

可能用到的相对原子质量: H—1 O—16 S—32 Cl—35.5 Cu—64 Zn—65

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. 2024 年中国“六五环境日”主题为“全面推进美丽中国建设”。下列做法不应提倡的是()

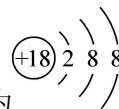
- A. 大力发展火力发电 B. 开发使用清洁能源
C. 植树造林增加绿色植被 D. 健全生态环境治理体系

2. 将 CoCl_2 溶于浓盐酸能形成 $[\text{CoCl}_4]^{2-}$, 存在平衡: $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{CoCl}_4]^{2-} + 6\text{H}_2\text{O}$ 。下列说法正确的是()

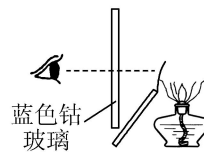
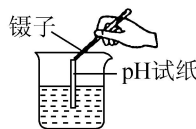
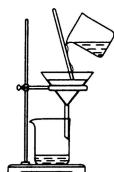
- A. H_2O 为非极性分子 B. 1 mol $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 含 18 mol 共价键

C. 基态 Co 的价电子排布式为 $4s^2$

D. Cl^- 的结构示意图为



3. 检验草木灰浸出液的性质, 下列实验操作不正确的是()



- A. 浸取草木灰 B. 过滤草木灰浊液 C. 测量浸出液 pH D. 检验浸出液中 K^+

4. 可用反应 $\text{Na} + \text{KCl} \xrightarrow{\text{高温}} \text{K} \uparrow + \text{NaCl}$ 冶炼钾。下列说法正确的是()

- A. 第一电离能: $I_1(\text{K}) < I_1(\text{Na})$ B. 电负性: $\chi(\text{Cl}) < \chi(\text{Na})$
C. 离子半径: $r(\text{Cl}^-) < r(\text{Na}^+)$ D. 碱性: $\text{KOH} < \text{NaOH}$

阅读下列材料, 完成 5~7 题。

地壳中的硫黄矿、硫铁矿和煤等都含有硫元素, 这些矿物通过风化分解、燃烧、火山爆发等方式释放出 SO_2 、 H_2S 等气体, 这些气体有些进入大气, 有些转化为亚硫酸盐、硫酸盐溶入河流或海洋, 还有些则被土壤中的硫化细菌催化吸收。大气中的 SO_2 还可以被银杏、夹竹桃等植物吸收, 而水体中的含硫化合物可被浮游植物吸收。

5. 对于反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g}); \Delta H$, 下列说法不正确的是()

A. 上述反应的 $\Delta H < 0$

B. 上述反应的平衡常数 $K = \frac{c^2(\text{SO}_3)}{c^2(\text{SO}_2) \cdot c(\text{O}_2)}$

C. 提高 $\frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{SO}_2)}$ 的值可增大 SO_2 的转化率

D. 使用催化剂提高了反应的活化能

6. 下列化学反应表示正确的是()

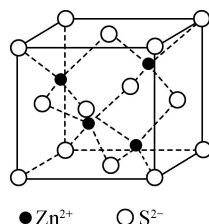
A. 单质硫与铜反应: $\text{Cu} + \text{S} \xrightarrow{\Delta} \text{CuS}$

B. SO_2 通入过量氨水: $\text{SO}_2 + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{HSO}_3^-$

C. CuSO_4 溶液吸收 H_2S : $\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{S} = \text{CuS} \downarrow + 2\text{H}^+$

D. NaHSO_3 溶液被空气氧化: $2\text{SO}_3^{2-} + \text{O}_2 = 2\text{SO}_4^{2-}$

7. 下列描述正确的是()



A. 自然界硫元素在转化中都是被氧化

B. SO_3^{2-} 中 S 为 sp^3 杂化

C. H_2S 氧化为 S 时, H_2S 断裂 σ 键和 π 键

D. 右图所示 ZnS 晶胞中有 14 个 S^{2-}

8. 下列物质的性质与用途具有对应关系的是()

