

2023年度

理 科

R 2

【 化 学 】

2月25日(土)	理 学 部 (数学科, 化学科, 地球科学科, 創造理学コース)	
【前期日程】	農 学 部	13 : 50 ~ 15 : 10
	工 学 部 (電子物質科学科, 化学バイオ工学科, 数理システム工学科)	14 : 40 ~ 16 : 00

注 意 事 項

試験開始前

- 1 監督者の指示があるまで, 問題冊子, 解答用紙に手を触れてはいけません。
- 2 監督者の指示に従い, 出願時に選択した科目の問題冊子, 解答用紙であるかどうかを確かめ, 全部の解答用紙(8枚)に受験番号を記入しなさい。
- 3 出願時に選択した科目と解答した科目が異なる場合は採点されません。

試験開始後

- 4 この問題冊子は, 10ページあります。はじめに, 問題冊子, 解答用紙を確かめ, 枚数の不足や, 印刷の不鮮明なもの, ページの落丁・乱丁があった場合は, 手をあげて監督者に申し出なさい。
- 5 問題は, 1 ~ 4 の全てを解答しなさい。
- 6 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 7 問題は, 声を出して読むではいけません。
- 8 各問ごとの配点は, 比率(%)で表示してあります。

試験終了後

- 9 問題冊子は, 必ず持ち帰りなさい。

【注意】 必要ならば、次の数値を用いること。

原子量：H 1.0, C 12, N 14, O 16, S 32, K 39, Mn 55

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

1 次の文章を読み、下の問いに答えよ。(配点 25 %)

元素を原子番号の順に並べると、性質の似た元素が周期的に現れる。例えば、単体の融点や原子の大きさ、イオン化エネルギーなどに周期的な変化を見ることができる。このような周期的な規則性を元素の (ア) という。元素の (ア) は、原子番号の増加に伴って、価電子の数が周期的に変化することにより現れる。元素を原子番号の順に並べ、性質の似た元素を同じ縦の列に並べた表を元素の周期表という。元素記号や元素名だけでなく、単体として常温で存在するときの状態や原子量などが示された周期表もある。例えば、塩素の原子量は 35.45 である。この数値はどのように得られたものであろうか。^(a)
^(b)

原子の質量を考えると、原子 1 個の質量はきわめて小さいので、グラムやキログラムなどの質量の単位で表すよりも、基準となる原子を定めて、その原子に対する相対質量を用いる方がわかりやすい。そこで、 (イ) 12 の炭素原子 (^{12}C) 1 個の質量を 12 とし、他の原子の相対質量の値が求められている。また、自然界に存在する元素の多くには、相対質量が異なる (ウ) が存在する。 (ウ) が存在する元素については、それぞれの (ウ) の相対質量とその存在比から相対質量の平均値が計算されている。このようにして得られた値が原子量である。

分子の質量を比較するときにも、原子量と同じ基準にもとづく相対質量が用いられる。分子の相対質量である分子量は、分子式に含まれる元素の原子量の総和で表される。しかし、分子式がわからない物質については、実験的に分子量を求め、求めた分子量から分子式を推定することになる。^(c)

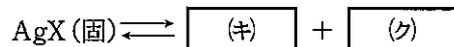
現在のところ、原子番号 1 の水素 H から原子番号 118 のオガネソン Og までの元素について、その存在が確認されたり、人工的に合成されたりして命名されている。周期表の縦の列を族というが、一部の族は特別の名称でよばれている。Og の性質が元素の (ア) に従うものとする、Og は貴ガスとよばれる元素が並ぶ列に位置し、その電子配置は次の表のようになると推定される。この考えにもとづくと、Og の価電子の数は (エ) となる。

表 Og の電子配置

<input type="text"/> (オ) <input type="text"/>	K	L	M	N	O	P	Q
電子の数	2	8	18	32	32	18	8

同様に、周期表で Og の隣に位置する原子番号 117 のテネシン Ts の価電子の数は 7 と考えられる。Ts が並ぶ縦の列に属する元素はハロゲンとよばれる。第 3 周期に属するハロゲンを X と表記すると、その一価の陰イオン X^- の電子配置と同じ電子配置をとる元素は (カ) である。

元素 X と銀 Ag との化合物は、化学式 AgX で表される固体である。25 °C において水を入れたビーカーの中で AgX を溶かそうとしてかき混ぜたが、しばらく静置するとビーカーの底にたまってしまい、ほとんど溶けていないようであった。このとき、次のような溶解平衡に達している。



ここで、次のように K_{sp} を定義する。

$$K_{sp} = [\text{(キ)}] [\text{(ク)}]$$

溶解平衡に達したビーカー内の水溶液が 100 mL で、溶解している AgX が 1.35×10^{-6} mol であったとすると、 $K_{sp} = \text{(カ)} \text{ [mol/L]}^2$ となる。 K_{sp} は、温度が一定なら一定値をとる。この K_{sp} を (ケ) という。

