

2020年度採用

群馬県公立高等学校教員選考試験問題

化 学

受験 番号		氏 名	
----------	--	--------	--

— 注 意 事 項 —

- 1 「開始」の指示があるまでは、問題用紙を開かないでください。
- 2 問題は、1ページから5ページまであります。「開始」の指示後、すぐに確認してください。
- 3 解答は、すべて解答用紙に記入してください。
- 4 「終了」の指示があったら、直ちに筆記具を置き、問題用紙と番号順に重ねた解答用紙を机の上に置いてください。
- 5 退席の指示があるまで、その場でお待ちください。
- 6 この問題用紙は、持ち帰ってください。

必要があれば次の値を用いなさい。

原子量 H=1.0、C=12、N=14、O=16、Na=23、S=32、Cl=35.5、K=39、Ca=40、Mn=55、  
Fe=56

気体定数  $R=8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ 、水のイオン積  $K_w=1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ 、 $\log_{10} 2=0.30$

1 次の(1)～(9)の問いに答えなさい。

- (1) B (ホウ素) の同位体は $^{10}\text{B}$ と $^{11}\text{B}$ の2種類であり、その相対質量をそれぞれ10.0、11.0としたときの $^{11}\text{B}$ の天然存在比を求めよ。ただし、Bの原子量は10.8とする。
- (2) ある濃塩酸は、質量パーセント濃度が37%で密度は $1.19 \text{ g/cm}^3$ である。この濃塩酸のモル濃度を有効数字2桁で求めよ。
- (3) 草津温泉では、温泉水に含まれる硫化水素が反応し、硫黄の単体ができている。その理由として考えられる反応をア～エのうちから1つ選べ。  
ア 中和      イ 酸化      ウ 還元      エ 脱水
- (4) 次の塩または酸化物を水に溶かしたとき、その水溶液が酸性を示すものをア～カのうちから全て選べ。  
ア  $\text{NaHCO}_3$     イ  $\text{Na}_2\text{SO}_4$     ウ  $\text{NH}_4\text{Cl}$     エ  $\text{CO}_2$     オ  $\text{SO}_2$     カ  $\text{Na}_2\text{O}$
- (5) 化学史に関する次の文の中で、下線部が正しいものをア～オのうちから1つ選べ。  
ア 青カビの研究から抗生物質であるペニシリンを発見したのは、北里柴三郎である。  
イ 無機化合物であるシアン酸アンモニウムを加熱して有機化合物である尿素を合成したのは、ウェーラーである。  
ウ ベンゼンは二重結合がひとつおきにある六角形の構造となっていることを提唱したのは、リービッヒである。  
エ フェノールとホルムアルデヒドを酸触媒で加熱するとフェノール樹脂が得られることを見いだしたのは、ベークライトである。  
オ ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸の脱水縮合反応によりナイロン66(6,6-ナイロン)を合成したのは、桜田一郎である。
- (6) 反応熱に関する次の文の中で、正しいものをア～オのうちから2つ選べ。  
ア 燃焼熱とは、1molの物質が完全に燃焼するときに発生する熱量のことで、必ず正の値となる。  
イ 生成熱とは、1molの物質がその成分元素の単体から生成するときに発生する熱量のことで、必ず正の値となる。  
ウ 中和熱とは、それぞれ1molの酸と塩基が反応したときに発生する熱量のことで、必ず正の値となる。  
エ 溶解熱とは、1molの物質が多量の溶媒に溶けるときに発生または吸収する熱量のことで、正または負の値となる。  
オ 反応熱には、融解や蒸発のような、物理変化にともない出入りする熱は含まれない。
- (7) 触媒の作用に関する次の文の中で、正しいものをア～オのうちから1つ選べ。  
ア 触媒の作用をもつものはすべて固体である。  
イ 触媒の作用により反応熱が大きくなる。  
ウ 触媒の作用により反応の活性化エネルギーが変化する。  
エ 触媒の作用により正反応の速さは増すが、逆反応の速さは変わらない。  
オ 触媒の作用により分子の運動エネルギーが増大する。

