

可能用到的相对原子质量: H—1 C—12 N—14 O—16 S—32 K—39 Ti—48
Mn—55 Fe—56

一、单项选择题: 本题共 13 小题, 每小题 3 分, 共 39 分。每小题只有一个选项最符合题意。

1. 下列用于水处理的物质, 主要成分属于有机物的是()

- A. 活性炭 B. 聚丙烯滤膜 C. 明矾 D. 二氧化氯

2. 反应 $4\text{HCl} + \text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{CuO}} 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 可实现工业副产品 HCl 资源再利用。下列说法正确的是()

- A. O 元素位于周期表 VIA 族 B. HCl 的电子式为 $\text{H}^+[\ddot{\text{Cl}}:]^-$

- C. 基态 Cu^{2+} 的电子排布式为 3d^9 D. H_2O 中既含极性键又含非极性键

3. 实验室称量一定质量的 Na_2CO_3 固体, 并用于测定盐酸的浓度。下列相关原理、装置及操作不正确的是()



4. 光卤石 $[\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ 可作为提取金属镁的矿物原料。下列说法正确的是()

- A. 原子半径: $r(\text{Cl}) > r(\text{Mg})$ B. 第一电离能: $I_1(\text{K}) > I_1(\text{H})$

- C. 沸点: $\text{H}_2\text{O} < \text{HCl}$ D. 碱性: $\text{Mg}(\text{OH})_2 < \text{KOH}$

阅读下列材料, 完成 5~7 题。

碳族元素及其化合物在自然界广泛存在且具有重要应用。甲烷是清洁能源, 燃烧热大 ($890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$), 完全燃烧生成 CO_2 , CO_2 催化加氢可制 CH_4 ; Na_2CS_3 是一种杀菌剂; 电解还原 SiO_2 可制得半导体材料晶体 Si, 四氯化锗 (GeCl_4) 水解可得到 GeO_2 ; 醋酸铅 $[(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}]$ 易溶于水, 难电离, 醋酸铅溶液可用于吸收 H_2S 气体。

5. 下列说法正确的是()

- A. 晶体 Si 属于分子晶体

- B. 1 mol CS_3^- 中含有 σ 键数为 3 mol

- C. GeCl_4 的空间构型为平面正方形

- D. CO_2 中的 C 原子和 SiO_2 中的 Si 原子杂化方式相同

6. 下列化学反应表示正确的是()

- A. 甲烷的燃烧: $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}); \Delta H = +890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

- B. 电解还原 SiO_2 制高纯 Si 的阴极反应: $\text{SiO}_2 - 4\text{e}^- = \text{Si} + 2\text{O}^{2-}$

- C. 水解 GeCl_4 制 GeO_2 : $\text{GeCl}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{GeO}_2 \downarrow + 4\text{HCl}$

- D. 醋酸铅溶液吸收 H_2S 气体: $\text{Pb}^{2+} + \text{H}_2\text{S} = \text{PbS} \downarrow + 2\text{H}^+$

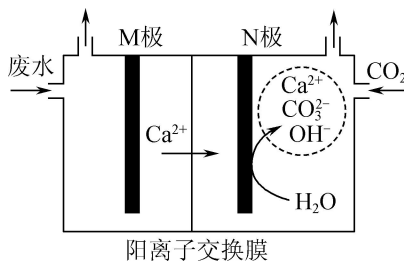
7. 下列有关反应 $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{Ni/SiO}_2} \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的说法正确的是()

A. 反应的 $\Delta S > 0$

B. 反应的平衡常数表达式 $K = \frac{c(\text{CH}_4) \cdot c^2(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CO}_2) \cdot c^4(\text{H}_2)}$

C. 反应的 $\Delta H = 4E(\text{C}-\text{H}) + 4E(\text{O}-\text{H}) - 2E(\text{C}=\text{O}) - 4E(\text{H}-\text{H})$ (E 表示键能)

D. 反应在高温、高压和催化剂条件下进行可提高 H_2 的平衡转化率



8. 冶金废水(主要含 CaCl_2)通过“电解—碳化”制备 CaCO_3 的装置如图所示。下列说法不正确的是()