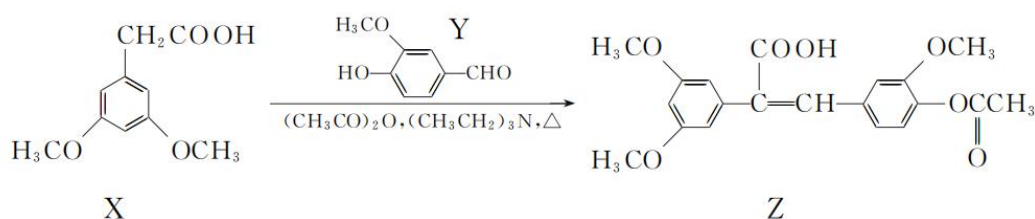
A. ClO_2 具有氧化性, 可用于自来水的杀菌消毒

B. 晶体硅熔点高, 可用作半导体材料

C. NaHCO_3 受热易分解, 可用于制胃酸中和剂

D. 氨气易溶于水, 液氨可用作制冷剂

9. 化合物 Z 是一种药物的重要中间体, 部分合成路线如下:



下列说法正确的是()

A. X 分子中最多有 12 个原子共平面

B. 可以用 NaHCO_3 溶液鉴别 X、Y

C. Z 分子不存在顺反异构体

D. 1 mol Z 最多能与 6 mol H_2 发生加成反应

10. 在给定条件下, 下列选项所示的物质间转化均能实现的是()

A. 制漂白粉: 浓盐酸 $\xrightarrow[\Delta]{\text{MnO}_2}$ Cl_2 $\xrightarrow{\text{澄清石灰水}}$ 漂白粉

B. 硝酸工业: $\text{NH}_3 \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{O}_2}$ $\text{NO}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$ HNO_3

C. 硫酸工业: $\text{FeS}_2 \xrightarrow[\text{高温}]{\text{O}_2}$ $\text{SO}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$ H_2SO_4

D. HCl 制备: NaCl 溶液 $\xrightarrow{\text{电解}}$ H_2 和 Cl_2 $\xrightarrow{\text{点燃}}$ HCl

11. 室温下, 根据下列实验过程及现象, 能验证相应实验结论的是()

选项	实验过程及现象	实验结论
A	向乙醇中加入绿豆大小的钠块, 有气泡产生	乙醇中含有水
B	向 3 mL KI 溶液中滴加几滴溴水, 振荡, 再滴加 1 mL 淀粉溶液, 溶液显蓝色	氧化性: $\text{Br}_2 > \text{I}_2$

C	向淀粉溶液中加入适量 20% H_2SO_4 溶液，加热，冷却后加 NaOH 溶液至中性，再滴加少量碘水，溶液变蓝	淀粉未水解
D	用 pH 计测量醋酸、盐酸的 pH，比较溶液 pH 大小	CH_3COOH 是弱电解质

12. 已知：25 $^{\circ}\text{C}$ 时 $K_{a1}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)=5.9\times 10^{-2}$ 、 $K_{a2}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)=6.4\times 10^{-5}$ 。室温下，通过下列实验探究 NaHC_2O_4 、 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液的性质。

实验 1：向 $0.01\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液中滴加酸性 KMnO_4 溶液，溶液的紫红色褪去。

实验 2：用 pH 计测得 $0.01\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHC}_2\text{O}_4$ 溶液 pH 为 5.50。

实验 3：向 $0.01\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液中加入等浓度等体积的 CaCl_2 溶液，出现白色沉淀。

实验 4：向等浓度的 NaHC_2O_4 、 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 混合溶液中滴加酚酞，溶液颜色无明显变化。

下列说法正确的是()

A. 实验 1 证明 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液具有漂白性

B. 实验 2 溶液中： $c(\text{Na}^+)>c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)>c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$

