

可能用到的相对原子质量: H—1 O—16 Cl—35.5 K—39 Cr—52 Fe—56
Cu—64

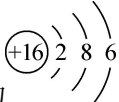
一、单项选择题: 本题共 13 小题, 每小题 3 分, 共 39 分。每小题只有一个选项最符合题意。

1. 我国探月工程取得重大进展。月壤中含有 ^{20}Ne 、 ^{21}Ne 、 ^{22}Ne , 下列关于三种微粒的说法正确的是 ()

- A. 是同一种核素 B. 是同一种原子
C. 互为同位素 D. 是不同种元素

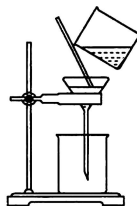
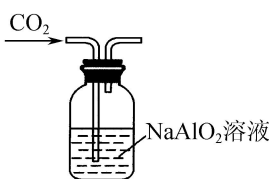
2. 反应 $\text{Br}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HBr}$, 可用于吸收溴。下列说法正确的是 ()

- A. 基态 Br 原子的价电子排布式为 $4s^2 4p^5$ B. H_2SO_4 中既含离子键又含共价键

C. S^{2-} 的结构示意图为 

D. H_2O 的空间构型为直线形

3. 实验室利用以下装置制备 Al_2O_3 。下列相关原理、装置及操作正确的是 ()



- A. 制取 CO_2 B. 制取 $\text{Al}(\text{OH})_3$ C. 分离 $\text{Al}(\text{OH})_3$ D. 制取 Al_2O_3
4. 铝铵矾 $[\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ 是一种重要的工业原料。下列说法正确的是 ()
- A. 键角: $\text{NH}_4^+ > \text{NH}_3$ B. 半径: $r(\text{Al}^{3+}) > r(\text{O}^{2-})$
C. 沸点: $\text{H}_2\text{S} > \text{H}_2\text{O}$ D. 电负性: $\chi(\text{Al}) > \chi(\text{H})$

阅读下列材料, 完成 5~7 题。

氯及其化合物应用广泛。 Cl_2 在化学工业上用于生产 NaClO 、 FeCl_3 、 HCl 等化工产品, 实验室可由 MnO_2 与浓盐酸共热得到; NaCl 是制备氯气、纯碱的主要原料; HCl 是“洁厕灵”的主要成分, 也可与 O_2 反应制备 Cl_2 $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{CuCl}_2} 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}); \Delta H < 0$; FeCl_3 溶液可用于刻蚀覆铜板; ClO_2 、次氯酸盐可用于自来水消毒, 在稀硫酸和 NaClO_3 的混合溶液中通入 SO_2 气体可制得 ClO_2 。

5. 下列说法正确的是 ()

- A. Fe 在少量 Cl_2 中燃烧生成 FeCl_2
B. 一旦发现氯气泄漏, 可用蘸有肥皂水的湿毛巾捂住口鼻自救
C. O_2 与 HCl 反应中, 催化剂 CuCl_2 能减小该反应的焓变
D. O_2 与 HCl 反应中, 增大压强或升高温度均能提高 HCl 的转化率

6. 下列反应的方程式表示正确的是 ()

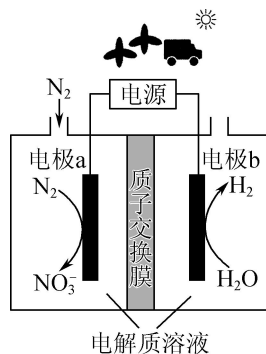
- A. 用“洁厕灵”清除污垢中的碳酸钙: $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
B. 侯氏制碱法: $2\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{CO}_3 \downarrow + 2\text{NH}_4\text{Cl}$

C. MnO_2 与浓盐酸共热制 Cl_2 : $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \xrightarrow{\Delta} \text{Mn}^{2+} + 2\text{Cl}^- + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

D. 制取 ClO_2 : $2\text{ClO}_3^- + \text{SO}_2 = 2\text{ClO}_2 + \text{SO}_4^{2-}$

7. 下列物质的性质与用途具有对应关系的是()