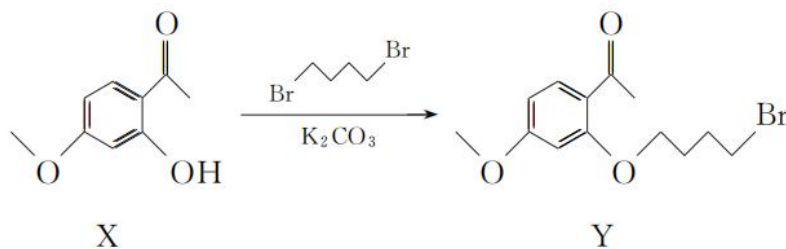
A. M 极上产生黄绿色气体

B. 电解前后, N 极区溶液的 pH 基本不变

C. 电解总反应为 $\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{通电}} \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow$

D. 1 mol Ca^{2+} 通过阳离子交换膜时, 理论上共产生 44.8 L 的气体

9. 利用丹皮酚(X)合成一种药物中间体(Y)的流程如下:



下列有关化合物 X、Y 的说法不正确的是()

A. 可以用 FeCl_3 溶液鉴别 X 和 Y

B. 该反应属于取代反应

C. 反应前后 K_2CO_3 的质量不变

D. X 的沸点比 $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{OCH}_3)_2-\text{C}(=\text{O})\text{CH}_3$ 的低

10. 海水资源综合利用过程中, 下列有关说法正确的是()

A. 海水晒盐是利用溶质的溶解度随温度变化而变化的原理

B. 海水提镁的转化为 $\text{MgCl}_2(\text{aq}) \xrightarrow{\text{Ca}(\text{OH})_2} \text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \xrightarrow{\text{盐酸}} \text{MgCl}_2(\text{aq}) \xrightarrow{\text{电解}} \text{Mg}$

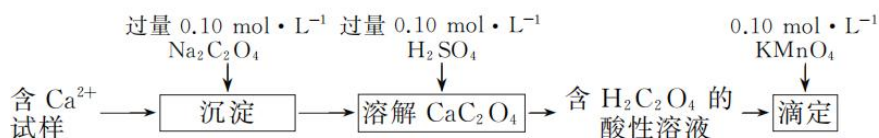
C. 用 Na_2CO_3 溶液吸收溴, 离子方程式为 $3\text{Br}_2 + 6\text{OH}^- \rightleftharpoons 5\text{Br}^- + \text{BrO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$

D. 将 I^- 氧化为 I_2 时, 加入过量的 H_2O_2 会使 I_2 的产率降低

11. 室温下, 下列实验方案能达到探究目的的是()

选项	实验方案	探究目的
A	向 2 mL 浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaCl 和 NaI 混合溶液中滴加 2 滴 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 AgNO_3 溶液, 观察产生沉淀的颜色	判断 $K_{\text{sp}}(\text{AgCl})$ 与 $K_{\text{sp}}(\text{AgI})$ 的大小
B	分别向 CH_3COONa 和 NaCN 溶液中滴加几滴酚酞试液, 观察溶液颜色	判断 CH_3COO^- 和 CN^- 结合 H^+ 能力的强弱
C	向滴有酚酞的 NaOH 溶液中滴加过量氯水, 观察溶液颜色	验证氯水的酸性
D	将浓硫酸与 Na_2SO_3 反应生成的气体, 通入品红溶液中, 观察溶液颜色	验证浓硫酸的强氧化性

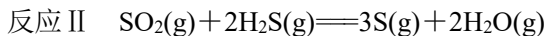
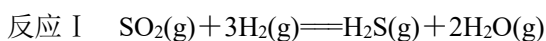
12. 室温下, 测定溶液中 Ca^{2+} 浓度的流程如下:



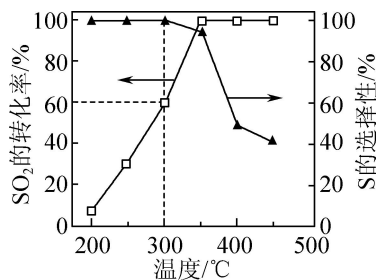
已知: $K_{\text{sp}}(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 2.5 \times 10^{-9}$ 。下列说法正确的是()

- A. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液中: $c(\text{Na}^+) = 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + 2c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)$
 B. “沉淀”后得到的上层清液中: $c(\text{Ca}^{2+}) < 5 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 C. 溶解得到的酸性溶液中: $2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{OH}^-) + 2c(\text{SO}_4^{2-}) = c(\text{H}^+)$
 D. 滴定终点时的溶液中: $c(\text{MnO}_4^-) > c(\text{Mn}^{2+})$

13. 利用 $\text{MoCe}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 作催化剂, 可将废气中的 SO_2 转化为硫单质, 涉及的反应主要如下:



将 $n(\text{SO}_2) : n(\text{H}_2) = 1 : 3$ 的混合气体以一定流速通过反应管, 其他条件不变, 出口处 SO_2 的转化率及 S 的选择性随温度的变化如图所示。



下列说法正确的是()

- A. 低于 300°C 时, 反应 I 的速率大于反应 II
 B. 硫单质的产率随温度的升高而下降
 C. 300°C 时, 出口处的气体中 H_2O 的体积分数约为 30%
 D. 增大体系压强, S 单质的平衡选择性增大

二、非选择题：本题共 4 小题，共 61 分。

14. (15 分)以电炉钛渣(主要成分为 Fe_2TiO_5 ，含少量 CaTiO_3 等)为原料制备 TiO_2 催化剂的流程如下：

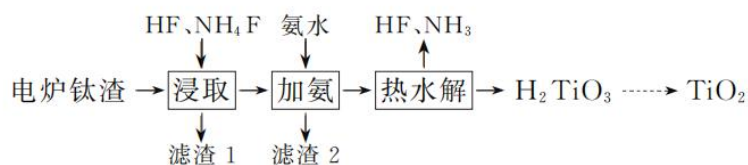
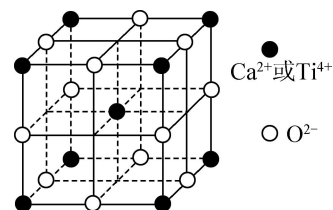


图 1



(1) 原料

① CaTiO_3 晶胞如图 1 所示，其中 Ca^{2+} 的配位数(与金属离子距离最近且相等的 O^{2-} 的个数)比 Ti^{4+} 大，则处于晶胞体心的离子是_____。

② 常温下，根据 $K_a(\text{HF})=3.375 \times 10^{-4}$ 计算得到 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HF 溶液中 $c(\text{H}^+)$ 约为 $4.5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，实际测得 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HF 溶液中 $c(\text{H}^+)$ 远大于 $4.5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，且存在稳定的 HF_2^- ，可能的原因是_____。

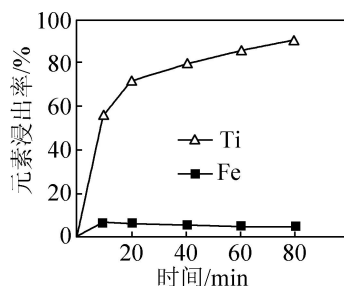


图 2

(2) 浸取

用浓度均为 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HF 和 NH_4F 混合溶液浸取电炉钛渣， Fe_2TiO_5 中 Ti 、 Fe 元素的浸出率随时间的变化如图 2 所示。已知： Fe_2TiO_5 能与 HF 反应转化为 FeF_6^{3-} 和 TiF_6^{2-} ； NH_4^+ 能与 FeF_6^{3-} 生成微溶的 $(\text{NH}_4)_3\text{FeF}_6$ 。

① 浸取时，发生反应的离子方程式为_____。

② 实验表明，用浓度均为 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HF 和 NH_4F 混合溶液浸出电炉钛渣的速率高于用 $12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HF 溶液浸出的速率，其原因是_____。

