

无机化工流程题解题指导 (2) —— 物质转化中“核心反应”方程式的书写

一、知识总结 & 方法技巧

1、陌生氧化还原方程式的书写

· Step I 学会氧化还原反应产物的判断 (记忆常考半反应)



(1) 常见氧化剂及其还原产物

氧化剂	$\text{Cl}_2(\text{X}_2)$	O_2	Fe^{3+}	酸性 KMnO_4	MnO_2	酸性 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	HClO
还原产物	Cl^- (X^-)	$\text{H}_2\text{O}/\text{O}^{2-}/\text{OH}^-$	Fe^{2+}	Mn^{2+}	Mn^{2+}	Cr^{3+}	Cl^-
氧化剂	ClO_3^-	浓 H_2SO_4	HNO_3	$\text{H}_2\text{O}_2(\text{H}^+)$	PbO_2	$\text{FeO}_4^{2-}(\text{H}^+)$	NaBiO_3
还原产物	Cl^-	SO_2	$\text{NO}_2(\text{浓})$ 、 $\text{NO}(\text{稀})$	H_2O	Pb^{2+}	Fe^{3+}	Bi^{3+}

(2) 常见还原剂及其氧化产物

还原剂	金属单质	Fe^{2+}	$\text{H}_2\text{S}/\text{S}^{2-}$	$\text{SO}_2/\text{SO}_3^{2-}$	HI/I^-	NH_3	N_2H_4	CO
氧化产物	金属离子	Fe^{3+}	S 、 SO_2	SO_3 、 SO_4^{2-}	I_2	N_2 、 NO	N_2	CO_2

· Step II 配平氧化还原半反应

氧化剂+还原剂=氧化产物+还原产物

根据电子得失守恒配平以上四种物质

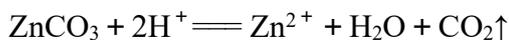
· Step III 根据电荷守恒在方程左右配上 $\text{H}_2\text{O}/\text{H}^+/\text{OH}^-$ 酸性溶液中：反应物“缺氧”，水供氧，生成 H^+ ；反应物“多氧”， H^+ 接收，生成水中性溶液中：反应物“缺氧”，水供氧，生成 H^+ ；反应物“多氧”，水接收，生成 OH^- 碱性溶液中：反应物“缺氧”， OH^- 供氧，生成水；反应物“多氧”，水接收，生成 OH^-

· Step IV 根据原子守恒检验，完成最后的配平

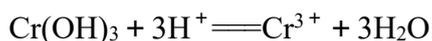
2、归纳化工流程题中主要涉及的 5 类离子反应

(1) 难溶物溶解的离子反应

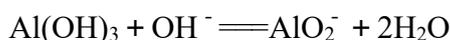
① ZnCO₃ 溶于稀硫酸:



② Cr(OH)₃ 溶于盐酸:



③ Al(OH)₃ 溶于强碱:



(2) 沉淀转化的离子反应

① ZnS 转化为 CuS: $\text{ZnS} + \text{Cu}^{2+} \rightleftharpoons \text{CuS} + \text{Zn}^{2+}$

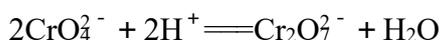
② AgCl 转化为 AgI: $\text{AgCl} + \text{I}^- \rightleftharpoons \text{AgI} + \text{Cl}^-$

③ Mg(OH)₂ 转化为 Fe(OH)₃:



(3) 同种元素在同种价态、不同 pH 下转化的离子反应

① CrO₄²⁻ 在酸性条件下转化为 Cr₂O₇²⁻:



② V₂O₅ 在酸浸时转化为 VO₂⁺:



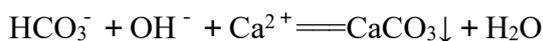
③ Cr(OH)₃ 在碱性条件下转化为 Cr(OH)₄⁻:



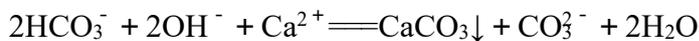
(4) 与量有关的离子反应

① 向 Ca(OH)₂ 溶液中滴加 NaHCO₃ 溶液

NaHCO₃ 溶液少量:



NaHCO₃ 溶液过量:



② 向 NaHSO₄ 溶液中滴加 Ba(OH)₂ 溶液

加 Ba(OH)₂ 溶液至 SO₄²⁻ 恰好沉淀:

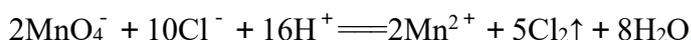


加 Ba(OH)₂ 溶液至溶液呈中性:

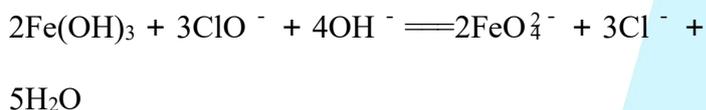


(5) 涉及氧化还原反应的离子反应

① KMnO₄ 与盐酸反应生成 MnCl₂ 和 Cl₂:



② 碱性条件下 NaClO 将 Fe(OH)₃ 氧化为 Na₂FeO₄:



3、反思书写离子方程式时的注意事项

(1) 观察离子方程式中的符号是否正确、合理, 如不可逆反应用“ \rightleftharpoons ”, 可逆反应用“ \rightleftharpoons ”, 气体符号为“ \uparrow ”, 沉淀符号为“ \downarrow ”。

(2) 离子方程式中必须用化学式表示的物质有难溶于水的物质(如 AgCl、BaSO₄ 等)、难电离的物质(如

弱酸、弱碱等)、非电解质(如 SO_2 、 CO_2 等)。

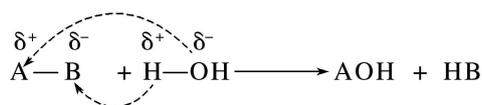
(3)离子方程式中的微溶物[如 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 等]有时用化学式表示,有时用离子符号表示。作为反应物时,若为澄清溶液则写离子符号,若是浊液则写化学式;作为生成物时一般写化学式。

(4)注意酸式盐中酸式酸根离子的书写方式,多元弱酸的酸式酸根离子,在离子方程式中不能拆开写,如 NaHCO_3 在水溶液中的离子是 Na^+ 和 HCO_3^- , 其中 HCO_3^- 不能拆写成 H^+ 和 CO_3^{2-} ; 而多元强酸的酸式酸根离子在水溶液中可完全电离,如 NaHSO_4 在水溶液中的离子为 Na^+ 、 H^+ 和 SO_4^{2-} 。

(5)注意灵活应用电荷守恒及氧化还原反应中的得失电子守恒,判断离子方程式是否正确。

4、广义水解原理

广义的水解观认为,无论是盐的水解还是非盐的水解,其最终结果都是参与反应的物质和水分别离解成两部分,再重新组合成新的物质。

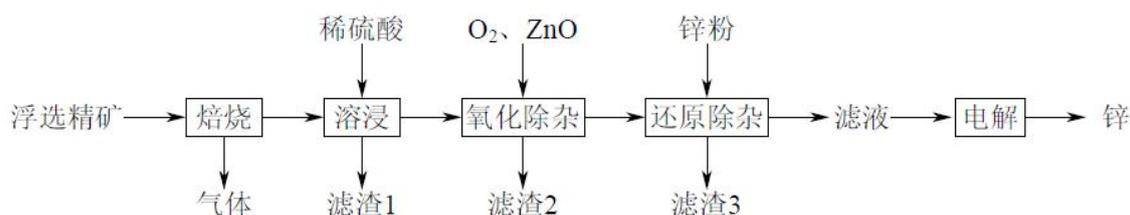


5、“灼烧”条件下方程式的书写

- ①高温下硫化物与空气中氧气反应(如 FeS_2 与氧气生成氧化铁和二氧化硫)
- ②除去硫、碳单质(碳和硫与氧气作用变成气体而除去)
- ③有机物转化(如蛋白质燃烧)、除去有机物等
- ④使某些碳酸盐、碳酸氢盐、草酸盐(生成 CO 、 CO_2) 等分解得到产物

如:【2018 年高考化学全国 II 卷 26】

我国是最早制得和使用金属锌的国家,一种以闪锌矿(ZnS , 含有 SiO_2 和少量 FeS 、 CdS 、 PbS 杂质)为原料制备金属锌的流程如图所示:



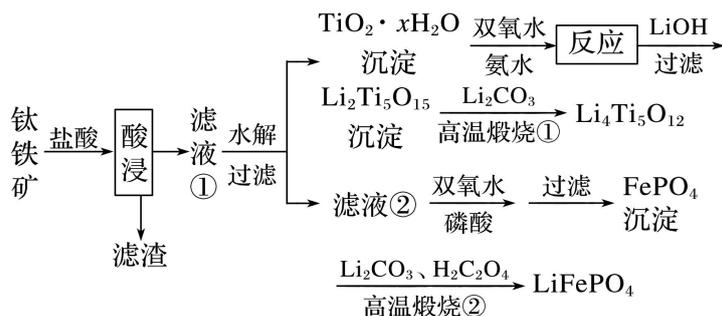
回答下列问题:

(1) 焙烧过程中主要反应的化学方程式为 $\underline{\text{ZnS} + \frac{3}{2}\text{O}_2 \xrightarrow{\text{焙烧}} \text{ZnO} + \text{SO}_2}$ 。

(2) 滤渣 1 的主要成分除 SiO_2 外还有 $\underline{\text{PbSO}_4}$ ；

二、例题分析

(2017·全国卷I, 27) $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 和 LiFePO_4 都是锂离子电池的电极材料, 可利用钛铁矿(主要成分为 FeTiO_3 , 还含有少量 MgO 、 SiO_2 等杂质)来制备, 工艺流程如下:



回答下列问题:

“酸浸”后, 钛主要以 TiOCl_4^{2-} 形式存在, 写出相应反应的离子方程式: _____。

【解题思路】 第一步: 依据题意写出主要反应物及生成物。

用盐酸溶解 FeTiO_3 , 反应后钛主要以 TiOCl_4^{2-} 形式存在, 则 $\text{FeTiO}_3 \xrightarrow{+2+4} \text{TiOCl}_4^{2-}$ 。

第二步: 依据质量守恒和电荷守恒完成方程式。

①经分析, 反应物中有氯元素, 产物中有铁元素, 且钛元素的价态未变化, 可知左边应加上 Cl^- 右边生成 Fe^{2+} : $\text{FeTiO}_3 + \text{Cl}^- \longrightarrow \text{TiOCl}_4^{2-} + \text{Fe}^{2+}$ 。

②左边比右边多两个氧原子, 且左边电荷数为 -1 , 右边电荷数为 0 , 题中加了盐酸, 可知左边还应补充 H^+ , 右边生成 H_2O : $\text{FeTiO}_3 + \text{H}^+ + \text{Cl}^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{TiOCl}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 。

依据右边有 4 个氯原子, 可知左边 Cl^- 前的化学计量数为 4, 铁原子与钛原子个数相等, 右边电荷数为 0 , 可知 H^+ 的化学计量数为 4, H_2O 前的化学计量数为 2。

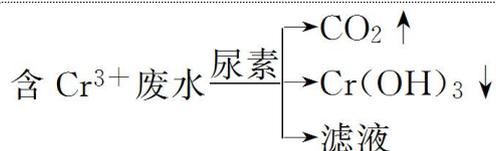
【答案】 $\text{FeTiO}_3 + 4\text{H}^+ + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{TiOCl}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$

三、巩固提升

1. 写出亚硫酸酰氯(SOCl_2)在潮湿的空气中产生白雾的化学方程式: _____。

2. 一氯胺(NH_2Cl)是一种重要的水消毒剂, 写出产生消毒物质的化学方程式: _____。

3. 常用尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 除去工业酸性废水中的 Cr^{3+} , 流程为:



完成该转化的离子方程式：_____。

4. 根据要求完成下列化学方程式：

(1) $25\text{ }^\circ\text{C}$, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 和 HF 两种酸的电离平衡常数如下：

$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$K_{a1} = 5.36 \times 10^{-2}$	$K_{a2} = 5.35 \times 10^{-5}$
HF	$K_a = 6.31 \times 10^{-4}$	

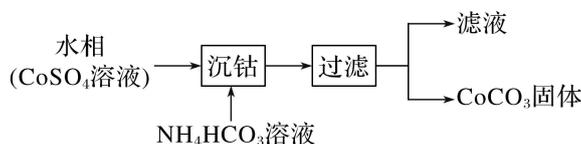
则 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液和 NaF 溶液反应的离子方程式为_____。

(2) 多硼酸盐四硼酸钠($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$)与硫酸反应可制硼酸(H_3BO_3), 写出反应的化学方程式：_____。

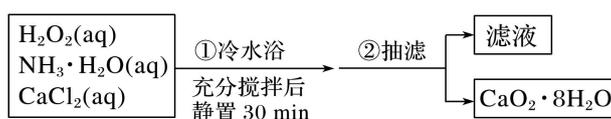
5. 工业上可用盐酸处理铝硅酸盐, 如正长石(KAlSi_3O_8)制取硅酸胶体。写出该反应的化学方程式：

_____。

6. 沉钴工艺流程如下图所示, 请写出“沉钴”过程中的离子方程式：_____。



7. 如下图, 写出制备 $\text{CaO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 的化学方程式：_____。



8. Li_2CO_3 、 $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 和 SiO_2 粉末均匀混合, 在 $800\text{ }^\circ\text{C}$ 的氩气中烧结 6 小时制得 $\text{Li}_2\text{FeSiO}_4$ 。写出该反应的化学方程式：_____。

