

参加番号	氏名	* この枠内には記入しないこと
------	----	-----------------

化学グランプリ 2022
二次選考 レポート冊子
2022年8月24日（水）9:00～13:00（240分）

解答上の注意事項

1. このレポート冊子は表紙を含めて 12 ページから構成されている。乱丁や不明瞭な印刷があれば、直ちに申し出ること。
2. 表紙を含む全てのページの上欄に参加番号と氏名を記入すること。未記入の場合は、採点対象外となるので注意すること。
3. このレポート冊子は片面印刷でホチキス留めされている。解答時および提出時も留め具は外さず、冊子体のまま提出すること。
4. レポート冊子を破損・汚損しても交換は行わないで注意して記入すること。

主催 「夢・化学-21」委員会、日本化学会

共催 国立研究開発法人科学技術振興機構、高等学校文化連盟全国自然科学専門部、国立大学法人秋田大学

後援 文部科学省

協賛 TDK 株式会社、株式会社大塚製薬工場、アルフレッサファインケミカル株式会社、秋田化学技術協会、DOWA メタルマイン株式会社、東北化学薬品株式会社、株式会社東北フジクラ

参加番号	氏名	* この枠内には記入しないこと
------	----	-----------------

キレート滴定

問1 XO はどのような形で Zn^{2+} に配位するか、EDTA との構造の類似性から予想し、構造式などを用いて説明しなさい。

問2 EDTA によるキレート滴定において XO を指示薬に用いる場合、色の変化以外にどのような化学的性質を満たす必要があるか説明しなさい。

参加番号	氏名	* この枠内には記入しないこと
------	----	-----------------

問3 水素イオンの解離平衡によって色が変化する分子は、pH指示薬として用いられる。プロモチモールブルー（略称 BTB）は、pH<6 では図6のような構造をしているが、pH>8 では水素イオンが1つ解離して、電子状態が異なる構造になる。塩基性水溶液中（pH>8）の BTB（青色）の構造は、図6（問題冊子参照）とどのように異なるのか説明しなさい。

実験1

問4 実験操作(2)の A から F の溶液の色を転記し、XO 分子と H^+ および Zn^{2+} との間の平衡にもとづいて、色の違いとその理由を説明しなさい。

A	B	C	D	E	F

色の違いとその理由

参加番号	氏名	* この枠内には記入しないこと
------	----	-----------------

問5 D' と E' の溶液の色の違いは何によるものか, 推定して答えなさい。Zn²⁺を含む溶液を EDTA 標準液で滴定するとき, 終点をどう判定すればよいか, 理由を付けて答えなさい。

問6 この実験で用いた EDTA 標準液は, EDTA の二ナトリウム塩 (Na₂H₂edta) を水に溶解して調製したものである。XO を指示薬とした滴定で酢酸-酢酸ナトリウム緩衝液を加えないと, どのような問題が生じる可能性があるか, 理由を付けて答えなさい。

実験2の記録欄

滴定の回数	1回目	2回目	3回目
EDTA 標準液の滴下量 (mL)			
EDTA 標準液の力価 (mg-Zn/mL)			

EDTA 標準液の力価の平均 (mg-Zn/mL)		配布された亜鉛標準溶液の亜鉛濃度 (mg-Zn/mL)	
---------------------------	--	-----------------------------	--

参加番号	氏名	* この枠内には記入しないこと
------	----	-----------------

電気分解による亜鉛の溶出

問7 この実験の目的にあう電池、電流計、各電極の配線を図で示しなさい。そのとき、電池や電流計の向きが明確にわかるようにかくこと。また、電池の向きについて理由を説明しなさい。