この AgX 飽和水溶液に、25 °C において硝酸銀水溶液を加え、水溶液中の硝酸イオン濃度を 0.100 mol/L とした。このとき、水溶液中の (キ) の濃度は (イ) mol/L と近似できるので、(ク) の濃度は (ウ) mol/L となる。

問 1 文章中(表を含む)の空欄 (ア) ~ (ケ) に入る最も適切な語、化学式、記号または数を記せ。

問 2 下線部(a)に関して、25 °C、 1.01×10^5 Pa において、単体で液体として存在する金属を元素記号で記せ。

問 3 下線部(b)に関して、自然界に存在する塩素について、 ^{35}Cl の存在比を百分率で求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。なお、自然界に存在する塩素は ^{35}Cl および ^{37}Cl からなり、相対質量は、それぞれ、34.97 および 36.97 である。

問 4 下線部(c)に関して、ある一種類の分子からなる物質の液体 1.1 g を加熱して完全に気化させたところ、77 °C、 1.00×10^5 Pa で 1.00 L の体積を占めたものとして、この物質の分子量を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。なお、この物質の気体は、理想気体として扱えるものとする。

問 5 下線部(d)に関して、一価の陰イオン X^- の電子配置を記せ。

問 6 文章中の空欄 に入る数値を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。

問 7 文章中の空欄 に入る数値を求めよ。所定の欄に考え方を示し、有効数字 2 桁で答えよ。

問 8 文章中の空欄 に入る数値を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。

2 次の文章を読み、下の問いに答えよ。(配点 25 %)

河川や湖の水の汚れは主に水中の有機物(有機化合物)に起因するため、水質汚濁を表す指標として、水中の有機物を酸化して分解するために必要な酸化剤の量を、酸素の質量に換算して示す方法が使われている。今回、ある試料水溶液の水質を調べるため、水中の有機物を酸化して分解するために必要な酸化剤の量を求める実験を行うことにした。

実験の概略は次の通りである。試料水溶液に含まれている有機物を完全に酸化するため、過剰と考えられる量の過マンガン酸カリウム^(a)を試料水溶液に加え加熱する。ここに、未反応の過マンガン酸カリウムを還元するためにシュウ酸を加える。ただし、この反応の終点の判別は容易でない。そのため、ここでは終点を決めずシュウ酸も過剰量加える。最後に、再度過マンガン酸カリウムを用いて余剰のシュウ酸の量を滴定する。具体的な操作については、次の【準備1】、【準備2】および【有機物滴定実験】に示す。

【準備1】 2.00×10^{-3} mol/L シュウ酸標準溶液の調製

シュウ酸二水和物 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の結晶をビーカーにはかり取り、純水を加え完全に溶かし、この水溶液を器具A^(b)に入れた。ビーカーを数回純水で洗い、洗液も器具Aに入れた。器具Aの標線まで純水を加え、200 mLの 2.00×10^{-3} mol/L シュウ酸標準溶液を正確に調製した。^(c)

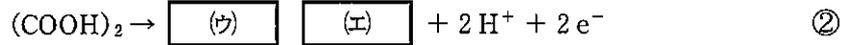
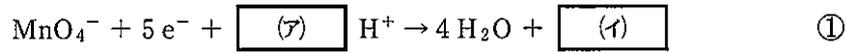
【準備2】 過マンガン酸カリウム水溶液の濃度の決定

【準備1】で調製したシュウ酸標準溶液 10.0 mL をコニカルビーカーに正確にはかり取った後に、希硫酸を加えて溶液を酸性にした。^(d) 過マンガン酸カリウム水溶液を褐色のピュレットに入れた。コニカルビーカーに入れた溶液を温めながら、ここに過マンガン酸カリウム水溶液^(e)を滴下し、コニカルビーカーを振り混ぜる操作を繰り返した。5.00 mL 滴下したところで、コニカルビーカー中で過マンガン酸カリウム水溶液の赤紫色が消えずに残るようになった。

【有機物滴定実験】 試料水溶液中の有機物の酸化に必要な酸化剤の量の決定

試料水溶液 100 mL をコニカルビーカーに正確にはかり取り、適切な前処理をした後に、硫酸を加えて酸性にした。この水溶液に、【準備2】で濃度を決めた過マンガン酸カリウム水溶液 12.00 mL を加え加熱した。このとき、水溶液の色は赤紫色だった。その後ただちに、【準備1】で調製したシュウ酸標準溶液を 24.00 mL 加えたところ、コニカルビーカー中の水溶液が完全に無色になった。この水溶液を温めながら、過マンガン酸カリウム水溶液を滴定の操作によって再度加えると、6.00 mL を加えたところで、コニカルビーカー中に滴下された過マンガン酸カリウム水溶液の赤紫色が消えずに残った。この結果より、有機物を酸化するために必要な過マンガン酸カリウムの量を計算した。