③ 为提高 Ti 元素浸出速率，加料完成后，可采取的措施是_____。

(3) 加氨

加入氨水的目的是_____。

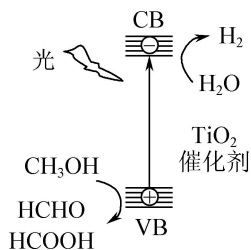


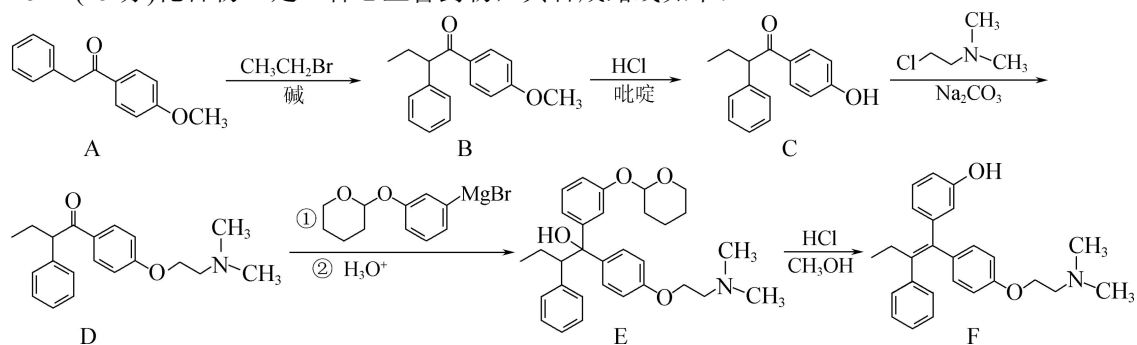
图 3

(4) TiO_2 催化甲醇水溶液光解制 H_2 ，同时可得到 HCHO 、 HCOOH 等产物(如图 3 所示)。

光催化剂 TiO_2 的表观量子产率($\frac{\text{反应转移的电子数}}{\text{催化剂吸收的光子数}} \times 100\%$)为 60%。实验测得催化剂吸收

的光子数为 $1.4 \times 10^{-4} \text{ mol}$ ，溶液中产生 HCHO 的物质的量为 $2 \times 10^{-5} \text{ mol}$ ，根据以上数据计算生成 HCOOH 的物质的量(不考虑其他产物，写出计算过程)。

15. (15 分)化合物 F 是一种心血管药物,其合成路线如下:



(1) C 中含氧官能团的名称为_____。

(2) 化合物 E 中有_____个手性碳原子。

(3) 若 A 经过步骤 $\xrightarrow[\text{吡啶}]{\text{HCl}}$ $\xrightarrow[\text{碱}]{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}}$ 得到的产物中有一种 C 的同分异构体,该产物的结构简式为_____。

(4) 写出同时满足下列条件的 A 的一种同分异构体的结构简式:_____。

酸性条件下水解生成两种产物;两种产物均含有 4 种不同化学环境的氢原子,且苯环上的一氯代物均只有 2 种。

(5) 写出以 $\text{CH}_3\text{CH}(\text{Br})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_3$ 和 $\text{C}_6\text{H}_5\text{MgBr}$ 为原料制备 $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}(\text{OH})(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ 的合成路线流程图(无机试剂和有机溶剂任用,合成路线示例见本题题干)。

16. (16 分)通过处理废旧磁性合金钕铁硼($\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$)可回收钕与铁。

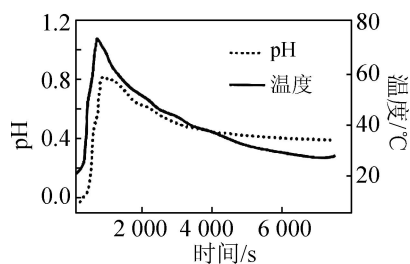
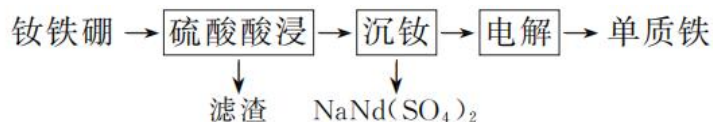


图 1

I. 湿法分离

(1) 向钕铁硼中加入硫酸,钕、铁分别转化为 Nd^{3+} 、 Fe^{2+} 进入滤液。酸浸过程中溶液温度、pH 随时间变化如图 1 所示。已知: 常温下 $K_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10^{-2}$; $\text{HSO}_4^- (\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^+ (\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-} (\text{aq})$, $\Delta H < 0$ 。

① 常温下, pH=1.0 的硫酸中 $\frac{c(\text{HSO}_4^-)}{c(\text{SO}_4^{2-})} =$ _____。

② 酸浸初始阶段溶液的 pH 迅速上升的原因是_____。

(2) 向酸浸后的滤液中加入 NaOH 溶液, 可将 Nd^{3+} 转化为 $\text{NaNd}(\text{SO}_4)_2$ 沉淀分离。

① 若加入 NaOH 溶液过多, 放置时间过长可能会产生 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 或 FeOOH 。 Fe^{2+} 转化为 FeOOH 的离子方程式为_____。

② 检验所得 $\text{NaNd}(\text{SO}_4)_2$ 沉淀中是否含有铁元素的实验方案为_____。

(3) 将沉钕后过滤所得的滤液(含 FeSO_4 、 H_2SO_4)电解可获得铁。为提高阴极的电解效率, 可加入少量具有还原性的弱酸盐柠檬酸钠, 其作用是_____。

