3.14$ を用いよ。

設問(1) 単位格子中に含まれるナトリウムイオンの個数を求めよ。

設問(2) 単位格子の1辺の長さ(cm)を求めよ。

設問(3) 塩化ナトリウムの密度(g/cm^3)を求めよ。計算式も示すこと。

設問(4) 塩化ナトリウム型の結晶格子について考える。陽イオンと陰イオンが互いに接触して、陰イオン同士が離れている場合には、互いに引き合う力が働くので結晶は安定である。一方、陽イオンと陰イオンが離れていて、陰イオン同士が接する場合には、反発力が働くので結晶は不安定になる。すなわち、陽イオンと陰イオンが互いに接触して、陰イオン同士も接している場合が安定性の限界状態であると考えられる。このときの両イオンの半径の比(陽イオンの半径/陰イオンの半径)を限界半径比という。塩化ナトリウム型の結晶格子の限界半径比を求めよ。

設問(5) 塩化ナトリウムの結晶構造が安定であることを設問(4)の結果を利用して、簡潔に説明せよ。

化学問題 2

金属資源は、乗り物、建築物、機械、電気製品、装飾品などの材料として広く用いられている。その中で、最も古くから人類に利用されてきた金属の一つが銅である。銅に関する以下の問に答えよ。

問 1. 銅に関する記述として、正しいものを下記の(a)~(f)の中からすべて選べ。

- (a) 赤みを帯びた光沢のある金属で、展性や延性に富んでいる。
- (b) 熱や電気の伝導性がよく、鉄よりさびやすい。
- (c) 高温の水蒸気と反応して、水素を発生する。
- (d) 塩酸と反応して、水素を発生する。
- (e) 加熱した濃硫酸(熱濃硫酸)と反応して、二酸化硫黄を発生する。
- (f) 銅線を硝酸銀水溶液に入れると、銅線の表面に銀が析出する。

問 2. 銅は希硝酸と反応して気体 A を発生する。気体 A の化学式を答えよ。また、気体 A を捕集するのに最も適切な方法を下記の(a)~(c)の中から1つ選べ。

- (a) 上方置換法
- (b) 下方置換法
- (c) 水上置換法

問 3. 銅は濃硝酸と反応して気体 B を発生する。気体 B の化学式を答えよ。また、気体 B を捕集するのに最も適切な方法を下記の(a)~(c)の中から1つ選べ。

- (a) 上方置換法
- (b) 下方置換法
- (c) 水上置換法

問 4. 硫酸銅(II)水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ加えていくと、青白色沈殿 C が生じる。沈殿 C が生じる反応を化学反応式で示せ。

問 5. 問 4 で生じた沈殿 C を含む水溶液をおだやかに加熱すると、沈殿 C が黒色の化合物 D に変化する。化合物 D が生じる反応を化学反応式で示せ。

問 6. 卵白水溶液を薄い水酸化ナトリウム水溶液で塩基性にした後，硫酸銅(Ⅱ)水溶液を数滴加えると，赤紫(青紫)色を呈する。この反応の名称を答えよ。

問 7. 硫酸銅(Ⅱ)無水物は 色であるが，水分を吸収すると 色の硫酸銅(Ⅱ)五水和物に変化するので，水分の検出に用いられる。また， 色の塩化コバルト(Ⅱ)無水物も水分を吸収すると， 色の塩化コバルト(Ⅱ)六水和物になるため，同様に水分の検出に利用されている。 から にあてはまる最も適切な色を下記の(a)~(f)の中から選べ。同じ記号を何回使用してもよい。

- (a) 白 (b) 赤(淡赤) (c) 黄(淡黄)
(d) 青(淡青) (e) 褐 (f) 黒

問 8. 硫酸銅(Ⅱ)無水物の溶解度は，20.0℃においては20.0(g/100 g 水)，80.0℃においては56.0(g/100 g 水)である。以下の設問に答えよ。

設問(1) 硫酸銅(Ⅱ)五水和物の結晶 200 g をすべて溶解して，80.0℃の飽和水溶液を作製するために必要な水の質量(g)を求めよ。

設問(2) 80.0℃の硫酸銅(Ⅱ)飽和水溶液 390 g を 20.0℃まで冷却したときに析出する硫酸銅(Ⅱ)五水和物の結晶の質量(g)を求めよ。

化学問題 3

サイエンス部に所属する高校生が、既知の塩化物イオン濃度の水溶液を用いてモール法の実習を行った後、自由研究で愛知県産の味噌で調理した味噌汁に含まれる塩分量を調べることにした。モール法は、水溶液中の塩化物イオンを沈殿滴定する方法で、塩化銀とクロム酸銀の溶解度積の差を利用することで定量する。本実験では、滴定による体積変化は無視できるものとする。塩化銀の溶解度積 $[Ag^+][Cl^-]$ は $1.80 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ 、クロム酸銀の溶解度積 $[Ag^+]^2[CrO_4^{2-}]$ は $4.00 \times 10^{-12} (\text{mol/L})^3$ とする。

指示薬としてクロム酸カリウム ($1.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$) を含む、塩化物イオン濃度が $3.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の水溶液に、硝酸銀水溶液を滴下すると白色の塩化銀が沈殿し始めた。^(A) さらに硝酸銀水溶液を滴下すると、クロム酸銀が析出するために溶液の色が変化し、滴定は終了した。^(B) このとき、溶液中の塩化物イオン濃度は非常に小さく、滴定の終点とみなすことができる。^(C)

上記の滴定は、中性で行う必要がある。酸性条件下で行った場合はクロム酸イオンが反応するため、滴定に影響を与える。^(D) 一方、塩基性条件下で行った場合は銀イオンが反応するため、滴定に影響を与える。^(E)

次に、調理した味噌汁を水で 10.0 倍に薄めて固形分をろ過し、指示薬のクロム酸カリウム ($1.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$) を含む水溶液を作製した。その水溶液に硝酸銀水溶液を滴下したところ、水溶液中の銀の総濃度が $2.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のときに滴定が終了した。

- 問 1. 下線部(A)において，溶液中の銀イオン濃度 (mol/L) を求めよ。
- 問 2. 下線部(B)において，滴定終了時の懸濁液はどのような色になっているか。その色の根拠となるイオンや化合物を示し，50 字以内で説明せよ。
- 問 3. 下線部(C)において，溶液中に残存する塩化物イオン濃度 (mol/L) を求めよ。
- 問 4. 下線部(D)について，酸性条件下でおこるクロム酸イオンの反応を化学反応式で示せ。
- 問 5. 下線部(E)について，塩基性条件下でおこる銀イオンの反応を化学反応式で示せ。
- 問 6. 調理した味噌汁 100 mL 中に含まれる塩分量 (g) を求めよ。ただし，味噌汁中の塩化物イオンはすべて塩化ナトリウム由来とし，水溶液中にすべて溶解しているものとする。また，モール法に関係しない味噌汁成分は，本実験反応に影響しないものとする。

化学問題 4

アルミニウムの単体を電気分解(熔融塩電解)により得る方法としてホール・エルー法が知られている。その電解炉の模式図を図2に示した。

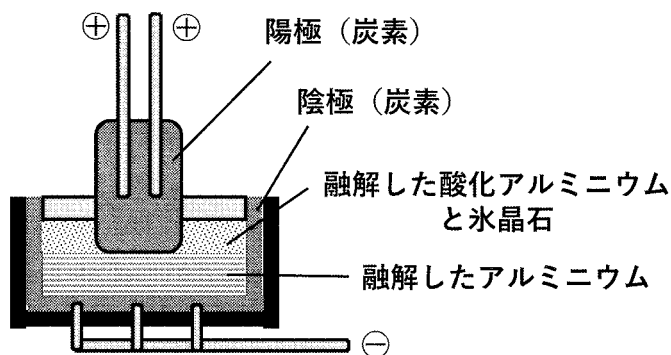


図2

電解炉では、固形の酸化アルミニウムを、融解した氷晶石^(A)に加えることにより溶解する。その後、陽極と陰極の材質を炭素にして電気分解を行うことによりアルミニウム^(B)を得ることができる。この方法は大量の電力を消費する。一方で、アルミニウムをリサイクルする方が電気分解を必要としないためエネルギー効率が低い。しかし、リサイクル工程において問題点もある。例えば、アルミニウムを加熱して融解し成型する工程で、空気中の窒素と反応して窒化アルミニウム(AIN)が生成する。窒化アルミニウムは粉末状態で水分と容易に反応し、アンモニアが発生する^(C)ため環境に悪影響をおよぼす。

窒化アルミニウムは、窒化ケイ素と同様に高純度にすることで高熱伝導性や電気絶縁性のような特性をもつようになる。このような特性をもつ物質は とよばれる。

ナトリウムの単体もアルミニウムと同様に熔融塩電解によって得られる。ナトリウムの場合は、固体の塩化ナトリウムを電解炉に入れて、加熱条件下で塩化ナトリウムを熔融塩とした後、陽極の材質を炭素、陰極の材質を鉄にして電気分解を行うことによりナトリウムを得ることができる。^(D)

マグネシウムの単体も同様に熔融塩を電気分解することで得ることができる。マグネシウムの場合は、固体の塩化マグネシウムを入れ、アルミニウムの場合の氷晶石と同様に、塩化カルシウムや塩化ナトリウムなどを混合した状態で電気分解を行う。^(E)

以上より、熔融塩電解は が大きい金属を電気分解で製錬するときに行われていることがわかる。

問 1. と にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

問 2. 下線部(A)の化学式を答えよ。

問 3. 下線部(B)において、陽極と陰極でおこる反応を電子 e^- を含むイオン反応式でそれぞれ示せ。

問 4. 下線部(B)において、1.00 A の電流を 1.00 時間流したときに得られるアルミニウムの質量(g)を求めよ。ただし、電流はすべて電気分解で使用されたものとする。