問 1 下線部(a)について、試料水溶液中の過マンガン酸イオンが酸性溶液で酸化剤としてはたらくときのイオン反応式、および、シュウ酸が還元剤としてはたらくときのイオン反応式は、次の①式および②式に示される。空欄 (ア) および (ウ) に適切な係数を記せ。また、空欄 (イ) および (エ) には化学式を記せ。



問 2 【準備 1】について、次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 2.00×10^{-3} mol/L のシュウ酸標準溶液 200 mL を調製するために必要なシュウ酸二水和物 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の結晶の質量 [g] を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 3 桁で答えよ。
- (2) 下線部(b)に関して、この操作に用いる最も適切な器具 A の名称を記せ。
- (3) 下線部(c)に関して、図は標線付近の液面を真横から見た様子である。溶液を正しく調製している液面の位置を示すものを(あ)~(う)から一つ選び、記号で答えよ。

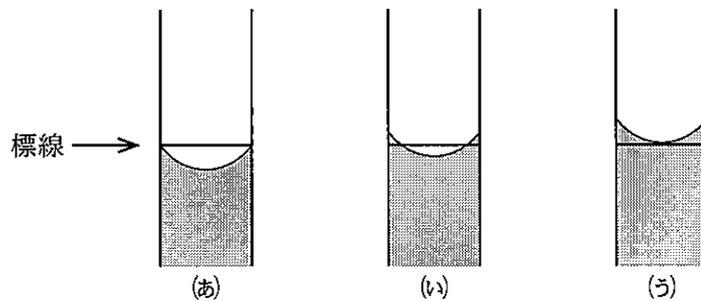


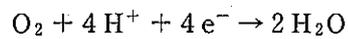
図 標線と溶液の液面の位置

問 3 【準備 2】について、次の(1)~(5)に答えよ。

- (1) 下線部(d)に関して、10.0 mL の溶液をはかり取るために用いる最も適切な器具の名称を記せ。
- (2) 下線部(e)に関して、褐色のビュレットを使う理由を簡潔に説明せよ。
- (3) 硫酸酸性の水溶液中での過マンガン酸カリウム KMnO_4 とシュウ酸 $(\text{COOH})_2$ の反応を化学反応式で示せ。
- (4) 過マンガン酸カリウム水溶液のモル濃度 [mol/L] を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 3 桁で答えよ。
- (5) 使用したコニカルビーカーやビュレットの乾燥が不十分で、水が残っていたまま使用した場合、反応終了までに滴下する過マンガン酸カリウム水溶液の体積は 5.00 mL と比較して増えるか、減るか、または変わらないか。コニカルビーカーとビュレットそれぞれについていずれかを選択し、○で囲め。

問 4 【有機物滴定実験】について、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) この実験で加えられた過マンガン酸カリウムのうち、試料水溶液中の有機物を酸化するために要した過マンガン酸カリウムの割合を百分率で答えよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字2桁で答えよ。
- (2) 過マンガン酸カリウムの代わりに、酸素で有機物を酸化したとすると、そのとき必要な酸素の質量(g)を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字2桁で答えよ。ただし、試料水溶液中の有機物は、過マンガン酸カリウムによる場合と同様に酸素によっても酸化されるものとする。また、酸素が酸化剤としてはたらくときのイオン反応式(半反応式)は、③式で示されるものとする。



③

3 次の文章を読み、下の問いに答えよ。(配点 25 %)

ハロゲン元素の単体はいずれも二原子分子からなる。常温・常圧でフッ素と塩素の単体は気体であり、臭素の単体は液体である。ヨウ素の単体は固体であり、昇華しやすい。

ハロゲン元素の単体は、酸化力を有する。ハロゲン元素の単体と水素 H_2 との反応では、ハロゲン化水素が生じる。ハロゲン化水素 A~D の沸点は、高い方から $A > B > C > D$ の順である。フッ素の単体は水と激しく反応する。塩素の単体は水に少し溶け、その一部が反応し塩化水素と次亜塩素酸を生じる。次亜塩素酸のように、分子中に酸素を含む酸をオキシ酸という。

一般に、酸性酸化物が水と反応するとオキシ酸を生じる。例えば、塩素の酸化物である Cl_2O_7 を水に溶かすと過塩素酸が生じる。

ハロゲン元素の単体は、アルケンやアルキンとも反応する。例えば、臭素とアセチレン(エチン)との反応は室温で進行し、化合物 E または F を経て、化合物 G を生じる。

