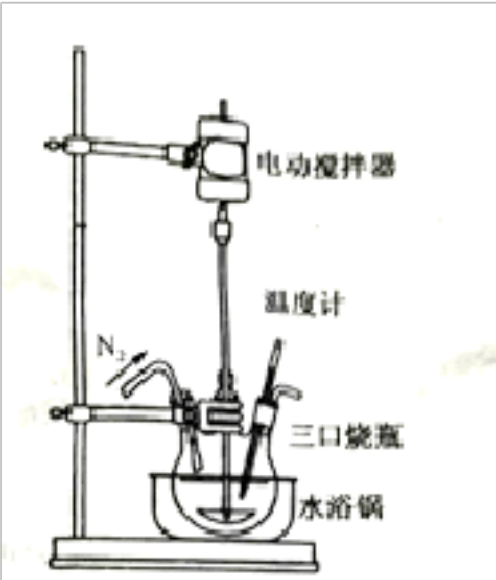


一、高中化学氧化还原反应练习题（含详细答案解析）

1. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ （连二亚硫酸钠）是易溶于水，不溶于甲醇的白色固体，在空气中极易被氧化，是一种还原性漂白剂。制取 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 的方法很多，

（1）在碱性溶液中用 NaBH_4 还原 NaHSO_3 法制备 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 的反应原理为：

$\text{NaBH}_4 + \text{NaHSO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 + \text{NaBO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ （未配平）反应装置如图所示：

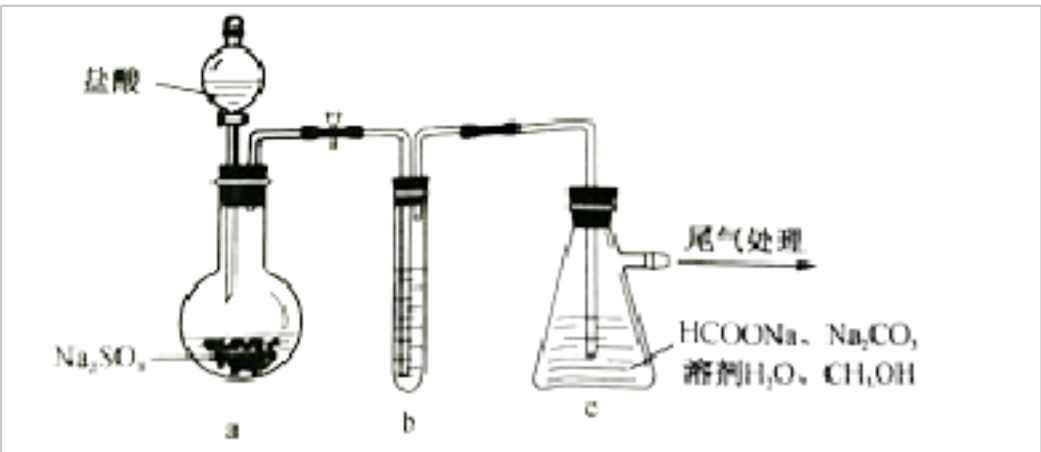


①实验开始及整个过程中均需通入 N_2 ，其目的是_____。

②制备过程中温度需控制在 $10\sim 45^\circ\text{C}$ ，采用水浴加热的主要优点是_____。

③为使 NaHSO_3 尽可能完全被还原，加入三口烧瓶中的反应液，应控制 $\frac{n(\text{NaHSO}_3)}{n(\text{NaBH}_4)}$ _____。

（2）用 HCOONa 还原 SO_2 制备 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 的装置（夹持加热仪器略）如下：



①装置 a 烧瓶中发生反应的化学方程式为_____。

②装置 b 用于净化 SO_2 ，适宜的试剂是_____。

③装置 c 在 $70\sim 83^\circ\text{C}$ 生成 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 并析出，同时逸出 CO_2 ，该反应的化学方程式为_____，加入 CH_3OH 的目的是_____；利用反应后的浊液分离提纯 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 需经过的操作为_____。

【答案】排出装置内空气，使反应在无氧状况下进行 使反应液均匀受热 小于 8:1 (或
 $\times 8$) $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$ 饱和 NaHSO_3 溶液
 $2\text{HCOONa} + 4\text{SO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2$ 降低 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 的溶解度
 过滤、洗涤、重结晶、过滤、干燥

【解析】

【分析】

(1)① $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 在空气中极易被氧化，通入 N_2 其目的是排出装置内空气；

②采用水浴加热的主要优点是使反应液均匀受热；

③ $\text{NaBH}_4 + \text{NaHSO}_3 + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 + \text{NaBO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ，根据得失电子守恒可知，

$$\frac{n(\text{NaHSO}_3)}{n(\text{NaBH}_4)} \times 3 = 8;$$

(2)①装置 a 烧瓶中发生 Na_2SO_3 与盐酸反应生成 SO_2 的反应；

②生成的 SO_2 气体中含有 HCl 气体，根据性质选择除杂溶液；

③装置 c 在 $70\sim 83^\circ\text{C}$ HCOONa 和 SO_2 、 Na_2CO_3 反应生成 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 并析出，同时逸出 CO_2 ； $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 不溶于甲醇，加入 CH_3OH 可降低 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 的溶解度；利用反应后的浊液分离提纯 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 需重结晶。

【详解】

(1)① $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 在空气中极易被氧化，实验开始及整个过程中均需通入 N_2 ，其目的是排出装置内空气，使反应在无氧状况下进行；

②制备过程中温度需控制在 $10\sim 45^\circ\text{C}$ ，采用水浴加热的主要优点是使反应液均匀受热；

③根据得失电子守恒配平方程式， $\text{NaBH}_4 + 8\text{NaHSO}_3 = 4\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 + \text{NaBO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ，

$$\frac{n(\text{NaHSO}_3)}{n(\text{NaBH}_4)} \times 3 = 8$$
，为使 NaHSO_3 尽可能完全被还原，加入三口烧瓶中的反应液，应控制

$$\frac{n(\text{NaHSO}_3)}{n(\text{NaBH}_4)} \times 3 < 8;$$

(2)①装置 a 烧瓶中发生反应的化学方程式为 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$ ；

②生成的 SO_2 气体中含有 HCl 气体，除杂适宜的试剂是饱和 NaHSO_3 溶液；

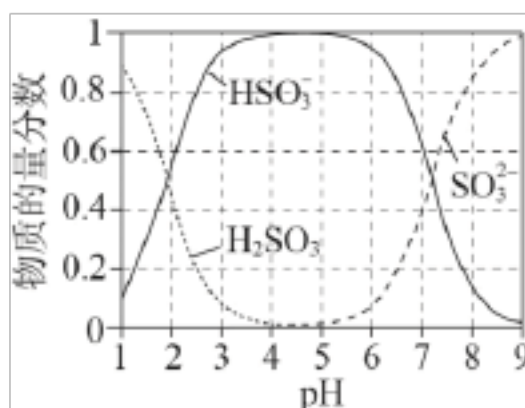
③装置 c 在 $70\sim 83^\circ\text{C}$ 生成 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 并析出，同时逸出 CO_2 ，化学方程式为