- A. CCl_4 具有挥发性, 可用于萃取碘水中碘
- B. 盐酸有强酸性, 可用于除去铁锈
- C. FeCl_3 易水解, 可用于刻蚀覆铜板

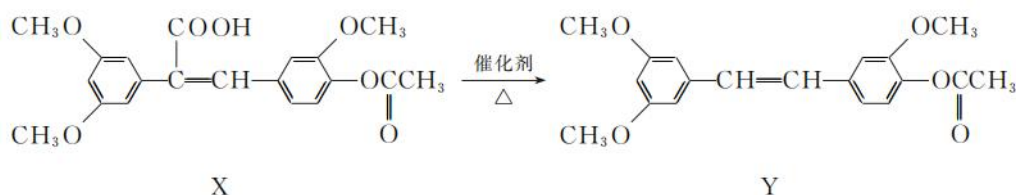


D. HClO 不稳定, 可用于自来水消毒剂

8. 研究表明可以用电解法以 N_2 为氮源直接制备 HNO_3 , 其原理示意图如右图所示。下列叙述正确的是()

- A. 制备过程中只有两种能量变化
- B. b 极上发生氧化反应
- C. 电解池工作时, 电解质溶液中 H^+ 通过隔膜向 a 极移动
- D. a 极上电极反应式为 $\text{N}_2 - 10\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+$

9. 化合物 Y 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 分子中所有碳原子一定共平面
- B. 1 mol X 最多能与 2 mol NaOH 反应
- C. Y 分子与足量 H_2 加成后的产物中有 6 个手性碳原子
- D. 可用 NaHCO_3 溶液鉴别 X、Y

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. $\text{FeS}_2 \xrightarrow[\text{高温}]{\text{O}_2} \text{SO}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{H}_2\text{SO}_4$
- B. $\text{N}_2 \xrightarrow[\text{放电}]{\text{O}_2} \text{NO}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{HNO}_3$
- C. $\text{CuSO}_4(\text{aq}) \xrightarrow{\text{NaOH}(\text{aq})} \text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{麦芽糖}} \text{Cu}_2\text{O}$
- D. $\text{H}_2\text{SiO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{SiO}_2 \xrightarrow{\text{盐酸}} \text{SiCl}_4$

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	将 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ 样品溶于稀硫酸, 滴加 KSCN 溶液, 溶液变红	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ 样品已氧化变质
B	室温下, 用 pH 计测量醋酸溶液、盐酸的 pH, 比较溶液 pH 大小	CH_3COOH 是弱电解质
C	溴乙烷与 NaOH 溶液共热后, 滴加 AgNO_3 溶液, 未出现淡黄色沉淀	溴乙烷未发生水解
D	将 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{MgSO}_4$ 溶液滴入 NaOH 溶液中至不再有沉淀产生, 再滴加 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CuSO}_4$ 溶液, 先有白色沉淀生成, 后变为浅蓝色沉淀	$K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2] < K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2]$

12. 室温下, 通过下列实验探究 NaHCO_3 的性质。已知 H_2CO_3 : $K_{\text{a1}} = 4.4 \times 10^{-7}$ 、 $K_{\text{a2}} = 4.4 \times 10^{-11}$ 。

实验 1: $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHCO}_3$ 溶液, 测得溶液 $\text{pH} = 8.3$ 。

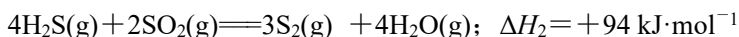
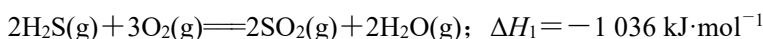
实验 2: 将等浓度 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 的溶液等体积混合, 测得溶液 $\text{pH} = 10.0$ 。

实验 3: 向 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHCO}_3$ 溶液中加入 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液, 有白色沉淀生成。

下列说法正确的是()