問 1 下線部(a)の固体は分子結晶である。一般に、分子結晶はやわらかく、融点が低い。その理由を簡潔に説明せよ。

問 2 下線部(b)にある「昇華」とは一般にどのような現象か、簡潔に説明せよ。

問 3 下線部(c)に関して、次に示すハロゲン化カリウムの水溶液とハロゲン元素の単体の組合せ(あ~え)について、反応が進行するものについては化学反応式を記せ。反応が進行しないものについては「反応しない」と記せ。

(あ) KBr と I_2 (い) KI と Br_2 (う) KCl と I_2 (え) KBr と Cl_2

問 4 下線部(d)のハロゲン化水素 A~D は HF , HCl , HBr , HI のいずれかである。次の(1)および(2)に答えよ。

(1) ハロゲン化水素 A~D を化学式で記せ。

(2) ハロゲン化水素 A の沸点が B~D の沸点に比べて高い理由を簡潔に記せ。

問 5 下線部(e)の反応の化学反応式を記せ。

問 6 下線部(f)に関して、次の(1)および(2)に答えよ。

(1) この反応の化学反応式を記せ。

(2) 塩化水素と次亜塩素酸に含まれるそれぞれの塩素原子の酸化数を記せ。

問 7 下線部(g)に関して、次の(1)~(3)に答えよ。

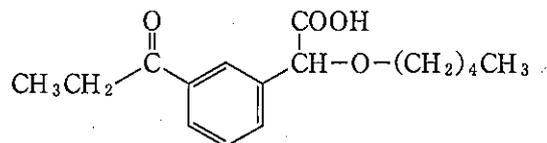
- (1) この反応の化学反応式を記せ。
- (2) 過塩素酸に含まれる塩素原子の酸化数を記せ。
- (3) 同じモル濃度の次亜塩素酸と過塩素酸の水溶液ではどちらがより強い酸か答えよ。また、そのように判断した理由を、酸化数の大きさに注目して簡潔に記せ。

問 8 下線部(h)に関して、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 化合物 E および F の構造式を、それぞれの構造の違いがわかるように記せ。なお、解答順は問わない。
- (2) 化合物 G の物質名を記せ。

- 4 次の文章を読み、下の問いに答えよ。構造式は次の例にならって記せ。なお、鏡像異性体を区別して記す必要はない。(配点 25 %)

(例)



有機化合物の性質や反応性は、炭素原子を骨格とした構造に加え、官能基に大きく依存する。分子式 $C_{13}H_{18}O_2$ で表される芳香族化合物 A がある。芳香族化合物 A を加水分解したところ、芳香族化合物 B と化合物 C が得られた。化合物 B は分子式 $C_8H_8O_2$ をもつ。化合物 B と化合物 C のそれぞれに炭酸水素ナトリウム水溶液を加えたところ、化合物 B では気体が発生し、化合物 C では気体は発生しなかった。

化合物 B のベンゼン環の炭素原子に結合している水素原子の一つを塩素原子で置換したとすると、得られる化合物は 2 種類である。化合物 B は、銀鏡反応を示す化合物 D を穏やかに酸化しても得られる。化合物 B に塩基性の過マンガン酸カリウム水溶液を加えて反応させ、続いて、希硫酸で中和すると化合物 E が得られる。化合物 E は合成繊維や合成樹脂の原料として用いられる。

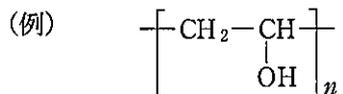
一方、化合物 C に単体のナトリウムを加えたところ、水素が発生した。化合物 C は不斉炭素原子をもつ。また、化合物 C を硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液中で酸化することにより得られる化合物も不斉炭素原子をもつ。

問 1 化合物 B, D, E の構造式を記せ。

問 2 化合物 B 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、ベンゼン環に結合した水素原子の一つが他の原子団で置換され、おもに 1 種類の化合物が得られる。この生成物の構造式を記せ。なお、ベンゼン環に置換反応を行わせようとする場合、すでに結合している置換基により、新たな置換基の入りやすい位置が決まる。 $-NH_2$, $-OH$, $-OCH_3$, $-CH_3$, $-Cl$ などの基が結合している場合、オルト位とパラ位が置換されやすくなる。一方、 $-NO_2$, $-SO_3H$, $-COOH$ などの基が結合している場合、オルト位とパラ位が置換されにくくなり、メタ位が相対的に置換されやすくなる。

問 3 次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 化合物 E とヘキサメチレンジアミンを縮合重合させると、高分子化合物 F が得られる。この縮合重合の反応を、構造式を使った化学反応式で記せ。なお、高分子化合物 F の構造は、次の例にならって繰り返し単位がわかるように記せ。