C. 实验 3 可得到 $K_{sp}(\text{CaC}_2\text{O}_4)=2.5\times 10^{-5}$

D. 实验 4 溶液中： $2c(\text{Na}^+)=3[c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)+c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})+c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)]$

13. 实现“碳中和”的一种路径是将 CO_2 和 H_2 合成 CH_3OCH_3 。其主要反应如下：

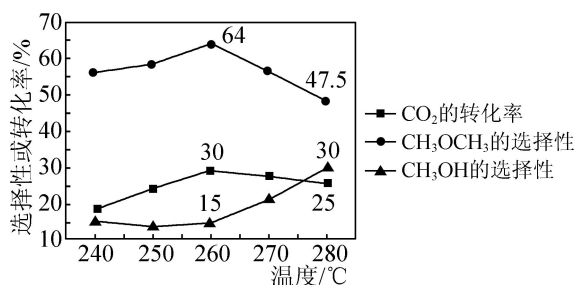
反应 I. $\text{CO}_2(\text{g})+3\text{H}_2(\text{g})=\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ； $\Delta H_1=-49.5\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

反应 II. $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})=\text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ； $\Delta H_2=-23.5\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

反应 III. $\text{CO}_2(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})=\text{CO}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ； $\Delta H_3=+41.2\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

若仅考虑上述反应，在 $1.01\times 10^5\text{Pa}$ 下，将 $V(\text{CO}_2):V(\text{H}_2)=1:3$ 的混合气体以一定流速通过装有催化剂的反应管， CH_3OCH_3 和 CH_3OH 的选择性及 CO_2 的转化率随温度的变化如图所示。 CH_3OCH_3 的选择性= $\frac{\text{生成 CH}_3\text{OCH}_3 \text{ 消耗的 } n(\text{CO}_2)}{\text{反应的 } n(\text{CO}_2)}\times 100\%$ 。下列说法正确的是

()



A. 一定温度下，使用高效催化剂可提高 CH_3OCH_3 平衡产率

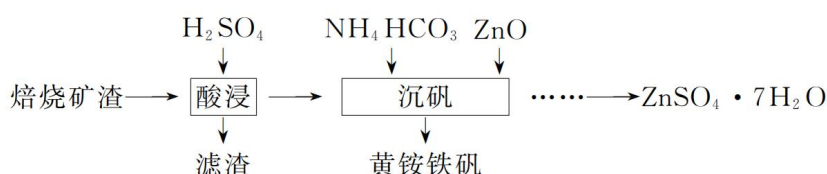
B. 其他条件不变，260~280 $^{\circ}\text{C}$ 时，随温度升高生成 H_2O 的量增多

C. 其他条件不变，260 $^{\circ}\text{C}$ 时，通入 1 mol CO_2 ，生成 0.096 mol CH_3OCH_3

D. 温度高于 260 $^{\circ}\text{C}$ 时，主要是因为反应 III 正向程度增大使 CH_3OCH_3 的选择性降低

二、非选择题：本题共 4 小题，共 61 分。

14. (15 分) 高铁锌焙烧矿渣主要含 ZnO 、 ZnFe_2O_4 、 SiO_2 。一种利用焙烧矿渣制备 $\text{ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 并生产黄铵铁矾的流程如下：



回答下列问题：

(1) “酸浸”前要将焙烧矿渣进行粉碎处理的原因是_____。

(2) “酸浸”时，控制反应温度 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、硫酸初始酸度 $50\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ，滤渣中锌元素的质量分数随时间变化的关系如图 1 所示。当浸出时间超过 60 min 后，滤渣中锌元素的质量分数反而升高的原因是_____。