(8) 生徒実験として中和滴定を実施する際、生徒がビュレットに水酸化ナトリウム水溶液を注ぎ入れるときの注意点として指導すべきことを簡潔に書け。

(9) 3種類のプラスチック（ポリプロピレン、ポリエチレンテレフタレート、ポリ塩化ビニル）でできた小片がある。生徒が、学校の実験室で3種類のプラスチックを区別するための方法を簡潔に書け。

2 希硫酸を加えて酸性にした過マンガン酸カリウムの水溶液が酸化剤として反応すると、過マンガン酸イオンはマンガン(II)イオンとなる。過マンガン酸カリウムを用いて、アセトアルデヒドを酸化する反応について、次の(1)～(5)の問いに答えなさい。ただし、反応は理論どおり完全に進むものとする。

(1) 下線部の反応を、イオン反応式で書け。

(2) 下記の①に化学式、②と③に数字を入れ、アセトアルデヒドが酸化されるときのイオン反応式を完成させよ。



(3) 希硫酸を加えて酸性にした過マンガン酸カリウム12.64gを用いて酸化することができるアセトアルデヒドの質量を求めよ。

(4) 過マンガン酸カリウム水溶液を滴下して酸化還元滴定を行うとき、終点はどのように決めたらよいか、簡潔に書け。

(5) この実験において、過マンガン酸カリウムの水溶液を酸性にするとき、希硝酸ではなく希硫酸を使用する理由を書け。

3 コロイド溶液の性質を調べるため、以下の実験を行い、結果を表にまとめた。下の(1)～(5)の問いに答えなさい。

<実験>

操作1 ①沸騰水が入ったビーカーに0.15mol/Lの塩化鉄(III)水溶液10mLを加えて全て反応させ、赤褐色のコロイド溶液を得た。

操作2 この溶液を室温になるまで放冷し、セロハン袋に入れ、これを十分な量の純水が入っているビーカーに一定時間浸した。その後、水を追加してコロイド溶液の量を100mLとし、浸透圧を測定した。

操作3 ビーカーの中の水を試験管A、Bにそれぞれ2mLずつ取り出し、試験管Aに②指示薬を数滴加えた。

操作4 試験管Bに③ある金属イオンを含む水溶液を加えた。

操作5 セロハン袋中の溶液を試験管Cに2mL取り出し、少量の硫酸ナトリウムを加えた。

<結果>

操作2	浸透圧は、 $2.5 \times 10^2 \text{Pa}$ (27°C)であった。
操作3	試験管Aの溶液は、赤色を示した。
操作4	白色沈殿を生じた。
操作5	沈殿が生じた。

(1) 下線部①の反応を化学反応式で書け。

(2) 下線部②に適する指示薬の名称を書け。

(3) 次のア～エの中で、下線部③の金属イオンとして考えられるものを選び、記号で答えよ。

ア  $\text{Zn}^{2+}$       イ  $\text{Al}^{3+}$       ウ  $\text{Pb}^{2+}$       エ  $\text{Ba}^{2+}$

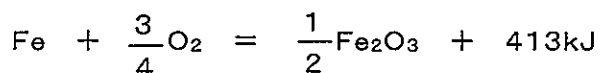
(4) 試験管C内で沈殿が生じた理由を書け。

(5) コロイド粒子を水酸化鉄(III)の集合体とすると、一つのコロイド粒子には平均すると何個の鉄原子が含まれているか、求めよ。ただし、加えた塩化鉄(III)の鉄原子はすべてコロイド粒子を形成するものとする。

