

大题专练 1 工艺流程综合

刷题型

刷题型 A

1. (1) 适当升高温度(或适当增大酸的浓度、搅拌等)

(2) 作还原剂 MnO_2 催化过氧化氢分解

(3) $2\text{HCO}_3^- + \text{Mn}^{2+} \rightleftharpoons \text{MnCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 1:2

(4) 3~6 0.45

考查点 ▶ 化学平衡常数的计算、离子方程式的书写

思路分析

黑色固体混合物中主要含有 MnO_2 、C 等,机械分离后将黑色固体“水浸”,“过滤”后进行“灼烧”,得到粗二氧化锰,然后加入双氧水和硫酸对其进行还原,离子方程式为 $\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,然后加入碳酸氢铵,发生复分解反应,离子方程式为 $2\text{HCO}_3^- + \text{Mn}^{2+} \rightleftharpoons \text{MnCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$,最后“煅烧”获得 MnO_2 ,金属外壳含有 Zn、Fe、Cu,加入稀硫酸以后,Zn、Fe 形成相应的金属离子,加入双氧水,把 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ,加入氢氧化钠,将 Fe^{3+} 转化为氢氧化铁沉淀除去,最后电解硫酸锌得到锌。

【解析】(1)“浸出”时为了加快浸出速率,可采取的措施有适当升高温度、适当增大酸的浓度、搅拌等。

(2)“溶解”的时候,加入 H_2O_2 作还原剂,将 MnO_2 还原为 Mn^{2+} ,由于混合物中含有二氧化锰,可以作为 H_2O_2 分解的催化剂,导致 H_2O_2 损失,所以 H_2O_2 的实际消耗量比理论值高。

(3)“沉锰”时加入碳酸氢铵,发生复分解反应,离子方程式为 $2\text{HCO}_3^- + \text{Mn}^{2+} \rightleftharpoons \text{MnCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ，“煅烧”时发生反应的离子方程式为 $2\text{MnCO}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{煅烧}} 2\text{MnO}_2 + 2\text{CO}_2$,参加反应的气体与生成气体的物质的量之比为 1:2。

(4)“浸出”液中 Fe^{2+} 和 Zn^{2+} 的浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,加入 H_2O_2 ,把 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ,由 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的溶度积,求得 Fe^{3+} 沉淀

完全时的 $c(\text{OH}^-) = \sqrt[3]{\frac{10^{-38}}{10^{-5}}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-11} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,此时溶液 $\text{pH}=3$;再由 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 的溶度积,计算出 Zn^{2+} 开始沉淀时的

$c(\text{OH}^-) = \sqrt{\frac{10^{-17}}{10^{-1}}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,此时溶液 $\text{pH}=6$,所以

“净化”时,要保证把 Fe^{3+} 完全沉淀而锌离子不沉淀,需调节溶液 pH 的合理范围是 3~6。根据 $\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$

$\rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}(\text{aq})$,其平衡常数 $K = \frac{c[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}}{c^2(\text{OH}^-)} =$

$\frac{c[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}}{c^4(\text{OH}^-) \cdot c(\text{Zn}^{2+})} \times c(\text{Zn}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) = K_{\text{稳}} \times K_{\text{sp}}[\text{Zn}(\text{OH})_2] =$

$4.5 \times 10^{16} \times 10^{-17} = 0.45$ 。

2. (1) 消除积碳 $\text{Re}_2\text{O}_7 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons 2\text{ReO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$

(2) $\text{Al}(\text{OH})_3$ 蒸发浓缩、冷却结晶

(3) $3\text{Pt} + 16\text{Cl}^- + 2\text{ClO}_3^- + 12\text{H}^+ \rightleftharpoons 3[\text{PtCl}_6]^{2-} + 6\text{H}_2\text{O}$ 1.7