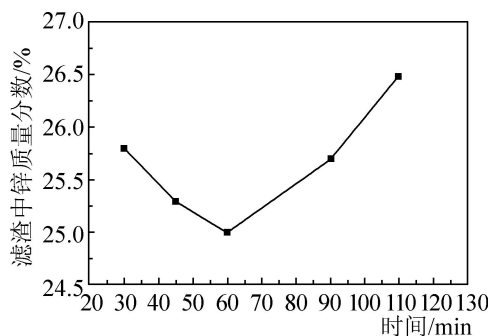


图 1

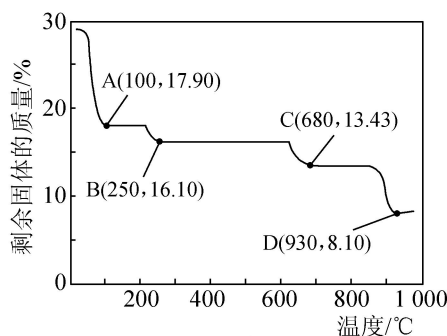


图 2

(3) “沉矾”生成黄铵铁矾 $[\text{NH}_4\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6]$ ，需控制溶液 $\text{pH}=1.5$ 、温度不超过 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

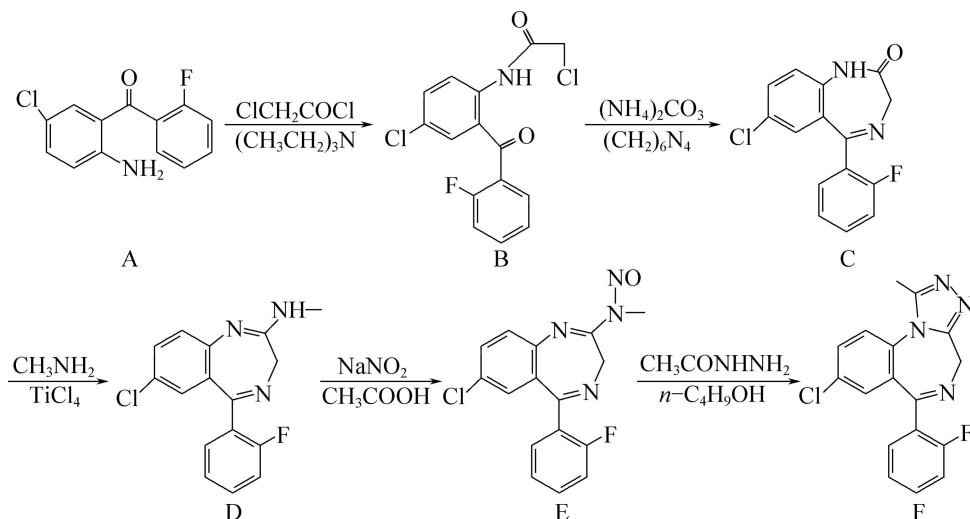
① 生成黄铵铁矾的化学方程式为_____。

② 控制溶液温度不能过高的原因是_____。

③ pH 超过 1.5，可发生反应 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{HCO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{H}_2\text{CO}_3$ 。其平衡常数 K 与 $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3)$ 、 $K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ 的代数关系式为 $K = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(4) 加热 $28.7\text{ g ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 晶体，测得加热过程中剩余固体的质量随温度的变化关系如图 2 所示。A 点物质为_____ (填化学式)。

15. (15 分) 药物氟普唑仑具有疗效良好的镇静催眠作用，其合成路线如下：



(1) $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 的反应类型为_____。

(2) C 中含氧官能团的名称为_____。

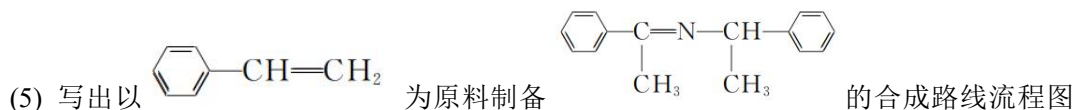
(3) $\text{C} \rightarrow \text{D}$ 的反应需经历 $\text{C} \rightarrow \text{X} \rightarrow \text{D}$ 的过程，中间体 X 的分子式为 $\text{C}_{16}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{OClF}$ ，则 X 的结构简式为_____。