4 次の文を読み、下の(1)～(5)の問いに答えなさい。

アルミニウムは、製造するときに多くの電気エネルギーを必要とする。一方、使い終わったアルミニウム製品を集めて、融かして再生アルミニウムをつくれば、鉱石である( )から製錬するときの約3%のエネルギーで済む。人間が最も多量に利用している鉄についても、鉄鉱石から製造するよりも鉄製品を加熱して融かしてリサイクルする方が、必要とされるエネルギーの面ではるかに有利であるといわれている。

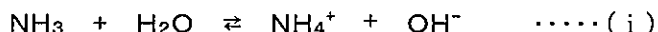
- (1) 文中の空欄に適するアルミニウムの鉱石名を書け。
- (2) 溶鉱炉で鉄鉱石から鉄をつくる場合、炉内で進む反応は酸化鉄(Ⅲ)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  を炭素Cで還元する反応であるとする。炭素はすべて二酸化炭素になるものとして化学反応式を書け。
- (3) 次の熱化学方程式を用いて、(2)の反応における鉄1 molあたりの反応熱を小数第一位を四捨五入して整数値で求めよ。



- (4) 溶鉱炉で100kgの鉄を製造するのに消費する炭素量は、45kgであるとする。
  - ① この炭素を完全燃焼させたときに発生する熱量を有効数字2桁で求めよ。ただし、(3)の熱化学方程式を用いよ。
  - ② 酸化鉄(Ⅲ)を還元して鉄100kgを得るのに必要な反応熱を(3)で求めた鉄の還元反応の反応熱から求めると、①で求めた熱量は、この反応熱の何倍になるか、有効数字2桁で求めよ。
- (5) 炭素45kgを完全燃焼させたときに発生する熱で、固体の鉄を何kg融かせるか、有効数字2桁で求めよ。ただし、鉄の融解熱を13.8kJ/molとし、固体の鉄は融点にあり、熱の損失はないものとする。

5 次の文を読み、下の(1)～(6)の問いに答えなさい。

実験室でアンモニアをつくるのに、塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを混合して加熱する方法が用いられる。アンモニアは水溶液中でその一部の分子が電離して次のような化学平衡の状態になる。



この平衡について、次式が成り立つ。  $K = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3][\text{H}_2\text{O}]} \quad \dots\dots(\text{ii})$

ここで、薄い水溶液では水の濃度 $[\text{H}_2\text{O}]$ は一定と考えてよいので、(ii)式は次のように表される。

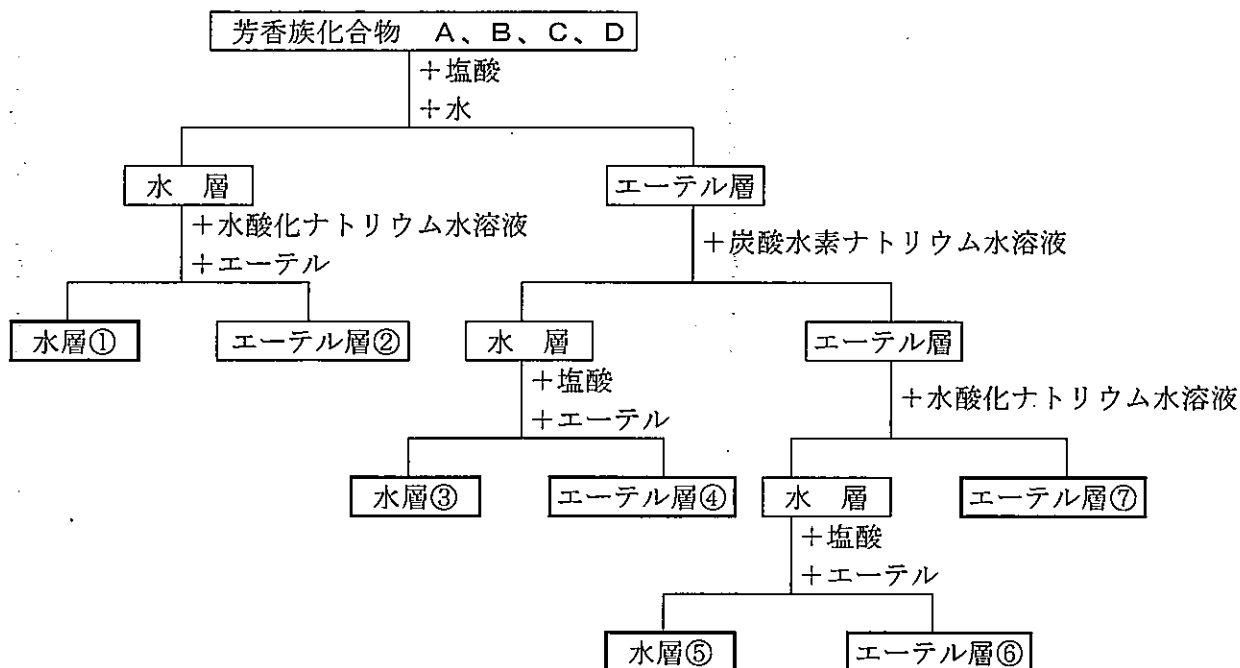
$$\frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = K[\text{H}_2\text{O}] = K_b$$