(4) 不引入杂质,便于分离提纯 1.568

考查点 ▶ 溶度积常数相关计算,物质分离、提纯综合应用,陌生氧化还原反应方程式的书写

思路分析

铂铼废催化剂 (Pt、Re, 含 Al_2O_3 、 Fe_3O_4 、积碳等杂质) 通过焙烧除去积碳, 并将铼转化为 Re_2O_7 , 加入 NaOH 溶液溶解 Al_2O_3 生成 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, Re_2O_7 转化为 NaReO_4 , Pt、 Fe_3O_4 不与 NaOH 溶液反应, 过滤后 Pt 和 Fe_3O_4 存在于滤渣 I 中, 向滤液中通入过量 CO_2 , 将 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 转化为 $\text{Al}(\text{OH})_3$, 过滤后 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 存在于滤渣 II 中, 向滤液中加入氯化铵, 经操作 I 得到 NH_4ReO_4 晶体, 加入 H_2 高温还原得到铼粉, 滤渣 I 用硫酸溶解 (Pt 不溶于硫酸), 过滤得到粗 Pt, 加入 $\text{HCl}-\text{NaClO}_3$ 溶液溶解 Pt, 再加入 NH_4Cl 沉铂, 经过一系列操作得到海绵铂。

【解析】 (1) 由思路分析可知, “焙烧”的目的: ①将铼转化为 Re_2O_7 , ②消除积碳; “溶解 I”中 Re_2O_7 和 NaOH 反应转化为 NaReO_4 。

(2) 由思路分析可知, “滤渣 II”的成分为 $\text{Al}(\text{OH})_3$, “操作 I”可以得到 NH_4ReO_4 晶体, 已知 NH_4ReO_4 微溶于冷水, 易溶于热水 (即 NH_4ReO_4 的溶解度随温度升高显著增大), 故“操作 I”为蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥。

(3) “溶解 III”中加入 $\text{HCl}-\text{NaClO}_3$ 溶液溶解 Pt, 生成 $[\text{PtCl}_6]^{2-}$ 和 H_2O , 根据得失电子守恒和电荷守恒配平离子方程式; “沉铂”时, 若溶液中 $c\{[\text{PtCl}_6]^{2-}\} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 加入等体积 NH_4Cl 溶液, $[\text{PtCl}_6]^{2-}$ 完全沉淀 ($c \leq 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) 时溶液中

$$c(\text{NH}_4^+) = \sqrt{\frac{K_{\text{sp}}\{(\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_6]\}}{c\{[\text{PtCl}_6]^{2-}\}}} = \sqrt{\frac{5.7 \times 10^{-6}}{1.0 \times 10^{-5}}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx 0.75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ 则所需 } \text{NH}_4\text{Cl} \text{ 的最小浓度约为 } \frac{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2V \text{ L} + 0.75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2V \text{ L}}{V \text{ L}} = 1.7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}。$$

(4) “高温还原”时, 工业上用价格稍贵的 H_2 , 而不选用廉价还原剂炭的原因是不引入杂质, 便于分离提纯铼; 根据反应的化学方程式 $2\text{NH}_4\text{ReO}_4 + 7\text{H}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Re} + 2\text{NH}_3 + 8\text{H}_2\text{O}$, 理论上获得 3.72 g 铼粉, $n(\text{Re}) = \frac{3.72 \text{ g}}{186 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.02 \text{ mol}$, 需要标准状况下 H_2 的体积至少为 $0.07 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.568 \text{ L}$ 。

3. (1) $\text{Co}_2\text{O}_3 + \text{SO}_3^{2-} + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Co}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$