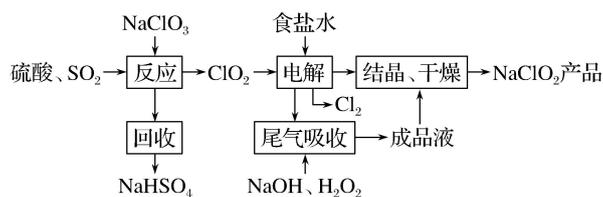
9. “煅烧”偏钒酸铵(NH_4VO_3)可得到工业制硫酸的催化剂五氧化二钒(V_2O_5), 写出该反应的化学方程式：_____。

10. (1) 将废钒催化剂(主要成分 V_2O_5)与稀硫酸、亚硫酸钾溶液混合, 充分反应, 所得溶液显酸性, 含 VO^{2+} 、 K^+ 、 SO_4^{2-} 等。写出该反应的化学方程式：_____。

(2) 向上述所得溶液中加入 KClO_3 溶液, 充分反应后, 溶液中新增加了 VO_2^+ 、 Cl^- 。写出并配平该反

应的离子方程式，并标出电子转移的数目和方向_____。

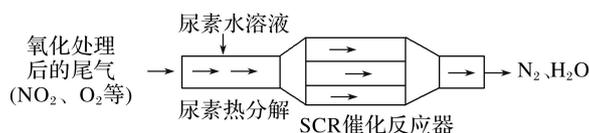
11. NaClO_2 是一种重要的杀菌消毒剂，也常用来漂白织物等，其一种生产工艺如图所示：



(1) 写出“反应”步骤中生成 ClO_2 的化学方程式：_____。

(2) “尾气吸收”是吸收电解过程排出的少量 ClO_2 。写出此吸收反应的化学方程式：_____。

12. [2017·北京, 27(1)①②③]SCR(选择性催化还原)技术可有效降低柴油发动机在空气过量条件下的 NO_x 排放，其工作原理：

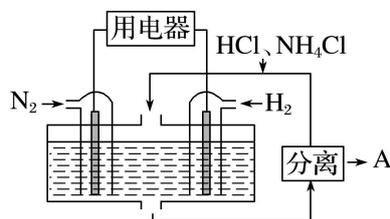


(1) 尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 水溶液热分解为 NH_3 和 CO_2 ，该反应的化学方程式：_____。

(2) 反应器中 NH_3 还原 NO_2 的化学方程式：_____。

(3) 当燃油中含硫量较高时，尾气中 SO_2 在 O_2 作用下会形成 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ，使催化剂中毒，用化学方程式表示 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的形成：_____。

13. 下图表示使用新型电极材料，以 N_2 、 H_2 为电极反应物，以 $\text{HCl}-\text{NH}_4\text{Cl}$ 为电解质溶液制造出既能提供能量，同时又能实现氮固定的新型燃料电池。

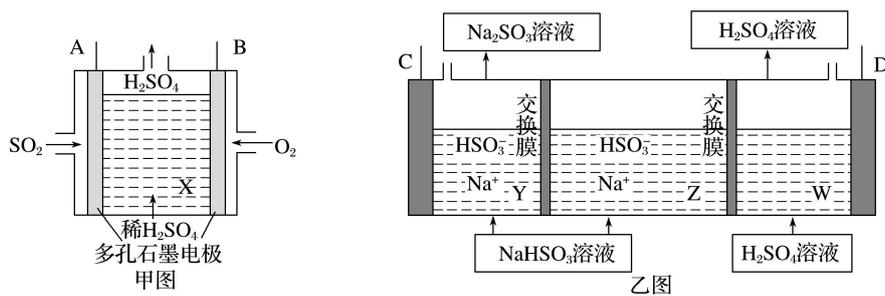


(1) 请写出该电池的正极反应式：_____。

(2) 生产中可分离出的物质 A 的化学式为_____。

14. SO_2 是主要的大气污染气体，利用化学反应原理是治理污染的重要方法。工业上用 Na_2SO_3 吸收尾气中 SO_2 使之转化为 NaHSO_3 ，再以 SO_2 为原料设计原电池，然后电解(惰性电极) NaHSO_3 制取 H_2SO_4 ，

装置如下:



- (1)甲图中 A 电极上的反应式为_____。
- (2)甲图中 B 与乙图_____ (填“C”或“D”)极相连,进行电解时乙图 Z 中 Na^+ 向_____ (填“Y”或“W”)中移动。
- (3)该电解池阴极的电极反应式为_____ ;
阳极的电极反应式为_____。

参考答案:

