

化学

解答例・出題意図

1

【出題意図】

金属元素の性質および結晶構造を題材とする総合的な問題であり、無機化学における基礎的な知識、理解度を問うた。金属についての基礎的な知識を習得しているかどうかを試したとともに金属に関する反応を理解しているかを試験した。

【解答例】

(1)	ア	価電子	イ	自由電子	ウ	金属結合	エ	熱	
	オ	延性	カ	コークス（炭素）	キ	水素（H ₂ ）			
(2)	公表略								
(3)	(a)	$4\text{Al} + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3$							
	(b)	塩酸	$\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} \longrightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$						
水酸化ナトリウム水溶液		$\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$							
(4)	公表略								
(5)	(a)	面心立方格子（立方最密構造）							
	(b)	計算過程： 公表略		答： $4.3 \times 10^{-23} \text{ g}$					
	(c)	12							
	(d)	結晶構造： 六方最密構造 （六方最密充填）			配位数： 等しい				

※記述問題の正答例は開示していません。

2

【出題意図】

電気エネルギーによって強制的に酸化還元反応を起こす電気分解について基礎知識を問うた。また、アルミニウムの電解精錬、水酸化ナトリウムの製造などの応用例を中心に、それぞれの電気分解の反応において陰極・陽極で生じる反応および電気量と物質の生成量との関係を問うた。陽極で生成する気体の標準状態における体積を計算する能力を試した。

【解答例】

	ア	電気	イ	陽極	ウ	陰極	エ	還元
(1)	オ	電解精錬	カ	熔融塩電解 (融解塩電解)	キ	一酸化炭素 (二酸化炭素)	ク	二酸化炭素 (一酸化炭素)
(2)	公表略							
(3)	$C + O^{2-} \rightarrow CO + 2e^{-}$				$C + 2O^{2-} \rightarrow CO_2 + 4e^{-}$			
(4)	計算過程： 公表略				答： 4.3×10^5 秒			
(5)	イ	$2Cl^{-} \rightarrow Cl_2 + 2e^{-}$			ウ	$2H_2O + 2e^{-} \rightarrow H_2 + 2OH^{-}$		
(6)	公表略							
(7)	0.11 L (1.1×10^{-1} L)							
	色： 赤 (ピンク、赤紫)				呈色した理由： 公表略			

※(1)キとク、(3)は順不同。

※記述問題の正答例は開示していません。

3

【出題意図】

カルボン酸、エステルおよび油脂を題材として、これらに関する基本知識および構造と性質の関係についての理解力を問うた。また、与えられた情報から分子構造を推定する力、化学量論に基づく計算力および物質の性質を説明する力についても問うた。

【解答例】

(1)	ア	カルボキシ	イ	飽和	ウ	不飽和	エ	酸無水物
	オ	けん化	カ	付加 (酸化)	キ	セッケン		
(2)	公表略							
(3)	異性体						脱水生成物	
	$\begin{array}{c} \text{HOOC} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} & \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{COOH} \end{array}$		$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} & \\ & / & \diagdown \\ \text{HOOC} & & \text{COOH} \end{array}$		$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{COOH} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} & \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{COOH} \end{array}$		$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} & \\ & / & \diagdown \\ \text{O}=\text{C} & & \text{C}=\text{O} \\ & \diagdown & / \\ & \text{O} & \end{array}$	
(4)	A	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array}$ <p>($\text{HCOO}-\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ も可)</p>			B	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{O}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array}$ <p>($\text{CH}_3\text{COO}-\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ も可)</p>		
(5)	(a)	$\begin{array}{c} \text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COO}-\text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COO}-\text{CH} \\ \\ \text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COO}-\text{CH}_2 \end{array}$			(b)	計算過程： 公表略 答： 7.6 g		
	(c)	$\begin{array}{c} \text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COO}-\text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COO}-\text{CH} \\ \\ \text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COO}-\text{CH}_2 \end{array} + 3 \text{NaOH} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2 \\ \\ \text{HO}-\text{CH} \\ \\ \text{HO}-\text{CH}_2 \end{array} + 3 \text{C}_{17}\text{H}_{31}-\text{COONa}$ <p style="text-align: right;">(3C₁₇H₃₁COONa)</p>						
(6)	(a)	公表略						
	(b)	公表略						