(4) B 的一种同分异构体同时满足下列条件，写出该同分异构体的结构简式：_____。

① 含有苯环，能使 FeCl_3 溶液显色；

② 分子中含一个手性碳原子；

③ 核磁共振氢谱有 3 组峰，峰的面积之比为 2 : 2 : 1。

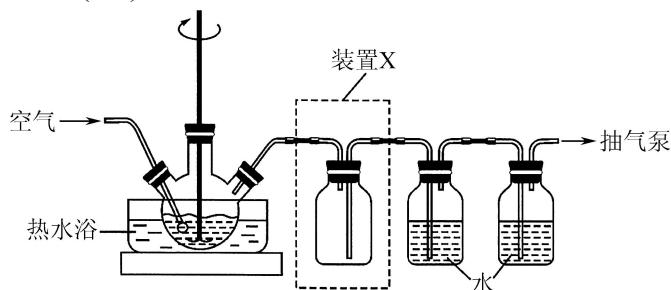


(无机试剂和流程中有机试剂任用，合成路线流程图示例见本题题干)。

16.(16 分)生产印刷电路板所用的蚀刻液成分为 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ 、 NH_4Cl 、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 等。

(1) 蚀刻反应原理为 $\text{Cu} + [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2 = 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ 。蚀刻过程中 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ 浓度下降，蚀刻能力降低。当通入空气后，即可恢复其蚀刻能力，反应的化学方程式为_____。

(2) 利用蚀刻废液可制备 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 。取一定量蚀刻废液和稍过量的 Na_2CO_3 溶液加入如图所示实验装置的三颈瓶中，在搅拌下加热并通入空气，待产生大量沉淀时停止加热，冷却、过滤、洗涤，得到 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 固体。



① 向反应液中通入空气，除了使 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ 被氧化，另一个作用是_____。

② 图中装置 X 的作用是_____。

③ 检验 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 固体是否洗涤干净的实验操作是_____。

(3) 利用铜精炼炉渣(含有 CuO 、 SiO_2 及 Fe_2O_3)制取该蚀刻液，请补充完整相应的实验方案：取一定量的铜精炼炉渣，_____，得到蚀刻液。(实验中须选用的试剂： $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HCl}$ 、浓氨水)

(4) 利用蚀刻废液还可制备 Cu_2O (产品中会混有 CuO)。测定产品中 Cu_2O 纯度的方法为准确称取 4.480 g Cu_2O 产品，加适量稀硫酸溶解，过滤、洗涤，滤液及洗涤液一并转移至碘量瓶中，加过量 KI 溶液，以淀粉溶液为指示剂，用 $1.000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液滴定至终点，消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 40.00 mL 。测定过程中发生反应： $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ ； $2\text{Cu}^{2+} + 4\text{I}^- = 2\text{CuI} \downarrow + \text{I}_2$ ； $2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{I}_2 = \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{I}^-$ 。计算样品中 Cu_2O 的纯度(写出计算过程，保留小数点后 2 位有效数字)。

(1) 催化脱硝。用 CeO_2 催化脱除汽车尾气中的 CO 和 NO。

则反应 $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$; $\Delta H =$ kJ \cdot mol $^{-1}$ 。

Diagram illustrating the catalytic cycle for the reduction of NO by CO using cerium oxide (CeO₂) as a catalyst. The cycle involves two states of cerium oxide: CeO₂ and CeO_(2-x).

- Process ① (Reduction):** CeO₂ is reduced by CO to form CeO_(2-x) and CO₂.
- Process ② (Oxidation):** CeO_(2-x) is re-oxidized by NO to regenerate CeO₂ and produce N₂.