この $K_b$ を塩基の( )という。

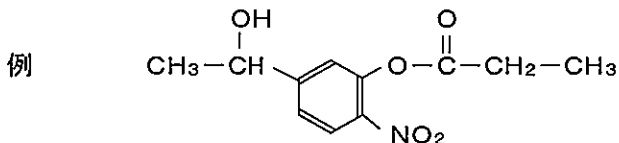
- (1) 下線部の反応の化学反応式を書け。
- (2) 文中の空欄に適する語を書け。
- (3) 発生したアンモニアには水分が含まれている。これを乾燥させるのに、濃硫酸、十酸化四リン、酸化カルシウムのうち、どれを利用するのが最も適当か化学式で書け。
- (4) 電離平衡にあるアンモニア水に①濃塩酸、あるいは②塩化アンモニウム水溶液を加えると(i)式で表される平衡はどちらに移動するか。下記のア～ウから適切なものを1つ選び、記号で書け。ただし、①濃塩酸、②塩化アンモニウム水溶液を加えても元のアンモニア水の体積の増加は無視できるものとする。

ア 右に移動する      イ 左に移動する      ウ 移動しない
- (5) 濃度C (mol/L)のアンモニア水溶液において、アンモニアの電離度を $\alpha$ とすると、 $\alpha$ をCと $K_b$ で表せ。ただし、 $\alpha$ は1に比べて非常に小さいので、 $1 - \alpha \approx 1$ とみなせるものとする。
- (6) 0.40mol/Lのアンモニア水溶液(25℃)のpHを小数第一位まで求めよ。ただし、25℃におけるアンモニアの $K_b$ は $1.0 \times 10^{-5}$ mol/Lとする。

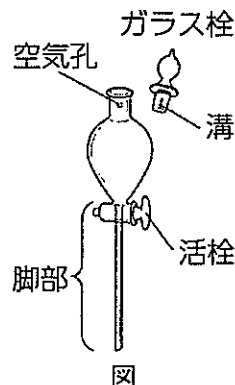
- 6 ベンゼンの1置換体である4種類の芳香族化合物A、B、C、Dを含むエーテル溶液を下図に従い、分離した。下の(1)～(6)の問いに答えなさい。ただし、図中の+は、それぞれの試薬を溶液に加えたことを意味する。