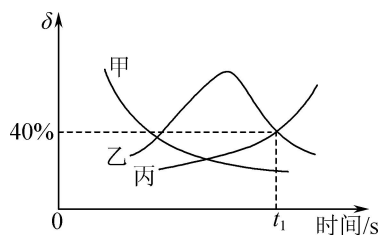
- A. 实验 1 所得溶液中: $K_{\text{a1}}K_{\text{a2}} > K_{\text{w}}$
 B. 实验 2 所得溶液中: $c(\text{Na}^+) > c(\text{CO}_3^{2-}) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{OH}^-)$
 C. 实验 2 所得溶液中: $2c(\text{Na}^+) = 3[c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)]$
 D. 实验 3 所得上层清液中: $c(\text{Ba}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) < K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3)$

13. 天然气开采过程中产生大量的含硫废气(硫元素的主要存在形式为 H_2S), 需要回收处理并加以利用。有关反应如下:



恒压条件下, 向密闭容器中充入 $2 \text{ mol H}_2\text{S}$ 、 3 mol O_2 、 95 mol Ar 。若仅考虑上述反应,

反应过程中含硫物种的分布分数 δ [如: $\delta(\text{S}_2) = \frac{c(\text{S}_2)}{c(\text{H}_2\text{S}) + c(\text{SO}_2) + c(\text{S}_2)}$]随时间变化如图所示。下列说法正确的是()



- A. 混合气体中加入 Ar 的主要目的是提高反应速率
 B. 甲表示 SO_2 分布分数的曲线
 C. H_2S 转化率为 α , 则体系中 H_2O 的物质的量为 $2\alpha \text{ mol}$
 D. t_1 时, 体系中含硫物质的总的物质的量为 2.0 mol

二、非选择题: 本题共 4 小题, 共 61 分。

14. (15 分)以铁矿烧渣(主要成分是 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 , 含少量 Al_2O_3 、 SiO_2 和 MgO 、 CaCO_3) 为原料制备磷酸铁晶体($\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 的流程如下:

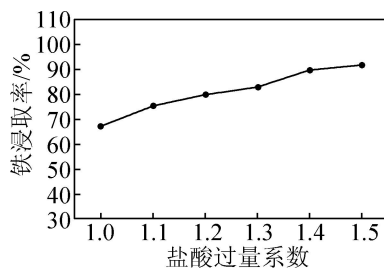
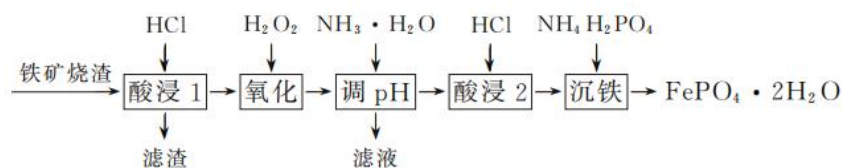


图 1

(1) “酸浸 1” 步骤：铁浸取率随盐酸过量系数 $[\frac{n_{\text{投入}}(\text{盐酸})}{n_{\text{理论}}(\text{盐酸})}]$ 变化如图 1 所示。工业上通常取盐酸过量系数为 1.4，而不用更高的过量系数的原因是

_____。

(2) “氧化” 步骤：

① 写出氧化过程中的离子方程式：_____。

② 需要控制反应的温度 $50\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的原因是_____。

(3) 已知溶液中金属离子开始沉淀和完全沉淀的 pH 如下表所示：

金属离子	Ca^{2+}	Al^{3+}	Fe^{3+}	Mg^{2+}
开始沉淀时($c=0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$)的 pH	11.8	3.3	1.5	9.8
沉淀完全时($c=1.0\times 10^{-5}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$)的 pH	13.8	4.7	2.8	11.8

① 如果“氧化”后的溶液中 Fe^{3+} 浓度为 $1.0\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，用 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 调节溶液的 pH=_____时， Fe^{3+} 开始沉淀。(结果保留小数点后一位)

② 用 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 调节溶液的 pH，杂质的去除率随 pH 变化如图 2 所示，工业上调节 pH 在 1.8。当 $1.8<\text{pH}<2.0$ 时， Al^{3+} 、 Ca^{2+} 去除率随 pH 升高而降低的原因是_____。

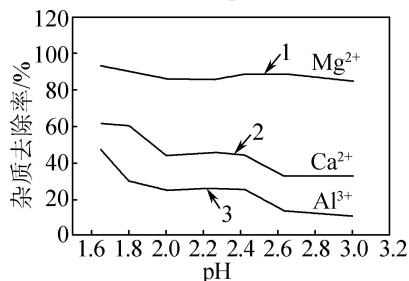
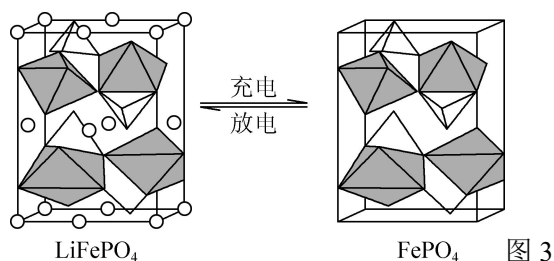


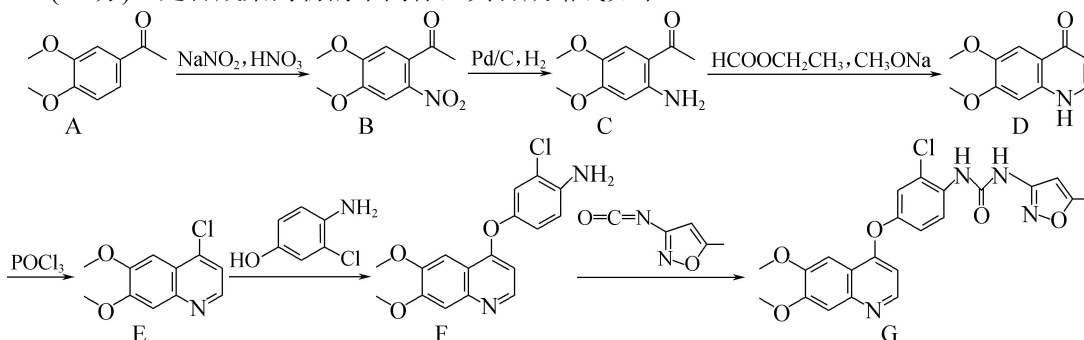
图 2



(4) 用 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 沉铁而不直接用 $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ 的原因是_____。

(5) FePO_4 是一种锂离子电池的正极材料。电池充放电过程中，晶胞的组成变化如图 3 所示。正极材料在 LiFePO_4 和 FePO_4 之间转化时，每摩尔晶胞转移电子的物质的量为_____mol。

15. (15 分) G 是合成某药物的中间体，其合成路线如下：



(1) A 中的含氧官能团名称为_____和_____。

(2) $\text{F} \rightarrow \text{G}$ 的反应类型为_____。

(3) $\text{C} \rightarrow \text{D}$ 生成的一种中间产物 H 分子式为 $\text{C}_{11}\text{H}_{13}\text{NO}_4$ ，H 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：_____。

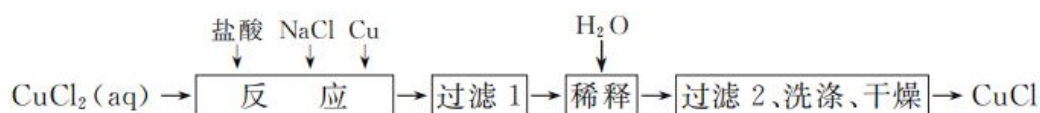
① 能发生银镜反应，能与 FeCl_3 溶液发生显色反应；

② 碱性条件下发生水解反应，生成三种产物，酸化后，其中一种是 α -氨基酸，另两种产物分子中均含有 2 种不同化学环境的氢原子。

(5) 写出以 和 $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_3$ 为原料制备 - $\text{NH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$ 的合成路线流程图

(无机试剂和有机溶剂任用，合成路线流程图示例见本题题干)。

16. (16 分) 氯化亚铜(CuCl)微溶于水，难溶于乙醇，易水解，易溶于 Cl^- 浓度较大的体系 ($\text{CuCl} + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{CuCl}_2^-$)，在空气中易被氧化。实验室制备 CuCl 的步骤如下：