問8 塩橋を使わずに、2つの電極を電解液のビーカーに直接入れると、どのようなことが起こるか。また、それが結果の解析にどう影響するか説明しなさい。

参加番号	氏名	* この枠内には記入しないこと
------	----	-----------------

実験 3

問9 電流の方向は想定通りになったか。また、ビーカーの電解液中に亜鉛が溶出したことを確認できたか。解答欄に答えなさい。

問10 操作(7)と(8)で読み取った電流値をレポート冊子に転記し、平均を求めなさい。120 s 間の通電において、この平均値で電流が一定だったとみなして、流れた電気量を求めなさい。

初めの電流値		120 s 後の電流値	
電流値の平均		電気量	

問11 通電中および通電後に、2つの電極とその周りで観察されたことを書きなさい。また、それぞれの電極で起こった反応を化学反応式で書きなさい。

観察されたこと	
亜鉛電極での反応	
銅電極での反応	

参加番号	氏名	* この枠内には記入しないこと
------	----	-----------------

実験 4 の記録欄

1回目	電流値を最初に記録した時刻を記入する。 ↓										
時間 (s)		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
電流 (mA)											
総電気量				EDTA 標準液滴下量				溶出 Zn^{2+} の質量			

2回目	実験条件										
時間 (s)		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
電流 (mA)											
時間つづき (s)				EDTA 標準液滴下量				溶出 Zn^{2+} の質量			
電流つづき (mA)											
総電気量				EDTA 標準液滴下量				溶出 Zn^{2+} の質量			

3回目	実験条件										
時間 (s)		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
電流 (mA)											
時間つづき (s)				EDTA 標準液滴下量				溶出 Zn^{2+} の質量			
電流つづき (mA)											
総電気量				EDTA 標準液滴下量				溶出 Zn^{2+} の質量			

参加番号	氏名	* この枠内には記入しないこと
------	----	-----------------

問 1 2 2回目と3回目の電気分解について、そのように条件設定を行った理由を説明しなさい。

問 1 3, 問 1 4 の解答欄は、この後のページにある。

問 1 5 実験結果から、ファラデーの電気分解の法則が成立しているかどうかを検討しなさい。また、(2)式と(4)式を用いて、問 1 4 のグラフの傾きがどのような量を表しているかを示し、亜鉛のモル質量の実験値を算出しなさい。

参加番号	氏名	* この枠内には記入しないこと
------	----	-----------------

問 1 3 1回目に行った電気分解について、電流の時間変化のグラフを作成しなさい。

(グラフ用紙)

参加番号	氏名	* この枠内には記入しないこと
------	----	-----------------

問 1 4 3回の実験で得られた電解電気量 (C) と溶出 Zn^{2+} の質量 (mg)との関係をグラフに表しなさい。

(グラフ用紙)

参加番号	氏名	* この枠内には記入しないこと
------	----	-----------------

水溶液からの亜鉛の電解析出

問16 Zn^{2+} イオンを含む水溶液を亜鉛陽極と銅陰極で電気分解するとき、(10)式の反応の他に、陽極と陰極のそれぞれで起こる可能性のある反応を挙げなさい。

実験5の記録欄

電流値を最初に記録した時刻を記入する。

↓

時間 (s)		30	60	90	120	150	180
電流 (mA)							

問17 実験5の電気分解で流れた総電気量を計算しなさい。また、電気分解中に電解セル内で観察されたこと、および銅電極の質量の増加量を報告しなさい。

総電気量		観察されたこと
銅電極の質量	電気分解前	
	電気分解後	
	質量の増加量	

参加番号	氏名	* この枠内には記入しないこと
------	----	-----------------

問 18 銅電極の質量増加がすべて亜鉛の析出によるものとして、 Zn^{2+} イオンの還元に使われた電気量を求めなさい。なお、亜鉛のモル質量は実験 4 で求めたものを使いなさい。

問 19 (11)式で表される、亜鉛の析出における電子の利用効率を計算しなさい。利用効率が 1 にならなかった理由として考えられることを説明しなさい。

$$\text{電子の利用効率} = (Zn^{2+} \text{の還元に使われた電子数}) / (\text{電極を通った全電子数}) \quad (11)$$