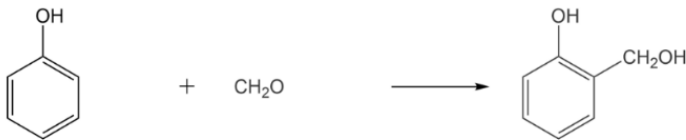
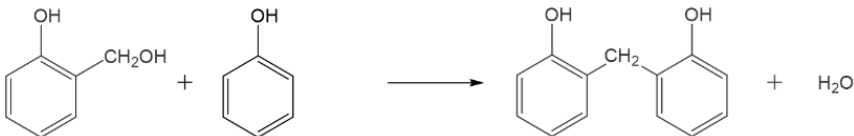
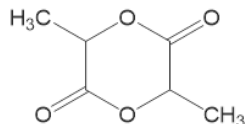
※記述問題の正答例は開示していません。

4

【出題意図】

合成高分子化合物について、熱硬化性樹脂およびその重合法を始めとして、各高分子化合物の基本的な重合や機能性付与についての知識を問うた。また近年社会的にも注目されている機能性高分子であるポリ乳酸の構造および合成・分解プロセスに関する知識と計算力を問うた。

【解答例】

(1)	ア	単量体 (モノマー)	イ	ホルムアルデヒド	ウ	付加
	エ	縮合	オ	付加縮合	カ	ノボラック
	キ	レゾール	ク	架橋	ケ	Si-O (Si-O-Si)
(2)	(ウ) 反応					
						
(3)	(エ) 反応					
						
(4)	(a) ×塩化水素 ではなく水	(b) ×縮合では なく付加	(c) ×縮合では なく付加	(d) ○	(e) ○	(f) ×付加では なく開環
(5)	カ または ノボラック					
(6)						
(7)	計算過程： 公表略		答： ポリ乳酸 216 g 二酸化炭素 396 g			
(7)	計算過程： 公表略		答： 33.6 L			

※記述問題の正答例は開示していません。

問題訂正 補足説明

【問題冊子】

●問題訂正

10ページ 4 リード文 3～4行目

（誤） 「・・・，フェノールに対する（イ）の（ウ）反応・・・」

（正） 「・・・，フェノールと（イ）の（ウ）反応・・・」

●補足説明

1ページ 表紙

（補足） 気体は，実在気体とことわりがない限り，理想気体とみなせるものとする。

「化学」

令和 8 年度入学試験問題

化 学

注 意 事 項

1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっているので、解答はすべて解答用紙の指定されたところに記入しなさい。また、解答用紙は問題ごとに別になっているので、注意すること。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
4. この問題冊子は、表紙を含めて12ページあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出なさい。
5. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。

問題の解答に必要なならば、以下の数値を用いなさい。

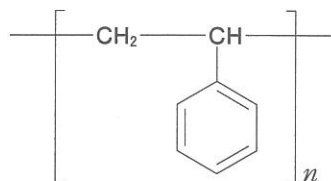
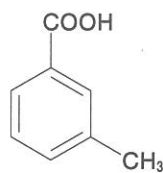
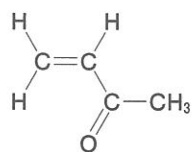
原子量 H : 1.0 C : 12.0 O : 16.0 Al : 27.0 I : 127

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

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

化合物の構造式を答える場合には、記入例にならって示しなさい。

(記入例)



1 次の文章を読み、設問(1)~(5)に答えよ。

金属元素の原子が集合すると、それぞれの原子の最外殻がたがいに一部重なり合った状態になる。金属元素の原子は一般に非金属元素の原子と比べてイオン化エネルギーが小さく、原子の(ア)は、最外殻を伝って多数の原子間を自由に移動できる(イ)となり、原子どうしを結びつける働きをする。このようにしてできる結合を(ウ)という。

金属は、この(イ)の働きにより、電気や(エ)を伝える性質にすぐれ、また、たたくと薄く広がる性質である展性や、引っ張ると長く伸びる性質である(オ)を示し、金属光沢をもつ。

アルミニウムは、銀白色の軽くて軟らかい金属で、① 空気中に放置しても、内部まで酸化が進行しにくい性質がある。 ② アルミニウムの粉末を空気中または酸素中で加熱すると、発光をともなって激しく燃える。

鉄は、主に鉄鉱石を溶鉱炉で(カ)や石灰石とともに加熱することにより、製造される。鉄は、比較的軟らかい灰白色の金属で、希硫酸や塩酸と反応して(キ)を発生しながら ③ Fe^{2+} となって溶ける。