(2) $\text{Co}^{3+} > \text{ClO}_3^- > \text{Fe}^{3+}$

(3) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ Co^{2+} 、 Na^+

(4) 盐酸 蒸发浓缩、冷却结晶

(5) 10^0 (6) $316 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

考查点 氧化性强弱的判断、物质分离和提纯的综合应用、离子方程式的书写

思路分析

水钴矿主要成分 Co_2O_3 及杂质 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 MnO 、 MgO 、 CaO 等能与盐酸反应, SiO_2 不与盐酸反应; 加入盐酸酸浸的同时加入 Na_2SO_3 , Na_2SO_3 将 Co^{3+} 、 Fe^{3+} 还原为 Co^{2+} 、 Fe^{2+} , 得到含有 Co^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Al^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 等离子的浸出液, SiO_2 以固体形式存在。向浸出液中加入 NaClO_3 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 反应为 $6\text{Fe}^{2+} + \text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 6\text{Fe}^{3+} + \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$, 再加入 Na_2CO_3 调 pH 至 5.2, 根据阳离子沉淀时溶液的 pH 数据, 此时 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 会转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀 (沉淀 I), 而 Co^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 仍留在滤液 I 中。向滤液 I 中加入 NaF 溶液, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 会与 F^- 反应生成 CaF_2 、 MgF_2 沉淀 (沉淀 II), 从而除去 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} , 得到滤液 II, 此时滤液 II 主要含 Co^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Na^+ 等。向滤液 II 中加入萃取剂, 萃取剂将 Mn^{2+} 萃取到萃取剂层, Co^{2+} 、 Na^+ 等留在水层, 实现 Co^{2+} 与 Mn^{2+} 的分离。向含 Co^{2+} 的水层中加入草酸铵溶液, 发生反应 $\text{Co}^{2+} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CoC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \downarrow$ 。对含 Co^{2+} 的水层进行操作 I, 得到 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 晶体。

【解析】(1) 水钴矿主要成分为 Co_2O_3 , 加入 Na_2SO_3 和盐酸, Co_2O_3 具有氧化性, SO_3^{2-} 具有还原性, Co_2O_3 将 SO_3^{2-} 氧化为 SO_4^{2-} , 自身被还原为 Co^{2+} , 配平得到离子方程式: $\text{Co}_2\text{O}_3 + \text{SO}_3^{2-} + 4\text{H}^+ = 2\text{Co}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 浸出液中含 Co^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Al^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 等, 加入 NaClO_3 , NaClO_3 能将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 但不能将 Co^{2+} 氧化成 Co^{3+} , 所以氧化性强弱顺序为 $\text{Co}^{3+} > \text{ClO}_3^- > \text{Fe}^{3+}$ 。

(3) 加入 Na_2CO_3 调 pH 至 5.2, 根据阳离子以氢氧化物形式沉淀时溶液的 pH 数据, Fe^{3+} 在 pH=3.7 时完全沉淀, Al^{3+} 在 pH=5.2 时完全沉淀, 所以沉淀 I 主要成分是 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。加入 NaF 溶液沉淀 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} , 萃取剂层所含金属元素只有锰元素, 说明 Mn^{2+} 被萃取除去, 那么萃取后的水层包含的金属阳离子有 Co^{2+} 、 Na^+ 。

(4) 为抑制 Co^{2+} 水解, 同时避免引入杂质, 向水层中加盐酸调 pH 至 2~3, 从溶液中得到 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 晶体, 需蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、减压烘干。

(5) $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 完全沉淀时溶液 pH=9.6, $c(\text{OH}^-) = 10^{-4.4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_2] = c(\text{Fe}^{2+})c^2(\text{OH}^-) = 10^{-13.8}$; $\text{Co}(\text{OH})_2$ 完全沉淀时溶液 pH=9.2, $c(\text{OH}^-) = 10^{-4.8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $K_{\text{sp}}[\text{Co}(\text{OH})_2] = c(\text{Co}^{2+})c^2(\text{OH}^-) = 10^{-14.6}$ 。两种沉淀共存时, $\frac{c(\text{Fe}^{2+})}{c(\text{Co}^{2+})} =$

$$\frac{K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_2]}{K_{\text{sp}}[\text{Co}(\text{OH})_2]} = \frac{10^{-13.8}}{10^{-14.6}} = 10^{0.8}, \text{数量级为 } 10^0。$$

(6) 标准状况下 2.24 L 氯气物质的量为 0.1 mol, 1.0 L 1 mol · L⁻¹ 盐酸中 HCl 物质的量为 1 mol。设钴氧化物化学式为 Co_xO_y , 根据 $\text{Co}_x\text{O}_y + \text{HCl} \longrightarrow \text{CoCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 由氯元素守恒可知生成的 CoCl_2 中 Cl 元素物质的量为 1 mol - 0.1 mol × 2 = 0.8 mol, 则 CoCl_2 物质的量为 0.4 mol。根据得失电子守恒, $n(\text{Co}^{3+}) = 2n(\text{Cl}_2) = 0.2 \text{ mol}$, 则钴氧化物中 $n(\text{Co}^{2+}) = 0.4 \text{ mol} - 0.2 \text{ mol} = 0.2 \text{ mol}$ 。根据电荷守恒, $2n(\text{O}^{2-}) = 0.2 \text{ mol} \times 2 + 0.2 \text{ mol} \times 3$, 解得 $n(\text{O}^{2-}) = 0.5 \text{ mol}$, 则 $x : y = (0.4 \text{ mol}) : (0.5 \text{ mol}) = 4 : 5$, 则 Co_xO_y 为 Co_4O_5 , 摩尔质量为 $(4 \times 59 + 5 \times 16) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 316 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