なお、有機化合物の構造式は下の例にならって書くこと。



- 化合物Aの分子量は123であり、元素分析の結果、炭素58.5%、水素4.1%、窒素11.4%、酸素26.0%であった。化合物Aの構造式を書け。また、化合物Aは①～⑧のどこに含まれるか答えよ。
- 化合物Bは、化合物Aをスズと塩酸とともに反応させた後に水酸化ナトリウム水溶液を加えることで得られる。化合物Bをさらし粉水溶液に加えると赤紫色を呈する。化合物Bの構造式を書け。また、化合物Bは①～⑧のどこに含まれるか答えよ。
- 化合物Cは④に含まれていた。また、化合物Cとメタノールの混合物に濃硫酸を加えて加熱すると化学式 $C_8H_8O_2$ の化合物Eを得た。得られた化合物Eの構造式を書け。
- 化合物Dは⑥に含まれていた。化合物Dは、塩酸に溶解した化合物Bを氷冷下で亜硝酸ナトリウム( $NaNO_2$ )と反応させて化合物Fとした後、これを加水分解することによって合成できる。化合物Dの構造式と化合物Fの名称を書け。
- 化合物Gは、化合物Dの水酸化ナトリウム水溶液に化合物Fを加えると得られる。化合物Gの構造式と、この反応名を書け。
- 分液漏斗を用いて有機化合物の分離を行う実験に関する記述として正しいものを次のア～エから1つ選べ。なお、分液漏斗に関しては右図を参考にせよ。
  - エーテル層は下層となり、水層は上層となる。
  - 液を流し出すときは、空気孔とガラス栓の溝をずらしておく。
  - 振り混ぜると分液漏斗内の内圧が上昇することがあるので、ときどき脚部の活栓を開き、圧抜きをする。
  - 分液漏斗内の溶液は下層、上層の順に脚部から流し出す。



- 7 一般に、スチレンと *p*-ジビニルベンゼンの共重合体（ポリスチレン）は、イオン交換樹脂を合成するために利用される。この共重合体を用いて、次のような実験を行った。ただし、実験は適切な条件で行ったものとし、*p*-ジビニルベンゼンは少量なので計算上無視できるものとする。下の(1)、(2)の問いに答えなさい。

<実験>

- 操作1 スチレンと *p*-ジビニルベンゼンの共重合体（ポリスチレン）4.16 g を硫酸と反応させ、イオン交換樹脂を合成した。
- 操作2 得られた樹脂をすべて、図1のようなガラス管につめ、純水で十分に洗浄した。
- 操作3 上部から濃度不明の塩化カルシウム水溶液5.0 mLを通し、さらに純水で樹脂を十分に洗浄した。
- 操作4 操作3で得られた水溶液をすべて100 mLメスフラスコに入れ、標線まで純水を加えた。このメスフラスコ中の溶液10.0 mLを別のビーカーに計り取り、フェノールフタレイン溶液を数滴加え、0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液で滴定を行った。

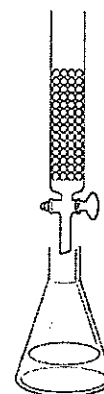


図1

- (1) 操作1の結果、共重合体のもつベンゼン環の50.0%がスルホン化されていることがわかった。次の①～②の問いに答えよ。

- ① 図2は、合成されたイオン交換樹脂の構造を示している。Xにあてはまる官能基の化学式を書け。
- ② このとき生成したイオン交換樹脂の質量を有効数字2桁で求めよ。

- (2) 次の①～③の問いに答えよ。

- ① 操作4で滴下した水酸化ナトリウム水溶液は2.0 mLであった。操作3で用いた塩化カルシウム水溶液の濃度を有効数字2桁で求めよ。
- ② 操作4の純水を加えた後のメスフラスコ中の溶液のpHを求めよ。
- ③ ②のようにpHが変化した理由を書け。

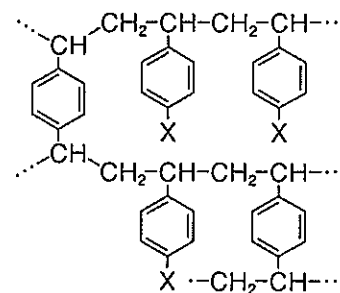


図2

科目	化学解答用紙	2枚中の1	受験番号		氏名	
----	--------	-------	------	--	----	--

(2020年)