- (1) 空欄(ア)~(キ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①について、このような性質が生じる理由を30字以内で記せ。
- (3) 下線部②について、次の問(a)と(b)に答えよ。
 - (a) この反応の化学反応式を示せ。
 - (b) この反応によって生成する物質は両性酸化物であり、塩酸とも水酸化ナトリウム水溶液とも反応する。それぞれの反応について、その化学反応式を示せ。
- (4) 下線部③について、 Fe^{2+} を含む水溶液を空気中に放置しておくとき水溶液の色が淡緑色から徐々に黄褐色へと変化した。この変化の原因を40字以内で記せ。

- (5) 次の図1は、代表的な金属の結晶構造の単位格子の1つを示している。この図について、次の問(a)～(d)に答えよ。

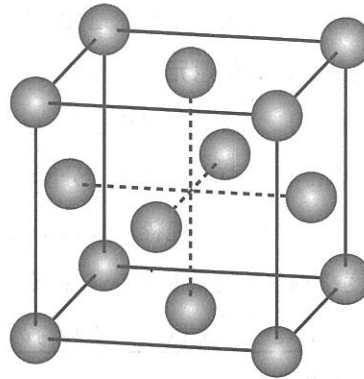


図1 ある金属の単位格子

- (a) この結晶構造の名称を記せ。ただし、図中の球は原子の中心の座標を表すものであり、最も近くに位置する原子どうしは互いに接しているものとする。
- (b) ある金属元素の単体がこの結晶構造をもち、単位格子の一辺の長さが $4.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$ 、その密度が 2.7 g/cm^3 であるとして、その原子1個の質量を計算せよ。なお、計算の過程を示し、有効数字2桁の数値で答えよ。
- (c) この結晶構造において、1個の原子を取り囲んでいる原子の数(配位数)を答えよ。
- (d) 金属の結晶構造には、単位格子の体積に占める原子の体積の割合が図1の構造と同じものがある。その結晶構造の名称を記せ。また、この構造における配位数は、図1のもの比べて多いか、少ないか、あるいは等しいか。解答欄に示したのものから正しいものを1つ選び、丸で囲め。

2 次の文章を読み、設問(1)~(7)に答えよ。

電解質の水溶液や高温の溶融塩に電極を浸し、外部の電源に接続して直流電流を通じると、電極の表面で酸化還元反応が進行する。電池が自発的に起こる酸化還元反応を利用しているのに対し、電気分解では(ア)エネルギーを利用して強制的に酸化還元反応を起こしている。電気分解において、電源装置の正極につないだ電極を(イ)、負極につないだ電極を(ウ)といい、(ウ)では電子を受け取る(エ)反応が起こる。工業的には、様々な場面で電気分解が利用され物質が製造されている。例えば、電気分解を利用して不純物を含んだ金属から純粋な金属を取り出し、金属の純度を高める操作を(オ)といい、99.99%以上の高純度な銅を得る際に用いられる。また、① 一般に、イオン化傾向が大きいリチウム、ナトリウム、アルミニウムなどの金属は、それらの塩や酸化物を加熱するなどして融解し、水を含まない状態で電気分解して単体を得ている。このような操作を(カ)という。アルミニウムは、ボーキサイトから精製した酸化アルミニウムを電気分解して製造される。酸化アルミニウムの融点は2000℃以上と非常に高いため、氷晶石を加熱して融解させたものに酸化アルミニウムを溶解する。電極に炭素を用いて、この融解液を電気分解すると、(ウ)にアルミニウムが析出し、(イ)では(キ)や(ク)が生じる。また、水酸化ナトリウムの製造にも電気分解が利用されており、② (イ)に炭素を、(ウ)に鉄を用いて塩化ナトリウム水溶液を電気分解し、(ウ)側の水酸化ナトリウム水溶液を濃縮することで純度の高い水酸化ナトリウムが得られる。このとき、④ 両極の間を陽イオン交換膜で仕切って電気分解が行われるイオン交換膜法が採用されている。

- (1) 文中の(ア)~(ク)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①の電気分解によるアルミニウムの製造について、 Al^{3+} を含む水溶液を用いない(水を含まない状態で電気分解を行う)理由を80字以内で説明せよ。
- (3) 下線部②で起こった2つの反応を電子 e^- を用いた反応式でそれぞれ示せ。順番は問わない。
- (4) 電気分解によるアルミニウムの製造において、 $2.0 \times 10^5 \text{ A}$ の一定電流を通じるとき、 $8.1 \times 10^3 \text{ kg}$ のアルミニウムを得るのに要する時間は何秒かを計算せよ。なお、計算過程を示し、有効数字2桁の数値で答えよ。アルミニウムが析出する反応のみに電子は消費されるものとする。
- (5) 下線部③の電気分解において、(イ)および(ウ)の電極で進行する反応を電子 e^- を用いた反応式で示せ。
- (6) 下線部④について、陽イオン交換膜で仕切ると、純度の高い水酸化ナトリウムが得られる理由を60字以内で説明せよ。