- (2) 分子量 4.9×10^4 の高分子化合物 F の構成単位(繰り返し単位)の数はいくつか。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。
- (3) ポリプロピレン 2.1 g を完全燃焼させるとき、発生する二酸化炭素の質量 [g] を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。

問 4 化合物 C について、次の(1)~(4)に答えよ。

- (1) 化合物 C の分子式と構造式を記せ。
- (2) 化合物 C と同じ官能基をもつ構造異性体の数を記せ。ただし、化合物 C を含めない。
- (3) 化合物 C と同じ官能基をもつ構造異性体の中で、酸化されにくい化合物の構造式を記せ。
- (4) 設問(3)の化合物が酸化されにくい理由を構造にもとづいて簡潔に記せ。ただし、脱水反応は起きないものとする。

問 5 化合物 A の構造式を記せ。

問 6 油脂に関して、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) グリセリンと1分子のステアリン酸 $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{-COOH}$ と2分子のリノール酸 $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{-COOH}$ からなる油脂の中で、不斉炭素原子をもつ油脂の構造式を記せ。ただし、油脂中のステアリン酸およびリノール酸由来の炭化水素基は、それぞれ $-\text{C}_{17}\text{H}_{35}$ および $-\text{C}_{17}\text{H}_{31}$ のように記せ。
- (2) 設問(1)の油脂 1 mol に対して、ニッケルを触媒として水素 H_2 を付加させるとき、付加できる水素 H_2 の物質量 [mol] の最大値を記せ。なお、 $\text{C}=\text{C}$ 結合のみが水素 H_2 と反応するものとする。

正解・解答例

教科・科目名	理科・化学（前期日程試験：令和5年度） 1/4	問題番号	R2-1																
対象学部・ 学科（課程）等	理学部(数学科, 化学科, 地球科学科, 創造理学コース), 工学部(電子物質科学科, 化学バイオ工学科, 数理システム工学科), 農学部																		
1	<p>問 1 (ア) 周期律 (イ) 質量数 (ウ) 同位体 (エ) 0 (オ) 電子殻 (カ) Ar (キ) Ag⁺ (ク) X⁻ (ケ) 溶解度積</p> <p>問 2 Hg</p> <p>問 3 (計算過程) ³⁵Cl の存在比 (%) を x とすると, ³⁷Cl の存在比 (%) は $100 - x$ と表されるので, $34.97 \times (x/100) + 36.97 \times \{(100 - x)/100\} = 35.45$ $34.97x + 3697 - 36.97x = 3545$ $2x = 152$ $x = 76.0$ (解答) 76 %</p> <p>問 4 (計算過程) 求める分子量を M とすると, 理想気体の状態方程式より, そのモル質量 M' [g/mol] は, $M' = \{1.1 \text{ g} \times 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})\}$ $\times (77 + 273) \text{ K} / (1.00 \times 10^5 \text{ Pa} \times 1.00 \text{ L})$ $= 32.0 \text{ これより分子量 } M \text{ は, } 32$ (解答) 32</p> <p>問 5</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">(オ)</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">K</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">L</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">M</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">N</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">O</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">P</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Q</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">電子の数</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">8</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">8</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</td> </tr> </table> <p>問 6 (計算過程) AgX が 100 mL 中に 1.35×10^{-6} mol 溶けているので, 溶解平衡における Ag⁺ と X⁻ のモル濃度は, $[\text{Ag}^+] = [\text{X}^-] = 1.35 \times 10^{-6} \times (1000/100) = 1.35 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ よって, $K_{\text{sp}} = [\text{Ag}^+][\text{X}^-] = 1.82 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ (解答) $1.8 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$</p>			(オ)	K	L	M	N	O	P	Q	電子の数	2	8	8	0	0	0	0
(オ)	K	L	M	N	O	P	Q												
電子の数	2	8	8	0	0	0	0												

問 7 (考え方)

硝酸銀水溶液を加えた結果として、飽和水溶液中の硝酸イオン濃度が 0.100 mol/L となるので、この水溶液中の Ag^+ の濃度は 0.100 mol/L 以上である。硝酸銀水溶液を加えることにより、もとの AgX の溶解平衡、 $\text{AgX} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{X}^-$ は左向きに移動するが、もともと $[\text{Ag}^+] = 1.35 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ であり、 $1.35 \times 10^{-5} \ll 0.100$ であるので、 Ag^+ の濃度は 0.10 mol/L と近似できる。