$2\text{HCOONa} + 4\text{SO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2$ ； $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 不溶于甲醇，加入 CH_3OH 的目的是降低 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 的溶解度；利用反应后的浊液分离提纯 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 需经过的操作为过滤、洗涤、重结晶、过滤、干燥。

2. 阳极泥处理后的沉渣中含 AgCl ，工业上可用 Na_2SO_3 溶液作浸取剂浸出回收。某小组在实验室模拟该过程。

已知：

- i. 25°C 时，部分物质的溶解度： AgCl $1.9 \times 10^{-4} \text{ g}$ Ag_2SO_3 $4.6 \times 10^{-4} \text{ g}$ Ag_2SO_4 0.84 g
- ii. 25°C 时，亚硫酸钠溶液酸化过程中含 S⁴ 微粒的物质的量分数随 pH 变化如图所示。



I. 浸出氯化银

取 AgCl 固体，加入 1 mol/L Na_2SO_3 溶液作浸取剂，充分反应后过滤得到浸出液（ $\text{pH}=8$ ），该过程中发生的反应为 $\text{AgCl} + 2\text{SO}_3^{2-} \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{SO}_3)_2]^- + \text{Cl}^-$

（1）用平衡移动原理解释 AgCl 溶解的原因是_____。

II. 酸化沉银

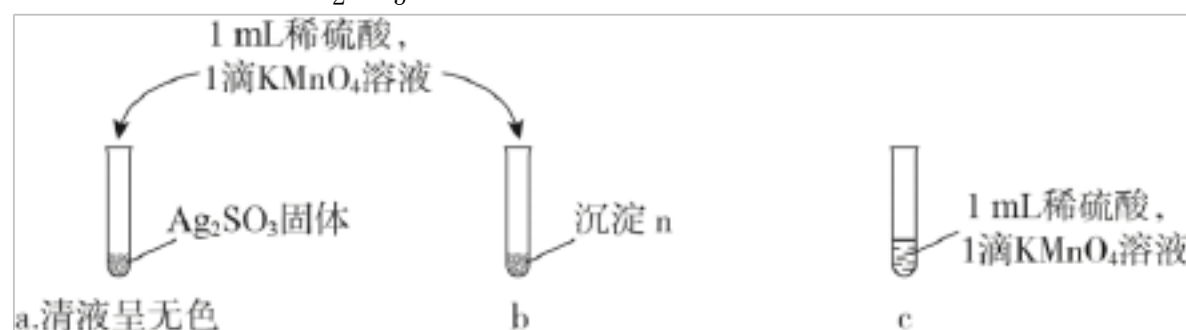


（2）经检测，沉淀 m 为 AgCl ，则溶液 m 中含 S⁴ 微粒的主要存在形式是_____。

（3）探究沉淀 n 的成分。

①甲同学认为沉淀 n 一定不含 Ag_2SO_4 ，其依据是_____。

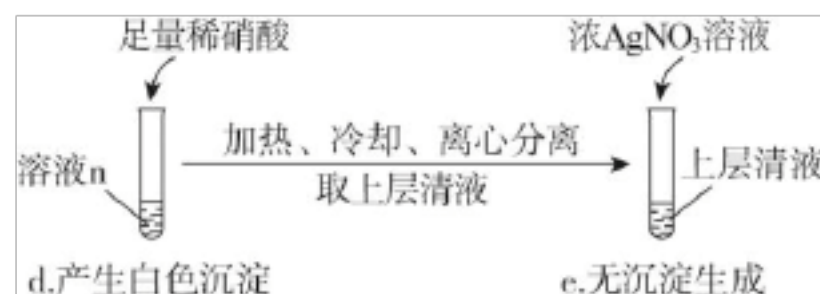
②乙同学认为沉淀 n 可能含 Ag_2SO_3 ，进行实验验证。



i. 本实验设计的依据是： Ag_2SO_3 具有_____性。

ii. 乙同学观察到_____，得出结论“沉淀 n 不含 Ag_2SO_3 ”。

③丙同学从溶液 n 的成分角度再次设计实验证明沉淀 n 不含 Ag_2SO_3 。



i. 本实验设计的依据是：若沉淀 n 含 Ag_2SO_3 ，则溶液 n 中含 Ag^+ 微粒的总物质的量_____（填“>”、“=”或“<”） Cl^- 物质的量。

ii. 结合实验现象简述丙同学的推理过程：_____。

III. 浸取剂再生

（4）溶液 m 经处理后可再用于浸出 AgCl ，请简述该处理方法_____。

【答案】 $\text{AgCl(s)} \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ ， Ag^+ 与 SO_3^{2-} 结合生成 $[\text{Ag}(\text{SO}_3)_2]^{3-}$ ，促进 AgCl 的溶解平衡正向移动 HSO_3^- Ag_2SO_4 的溶解度远大于 AgCl 或 Ag_2SO_3 ，溶液中 Ag^+ 的浓度很小 还原 b 中清液的颜色与 c 相同，均为浅紫色溶液 < e 中无沉淀生成，说明清液中没有 Cl^- ，则溶液 n 中加入稀硝酸使 $[\text{Ag}(\text{SO}_3)_2]^{3-}$ 全部转化为 Ag^+ ， Ag^+ 将 Cl^- 全部沉淀，由此可知溶液 n 中含 Ag 元素的微粒总物质的量不小于 $n(\text{Cl}^-)$ 加 NaOH 溶液调节 pH 至 9~10

【解析】

【分析】

- I、（1）利用平衡移动的知识答题即可；
- II、（2）生成沉淀 m 时，溶液 m 的 pH 为 5，观察图像，可以得知 HSO_3^- 的物质的量分数占 100%；
- （3）①溶液中 Ag^+ 的浓度很小，而 Ag_2SO_4 的溶解度较大，故不会形成 Ag_2SO_4 沉淀；
- ②依据 Ag_2SO_3 的还原性答题；
- ③e 中无沉淀生成，说明清液中没有 Cl^- ，则溶液 n 中加入稀硝酸使 $[\text{Ag}(\text{SO}_3)_2]^{3-}$ 全部转化为 Ag^+ ， Ag^+ 将 Cl^- 全部沉淀，由此可分析出溶液 n 中含 Ag 元素的微粒总物质的量不小于 $n(\text{Cl}^-)$ ；
- III、（4）m 溶液中的溶质为 NaHSO_3 ，浸取剂为 Na_2SO_3 溶液，需要加入 NaOH 溶液将 NaHSO_3 转化为 Na_2SO_3 。