4. (1) S 和 SiO_2 抑制 SbCl_3 、 AsCl_3 、 SbCl_5 水解

(2) SbCl_5 将 SbCl_3 还原为 SbCl_3

(3) $2\text{AsCl}_3 + 3\text{NaH}_2\text{PO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{As} + 3\text{H}_3\text{PO}_3 + 3\text{NaCl} + 3\text{HCl}$

(4) ① 4.5 mol · L⁻¹ NaCl 溶液, 85 °C ② 降低 PbCl_2 的溶解度, 使 PbCl_2 充分析出, 提高 Pb 回收率 ③ $1.5 \times 10^{-3} K_1$

考查点 ▶ 溶度积常数计算及其相关应用、物质分离和提纯的综合应用、陌生氧化还原反应方程式的书写

思路分析

辉铋矿(主要成分为 Sb_2S_3 , 还含有 PbS 、 As_2S_3 和 SiO_2 等)中加入过量盐酸和物质 X 进行“酸浸”, 矿石中的硫化物转化为可溶的氯化物和硫单质(物质 X 氧化-2 价的硫生成, 物质 X 在“电解”步骤推导出), 二氧化硅不参与反应, 过滤得到含有硫、二氧化硅的滤渣和含有 SbCl_3 、 PbCl_4^{2-} 、 AsCl_3 等的滤液; 向滤液中加入金属 Y, 该过程应发生氧化还原反应; “除砷”步骤中加入 NaH_2PO_2 , 将溶液中的三氯化砷还原为砷, 过滤得到砷和滤液; 向滤液中加入稀硫酸, 将 PbCl_4^{2-} 转化为 PbSO_4 沉淀, 过滤后得到 SbCl_3 溶液和主要含 PbSO_4 的滤渣; 向滤渣中加入 NaCl 溶液浸取得到 PbCl_2 ; 电解 SbCl_3 溶液, Sb^{3+} 在阴极得到电子发生还原反应生成 Sb, 在阳极失去电子生成 SbCl_5 , 由此可知物质 X 为 SbCl_5 , 电解得到的 SbCl_5 可以返回“酸浸”步骤循环使用; 金属 Y 为 Sb, 将“酸浸”浸出液中的 SbCl_5 还原为 SbCl_3 。

【解析】(1) 滤渣的成分是 S 和 SiO_2 , 根据已知条件①中物质 X、 SbCl_3 、 AsCl_3 均易水解可知, “酸浸”时加过量盐酸的目的: ①与辉锑矿充分反应; ②抑制 SbCl_3 、 AsCl_3 、 SbCl_5 水解。

(2) 物质 X 在“电解”步骤中生成, 且“电解”过程无气体放出, 则“电解”过程中 SbCl_3 发生氧化还原反应生成 Sb 和 SbCl_5 , 所以物质 X 是 SbCl_5 , “酸浸”步骤的浸出液中含有剩余的 SbCl_5 , “转化”步骤的目的是将 SbCl_5 转化为 SbCl_3 , 金属 Y 为 Sb, 则金属 Y 的作用是将 SbCl_5 还原为 SbCl_3 。

(3) “除砷”过程中发生氧化还原反应, As^{3+} 被还原为 As, 则 AsCl_3 作氧化剂, NaH_2PO_2 作还原剂, 根据氧化剂与还原剂的物质的量之比为 2 : 3, 结合氧化还原规律可得反应的化学方程式为 $2\text{AsCl}_3 + 3\text{NaH}_2\text{PO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{As} + 3\text{H}_3\text{PO}_3 + 3\text{NaCl} + 3\text{HCl}$ 。