- (7) 塩化ナトリウム水溶液の電気分解において、5.0 A の一定電流を 193 秒間通じると、(イ) から発生する気体の体積は、 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において何 L に相当するかを有効数字 2 桁の数値で答えよ。発生する気体の水溶液への溶解は無視できるものとする。また、電気分解直後に(ウ) 付近にフェノールフタレイン溶液を加えると呈色した。その色を答えよ。また、呈色した理由について、化学反応式を使って説明せよ。

3 次の文章を読み、設問(1)~(6)に答えよ。

カルボン酸とは分子内に(ア)基を有する化合物の総称である。(ア)基が1つの鎖式モノカルボン酸は脂肪酸とよばれ、炭化水素基に含まれる二重結合や三重結合の有無により(イ)脂肪酸と(ウ)脂肪酸に分類される。(イ)脂肪酸と(ウ)脂肪酸の代表例として、それぞれ酢酸とアクリル酸がある。また、炭素数が少ない脂肪酸を低級脂肪酸、多いものを高級脂肪酸という。一方、分子内に2つの(ア)基をもつものはジカルボン酸(2価カルボン酸)とよばれる。

カルボン酸は水中でわずかに電離して弱い酸性を示す。また一般に、カルボン酸は同程度の分子量の炭化水素よりも沸点が高い。2つの(ア)基から1分子の水が取れて縮合した化合物を(エ)という。カルボン酸とアルコールを混合し、少量の濃硫酸を加えて加熱すると脱水縮合が起こりエステルが生じる。逆に、エステルに希硫酸を加えて加熱すると加水分解が起こり、カルボン酸とアルコールが生成する。エステルの加水分解は水酸化ナトリウムのような強塩基の水溶液を加えても起こり、このような反応は(オ)とよばれる。高級脂肪酸とグリセリンのエステルである油脂は、植物や動物の体内に存在する。油脂中の炭化水素基に含まれる二重結合は、アルケンの二重結合と同様に(カ)反応を起こしやすい。また、油脂を水酸化ナトリウム水溶液で(オ)すると、高級脂肪酸のナトリウム塩が生成する。この塩は(キ)とよばれ、その構造中に親水性の部分と疎水性の部分をもつため洗浄作用を示す。

- (1) 空欄(ア)~(キ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①について、その理由を25字以内で説明せよ。
- (3) 分子式 $C_4H_4O_4$ で示されるジカルボン酸の3つの異性体の構造式をすべて書け。また、これらのうち互いに立体異性体の関係にある2つのいずれか一方から、加熱によって容易に生成する脱水生成物の構造式を書け。
- (4) 分子式 $C_5H_{10}O_2$ のエステル A と B をそれぞれ加水分解すると、Aからは還元性を示すカルボン酸と不斉炭素原子をもつアルコールが生成し、また、Bからは酢酸とヨードホルム反応を示すアルコールが生成した。エステル A と B の構造式をそれぞれ書け。
- (5) 構成脂肪酸として $C_{17}H_{31}COOH$ のみを含む油脂 C について以下の問(a)~(c)に答えよ。ただし、炭化水素基 $C_{17}H_{31}$ 中に環状構造や三重結合は含まれないものとする。また、炭化水素基は $C_{17}H_{31}$ で示せ。
 - (a) 油脂 C の構造式を書け。
 - (b) 油脂 C 4.39 g にヨウ素 I_2 を反応させ、 $C=C$ 結合をもたない油脂を得た。このとき反応したヨウ素 I_2 の質量[g]を求めよ。計算過程も示し、有効数字2桁の数値で答えよ。
 - (c) 油脂 C を水酸化ナトリウム水溶液で完全に(オ)したときの化学反応式を書け。反応式中の有機化合物は構造式で記せ。

(6) 高級脂肪酸のナトリウム塩は、以下の(a)と(b)の場合に洗浄作用が大きく低下する。その理由をそれぞれ 20 字以内で説明せよ。

(a) 強酸性水溶液中

(b) Ca^{2+} や Mg^{2+} を多く含む硬水中

4 次の文章を読み、設問(1)~(7)に答えよ。

高分子化合物は、一般に、構成単位である(ア)が繰り返し結合した構造をとる。

合成高分子化合物であるプラスチック(合成樹脂)の中でもっとも歴史の長いものは、アメリカのベークランド博士が1907年に開発したフェノール樹脂(ベークライト)である。フェノール樹脂は、フェノールに対する(イ)の(ウ)反応と続く(エ)反応により生成する。このような(ウ)反応と(エ)反応の繰り返しで進行する重合を(オ)という。^①この重合において、触媒に酸を用いると(カ)、塩基を用いると(キ)というそれぞれ重合度が低い中間生成物が生成する。これら中間生成物への加熱や、硬化剤存在下での加熱により、三次元の網目構造を有し加熱すると硬くなる熱硬化性樹脂^②が得られる。