(解答) 0.10 mol/L

問 8 (計算過程)

$$[\text{X}^-] = K_{\text{sp}}/[\text{Ag}^+]$$

$$= 1.8 \times 10^{-10} / 0.10 = 1.8 \times 10^{-9}$$

(解答) $1.8 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$

正解・解答例

教科・科目名	理科・化学（前期日程試験：令和5年度） 2/4	問題番号	R2-2
対象学部・ 学科（課程）等	理学部（数学科，化学科，地球科学科，創造理学コース），工学部（電子物質科学科，化学バイオ工学科，数理システム工学科），農学部		
2	<p>問 1</p> $\text{MnO}_4^- + 5\text{e}^- + 8\text{H}^+ \rightarrow 4\text{H}_2\text{O} + \text{Mn}^{2+}$ $(\text{COOH})_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ <p>より，（ア）8 （イ）Mn^{2+}（ウ）2（エ）CO_2</p> <p>問 2 (1) シュウ酸結晶の質量を x [g] とすると，$(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の式量 126 より</p> $2.00 \times 10^{-3} \times 200/1000 = x/126$ $x = 5.04 \times 10^{-2}$ <p>（解答） 5.04×10^{-2} g</p> <p>(2) メスフラスコ</p> <p>(3) う</p> <p>問 3 (1) ホールピペット</p> <p>(2) 過マンガン酸カリウムは光で分解されやすいため。</p> $(3) 2\text{KMnO}_4 + 5(\text{COOH})_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{MnSO}_4 + 10\text{CO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$ $(4) 2\text{KMnO}_4 + 5(\text{COOH})_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{MnSO}_4 + 10\text{CO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$ <p>より，5 mol の $(\text{COOH})_2$ が 2 mol の KMnO_4 と反応する。</p> <p>過マンガン酸カリウム水溶液の濃度を y [mol/L] とおくと</p> $2.00 \times 10^{-3} \times 10.0/1000 \times 2/5 = y \times 5.00/1000$ $y = 1.60 \times 10^{-3}$ <p>（解答） 1.60×10^{-3} mol/L</p> <p>(5)</p> <p>コニカルビーカーに水が残っていた場合 変わらない</p> <p>ビュレットに水が残っていた場合 増える</p> <p>問 4</p> <p>(1) シュウ酸標準溶液 24.0 mL と反応する過マンガン酸カリウム水溶液の体積を V [mL] とすると</p> $2\text{KMnO}_4 + 5(\text{COOH})_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{MnSO}_4 + 10\text{CO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$ <p>より 5 mol の $(\text{COOH})_2$ が，2 mol の KMnO_4 と反応するため</p> $2.00 \times 10^{-3} \times 24.0/1000 \times 2/5 = 1.60 \times 10^{-3} \times V/1000$ $V = 12.0 \text{ mL}$		

加えられた過マンガン酸カリウム水溶液は全部で 18.0 mL であったので、

$$18.0 - 12.0 = 6.0 \text{ mL}$$

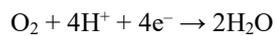
が有機物を酸化するために使われた過マンガン酸カリウム水溶液の体積である。

物質量の割合は、体積の割合と同じであるため

$$6.0/18.0 \times 100 = 33.3$$

(解答) 33 %

(2)



のイオン反応式より、酸化剤として O_2 を用いた場合、 MnO_4^- の 5/4 倍量の物質が必要である。

試料水溶液の有機物と反応する KMnO_4 は

$$1.60 \times 10^{-3} \times 6.0/1000 = 9.6 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

KMnO_4 の代わりに O_2 で分解すると、 O_2 の分子量 32 より

$$9.6 \times 10^{-6} \times 5/4 \times 32 = 3.84 \times 10^{-4} \text{ g}$$

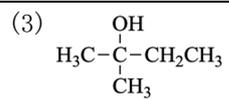
(解答) $3.8 \times 10^{-4} \text{ g}$

正解・解答例

教科・科目名	理科・化学（前期日程試験：令和5年度） 3/4	問題番号	R2-3
対象学部・ 学科（課程）等	理学部（数学科，化学科，地球科学科，創造理学コース），工学部（電子物質科学科，化学バイオ工学科，数理システム工学科），農学部		
3	<p>問1 分子結晶中の分子の間に働いている引力が弱いから。</p> <p>問2 固体が液体になることなく，直接気体になる変化。</p> <p>問3 (あ) 反応しない (い) $2KI + Br_2 \rightarrow 2KBr + I_2$ (う) 反応しない (え) $2KBr + Cl_2 \rightarrow 2KCl + Br_2$</p> <p>問4 (1) A: HF, B: HI, C: HBr, D: HCl (2) フッ化水素は分子間で水素結合を形成しているから。</p> <p>問5 $2F_2 + 2H_2O \rightarrow 4HF + O_2$</p> <p>問6 (1) $Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HCl + HClO$ (2) 塩化水素に含まれる塩素の酸化数 -1 次亜塩素酸に含まれる塩素の酸化数 $+1$</p> <p>問7 (1) $H_2O + Cl_2O_7 \rightarrow 2HClO_4$ (2) $+7$ (3) より強い酸：過塩素酸 理由：同一元素のオキソ酸では，中心原子の酸化数が大きいものほど酸性が強くなるから，過塩素酸の方が強い酸となる。</p> <p>問8 (1) 化合物 E, F</p> <div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} H & & H \\ & \diagdown & / \\ & C=C & \\ & / & \diagdown \\ Br & & Br \end{array}, \begin{array}{c} H & & Br \\ & \diagdown & / \\ & C=C & \\ & / & \diagdown \\ Br & & H \end{array}$ </p> </div> <p>(2) 1,1,2,2-テトラブロモエタン</p>		