【详解】

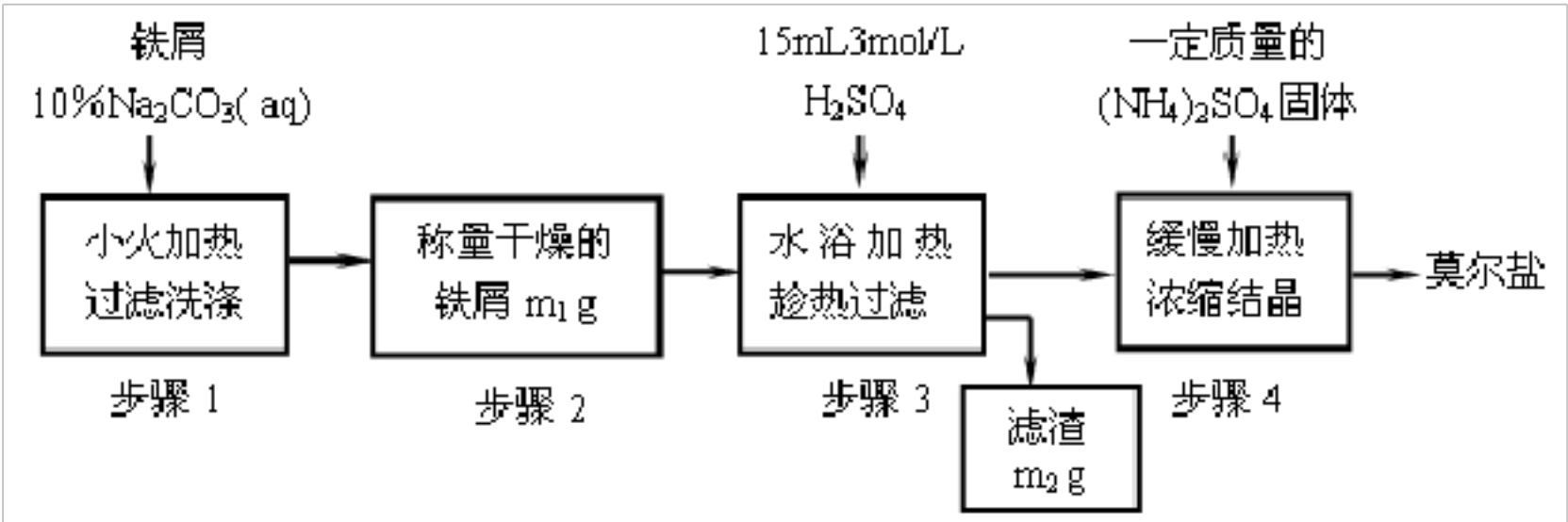
- I、（1） $\text{AgCl(s)} \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ ， Ag^+ 与 SO_3^{2-} 结合生成 $[\text{Ag}(\text{SO}_3)_2]^{3-}$ ，促进 AgCl 的溶解平衡正向移动；
- II、（2）生成沉淀 m 时，溶液 m 的 pH 为 5，观察图像，可以得知 HSO_3^- 的物质的量分数占 100%，则溶液 m 中含 S^4 微粒的主要存在形式是 HSO_3^- ；
- （3）① Ag_2SO_4 的溶解度远大于 AgCl 或 Ag_2SO_3 ，溶液中 Ag^+ 的浓度很小；
- ②i、酸性 KMnO_4 溶液具有强氧化性， SO_3^{2-} 具有还原性，则该实验涉及的依据是 Ag_2SO_3 具有还原性；
- ii 沉淀中无 Ag_2SO_3 ，则该沉淀不会使酸性 KMnO_4 溶液褪色，故可以观察到 a 试管中酸性 KMnO_4 溶液褪色，b、c 试管中酸性 KMnO_4 溶液依然呈紫色；
- ③e 中无沉淀生成，说明清液中没有 Cl^- ，则溶液 n 中加入稀硝酸使 $[\text{Ag}(\text{SO}_3)_2]^{3-}$ 全部转化为 Ag^+ ， Ag^+ 将 Cl^- 全部沉淀，由此可分析出溶液 n 中含 Ag 元素的微粒总物质的量不小于 $n(\text{Cl}^-)$ ；
- III、（4）m 溶液中的溶质为 NaHSO_3 ，浸取剂为 Na_2SO_3 溶液，根据曲线图可知，加入 NaOH 溶液调整 pH 到 9-10即可。

3. 硫酸亚铁铵的化学式为 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，商品名为莫尔盐，可由硫酸亚铁与硫酸铵反应生成。一般硫酸亚铁盐在空气中易被氧化，而形成莫尔盐后就比较稳定了。三种盐的溶解度（单位为 g/100g 水）如下表：

温度 / $^{\circ}\text{C}$	10	20	30
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	73.0	75.4	78.0

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20.0	26.5	32.9
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4$	17.2	21.6	28.1

（一）实验室制取少量莫尔盐的流程如下：



试回答下列问题：

- （1）步骤 1 中加入 10%Na₂CO₃ 溶液的主要作用是_____；反应中铁屑过量是为了_____。
- （2）步骤 3 需要趁热过滤，原因是_____。
- （3）从步骤 4 到莫尔盐，必须进行的操作依次是_____，析出的晶体常用_____洗涤。
- （4）若莫尔盐的饱和溶液中有水 20 克，当温度从 30℃降至 10℃，最多析出莫尔盐的质量是_____（选填编号）。
- A 2.18g 大于2.18g 小于 2.18g 无法确定

（二）称取质量为 1.96g的莫尔盐制成溶液。用未知浓度的酸性 KMnO₄ 溶液进行滴定。

- （1）已知 MnO₄⁻被还原为 Mn²⁺，试写出该滴定反应的离子方程式_____。
- （2）判断该反应到达滴定终点的现象为_____。
- （3）假设到达滴定终点时，用去 V mL 酸性 KMnO₄ 溶液，则该酸性 KMnO₄ 溶液的浓度为_____mol/L。

【答案】除铁屑表面的油污 还原氧化生成的 Fe³⁺，保证 Fe²⁺稳定、纯净地存在，减少产物中的 Fe³⁺杂质 FeSO₄在温度低时溶解度较小，如果不趁热过滤就会有 FeSO₄·7H₂O 析出
过滤、洗涤 无水酒精或冰水 B 2+5MnO₄⁻+8H⁺→5Fe³⁺+Mn²⁺+4H₂O 加入最后一滴 KMnO₄ 溶液紫红色不褪，且半分钟内不褪色 /M

【解析】

【分析】

- （一）（1）碳酸钠水解显碱性；
- （2）FeSO₄ 在温度低时溶解度较小；
- （3）浓缩结晶后需要过滤、洗涤；温度低时，硫酸亚铁铵的溶解度小；
- （4）(NH₄)₂SO₄·FeSO₄ 在 30℃和 10℃的溶解度分别为：28.1g和 17.2g
- （二）（1）MnO₄⁻将二价铁离子氧化为三价铁离子，被还原为 Mn²⁺；
- （2）高锰酸钾本身有颜色，滴定亚铁离子是不需要指示剂的；
- （3）根据亚铁离子和高锰酸根反应的实质，可以找到亚铁离子与高锰酸根之间的量的关