一方、原料が植物由来物質である高分子化合物や、微生物がつくる高分子化合物も存在する。ポリ乳酸は、イモ類やトウモロコシなど植物由来のデンプンを発酵させて得られる乳酸を重合してつくること^③もできる。

原料が天然物・合成物いずれからも得られる高分子化合物にゴムがある。天然ゴムに硫黄を加えて加熱すると、ゴムの分子鎖どうしが硫黄原子により結びつく。このように重合体どうしが硫黄原子の結合などによって結びついた構造を(ク)構造という。イソプレンなどを付加重合すると、天然ゴムのように弾性を示す合成ゴムが得られる。また、ジクロロジメチルシランなどから得られ、(ケ)結合を繰り返しもち弾性を示す高分子化合物をシリコンゴムという。

(1) 空欄(ア)~(ク)にあてはまる適切な語句を答えよ。また、空欄(ケ)に入る結合を、以下の例にならって答えよ。

(例) C—C, C—O

(2) 下線部①に関して、フェノールを出発物とした(ウ)反応と(エ)反応の化学反応式をそれぞれ答えよ。

(3) 高分子化合物の合成には、下線部①の重合以外にも様々な重合法が用いられる。次の(a)~(f)の説明について、内容が正しい場合は○、誤っている場合は×と答えよ。

(a) ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸の混合物を加熱し生成する塩化水素を除去すると、縮合重合が起こりナイロン66が生じる。

(b) 高温高压条件でエチレンの縮合重合を行うと、単量体どうしが次々と縮合し、低密度ポリエチレンが得られる。

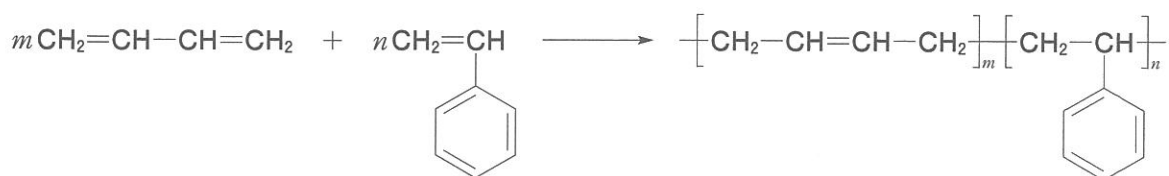
(c) 酢酸ビニルを縮合重合すると、ポリ酢酸ビニルが生成する。

(d) アクリロニトリルとアクリル酸メチルなど、2種類以上の単量体を混合して重合を行うことを共重合という。

(e) テレフタル酸ジクロリドと*p*-フェニレンジアミンを縮合重合したものは、アラミド繊維として利用されている。

(f) ϵ -カプロラクタムに少量の水を加えて付加重合するとナイロン6が得られる。

- (4) 下線部②の樹脂を得るために、硬化剤の存在下での加熱が必要な中間生成物は(カ), (キ)のいずれか, 答えよ。
- (5) 下線部③では, 乳酸 2 分子が脱水縮合した環状二量体のラクチド(ジラクチド)から, 高分子量のポリ乳酸を得る。ラクチドの構造式を答えよ。
- (6) ポリ乳酸は, 土壌の微生物が産生する酵素や環境中の水によって, 最終的に水と二酸化炭素に分解される。乳酸を 270 g 用いてポリ乳酸をつくったときに生じるポリ乳酸は何 g か。さらに, 生成した全てのポリ乳酸が完全に分解した場合, 生じる二酸化炭素は何 g か。いずれも整数で答えよ。計算過程も示せ。
- (7) 1,3-ブタジエンとスチレンとの重合によって, スチレン-ブタジエンゴム(SBR)が得られる。この重合の化学反応式を以下に示す。



得られた SBR に水素を加えて反応させると耐久性が向上することが知られている。ブタジエンとスチレンの物質質量比が 3 : 1 である SBR(133 g) に十分量の水素を反応させると, 消費される水素は 0℃, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で何 L か, 小数第 1 位までの数値で答えよ。計算過程も示せ。ただし, ベンゼン環は水素と反応しないものとする。