(4) ①铅的浸取率在 85°C 、 $4.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液中最大, 则浸取铅最合适的条件是 $4.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液、 85°C ; ②NaCl 溶液浓度为 $1.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, PbCl_2 溶解度 $\leq 25 \text{ g}$, 因此加水使 NaCl 浓度稀释至 $1.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 可降低 PbCl_2 的溶解度, 使更多的 PbCl_2 析出, 从而提高 Pb 的回收率; ③ $\text{PbSO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ 的 $K_{\text{sp}} = c(\text{Pb}^{2+}) \times c(\text{SO}_4^{2-}) = 2.55 \times 10^{-8}$, $\text{PbCl}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Cl}^{-}(\text{aq})$ 的 $K_{\text{sp}} = c(\text{Pb}^{2+}) \times c^2(\text{Cl}^{-}) = 1.7 \times 10^{-5}$, $\text{PbCl}_2(\text{s}) + 2\text{Cl}^{-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{PbCl}_4^{2-}(\text{aq})$ 的平衡常数 $K_1 = \frac{c(\text{PbCl}_4^{2-})}{c^2(\text{Cl}^{-})}$, $\text{PbSO}_4(\text{s}) + 4\text{Cl}^{-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{PbCl}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ 的平衡常数 $K = \frac{c(\text{PbCl}_4^{2-}) \times c(\text{SO}_4^{2-})}{c^4(\text{Cl}^{-})} = \frac{K_{\text{sp}}(\text{PbSO}_4)}{K_{\text{sp}}(\text{PbCl}_2)} \times K_1 = \frac{2.55 \times 10^{-8}}{1.7 \times 10^{-5}} \times K_1 = 1.5 \times 10^{-3} K_1$ 。

5. (1)+3 (2) $[\text{Al}(\text{OH})_4]^{-}$ 和 OH^{-}

(3) $10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) < 5 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Ni^{2+} 、 Mn^{2+} 易与 NH_3 反应转化为稳定配离子, “沉钴”时不发生共沉淀

(4) $2\text{Mn}^{2+} + 5\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 8\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{MnO}_4^{-} + 10\text{SO}_4^{2-} + 16\text{H}^{+}$ (5) $\frac{b}{ac}$

(6) Li_2CO_3 的溶解度随温度升高而减小, 温度升高到 90°C , 有利于沉锂(或温度升高到 90°C , 碳酸分解, 平衡 $2\text{Li}^{+} + 2\text{HCO}_3^{-} \rightleftharpoons \text{Li}_2\text{CO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{CO}_3$ 正向移动, 提高产率)

突破点 ▶ 物质分离和提纯的综合应用、陌生氧化还原反应方程式的书写

思路分析

将废旧三元锂离子电池正极材料“粉碎灼烧”除去炭黑、有机黏合剂, 铝箔转化为氧化铝, “碱浸”后氧化铝转化为四羟基合铝酸钠, “酸浸”时加入硫酸和过氧化氢将金属转化成离子, 通过用一水合氨、草酸铵“沉钴”除去钴元素, 产生的是 $\text{CoC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 说明此时钴元素的价态为 +2 价, 加入 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 通过氧化还原反应将锰元素转化为二氧化锰, 加入碳酸钠和氢氧化钠除镍, 最后将锂离子转化成碳酸锂。

【解析】(1) 若三元锂废料主要成分的化学式为 $\text{LiNi}_{\frac{1}{3}}\text{Co}_{\frac{1}{3}}\text{Mn}_{\frac{1}{3}}\text{O}_2$, Li、Ni、Mn、O 的化合价分别为 +1、+2、+4、-2, Co 的化合价

$$\text{为 } +\frac{2 \times 2 - 1 - \frac{1}{3} \times 2 - \frac{1}{3} \times 4}{\frac{1}{3}} = +3。$$

(2) “碱浸”时 NaOH 将氧化铝转化成四羟基合铝酸钠, 所以滤液中存在的阴离子有 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^{-}$ 和剩余的 OH^{-} 。