(1) “反应”步骤发生反应的离子方程式为_____。

(2) “过滤 2”常用减压过滤的原因是_____。

(3) 将 CuCl 水解再热分解可得到纳米 Cu_2O 。 CuCl 水解的反应为 $\text{CuCl}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CuOH}(\text{s}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$ 。该反应的平衡常数 K 与此温度下 K_w 、 $K_{\text{sp}}(\text{CuOH})$ 、 $K_{\text{sp}}(\text{CuCl})$ 的关系为 $K = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(4) 已知： $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}^+ = \text{Cu} + \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ 。 CuCl 固体中混有少量的 Cu_2O ，设计除去 Cu_2O 的实验方案为_____。

(实验中必须使用的试剂： $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HCl}$ 溶液、 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HCl}$ 溶液、蒸馏水、95%乙醇)

(5) CuCl 纯度测定：称取所制备的氯化亚铜成品 2.50 g ，置于预先放有 50 粒玻璃球和 $10 \text{ mL } 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FeCl}_3$ 溶液(过量)的 250 mL 锥形瓶中。不断摇动，待试样溶解，充分反应后，加入适量稀硫酸，配成 250 mL 溶液。移取 25.00 mL 溶液于锥形瓶中，用 $0.020 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液滴定至终点，再重复滴定 2 次，三次平均消耗 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液 20.00 mL (反应过程中，杂质不参与反应；滴定过程中 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 转化为 Cr^{3+} ， Cl^- 不反应)，则成品中 CuCl 的质量分数为_____ (写出计算过程)。

17. (15 分) NO_x (主要指 NO 和 NO_2)是大气主要污染物之一。有效去除大气中的 NO_x 是环境保护的重要课题。

(1) 已知： $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{NO}(\text{g})$ ； $\Delta H = +179.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{NO}_2(\text{g})$ ； $\Delta H = -112.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$\text{NO}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) = \text{NO}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$ ； $\Delta H = -234 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

① 在汽车上安装三元催化转化器可实现反应： $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) = \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ ； $\Delta H = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

② 在恒温恒容的密闭容器发生反应： $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) = \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ 。下列能说明反应达到平衡状态的是_____ (填字母)。

A. 容器内气体的密度不再改变

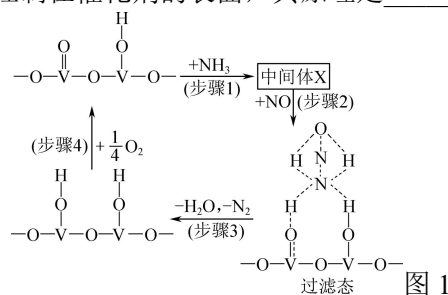
B. $v_{\text{正}}(\text{CO}) = 2v_{\text{逆}}(\text{N}_2)$

C. 容器内气体的压强不再改变

(2) 用活化后的 V_2O_5 作催化剂，在烟气中加入适量氨气，使 NO 、 O_2 转化为 N_2 ，反应历程如图 1 所示。

① 写出反应总方程式：_____。

② 步骤 1 过程中， NH_3 控制在催化剂的表面，其原理是_____。



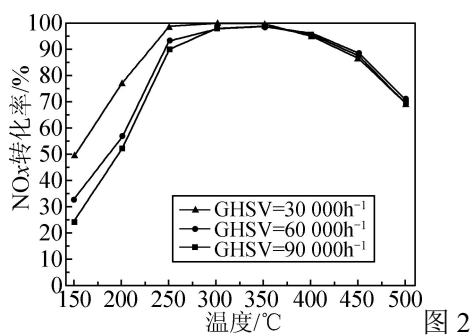


图 2

(3) 用 CeO_2SnO_2 作催化剂，将一定比例的 O_2 、 NH_3 和 NO_x 的混合气体，匀速通入装有催化剂的反应器中反应。其他条件相同，如图 2 所示为不同空速，随温度的变化， NO_x 转化率的关系。空速(GHSV)是指规定的条件下，单位时间单位体积催化剂处理的气体量。

① 温度低于 250 °C 时，相同温度下，空速越小， NO_x 转化率越高的原因是

_____。

② 高于 350 °C 时，不同空速，随温度升高， NO_x 转化率迅速下降的原因是

_____。

化学参考答案及评分标准

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

14. (15 分)