系，根据原子守恒可以找到亚铁离子和酸亚铁铵之间量的关系，进而进行计算。

【详解】

(一) (1) 碳酸钠水解显碱性，油脂在碱性条件下能水解，过量的 Fe 可以还原氧化生成的 Fe^{3+} ，减少产物中的 Fe^{3+} 杂质，

故答案为：除铁屑表面的油污；还原氧化生成的 Fe^{3+} ，保证 Fe^{2+} 稳定、纯净地存在，减少产物中的 Fe^{3+} 杂质；

(2) 如果不趁热过滤就会有 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 析出，故答案为： FeSO_4 在温度低时溶解度较小，如果不趁热过滤就会有 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 析出；

(3) 浓缩结晶后需要过滤、洗涤；硫酸亚铁铵在无水乙醇中的溶解度小；温度低时，硫酸亚铁铵的溶解度小，可用冰水洗涤，故答案为：过滤、洗涤；无水酒精或冰水；

(4) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4$ 在 30°C 和 10°C 的溶解度分别为：28.1g 和 17.2g 即若溶剂为 100g 水，冷却析出 10.9g 有水 20g 析出 2.18g 硫酸亚铁铵的化学式为 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 含有结晶水，故析出质量大于 2.18g 故答案为：B；

(二) (1) 反应的离子方程式 $5\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ \rightarrow 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ ，故答案为： $5\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ \rightarrow 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ ；

(2) 高锰酸钾本身有颜色，滴定亚铁离子不需要指示剂，当滴加最后一滴溶液后，溶液变成紫红色，30s 内不褪色，说明达到滴定终点，故答案为：加入最后一滴 KMnO_4 溶液紫红色不褪，且半分钟内不褪色；

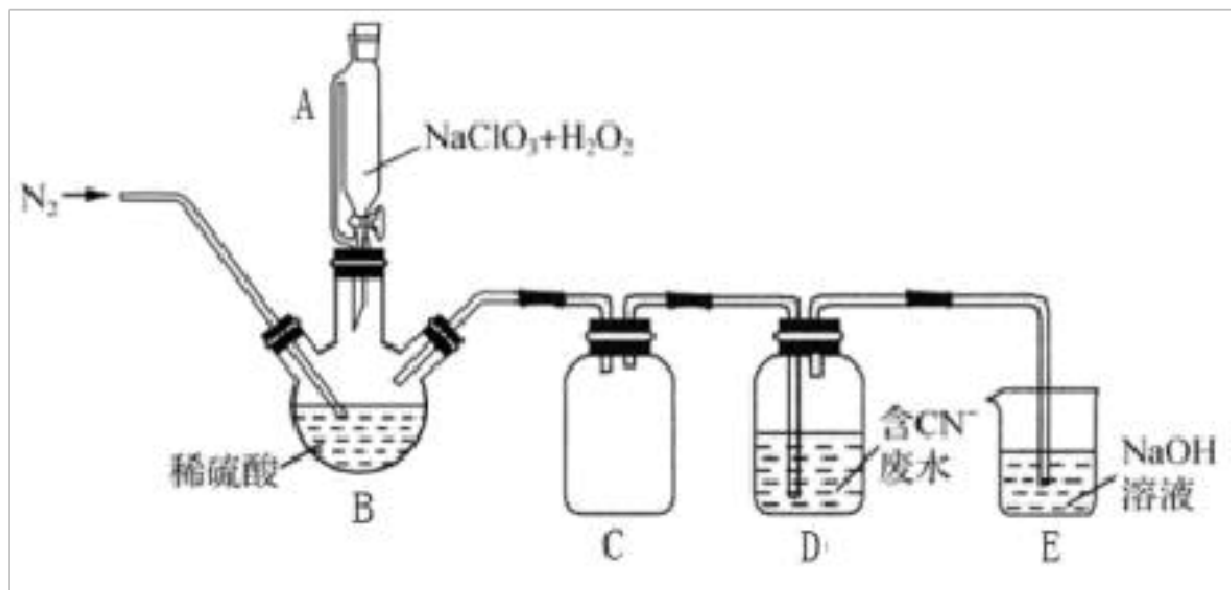
(3) 1.96g 硫酸亚铁铵晶体的物质的量 $n = \frac{m}{M} = \frac{1.96\text{g}}{392\text{g/mol}} = 0.005\text{mol}$ ，根据原子守恒则亚铁离子的物质的量为 0.005mol，反应 $5\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ = 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ ，则 $5\text{Fe}^{2+} \sim \text{MnO}_4^-$ ，所以高锰酸钾的物质的量为 0.001mol，据 $c = \frac{n}{V} = \frac{0.001\text{mol}}{10^{-3}\text{L}} = \frac{1}{V} \text{mol/L}$ ，故答案为：

$$\frac{1}{V}。$$

4. 二氧化氯 (ClO_2) 具有强氧化性，在工业上常用作水处理剂、漂白剂。 ClO_2 是一种易溶于水的黄绿色气体，其体积分数超过 10% 时易引起爆炸。某研究小组欲用以下三种方案制备 ClO_2 ，回答下列问题：

(1) 以黄铁矿 (FeS_2)、氯酸钠和硫酸溶液混合反应制备 ClO_2 ，黄铁矿中的硫元素在酸性条件下被 ClO_3^- 氧化成 SO_4^{2-} ，写出制备 ClO_2 的离子方程式__。

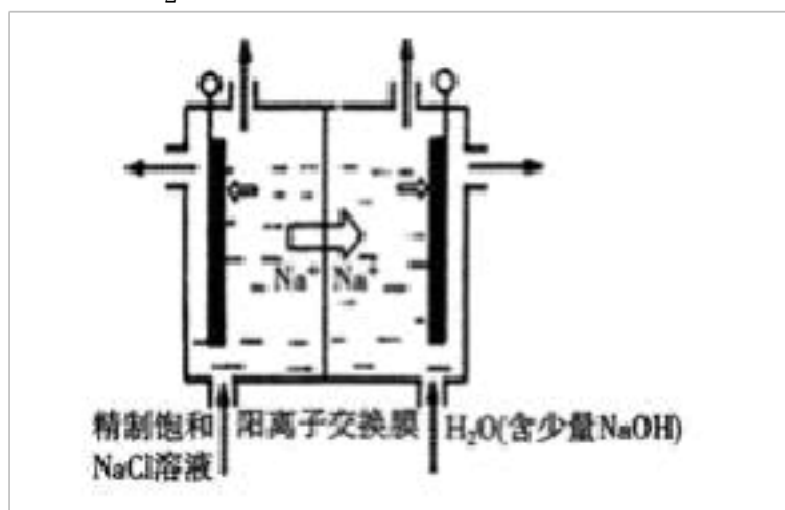
(2) 用过氧化氢作还原剂，在硫酸介质中还原 NaClO_3 制备 ClO_2 ，并将制得的 ClO_2 用于处理含 CN 废水。实验室模拟该过程的实验装置 (夹持装置略) 如图所示。