(3) 当 Co^{2+} 刚好完全沉淀时, $c(\text{Co}^{2+}) = 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{Co}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{c(\text{Co}^{2+})} = 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $K_{\text{sp}}(\text{NiC}_2\text{O}_4) = 10^{-10} > K_{\text{sp}}(\text{MnC}_2\text{O}_4) = 10^{-13}$, 所以只要 Mn^{2+} 不沉淀, Ni^{2+} 就一定不沉淀, Mn^{2+} 浓度为

$0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 当锰离子恰好不沉淀时, $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{MnC}_2\text{O}_4)}{c(\text{Mn}^{2+})} = 5 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 需调节 $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ 的范围为 $10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) < 5 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; 加入 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 之前加入一定量氨水, 推测所加氨水的作用为将 Ni^{2+} 、 Mn^{2+} 转化为稳定配离子, 避免“沉钴”时与 Co^{2+} 共沉淀。

(4) Mn^{2+} 首先被 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 氧化为 MnO_4^- , 离子方程式为 $2\text{Mn}^{2+} + 5\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 8\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{MnO}_4^- + 10\text{SO}_4^{2-} + 16\text{H}^+$ 。

$$(5) K = \frac{c(\text{H}_2\text{CO}_3)}{c^2(\text{Li}^+) \cdot c^2(\text{HCO}_3^-)} = \frac{\frac{c(\text{HCO}_3^-) \cdot c(\text{H}^+)}{K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{CO}_3)}}{\frac{K_{\text{sp}}(\text{Li}_2\text{CO}_3)}{c(\text{CO}_3^{2-})} \cdot c^2(\text{HCO}_3^-)} = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})}{K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{CO}_3) \cdot K_{\text{sp}}(\text{Li}_2\text{CO}_3) \cdot c(\text{HCO}_3^-)} = \frac{K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{CO}_3)}{K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{CO}_3) \cdot K_{\text{sp}}(\text{Li}_2\text{CO}_3)} = \frac{b}{ac}。$$

(6) “沉锂”操作过程中需将温度升高到 90°C 的原因: 加快反应速率; Li_2CO_3 的溶解度随温度升高而减小, 温度升高到 90°C , 有利于沉锂; 温度升高到 90°C , 碳酸分解, 平衡 $2\text{Li}^+ + 2\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{Li}_2\text{CO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{CO}_3$ 正向移动, 提高产率。

刷题型 B

6. (1) $\text{PbSO}_4 \quad \text{In}_2\text{S}_3 + 12\text{MnO}_2 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{高温}} \text{In}_2(\text{SO}_4)_3 + 12\text{MnSO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$

(2) 7.2 3 : 1

(3) ①P204 可以萃取 Fe^{3+} , 不能萃取 Fe^{2+} , Na_2SO_3 还原 Fe^{3+} 为 Fe^{2+} , 防止 Fe^{3+} 被萃取 ②AC ③4 : 1 烧杯、分液漏斗

突破点 ▶ 常见物质的除杂方法选择、物质分离和提纯的综合应用、陌生氧化还原反应方程式的书写

思路分析

高铟、高铅烟灰 (In_2O_3 、 In_2S_3 、 PbO 、 Fe_2O_3 、 ZnO) 中加入 MnO_2 和稀硫酸进行“高温酸浸”, PbO 转化为 PbSO_4 , 浸取渣含有 PbSO_4 、 MnO_2 , 滤液中含有 In^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Zn^{2+} 、 Mn^{2+} , 萃取分离出的有机液含 $\text{In}(\text{HA}_2)_3$, 加盐酸反萃取所得溶液含 HInCl_4 , 置换时加 Zn 发生反应 $3\text{Zn} + 2\text{HInCl}_4 \rightleftharpoons 2\text{In} + 3\text{ZnCl}_2 + 2\text{HCl}$, 从而得到铟, PbSO_4 、 MnO_2 用 HCl 和 NaCl 混合溶液“浸出”, “过滤”得到 MnO_2 , PbSO_4 转化为 PbCl_2 , 向“结晶”产物 PbCl_2 固体中加入 NH_4HCO_3 溶液, 并加入氨水调节 pH 进行“脱氯碳化”得到 PbCO_3 , “灼烧” PbCO_3 生成 PbO , 还原 PbO 得到 Pb 。