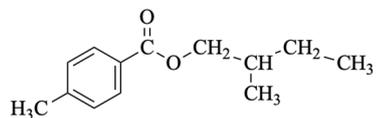
正解・解答例

教科・科目名	理科・化学（前期日程試験：令和5年度） 4/4	問題番号	R2-4
対象学部・ 学科（課程）等	理学部（数学科，化学科，地球科学科，創造理学コース），工学部（電子物質科学科，化学バイオ工学科，数理システム工学科），農学部		
4	<p>問 1</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <chem>CC(=O)O</chem> B </div> <div style="text-align: center;"> <chem>CC=O</chem> D </div> <div style="text-align: center;"> <chem>OC(=O)c1ccc(C(=O)O)cc1</chem> E </div> </div> <p>問 2</p> <div style="text-align: center;"> <chem>CC(=O)O</chem> <chem>Cc1ccc([N+](=O)[O-])cc1</chem> </div> <p>問 3</p> <p>(1)</p> $n \text{ HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_6\text{H}_4-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH} + n \text{ H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2 \longrightarrow$ $\left[\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_6\text{H}_4-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\overset{\text{H}}{\text{N}}-(\text{CH}_2)_6-\overset{\text{H}}{\text{N}} \right]_n + 2n \text{ H}_2\text{O}$ <p>(2) (計算過程)</p> <p>構成単位(繰り返し単位, 即ち, 重合度)の数 $n = (\text{分子量}) / (\text{構成単位の式量})$</p> <p>よって, $n = (4.9 \times 10^4) / (246) = 199$</p> <p>(解答) 2.0×10^2 個</p> <p>(3) (計算過程)</p> $\left[\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right]_n + 4.5n \text{ O}_2 \longrightarrow 3n \text{ CO}_2 + 3n \text{ H}_2\text{O}$ <p>ポリプロピレンの分子量 = (構成単位の式量) \times 構成単位の数 $n = 42n$</p> <p>ポリプロピレン 2.1 g を完全燃焼させると, ポリプロピレンの物質量の $3n$ 倍の CO_2 が発生する。発生する CO_2 の物質量 [mol] は, $[(2.1 \text{ g}) / (42n \text{ g/mol})] \times 3n = 0.15 \text{ mol}$</p> <p>よって, 発生する CO_2 の質量 [g] は, $(0.15 \text{ mol}) \times (44 \text{ g/mol}) = 6.6 \text{ g}$</p> <p>(解答) 6.6 g</p> <p>問 4</p> <p>(1) 分子式 $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ 構造式 $\text{HO}-\text{CH}_2-\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2\text{CH}_3$</p> <p>(2) 7 個</p>		

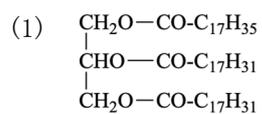


(4) 第三級アルコールは、OH 基に結合している炭素原子が水素原子をもたないため、酸化されにくい。

問 5



問 6



(2) 4 mol

採点・評価基準(具体的基準)

教科・科目名	理科・化学(前期日程試験:令和5年度) 1/4	問題番号	R2-1
対象学部・ 学科(課程)等	理学部(数学科,化学科,地球科学科,創造理学コース),工学部(電子物質科学科, 化学バイオ工学科,数理システム工学科),農学部		
出題のねらい	<p>1 周期表,原子量,分子量および溶解平衡について,基礎的な知識を問う。</p> <p>問1 一般的な周期表に表示されている事項および難溶性塩の水溶液中の平衡にかかると基礎的な知識を有しているか。</p> <p>問2 水銀という金属が常温で液体であることを知っているか。</p> <p>問3 同位体の存在比と原子量との関係について理解しているか。</p> <p>問4 気体の状態方程式を理解し,実験結果から未知の物質の分子量を求めることができるか。</p> <p>問5 ハロゲンが一価の陰イオンとなったときの電子配置を理解しているか。</p> <p>問6 溶解度積を理解しているか。</p> <p>問7 溶解平衡を理解しているか。</p> <p>問8 溶解度積の知識を応用できるか。</p>		
採点基準	<p>1 配点:25%</p> <p>問1 (ア) 1% (イ) 1% (ウ) 1% (エ) 1% (オ) 1% (カ) 1% (キ) 1% (ク) 1% (ケ) 1%</p> <p>問2 1%</p> <p>問3 3%</p> <p>問4 3%</p> <p>問5 2%</p> <p>問6 3%</p> <p>問7 3%</p> <p>問8 1%</p>		