- ①装置 A 的名称是__，装置 C 的作用是__。
- ②反应容器 B 应置于 30℃ 左右的水浴中，目的是__。
- ③通入氮气的主要作用有 3 个，一是可以起到搅拌作用，二是有利于将 ClO_2 排出，三是__。
- ④ ClO_2 处理含 CN^- 废水的离子方程式为__，装置 E 的作用是__。

(3) 氯化钠电解法是一种可靠的工业生产 ClO_2 的方法。

- ①用于电解的食盐水需先除去其中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 等杂质。某次除杂操作时，往粗盐水中先加入过量的__（填化学式），至沉淀不再产生后，再加入过量的 Na_2CO_3 和 NaOH ，充分反应后将沉淀一并滤去。
- ②用石墨做电极，在一定条件下电解饱和食盐水制取 ClO_2 ，工作原理如图所示，写出阳极产生 ClO_2 的电极反应式__。



【答案】 $\text{FeS}_2 + 15\text{ClO}_3 + 14\text{H}^+ = 15\text{ClO}_2 + \text{Fe}^{3+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}$ 恒压漏斗 安全瓶 提高化学反应速率，同时防止过氧化氢受热分解 稀释 ClO_2 ，防止其爆炸 $2\text{CN}^- + 2\text{ClO}_2 = 2\text{CO}_2 + \text{N}_2 + 2\text{Cl}^-$ 吸收 ClO_2 等气体，防止污染大气 $\text{Ba}_2\text{Cl}^- + 3\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = \text{ClO}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$

【解析】

【分析】

二氧化氯 (ClO_2) 具有强氧化性，在工业上常用作水处理剂、漂白剂。分别利用无机反应和电解原理制备二氧化氯，三种方法均利用了氧化还原反应。

【详解】

(1) 以黄铁矿 (FeS_2)、氯酸钠和硫酸溶液混合反应制备 ClO_2 ，黄铁矿中的硫元素在酸性条件下被 ClO_3^- 氧化成 SO_4^{2-} ，根据氧化还原反应中电子守恒和元素守恒，可以写出制备 ClO_2 的离子方程式为 $\text{FeS}_2 + 15\text{ClO}_3 + 14\text{H}^+ = 15\text{ClO}_2 + \text{Fe}^{3+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) ① 装置 A 的名称为恒压漏斗，装置 C 为安全瓶，起到防止液体倒吸的作用。

② 升高温度可以提高化学反应速率，但是原料中含有过氧化氢，过氧化氢在过高的温度下可以发生分解反应，因此反应容器 B 应置于 30℃ 左右的水浴中。

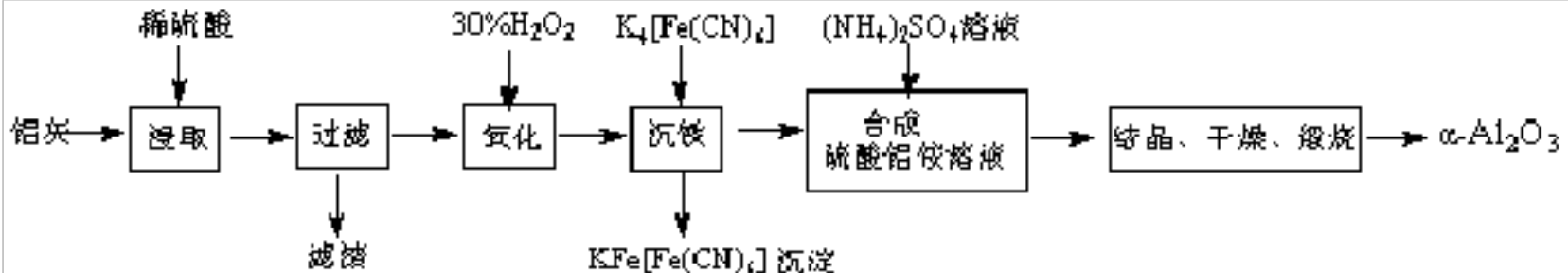
③ 根据题文可知，ClO₂ 是一种易溶于水的黄绿色气体，其体积分数超过 10% 时易引起爆炸，故通入氮气的主要作用有 3 个，一是可以起到搅拌作用，二是有利于将 ClO₂ 排出，三是稀释 ClO₂，防止其爆炸。

④ ClO₂ 处理含 CN⁻ 废水发生氧化还原反应，将 CN⁻ 转化为无污染的 CO₂ 和 N₂，故离子方程式为 2CN⁻ + 2ClO₂ = 2CO₂ + N₂ + 2Cl⁻；装置 E 在整套装置之后，起到吸收尾气，防止环境污染的作用。

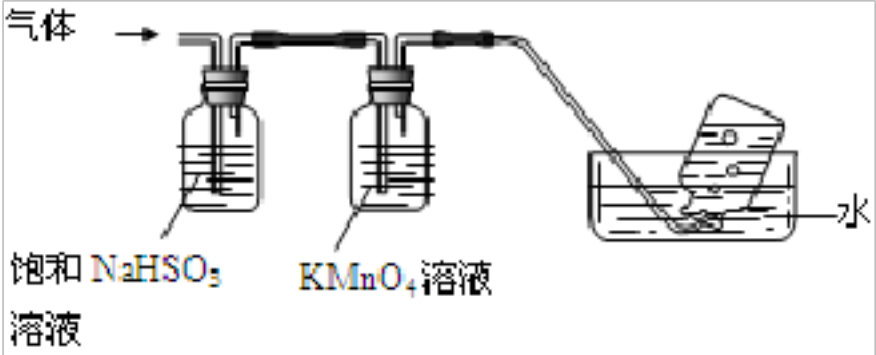
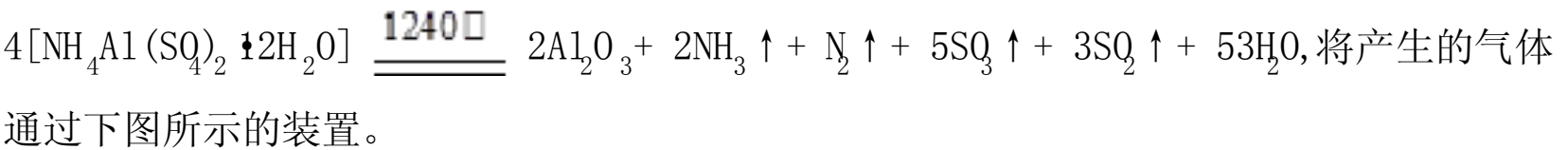
(3) ① 用于电解的食盐水需先除去其中的 Ca²⁺、Mg²⁺、SO₄²⁻ 等杂质，需要过量的碳酸根离子、氢氧根离子和钡离子，过量的钡离子可以用碳酸根离子除去，因此在加入 Na₂CO₃ 之前应先加入过量 BaCl₂。

② 用石墨做电极，电解池的阳极发生氧化反应，元素化合价升高，因此氯离子在阳极失电子和水反应得到 ClO₂，电极反应式为 Cl⁻ - 5e⁻ + 2H₂O = ClO₂ ↑ + 4H⁺。