图 1

$$[\text{NO 络合}]\text{NO} + \text{FeSO}_4 \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{NO})\text{SO}_4$$

反应 i $\text{Fe(NO)SO}_4 + 2\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Fe(OH)}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NH(SO}_3\text{Na)}_2$

反应 ii $\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$

反应 iii

① 从结构上分析 FeSO_4 与 NO 成键络合的原理为_____。

② 反应iii的离子方程式为_____。

③ 探究烟气中 O_2 对吸收液脱除 NO 的影响。将一定比例 O_2 、 NO 和 N_2 的混合气体匀速通过装有吸收液的反应器。 NO 去除率、吸收液中 Fe^{2+} 浓度随时间的变化如图 2 所示。在 5 min 前后, NO 去除率先上升后下降的原因是。

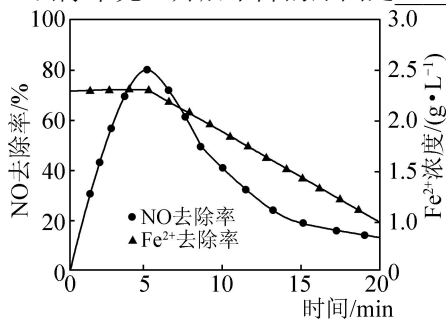


图 2

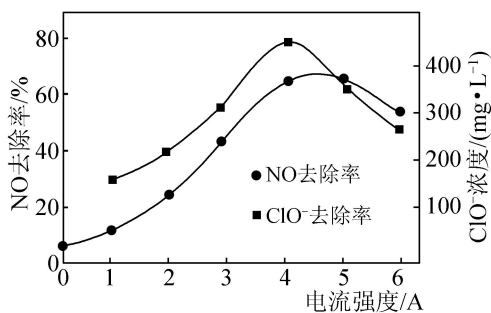


图 3

(3) 电解氧化脱硝。电解食盐水, 利用生成的 ClO^- 将废气中 NO 氧化为 NO_3^- 。

电解 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaCl}$ 溶液, NO 去除率、溶液中 ClO^- 浓度与电流强度的关系如图 3 所示。当电流强度大于 4 A 时, 随着电流强度的增大, NO 去除率降低的可能原因是

化学参考答案及评分标准

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

14. (15 分)

(1) 增大与酸接触面积, 加快反应速率, 提高焙烧矿渣浸出率(2 分)

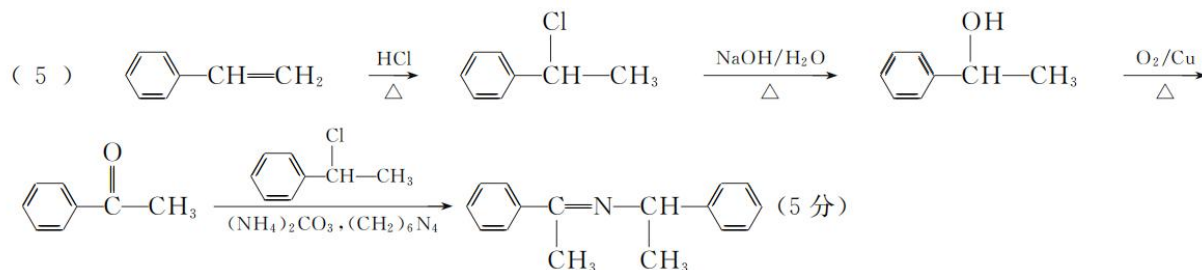
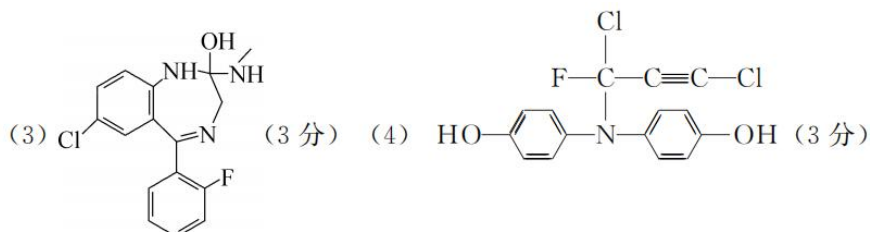
(2) 浸出时间超过 60 min, 溶液中 H^+ 被消耗、pH 升高(1 分), 随着 Fe^{3+} 水解程度增大, 生成的 $Fe(OH)_3$ 胶体吸附溶液中 Zn^{2+} (1 分); Fe^{3+} 还可生成 $Fe(OH)_3$ 沉淀, 附着在焙烧矿渣表面阻碍锌的浸出(1 分), 使滤渣中锌质量分数升高