【解析】(1) “高温酸浸”后滤渣除二氧化锰外还有 PbSO_4 , 该操作中硫元素被 MnO_2 氧化为硫酸根离子, MnO_2 转化为 Mn^{2+} , In_2S_3 反应的化学方程式为 $\text{In}_2\text{S}_3 + 12\text{MnO}_2 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{高温}} \text{In}_2(\text{SO}_4)_3 + 12\text{MnSO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) “脱氯碳化”过程中, PbCl_2 转化为 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 时, 需要满足:

$$K_{\text{sp}}(\text{PbCl}_2) = K_{\text{sp}}[\text{Pb}(\text{OH})_2] \times \frac{c^2(\text{Cl}^-)}{c^2(\text{OH}^-)}, \frac{c^2(\text{Cl}^-)}{c^2(\text{OH}^-)} =$$

$$\frac{K_{\text{sp}}(\text{PbCl}_2)}{K_{\text{sp}}[\text{Pb}(\text{OH})_2]} = \frac{1.7 \times 10^{-5}}{2.0 \times 10^{-15}} = 8.5 \times 10^9, \text{PbCl}_2 \text{ 饱和溶液中}$$

$$c(\text{Cl}^-) = 2c(\text{Pb}^{2+}) = 2\sqrt{\frac{K_{\text{sp}}(\text{PbCl}_2)}{4}} = 2\sqrt{\frac{1.7 \times 10^{-5}}{4}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx$$

$$1.6 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{则 } c(\text{OH}^-) = \sqrt{\frac{(1.6 \times 10^{-2})^2}{8.5 \times 10^9}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx$$

$$1.7 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, c(\text{H}^+) = \frac{10^{-14}}{1.7 \times 10^{-7}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx 5.9 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot$$

L^{-1} , $\text{pH} \approx 7.2$, 则“脱氯碳化”过程中, 为避免 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 的生成,

应将 pH 控制在 7.2 以下; 80.1 mg PbCO_3 的物质的量为 $\frac{80.1 \times 10^{-3} \text{ g}}{267 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 3 \times 10^{-4} \text{ mol}$, PbCO_3 在氩气中加热分解(气体产物只有 CO_2), 可得关系式: $\text{PbCO}_3 \sim \text{CO}_2 \sim \text{PbO}$, 故 316 °C 时固体减少的质量即生成 CO_2 的质量, $n(\text{CO}_2) = \frac{(80.1 - 71.3) \times 10^{-3} \text{ g}}{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol}$, 剩余固体中 $n(\text{Pb}) : n(\text{C}) = (3 \times 10^{-4}) : (3 \times 10^{-4} - 2 \times 10^{-4}) = 3 : 1$ 。

(3) ①萃取前加入 Na_2SO_3 预处理可提高铈的纯度, 可能的原因是 P204 可以萃取 Fe^{3+} , 不能萃取 Fe^{2+} , Na_2SO_3 还原 Fe^{3+} 为 Fe^{2+} , 防止 Fe^{3+} 被萃取。

②pH 越大, $c(\text{OH}^-)$ 越大, 可能导致 Fe^{3+} 转化为氢氧化铁胶体, 吸附 In^{3+} 造成损失, A 错误; 有机相经反萃取处理后又生成有机萃取剂, 可以循环利用, B 正确; 萃取和反萃取是利用溶质在不同溶剂中溶解度的差异来完成的, C 错误; 故选 AC。

③反萃取中有机相和水相的体积比为 4 : 1 时, 反萃取率最高, 反萃取效果最好, 然后经过分液分出水相, 所需玻璃仪器为烧杯、分液漏斗。

易错警示 溶解性与溶解度概念辨析

(1) 溶解性: 指物质在某种溶剂中溶解的能力, 通常用易溶、可溶、难溶等描述, 是一种物理性质。

(2) 溶解度: 表示在一定温度和压强下, 单位溶剂中所能溶解的溶质的最大量, 是一个物理量。

7. (1) CaSO_4 、 SiO_2 (2) Na_2SO_3 2 (3) $\frac{a^3 b^3}{c}$

(4) $\text{ScCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{ScOCl} + 2\text{HCl} \uparrow + 5\text{H}_2\text{O}$ (5) 81.8 6.4