5. 以冶铝的废弃物铝灰为原料制取超细 α-氧化铝，既降低环境污染又可提高铝资源的利用率。已知铝灰的主要成分为 Al₂O₃（含少量杂质 SiO₂、FeO、Fe₂O₃），其制备实验流程如下：

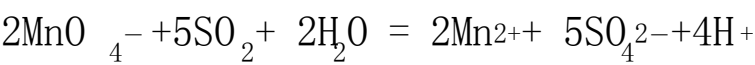


- (1) 铝灰中氧化铝与硫酸反应的化学方程式为_____。
- (2) 图中“滤渣”的主要成分为_____ (填化学式)。
- (3) 加 30% 的 H₂O₂ 溶液发生的离子反应方程式为_____。
- (4) 煅烧硫酸铝铵晶体，发生的主要反应为：



- ① 集气瓶中收集到的气体是_____ (填化学式)。
- ② 足量饱和 NaHSO₃ 溶液吸收的物质除大部分 H₂O (g) 外还有_____ (填化学式)。
- ③ KMnO₄ 溶液褪色 (MnO₄⁻ 还原为 Mn²⁺)，发生的离子反应方程式为_____。

【答案】 Al₂O₃ + 3H₂SO₄ = Al₂(SO₄)₃ + 3H₂O SiO₂ 2Fe + H₂O₂ + 2H⁺ = 2Fe³⁺ + 2H₂O N₂ SO₂ NH₃



【解析】

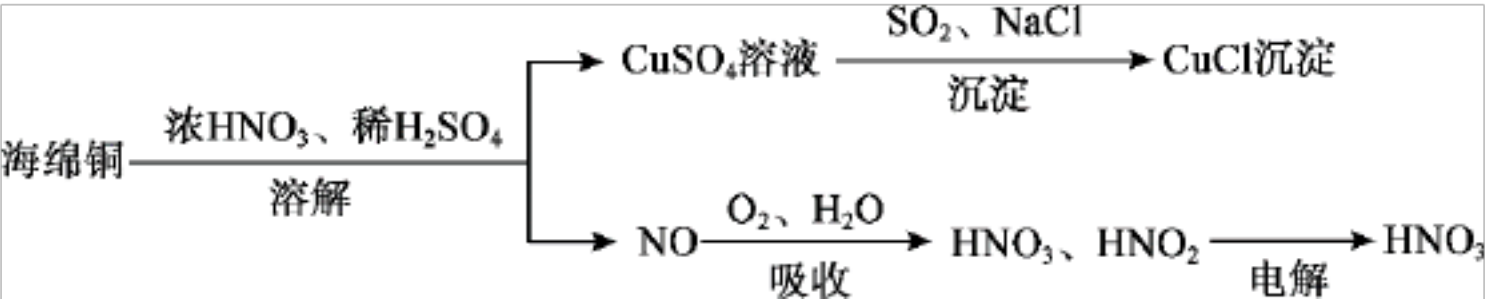
【分析】

根据题意，铝灰的主要成分为 Al_2O_3 （含少量杂质 SiO_2 、 FeO 、 Fe_2O_3 ），铝灰中加稀硫酸， Al_2O_3 、 FeO 、 Fe_2O_3 转化为离子， SiO_2 不溶于硫酸，过滤，滤液中含有 Al^{3+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} ，加入双氧水， Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+} ，加入 $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 后 Fe^{3+} 转化为沉淀，过滤，在滤液中加入硫酸铵，生成 $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ ，结晶、干燥、煅烧得到 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 。

【详解】

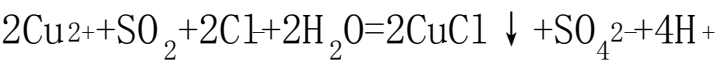
- (1) Al_2O_3 与硫酸反应生成硫酸铝和水，其反应的方程式为 $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ 。
- (2) 根据上述分析，图中“滤渣”的主要成分是不溶于硫酸的二氧化硅，化学式为 SiO_2 。
- (3) 滤液中含有 Al^{3+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} ，加 30% 的 H_2O_2 溶液将 Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+} ，根据得失电子守恒、电荷守恒和原子守恒配平，发生反应的离子方程式为 $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。
- (4) ① $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 分解生成的气体 NH_3 和 SO_3 被亚硫酸钠吸收，二氧化硫被高锰酸钾吸收，所以最后集气瓶中收集到的气体是 N_2 。
- ② 饱和 NaHSO_3 能与 SO_3 、氨气反应，则足量饱和 NaHSO_3 溶液吸收的物质除大部分 H_2O (g) 外，还有 SO_3 、 NH_3 。
- ③ 酸性条件下， KMnO_4 与二氧化硫反应生成硫酸根离子和锰离子，根据得失电子守恒、电荷守恒、原子守恒配平，其反应的离子方程式为： $2\text{MnO}_4^- + 5\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ 。

6. 以海绵铜（ CuO 、 Cu ）为原料制备氯化亚铜（ CuCl ）的一种工艺流程如下：



- (1) Cu 基态原子核外电子排布式为_____， SO_4^{2-} 的空间构型为_____（用文字描述）； Cu^{2+} 与 OH^- 反应能生成 $[\text{Cu}(\text{OH})_4]^{2-}$ ， $[\text{Cu}(\text{OH})_4]^{2-}$ 中提供孤电子对的原子是_____（填元素符号）。
- (2) “吸收”过程：
- ① $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -112.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 提高 NO 平衡转化率的方法有_____（写出两种）。
- ② 吸收 NO_2 的有关反应如下：
- 反应 I： $2\text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{HNO}_3(\text{aq}) + \text{HNO}_2(\text{aq}) \quad \Delta H = -116.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- 反应 II： $3\text{HNO}_2(\text{aq}) = \text{HNO}_3(\text{aq}) + 2\text{NO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -75.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- 用水吸收 NO_2 生成 HNO_3 和 NO 的热化学方程式是_____。
- (3) “电解”过程： HNO_2 为弱酸，通过电解使 HNO_3 得以再生，阳极的电极反应式是_____。
- (4) “沉淀”过程：产生 CuCl 的离子方程式是_____。

【答案】 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$ 正四面体形 0 增大压强、提高氧气的浓度
 $3\text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) = 2\text{HNO}_3(\text{aq}) + \text{NO}(\text{g}) \quad \Delta H = -132.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ $\text{HNO}_2 + 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} = 3\text{H}^+ + \text{NO}_3^-$



【解析】

【分析】

海绵铜（CuO、Cu）中 CuO 与稀 H₂SO₄ 反应转化为硫酸铜，因硝酸在酸性条件下具有氧化性，会将铜氧化为铜离子，最终生成硫酸铜，SO₂ 具有还原性，再将铜离子还原为氯化亚铜，NO 合理利用，经过氧化与电解过程得到硝酸，据此分析解答。