(1) HCl 过量系数 1.4 时, 铁浸出率已经达到了 90%, 超过 1.4 时, 铁浸出率提高不大(1 分), 但消耗大量的 HCl 使成本过高, 使其后续氨化除杂成本增加(1 分)

(2) ① $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ (2 分)

② 温度低, 反应速率慢; 温度高, H_2O_2 分解(2 分)

(3) ① 1.1 或 1.2 (2 分)

② 当 $1.8 < \text{pH} < 2.2$, 随着 pH 增大, Fe^{3+} 、 Al^{3+} 水解产生的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体吸附 Ca^{2+} 、 Al^{3+} 随铁沉淀下来(3 分)

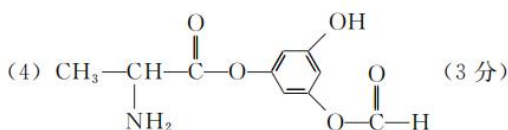
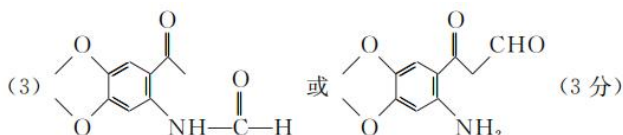
(4) $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ 溶液比 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 碱性强, 生成 $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 同时生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀, 使产品纯度降低(2 分)

(5) 4(2 分)

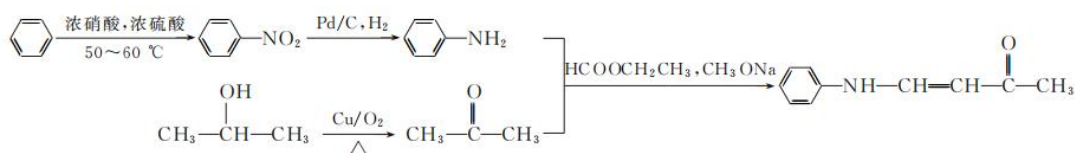
15. (15 分)

(1) 醚键(1 分) (酮)羰基(1 分)

(2) 加成反应(2 分)



(5) (5 分)



16. (16 分)

(1) $\text{Cu}^{2+} + \text{Cu} + 4\text{Cl}^- = 2\text{CuCl}_2^-$ (2 分)

(2) 加快过滤的速度, 防止 CuCl 在空气中被氧化(2 分)

(3) $K_w K_{sp}(\text{CuCl}) / K_{sp}(\text{CuOH})$ (2 分)

(4) 向所得的 CuCl 固体中滴加 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 溶液(1 分), 使固体充分溶解, 过滤(1 分), 向滤液中加水稀释至不再产生沉淀为止, 过滤(1 分), 用 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 溶液洗涤(1 分), 再用 95% 乙醇洗涤、干燥(1 分), 得到纯净的 CuCl 固体

(5) 25.00 mL 溶液中: $n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0.0200 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 20.00 \times 10^{-3} \text{ L} = 4 \times 10^{-4} \text{ mol}$ (1 分)

$n(\text{CuCl}) = n(\text{Fe}^{2+}) = 6n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 2.4 \times 10^{-3} \text{ mol}$ (2 分)

CuCl 的质量分数为 $\frac{2.4 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 99.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.25 \text{ g}} \times 100\% = 95.52\%$ (2 分)

17. (15 分)

(1) ① -759.8(2 分) ② BC(2 分)

(2) ① $4\text{NH}_3 + 4\text{NO} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{V}_2\text{O}_5} 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ (3 分)

② NH_3 中 N 和 V—O—H 中的 H，形成 $\text{N}\cdots\text{H—O}$ 氢键； NH_3 中 H 和 VO 中的 O 形成 $\text{N—H}\cdots\text{O}$ 氢键(2 分)

(3) ① 反应温度较低时，反应速率慢(1 分)。此时空速越大，反应气体与催化剂的接触时间越短，反应不够充分， NO_x 转化率越低(1 分)。空速越小，反应气体与催化剂的接触时间长，反应充分， NO_x 转化率越高(1 分)

② 高于 $350\text{ }^\circ\text{C}$ 时，温度升高，催化剂活性下降(1 分)； NH_3 与 O_2 反应生成了 NO_x (2 分)