採点・評価基準(具体的基準)

教科・科目名	理科・化学(前期日程試験:令和5年度)2/4	問題番号	R2-2
対象学部・ 学科(課程)等	理学部(数学科,化学科,地球科学科,創造理学コース),工学部(電子物質科学科,化学バイオ工学科,数理システム工学科),農学部		
出題のねらい	<p>2 酸化還元反応について基礎的な理解と応用力を問う。</p> <p>問 1 酸化還元反応の電子の授受について理解しているか。</p> <p>問 2 標準溶液の調製法を理解しているか。</p> <p>問 3 酸化還元反応の滴定操作と基礎的な量的関係を理解しているか。</p> <p>問 4 酸化還元反応の知識を応用できるか。</p>		
採点基準	<p>2 配点:25%</p> <p>問 1 4%</p> <p>問 2 (1) 3%</p> <p>(2) 1%</p> <p>(3) 1%</p> <p>問 3 (1) 1%</p> <p>(2) 1%</p> <p>(3) 2%</p> <p>(4) 3%</p> <p>(5) 3%</p> <p>問 4 (1) 3%</p> <p>(2) 3%</p>		

採点・評価基準(具体的基準)

教科・科目名	理科・化学(前期日程試験:令和5年度)3/4	問題番号	R2-3
対象学部・学科(課程)等	理学部(数学科,化学科,地球科学科,創造理学コース),工学部(電子物質科学科,化学バイオ工学科,数理システム工学科),農学部		
出題のねらい	<p>3 無機物質の性質やその変化の基礎的な知識と応用力を問う。</p> <p>問1 分子結晶の特徴と性質を理解しているか</p> <p>問2 物質の状態変化について理解しているか。</p> <p>問3 ハロゲン元素の単体が示す酸化力について理解しているか。</p> <p>問4 分子の構造・相互作用と物性(沸点)との関係性を理解しているか。</p> <p>問5 ハロゲン元素の単体(F₂)の反応性について理解しているか。</p> <p>問6 ハロゲン元素の単体(Cl₂)の反応性と,ハロゲン元素の酸化数について理解しているか。</p> <p>問7 ハロゲン元素を含むオキソ酸の性質について理解しているか。</p> <p>問8 ハロゲン元素の単体(Br₂)の反応性について理解しているか。また,生成物となる有機化合物の構造,物質名について理解しているか。</p>		
採点基準	<p>3 配点:25%</p> <p>問1 2%</p> <p>問2 2%</p> <p>問3 3%</p> <p>問4 (1)1% (2)2%</p> <p>問5 2%</p> <p>問6 (1)2% (2)2%</p> <p>問7 (1)1% (2)1% (3)3%</p> <p>問8 (1)2% (2)2%</p>		

採点・評価基準(具体的基準)

教科・科目名	理科・化学(前期日程試験:令和5年度) 4/4	問題番号	R2-4
対象学部・ 学科(課程)等	理学部(数学科,化学科,地球科学科,創造理学コース),工学部(電子物質科学科,化学バイオ工学科,数理システム工学科),農学部		
出題のねらい	<p>4 有機化合物と高分子化合物について知識と応用力を問う。</p> <p>問1 一般的な有機化学反応を理解しているか。</p> <p>問2 芳香族置換反応について理解しているか。</p> <p>問3 縮合重合を理解しているか。また,化合物の燃焼反応を理解しているか。</p> <p>問4 エステルの加水分解について理解しているか。</p> <p>また,アルコールの酸化反応や不斉炭素原子について理解しているか。</p> <p>問5 カルボン酸とアルコールとの脱水縮合を理解しているか。</p> <p>問6 油脂の構造,炭化水素基の不飽和度を理解しているか。</p>		
採点基準	<p>4 配点:25%</p> <p>問1 B:2%,D:1%,E:1%</p> <p>問2 2%</p> <p>問3 (1)2%</p> <p>(2)3%</p> <p>(3)3%</p> <p>問4 (1)3%</p> <p>(2)2%</p> <p>(3)1%</p> <p>(4)1%</p> <p>問5 1%</p> <p>問6 (1)2%</p> <p>(2)1%</p>		