【详解】

（1）Cu 的原子序数为 29，Cu 基态原子核外电子排布式为 1s²2s²2p⁶3s²3p⁶3d¹⁰4s¹；SO₄²⁻ 中 S 原子价层电子对个数=4+ $\frac{6+2-4}{2}\times 2=4$ ，且不含孤电子对，由价层电子对互斥理论判断该微粒为正四面体形；[Cu(OH)₄]²⁻ 中 Cu²⁺ 提供空轨道，O 原子提供孤电子对形成配位键，答案为：1s²2s²2p⁶3s²3p⁶3d¹⁰4s¹；正四面体形；0；

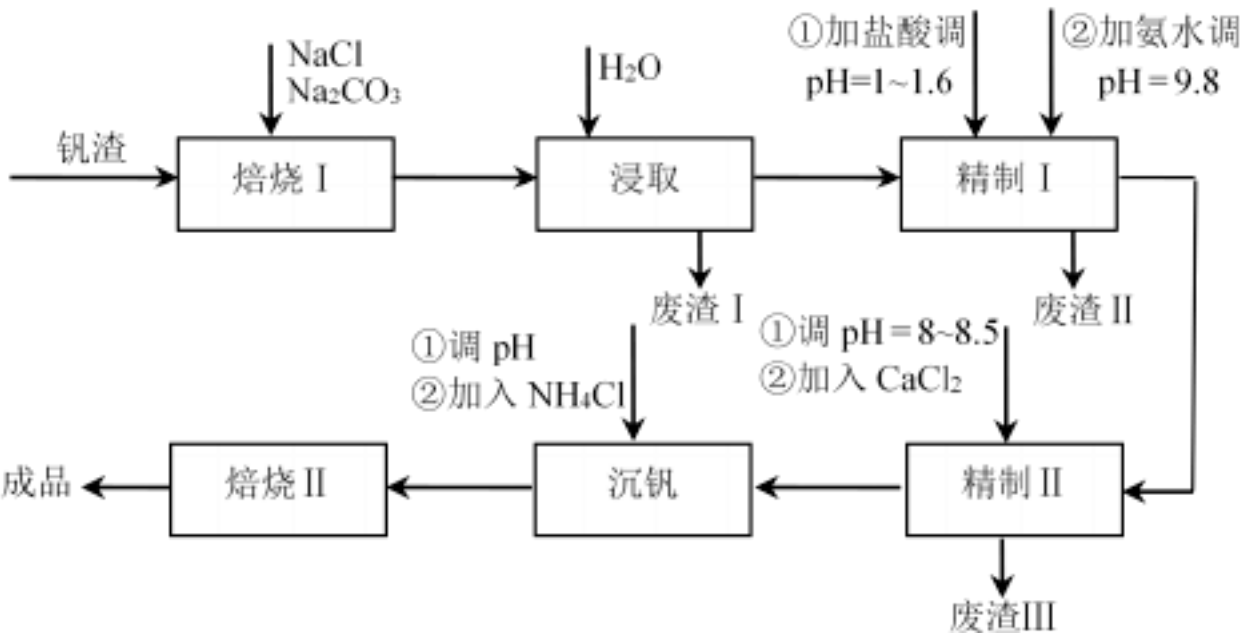
（2）①2NO(g)+O₂(g) $\rightleftharpoons$ 2NO₂(g) H=-112.6kJ mol⁻¹是气体体积减小的放热反应，提高 NO 平衡转化率，平衡应向正反应方向移动，可以采取的措施有：降低温度、增大压强、提高氧气的浓度等；

②由盖斯定律可知：（反应 I $\times 3$ +反应 II $\times \frac{1}{2}$ ）可以得到用水吸收 NO₂ 生成 HNO₃ 和 NO 的热化学方程式：3NO₂(g)+H₂O(l)=2HNO₃(aq)+NO(g) H=-212.1kJ mol⁻¹

（3）电解过程中，阳极上 HNO₂ 失去电子发生氧化反应生成 HNO₃，阳极的电极反应式是：HNO₂-2e⁻+H₂O=3H⁺+NO₃⁻；

（4）Cu²⁺与 SO₂ 发生氧化还原反应生成 CuCl，离子方程式为：2Cu²⁺+SO₂+2Cl⁻+2H₂O=2CuCl↓ +SO₄²⁻+4H⁺。

7. 利用钒钛磁铁矿冶炼后产生的钒渣（主要含 FeO·V₂O₃、Al₂O₃、SiO₂ 及少量可溶性磷酸盐）生产 V₂O₅ 的工艺流程如下，回答下列问题：



已知：①V₂O₅、Al₂O₃、SiO₂ 可与 Na₂CO₃、NaCl 组成的混合钠盐在高温下反应，并转化为 NaVO₃、NaAlO₂、Na₂SiO₃ 等可溶性钠盐。

②AlO₂⁻+4H⁺=Al³⁺+2H₂O。

（1）焙烧 I 包括氧化和钠化成盐两个过程，氧化的目的是获得 V₂O₅，写出氧化过程中 FeO·V₂O₃ 发生反应的化学方程式_____；废渣 I 的主要成分是_____；精制 I 中加

盐酸调 pH 的主要作用是_____，加入 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 后发生反应的离子方程式为_____。

(2) 精制 II 中加入 CaCl_2 溶液除去磷酸盐，pH 过小时影响除磷效果的原因是_____；pH 过大时，沉淀量增大的原因是_____。

(3) 沉钒所得 NH_4VO_3 沉淀需进行洗涤，洗涤时除去的阴离子主要是_____。 NH_4VO_3 在 500°C 时焙烧脱氨制得产品 V_2O_5 ，反应方程式为 $2\text{NH}_4\text{VO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{V}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \uparrow + 2\text{NH}_3 \uparrow$ 。但脱氨过程中，部分 V_2O_5 会转化成 V_2O_4 ，反应中氧化剂与还原剂物质的量之比为 3:2，该反应的化学方程式为_____。

【答案】 $4\text{FeO} \cdot \text{V}_2\text{O}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow{\text{焙烧}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{V}_2\text{O}_5$ Fe_2O_3 [或 $\text{Fe}(\text{OH})_3$] 除 Si 并转化

AlO_2^- (写“除 Si”即得分) $3\text{Al}^{3+} + 3\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NH}_4^+$ $\text{H}^+ + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4^+$ (写出第一个离子方程式即得分) 形成溶解度较大的酸式盐 (或形成溶解度较大的磷

酸氢钙和/或磷酸二氢钙) 产生了 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 沉淀 $- \text{Cl}^-$ $3\text{V}_2\text{O}_5 + 2\text{NH}_3 \xrightarrow{500^\circ\text{C}} 3\text{V}_2\text{O}_4 + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

【解析】

【分析】

氧化过程 $\text{FeO} \cdot \text{V}_2\text{O}_3$ 生成对应的金属氧化物 Fe_2O_3 和 V_2O_5 ；经过氧化和钠化后， V_2O_5 、 Al_2O_3 、 SiO_2 均转化为可溶性盐， Fe_2O_3 [或 $\text{Fe}(\text{OH})_3$] 成为滤渣；精制 I 中加盐酸调 pH 为了和 SiO_3^{2-} 反应生成硅酸沉淀，将 AlO_2^- 转化为 Al^{3+} ；加入 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 后与 Al^{3+} 发生反应生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀；精制 II 中加入 CaCl_2 溶液生成磷酸钙沉淀，除去磷酸盐，沉钒时加入试剂 NH_4Cl ，所得 NH_4VO_3 沉淀，焙烧得到产品，据此分析。