問 5. 下線部(C)でおこる反応を化学反応式で示せ。

問 6. 下線部(C)において、窒化アルミニウム 41.0 g が反応したときに発生するアンモニアの体積(L)を求めよ。ただし、温度 27.0 °C、大気圧 1.00×10^5 Pa の実験条件下とする。

問 7. 下線部(D)において、ナトリウムの単体 2.30 g を 1.00 時間で得る場合に必要な電流値(A)を求めよ。また、もう一方の電極から発生した気体の標準状態での体積(L)を求めよ。ただし、電流はすべて電気分解で使用されたものとする。

問 8. 下線部(E)において、塩化カルシウムや塩化ナトリウムを混合する理由を 20 字以内で説明せよ。

化学問題 5

一分子中に 2 個のカルボキシ基をもつ二価カルボン酸(ジカルボン酸)に関する以下の【I】と【II】の間に答えよ。

【I】

化合物 A, B, C は質量%で炭素 41.4 %, 水素 3.45 %, 酸素 55.2 % からなる。化合物 A を 186 mg 溶解させた水溶液 a, 化合物 B を 186 mg 溶解させた水溶液 b, 化合物 C を 186 mg 溶解させた水溶液 c を調製した。水溶液 a, b, c を中和するために, 0.200 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液がそれぞれ 16.0 mL 必要であった。化合物 A と B は白金触媒の存在下で, それぞれ同じ物質量的水素と反応して同一の化合物 D を生成した。化合物 A は約 160 °C に加熱すると脱水して化合物 E が得られたが, 化合物 B は同じ条件では脱水が起こらなかった。化合物 A の融点は 133 °C であった。一方, 化合物 B は 133 °C では融解せず, 200 °C で昇華した。化合物 E に無水メタノールを加えて温めると化合物 F が得られた。化合物 F にエタノールと少量の濃硫酸を加えて加熱すると化合物 G が生成した。

問 1. 化合物 A, B, C に共通する分子式を答えよ。

問 2. 化合物 A, B, C, D, E, F, G の構造式を示せ。

問 3. 一般に, カルボン酸は同程度の分子量を持つアルコールに比べて沸点が高い。その理由を 30 字以内で説明せよ。

問 4. 下線部(ア)について, 化合物 A と B の融点が異なる理由を 60 字以内で説明せよ。

問 5. 下線部(イ)の反応によって, 77.0 mg の化合物 E から得られた化合物 F の質量(mg)を求めよ。ただし, すべての化合物 E が反応し, 化合物 F を生成するものとする。

【II】

化合物 H, I, J は芳香族のジカルボン酸であり、いずれもキシレンを酸化することで得られる。化合物 H は加熱すると脱水して化合物 K が得られる。化合物 K は化合物 L を酸化バナジウム(V)を用いて酸化することでも得られる。化合物 I はペットボトルの主原料の一つであり、化合物 M と することで、ペットボトルの素材となる高分子化合物 が得られる。

問 6. 化合物 H, I, J, K, L, M の構造式を示せ。

問 7. と にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

問 8. 化合物 I から高分子化合物 を合成する反応を化学反応式で示せ。

問 9. 高分子化合物 の分子量を 42642 と仮定したとき、以下の設問に答えよ。

設問(1) 高分子化合物 の 1 分子中に含まれるエステル結合の個数を求めよ。

設問(2) 高分子化合物 が 150 kg 生じたとき、反応した化合物 I の質量(kg)を求めよ。ただし、すべての化合物 I が反応し、高分子化合物 を生成するものとする。

化学問題 6

デンプンは、 $(C_6H_{10}O_5)_n$ と表される。デンプン 3.00 g を含む水溶液 1.00 L に酵素 A を作用させて加水分解し、マルトース水溶液にしたときの浸透圧は X (Pa) であった。この水溶液に酵素 B を加えて加水分解し、グルコース水溶液にしたところ、同じ温度での浸透圧は Y (Pa) であった。ただし、水溶液の体積は一定であるとす。

問 1. 酵素 A および B の名称をそれぞれ答えよ。

問 2. 生成したマルトースの質量 (g) を求めよ。

問 3. 浸透圧 Y と X の比 (Y/X) を求めよ。

問 4. 水溶液の温度が 27.0 °C のときの浸透圧 Y (Pa) を求めよ。

問 5. 得られたグルコース水溶液を用いてフェーリング液を還元するときに生じた赤色沈殿物の質量 (g) を求めよ。

問 6. チマーゼは、グルコースをエタノールと二酸化炭素に分解する酵素である。グルコース 3.00 g を含む水溶液にチマーゼを反応させたとき、エタノール 1.20 g が得られた。反応したグルコースの割合 (%) を求めよ。