

## 无机化工流程题解题指导 (12) —— 有关溶度积常数的计算



## 一、知识总结 &amp; 方法技巧

1、 $M(OH)_n$  悬浊液中  $K_{sp}$ 、 $K_w$ 、pH 间的关系

$$K_{sp} = c(M^{n+}) \cdot c^n(OH^-) = \frac{c(OH^-)}{n} \cdot c^n(OH^-) = \frac{c^{n+1}(OH^-)}{n} = \frac{1}{n} \left( \frac{K_w}{10^{-pH}} \right)^{n+1}。$$

2、 $K_{sp}$  与溶解度(S)之间的计算关系

$$\text{对于 AB 型物质, 其 } K_{sp} = \left( \frac{S}{M} \times 10 \right)^2。$$

3、 $K_{sp}$  与沉淀转化平衡常数  $K$  的计算关系

建立  $K_{sp}$  与  $K$  的关系, 一般是在  $K$  的表达式分子分母中同乘以某个离子的浓度, 将分子分母转化为不同物质的  $K_{sp}$ 。

4、 $K_{sp}$  与电离常数  $K_a$  的计算关系

根据电离常数计算出各离子浓度, 进而计算  $K_{sp}$ 。

## 二、运用提升

1. 向某“浸取液”中加入 NaF 以除去溶液中  $Ca^{2+}$  (浓度为  $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ), 当溶液中  $c(F^-) = 2.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 除钙率为 \_\_\_\_\_ [ $K_{sp}(CaF_2) = 4.0 \times 10^{-11}$ ]。

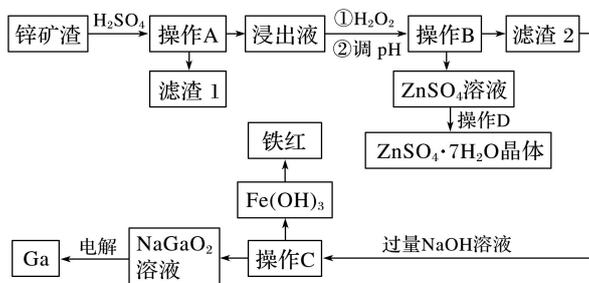
2. 常温下, 已知  $Cr^{3+}$  完全沉淀时溶液 pH 为 5 ( $Cr^{3+}$  浓度降至  $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  可认为完全沉淀), 则  $Cr(OH)_3$  的溶度积常数  $K_{sp} =$  \_\_\_\_\_。

3. 废水中的重金属离子通常用沉淀法除去。已知  $K_{sp}(NiS) = 1.1 \times 10^{-21}$ ,  $K_{sp}(CuS) = 1.3 \times 10^{-36}$ , 国家规定的排放标准: 镍低于  $1.1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 铜低于  $7.8 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。则需要控制溶液中  $S^{2-}$  的浓度不低于 \_\_\_\_\_  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

4. 常温下,  $K_{sp}(Ag_2S) \approx 6.0 \times 10^{-50}$ ,  $K_{sp}(AgCl) = 1.8 \times 10^{-10}$ 。有人分析认为, 将  $Ag_2S$  溶于盐酸中, 可将

$\text{Ag}_2\text{S}$  直接转化成  $\text{AgCl}$ , 请你通过计算说明上述转化不能实现(已知:  $\sqrt[3]{15} \approx 2.5$ )。

5. 镓是制作高性能半导体的重要原料。工业上常从锌矿冶炼的废渣中回收镓。已知某锌矿渣主要含  $\text{Zn}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Ga}$  的氧化物, 利用该矿渣制镓的工艺流程如下:



已知: ①镓在元素周期表中位于第四周期IIIA族, 化学性质与铝相似。

② $\lg 2 = 0.3$ ,  $\lg 3 = 0.48$ 。

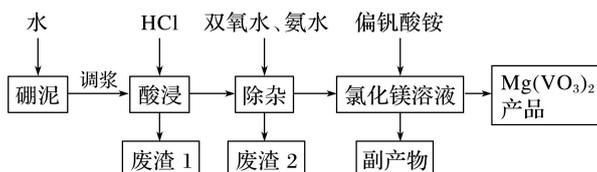
③部分物质的  $K_{\text{sp}}$  如表所示:

| 物质              | $\text{Zn}(\text{OH})_2$ | $\text{Ga}(\text{OH})_3$ | $\text{Fe}(\text{OH})_2$ | $\text{Fe}(\text{OH})_3$ |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| $K_{\text{sp}}$ | $1.6 \times 10^{-17}$    | $2.7 \times 10^{-31}$    | $8 \times 10^{-16}$      | $2.8 \times 10^{-39}$    |