【详解】

(1) 氧化过程 $\text{FeO} \cdot \text{V}_2\text{O}_3$ 生成对应的金属氧化物 Fe_2O_3 和 V_2O_5 ，化学方程式为：

$4\text{FeO} \cdot \text{V}_2\text{O}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow{\text{焙烧}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{V}_2\text{O}_5$ ；经过氧化和钠化后， V_2O_5 、 Al_2O_3 、 SiO_2 均转化为

可溶性盐， Fe_2O_3 [或 $\text{Fe}(\text{OH})_3$] 成为滤渣；精制 I 中加盐酸调 pH 为了和 SiO_3^{2-} 反应生成硅酸沉淀，将 AlO_2^- 转化为 Al^{3+} ；加入 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 后与 Al^{3+} 发生反应生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀，还可以中和酸，反应方程式为： $\text{Al}^{3+} + 3\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NH}_4^+$ 、

$\text{H}^+ + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4^+$ ，故答案为： $4\text{FeO} \cdot \text{V}_2\text{O}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow{\text{焙烧}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{V}_2\text{O}_5$ ；

Fe_2O_3 [或 $\text{Fe}(\text{OH})_3$]；除 Si 并转化 AlO_2^- (写“除 Si”即得分)；

$\text{Al}^{3+} + 3\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NH}_4^+$ ， $\text{H}^+ + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4^+$ (写出第一个离子方程式即得分)；

(2) 精制 II 中加入 CaCl_2 溶液生成磷酸钙沉淀，除去磷酸盐，pH 过小时形成溶解度较大的酸式盐；pH 过大时易形成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 沉淀，故答案为：形成溶解度较大的酸式盐 (或形成溶解度较大的磷酸氢钙和/或磷酸二氢钙)；产生了 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 沉淀；

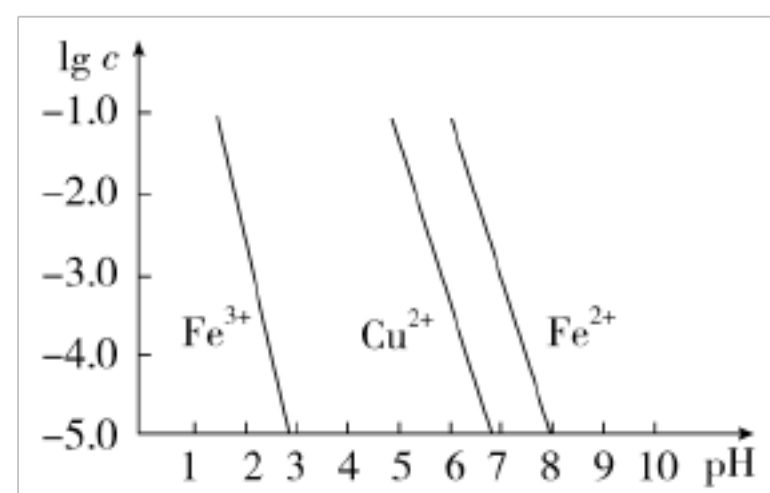
(3) 沉钒时加入试剂 NH_4Cl ，因此所得 NH_4VO_3 沉淀含有阴离子主要为 Cl^- ；脱氨过程中，部分 V_2O_5 会转化成 V_2O_4 ，且反应中氧化剂与还原剂物质的量之比为 3:2，则 V_2O_5 为氧化剂， NH_3 为还原剂，还原产物为 V_2O_4 ，氧化产物为 N_2 ，则氧化还原方程式为： $3\text{V}_2\text{O}_5 + 2\text{NH}_3 \xrightarrow{500^\circ\text{C}} 3\text{V}_2\text{O}_4 + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ ，故答案为： Cl^- ； $3\text{V}_2\text{O}_5 + 2\text{NH}_3 \xrightarrow{500^\circ\text{C}} 3\text{V}_2\text{O}_4 + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

8. 铁、氯、铜及其化合物在生产、生活中有广泛的用途。试回答下列问题。

(1) 二氧化氯 (ClO_2) 已逐步代替 Cl_2 用于自来水处理，用 ClO_2 处理过的饮用水 (pH 为 5.5~6.5) 常含有一定量对人体不利的亚氯酸根离子 (ClO_2^-)。已知：25℃ 时 $K_a(\text{HClO})=3.2 \times 10^{-8}$ ， $K_a(\text{HClO}_2)=1.0 \times 10^{-2}$ ，则酸性 HClO_2 _____ HClO (填 “>” “=” 或 “<”)；在 pH=5 的上述处理过的饮用水中 $\frac{c(\text{ClO}_2^-)}{c(\text{HClO}_2)} = \frac{1}{10}$ ；若饮用水中 ClO_2 的含量超标，可向其中加入适量的 Fe^{2+} 将 ClO_2 还原成 Cl^- ，写出酸性条件下该反应的离子方程式：

_____。

(2) ① 腐蚀铜板后的溶液中，若 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 和 Fe^{2+} 浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，下图为金属离子的浓度的对数与溶液 pH 的关系，现向混合溶液中通入氨气调节溶液的 pH=5.6，溶液中存在的金属阳离子为 _____ (当溶液中金属离子浓度 $\leq 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，可认为沉淀完全)。



② 从图中数据计算可得 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的溶度积 $K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_2] = 10^{-17}$ 。

(3) Na_2S 是常用的重金属离子沉淀剂。某工业污水中含有等浓度的 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Pb^{2+} ，滴加 Na_2S 溶液后首先析出的沉淀是 CuS ；当最后一种离子沉淀完全时 (该离子浓度为 $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)，此时的 S^{2-} 浓度为 $6.3 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。已知： $K_{sp}(\text{FeS})=6.3 \times 10^{-8}$ ； $K_{sp}(\text{CuS})=6 \times 10^{-36}$ ； $K_{sp}(\text{PbS})=2.4 \times 10^{-8}$ 。

【答案】> 10^{-17} $4\text{Fe}^{2+} + \text{ClO}_2 + 4\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{3+} + \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 1×10^{-17} CuS
 $6.3 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

【解析】

【分析】

(1) 组成相似的酸，电离平衡常数越大酸性越强；依据电离平衡常数计算式计算；

(2) ① 向混合溶液中通入氨气调节溶液的 pH=5.6 时，由图象分析出：易生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀；

② 根据 $K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_2] = c(\text{Fe}^{2+}) \times c^2(\text{OH}^-)$ 计算；

(3) 物质组成类型相同，溶度积越小，溶解度越小，滴加硫化钠，相应阳离子最先沉淀；

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/458040072044007006>