(3) ① $3Fe_2(SO_4)_3 + 5ZnO + 2NH_4HCO_3 + 5H_2O \xrightarrow{<85^\circ C} 2NH_4Fe_3(SO_4)_2(OH)_6 + 5ZnSO_4 + 2CO_2 \uparrow$ (3 分)

② 温度过高, NH_4HCO_3 受热分解(2 分)③ $K = K_w^3 / K_{sp}[Fe(OH)_3]K_{a1}^3 (H_2CO_3)$ (2 分)(4) $ZnSO_4 \cdot H_2O$ (3 分)

15. (15 分)

(1) 取代反应(2 分) (2) 酰胺键(2 分)



16. (16 分)

(1) $4[Cu(NH_3)_2]Cl + O_2 + 4NH_4Cl + 4NH_3 \cdot H_2O = 4[Cu(NH_3)_4]Cl_2 + 6H_2O$ (3 分)(2) ① 及时排出生成的 NH_3 , 增大 $Cu_2(OH)_2CO_3$ 的产率(2 分)

② 防止倒吸(2 分)

③ 取最后一次洗涤滤液少量于试管中, 滴加硝酸酸化的硝酸银溶液, 若无白色沉淀产生, 则洗涤干净, 若有沉淀则未洗净(2 分)

(3) 加入稍过量 $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HCl}$ (1 分), 搅拌, 至沉淀不再溶解(1 分), 过滤, 向滤液中逐滴加入稍过量浓氨水, 至生成的沉淀不再溶解, 过滤(1 分)

(4) 根据题意得到关系式: $2Cu^{2+} \sim I_2 \sim 2S_2O_3^{2-}$ (1 分)

$$n(Cu^{2+}) = 1.000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 40.00 \times 10^{-3} \text{ L} = 0.040 \text{ mol}$$

$$n(Cu_2O) + n(CuO) = 0.040 \text{ mol}$$

$$n(Cu_2O) \times 144 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + n(CuO) \times 80 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 4.480 \text{ g}$$

$$n(Cu_2O) = 0.020 \text{ mol} \quad n(CuO) = 0.020 \text{ mol} \quad (2 \text{ 分})$$

$$w(\text{Cu}_2\text{O}) = \frac{0.020 \text{ mol} \times 144 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{4.480 \text{ g}} \times 100\% = 64.29\% (1 \text{ 分})$$

17. (15 分)

(1) ① -746(2 分) ② 1 : 4(2 分)

(2) ① Fe^{2+} 提供空轨道, NO 提供孤对电子, 形成配位键络合(2 分)

② $2\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ (3 分)

③ 5 min 前, O_2 氧化 NO 生成 NO_2 , 被水吸收, NO 脱除率上升; 5 min 后, O_2 氧化 Fe^{2+} 生成不能与 NO 络合的 Fe^{3+} , 使 Fe^{2+} 浓度减小, NO 脱除率下降(3 分)

(3) 当电流强度大于 4A 时, 随着电流强度的增大, Cl^- 放电生成了更高价态的酸根(或 OH^- 参加放电), 溶液中 ClO^- 浓度减小, NO 的去除率降低(3 分)