1

(1)	%	(2)	mol/L	(3)	(4)	(5)
(6)		(7)				
(8)						
(9)						

2

(1)						
(2)	①	②	③			
(3)	式 _____ g					
(4)						
(5)						

3

(1)						
(2)		(3)				
(4)						
(5)	式 _____ 個					

4

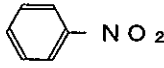
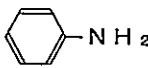
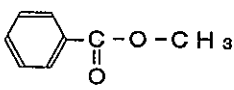
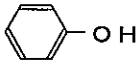
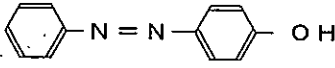
(1)		(2)				
(3)	式	(4)	①式	②式		
					_____ kJ	_____ 倍
(5)	式 _____ kg					

科目	化学解答用紙	2枚中の2	受験番号	氏名	(2020年)
----	--------	-------	------	----	---------

5 (1)2点 (2)(3)各1点 (4)①②各1点 (5)2点 (6)4点 小計12点

(1)	$2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$				
(2)	電離定数	(3)	$\text{CaO}$	(4)	① ア ② イ
(5)	$\sqrt{\frac{K_b}{C}}$	(6)	$[\text{OH}^-] = \sqrt{CK_b}$ と表せるので $\text{pOH} = -\frac{1}{2} \log(4.0 \times 10^{-1} \times 1.0 \times 10^{-5})$ $= 3 - \log 2 = 2.70$ $\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 2.70 = 11.3$		

6 (1)~(5)構造式各2点×5、他各1点×4 (6)1点 小計15点

(1)	A 構造式 	(2)	B 構造式 	(3)	E 構造式 
含まれる層 ( ⑦ )		含まれる層 ( ② )			
(4)	D 構造式 	(5)	G 構造式 	(6)	ウ
F 名称 塩化ベンゼンジアゾニウム		反応名 (ジアゾ) カップリング			

7 (1)①2点 ②3点 (2)①3点 ②3点 ③3点 小計14点

(1)	① $\text{SO}_3\text{H}$	スルホン化 ( $\text{H} \rightarrow \text{SO}_3\text{H}$ ) によって分子量が80増加するので、増加量は
	②式 $\frac{4.16}{104} = 0.040\text{mol}$	$80 \times 0.040 \times \frac{50.0}{100} = 1.6\text{g}$
		よって $4.16 + 1.6 = 5.76 \approx 5.8$
(2)	①式 塩化カルシウム水溶液の濃度を $x$ (mol/L) とすると	
	$x \times \frac{5.00}{1000} \times 2 \times \frac{10}{100} = 0.10 \times \frac{2.00}{1000}$	
	$x = 0.20$	$0.20 \text{ mol/L}$
	②式	
	$[\text{H}^+] = 0.10 \times \frac{2.0}{1000} \times \frac{1000}{10} = 2.0 \times 10^{-2}$	
	$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = 2.0 - \log 2 = 2.0 - 0.30 = 1.7$	$\text{pH} \ 1.7$
	③ $\text{Na}^+$ とスルホ基に結合している $\text{H}^+$ が交換し、 $\text{H}^+$ が溶液中に放出されるため。	



以下はあくまでも解答の一例です。

科目	化学解答用紙	2枚中の1	受験番号	氏名	(2020年)
----	--------	-------	------	----	---------

1 (1)~(7)各2点 (8)(9)各3点 小計20点

(1)	80 %	(2)	12 mol/L	(3)	イ	(4)	ウ・エ・オ	(5)	イ
(6)	ア・エ	(7)	ウ						
(8)	(解答例) 水酸化ナトリウム水溶液が目に入らないように安全メガネをかけ、目の高さより低い位置で注ぐ。(注ぐときは漏斗を用い、漏斗は手で少し持ち上げておく。)								
(9)	(解答例) 室温の水の中に入れ、浮いたものがポリプロピレンである。次に、加熱した銅線に試料をつけ、炎色反応を行い、青緑色を示したものがポリ塩化ビニルである。残ったものがポリエチレンテレフタレートである。								

2 (1)2点 (2)完答2点 (3)3点 (4)2点 (5)2点 小計11点

(1)	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$								
(2)	① $CH_3COOH$	② 2	③ 2	$CH_3CHO = 44g/mol$ であるから 反応する $CH_3CHO$ の質量は					
(3)	式 $KMnO_4 = 158g/mol$			$\frac{12.64}{158} = 0.080mol$	$0.080 \times 5 / 2 \times 44$ $= 8.8$				<u>8.8 g</u>
(4)	滴下した容器内の溶液の色が、無色からわずかに赤紫色になったときを終点とする。								
(5)	希硝酸が酸化剤として反応してしまうため。								

3 (1)2点 (2)2点 (3)2点 (4)3点 (5)4点 小計13点

(1)	$FeCl_3 + 3H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 3HCl$								
(2)	(例) メチルオレンジ	(3)	ウ						
(4)	少量の電解質で電荷が打ち消され、反発力を失って集まり、沈殿する。 (別解) コロイド粒子周りのイオンの層が縮まり、粒子が接近するため。								
(5)	式 コロイド粒子の物質量をnとすると $n = \frac{2.5 \times 10^2 \times 0.10}{8.3 \times 10^3 \times 300} = 1.0 \times 10^{-5} mol$			よって、1つのコロイド粒子には平均して $\frac{1.5 \times 10^{-3}}{1.0 \times 10^{-5}} = 1.5 \times 10^2$ の $Fe^{3+}$ を含む <u><math>1.5 \times 10^2</math> 個</u>					
	コロイド溶液中に含まれる $Fe^{3+}$ の物質量は $0.15 \times 10 \times 10^{-3} = 1.5 \times 10^{-3} mol$								

4 (1)1点 (2)2点 (3)3点 (4)①②各3点 (5)3点 小計15点

(1)	ボーキサイト	(2)	$2Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 4Fe + 3CO_2$						
(3)	式 (2)の反応熱をQ[kJ]と おくと $Q = 394 \times 3 - 413 \times 4$ $= -470(kJ)$ Fe1molあたりでは $-470/4 = -117.5 = -118$ <u>-118 kJ</u>	(4)	①式 $\frac{45 \times 10^3}{12} \times 394 = 1.47... \times 10^6$ $\approx 1.5 \times 10^6$ <u><math>1.5 \times 10^6</math> kJ</u>	②式 Fe100kgを得るのに必要な 熱量は $\frac{1 \times 10^5}{56} \times 118 = 2.10... \times 10^5 kJ$ よって $\frac{1.47 \times 10^6}{2.10 \times 10^5} = 7.0$ <u>7.0 倍</u>					
(5)	式 (4)①の反応熱 $1.47 \times 10^6 kJ$ で、鉄x(kg)が融けたとすると $\frac{x \times 10^3}{56} \times 13.8 = 1.47 \times 10^6$ $x = 5.96 \times 10^3$ $\approx 6.0 \times 10^3$ <u><math>6.0 \times 10^3</math> kg</u>								

科目	化学解答用紙	2枚中の2	受験番号		氏名	
----	--------	-------	------	--	----	--

(2020年)

5

(1)						
(2)		(3)		(4)	①	②
(5)		(6)	式			
						pH _____

6

(1)	A 構造式	(2)	B 構造式	(3)	E 構造式
-----		-----			
含まれる層 ( )		含まれる層 ( )			
(4)	D 構造式	(5)	G 構造式	(6)	
-----		-----			
F 名称		反応名			

7

(1)	①	
	② 式	_____ g
(2)	① 式	_____ mol/L
	② 式	pH _____
	③	