(1) 加入  $\text{H}_2\text{O}_2$  的目的是(用离子方程式表示)\_\_\_\_\_。

(2) 调 pH 的目的是\_\_\_\_\_; 室温条件下, 若浸出液中各阳离子的浓度均为  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 当溶液中某种离子浓度小于  $1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时即认为该离子已完全除去, 则 pH 应调节的范围为\_\_\_\_\_。

6. 偏钒酸镁在化工“新型材料”光电领域有着重要的用途。以硼泥[主要成分是  $\text{MgO}$ (52.12%) 还有  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  等杂质]为原料设计制备偏钒酸镁的生产工艺如图所示:

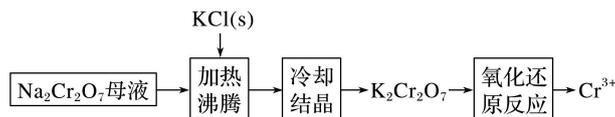


“除杂”过程加入双氧水的目的是\_\_\_\_\_ (用离子方程式表示)。此

过程中使  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$  浓度均小于  $1 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 在室温下需调节 pH 的范围是: \_\_\_\_\_ (已知:

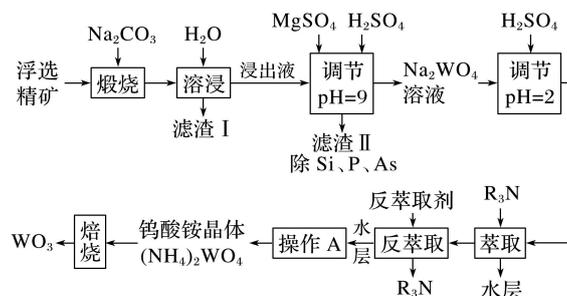
$K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 1 \times 10^{-39}$ ,  $K_{\text{sp}}[\text{Al}(\text{OH})_3] = 1 \times 10^{-33}$ , pH = 9.3 时,  $\text{Mg}^{2+}$  开始沉淀)。

7. 工业上用重铬酸钠( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )母液生产重铬酸钾( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )的工艺流程如图所示:



上述流程中  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  发生氧化还原反应后所得溶液中除含有  $\text{Cr}^{3+}$  外, 还含有一定浓度的  $\text{Fe}^{3+}$  杂质, 可通过加碱调 pH 的方法使两者转化为沉淀。已知  $c(\text{Cr}^{3+}) = 3 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则当溶液中开始析出  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  沉淀时  $\text{Fe}^{3+}$  是否沉淀完全? \_\_\_\_\_ (填“是”或“否”)。{已知:  $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 4.0 \times 10^{-38}$ ,  $K_{\text{sp}}[\text{Cr}(\text{OH})_3] = 6.0 \times 10^{-31}$ }

8. 钨是熔点最高的金属, 是重要的战略物资。自然界中黑钨矿的主要成分是  $\text{FeWO}_4$ 、 $\text{MnWO}_4$ , 还含有少量 Si、P、As 的化合物。由黑钨矿制备  $\text{WO}_3$  的工艺流程如图:



浸出液中的溶质有  $\text{Na}_2\text{WO}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 、 $\text{Na}_3\text{PO}_4$ 、 $\text{Na}_3\text{AsO}_4$ , 加入  $\text{MgSO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  将溶液的 pH 调至 9

时, 溶液中  $\frac{c(\text{PO}_4^{3-})}{c(\text{AsO}_4^{3-})} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。(已知  $K_{\text{sp}}[\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2] = 2.0 \times 10^{-24}$ 、 $K_{\text{sp}}[\text{Mg}_3(\text{AsO}_4)_2] = 2.0 \times 10^{-20}$ 。)

## 参考答案:

1. 99%

2.  $1 \times 10^{-32}$ 3.  $1 \times 10^{-16}$ 

4.  $\text{Ag}_2\text{S}$  饱和溶液中,  $c(\text{Ag}^+) = \sqrt[3]{\frac{6.0 \times 10^{-50}}{4}} \times 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx 5 \times 10^{-17} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 由离子积与溶度积的关系

可知, 生成  $\text{AgCl}$  的条件是:  $c(\text{Cl}^-) \geq \frac{1.8 \times 10^{-10}}{5 \times 10^{-17}} = 3.6 \times 10^6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 不存在  $\text{Cl}^-$  浓度为该浓度的盐酸, 故

上述转化不能实现。

5. (1)  $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ (2) 使  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Ga}^{3+}$  沉淀完全而  $\text{Zn}^{2+}$  不沉淀  $5.48 < \text{pH} < 6.6$ 6.  $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$   $5 < \text{pH} < 9.3$ 

7. 是

8.  $10^{-2}$ 