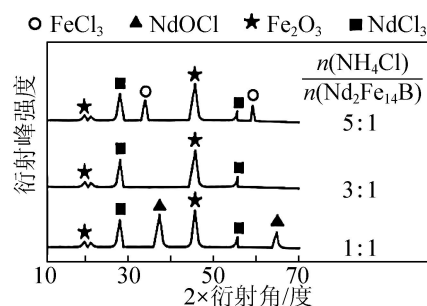


图 2

II. 干法分离

(4) 不同 $\frac{n(\text{NH}_4\text{Cl})}{n(\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B})}$ 的固体混合物在空气中焙烧所得固体物质的 X 射线衍射图(可用

于判断某晶态物质是否存在)如图 2 所示。已知: $\text{Nd}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ 、 $\text{Fe}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ 难溶于水, NdOCl 微溶于水, NdCl_3 可溶于水。

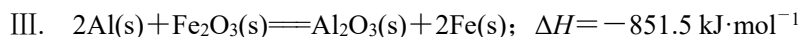
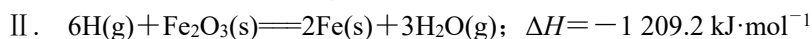
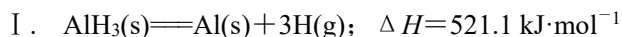
请补充完整以 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 原料制备 $\text{Nd}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ 的实验方案: 将 $\frac{n(\text{NH}_4\text{Cl})}{n(\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B})} =$ _____

的固体混合物在坩埚中焙烧, 冷却至室温后将固体转移至烧杯中,

_____,
洗涤, 干燥[须使用的试剂: $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液]。

17. (15 分)储能材料是当前研究的热点。

(1) AlH_3 易分解反应释氢, 且可与固体氧化物混合作固体燃料推进剂。 AlH_3 与 Fe_2O_3 的反应过程如下:



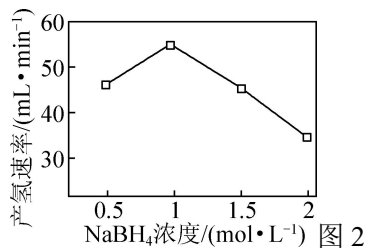
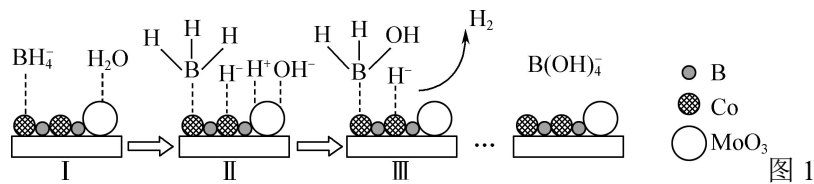
① LiAlH_4 和 AlCl_3 在无水乙醚中反应可以生成 AlH_3 和 LiCl , 该反应的化学方程式为_____。

② 反应 $2\text{AlH}_3(\text{s}) + 2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) = 4\text{Fe}(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$ 的 $\Delta H =$ _____。

③ AlH_3 与普通铝粉相比, AlH_3 与 Fe_2O_3 反应更容易引发的原因是_____。

_____。

(2) NaBH_4 是一种储氢材料，CoB 催化剂催化 NaBH_4 释氢的原理是 OH^- 使催化剂表面的 BH_4^- 释放 H^- ，催化剂表面的 H^- 与 H^+ 结合生成 H_2 (Co 容易吸附阴离子)。在 CoB 催化剂中掺有 MoO_3 会提高 NaBH_4 释氢速率，其部分机理如图 1 所示。



- ① NaBH_4 水解生成 H_2 和 B(OH)_4^- 的离子方程式为_____。
- ② 用重水(D_2O)代替 H_2O ，通过检测反应生成的_____可以判断制氢的机理。
- ③ 掺有 MoO_3 能提高催化效率的原理是_____。
- ④ 产氢速率与 NaBH_4 浓度的关系如图 2 所示。当 NaBH_4 浓度大于 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，产氢速率下降的原因是_____。

化学参考答案及评分标准

1. B 2. A 3. C 4. D 5. B 6. C 7. B 8. D 9. C 10. D 11. A 12. B 13. C

14. (15 分)

(1) ① Ca^{2+} (2 分)

②HF 溶液中存在 $\text{HF} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{F}^-$ 电离平衡, 浓 HF 溶液中 HF 分子浓度大, 与 F^- 形成 HF_2^- , 减小了 F^- 的浓度, 促进 HF 电离(2 分)

(2) ① $\text{Fe}_2\text{TiO}_5 + 10\text{HF} + 8\text{F}^- + 6\text{NH}_4^+ = 2(\text{NH}_4)_3\text{FeF}_6 \downarrow + \text{TiF}_6^{2-} + 5\text{H}_2\text{O}$ (2 分)② F^- 浓度增大对浸出速率的影响大于 H^+ (或 HF) 浓度减小的影响(2 分)

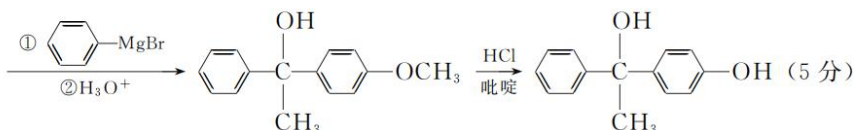
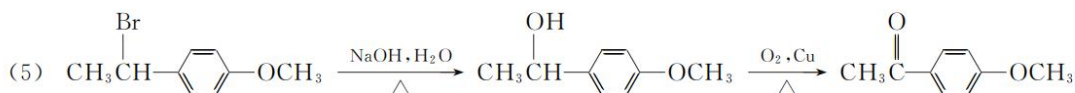
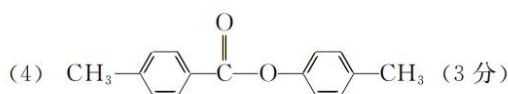
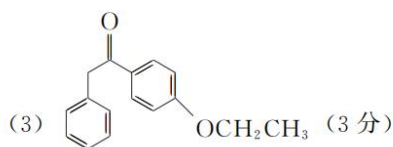
③充分搅拌、适当升高温度(2 分)

(3) 中和 HF; 提高 NH_4^+ 浓度, 有利于生成 $(\text{NH}_4)_3\text{FeF}_6$ 沉淀(2 分)(4) 光解时反应转移电子的物质的量: $n(e^-) = 1.4 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 60\% = 8.4 \times 10^{-5} \text{ mol}$ (1 分) $\text{CH}_3\text{OH} \sim \text{HCHO} \sim 2e^-$ $\text{CH}_3\text{OH} \sim \text{HCOOH} \sim 4e^-$ $n(e^-) = 2n(\text{HCHO}) + 4n(\text{HCOOH}) = 2 \times 2 \times 10^{-5} \text{ mol} + 4n(\text{HCOOH}) = 8.4 \times 10^{-5} \text{ mol}$ (1 分) $n(\text{HCOOH}) = 1.1 \times 10^{-5} \text{ mol}$ (1 分)

15. (15 分)

(1) 酮羰基、(酚)羟基(2 分)

(2) 3(2 分)



16. (16 分)

(1) ①10(2 分)

②反应消耗 H^+ ; 温度升高抑制 HSO_4^- 的电离(2 分)(2) ① $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 8\text{OH}^- = 4\text{FeOOH} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (2 分)

②取少量沉淀, 加入足量盐酸溶解, 再加入 H_2O_2 溶液, 滴加 KSCN 溶液, 若有血红色出现, 说明含有铁元素(3 分)

(3) 柠檬酸根离子与 H^+ 结合, 减少 H^+ 在阴极放电; 防止 Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+} (2 分)

(4) 3:1(2 分)

加水充分浸取, 过滤, 向滤液中加入 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液, 至静置后向上层清液中继续滴加 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液无浑浊, 过滤(3 分)

17. (15 分)

(1) ① $3\text{LiAlH}_4 + \text{AlCl}_3 \rightleftharpoons 4\text{AlH}_3 + 3\text{LiCl}$ (2 分)

② $-1\,018.5\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ (2 分)

③ AlH_3 分解得到活性 H 与 Fe_2O_3 反应大量放热引发铝热反应Ⅲ； AlH_3 分解得到 Al 更易与 Fe_2O_3 反应(颗粒小、无氧化膜)(3 分)

(2) ① $\text{BH}_4^- + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{B}(\text{OH})_4^- + 4\text{H}_2 \uparrow$ (2 分)

② HD、 $\text{B}(\text{OD})_4^-$ (D_3BO_3 亦可)(2 分)

③ MoO_3 促进 H_2O 的电离产生 H^+ 和 OH^- (2 分)

④ 反应生成大量 $\text{B}(\text{OH})_4^-$ 吸附在 Co 表面，阻止 BH_4^- 的吸附反应(2 分)