突破点 ▶ 化学平衡常数相关计算, 物质分离、提纯综合应用, 无机物的制备、萃取率的计算

思路分析

熔炼渣的主要成分为 Fe_2O_3 、 SiO_2 、 CaO , 少量 Sc_2O_3 , 其中二氧化硅不溶于 H_2SO_4 , 氧化钙和硫酸反应生成微溶的硫酸钙, 故“浸渣”的主要成分为 CaSO_4 、 SiO_2 ; Fe_2O_3 、 Sc_2O_3 与硫酸反应生成相应的盐, 随后用萃取剂萃取, 将钪元素和铁元素分离出来, 加入试剂 X 将三价铁还原为二价铁, 加入氢氧化钠实现钪和铁的分离, 过滤后加入硝酸溶解, 随后加入草酸沉钪, 处理后得到单质钪。

【解析】(2) 由图乙可知, 二价铁更容易和 Sc 分离, 故试剂 X 应该是将三价铁转化为二价铁, 则试剂 X 为 Na_2SO_3 ; 由图乙可知, pH 为 2 时, 二价铁没有沉淀, 而 Sc^{3+} 的沉淀率已经很大, 故应调节 pH 为 2。

(3) 已知 $K_{a1}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = a$, $K_{a2}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = b$, $K_{sp}[\text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3] = c$, 则结合平衡常数的定义可知反应 $2\text{Sc}^{3+} + 3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons \text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \downarrow + 6\text{H}^+$ 的平衡常数 $K = \frac{[K_{a1}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot K_{a2}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)]^3}{K_{sp}[\text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3]} = \frac{a^3 b^3}{c}$ 。

(4) $\text{ScCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 晶体在加热脱水的过程中, ScCl_3 发生了水解反应, 生成了 ScOCl 和 HCl 。

(5) 设 100 mL 含 Sc 的溶液中 Sc 的物质的量为 $a \text{ mol}$, 一次性加入 60 mL 萃取剂, 其中可以萃取的 Sc 的物质的量为 $x \text{ mol}$, 则

$K_d = \frac{\frac{x \text{ mol}}{60 \times 10^{-3} \text{ L}}}{\frac{(a-x) \text{ mol}}{100 \times 10^{-3} \text{ L}}} = 7.5$, 解得 $x \approx 0.818a$, Sc 的萃取率 $= \frac{n_{\text{有机物}}(\text{X})}{n_{\text{总}}(\text{X})} \times 100\% \approx \frac{0.818a}{a} \times 100\% = 81.8\%$ 。若将 60 mL 萃取剂分成 3 次萃取, 每次用 20 mL, 设 100 mL 含 Sc 的溶液中 Sc 的物质的量为

a mol, 一次性加入 20 mL 萃取剂, 其中可以萃取的 Sc 的物质的

量为 x mol, 则 $K_d = \frac{\frac{x \text{ mol}}{20 \times 10^{-3} \text{ L}}}{\frac{(a-x) \text{ mol}}{100 \times 10^{-3} \text{ L}}} = 7.5$, 解得 $x = 0.6a$, Sc 的萃取

率 $= \frac{n_{\text{有机物}}(X)}{n_{\text{总}}(X)} \times 100\% = \frac{0.6a}{a} \times 100\% = 60\%$, 钪的残留率为 $1 - 60\% = 40\%$, 每次萃取时, 使用的萃取剂体积都是 20 mL, 则每次的萃取率和残留率相同, 故最后一次水层中钪的残留率 $= 40\% \times 40\% \times 40\% = 6.4\%$ 。

方法技巧 根据反应 $2\text{Sc}^{3+} + 3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons \text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \downarrow + 6\text{H}^+$ 和

K_{a1} 、 K_{a2} 、 K_{sp} 计算平衡常数 K , 一般是写表达式, 分子分母再同乘一些粒子浓度, 转换出 K 与 K_{a1} 、 K_{a2} 、 K_{sp} 的关系式。此类试题的快速分析方法是找与 K_{a1} 、 K_{a2} 、 K_{sp} 的相关的某一个粒子, 同侧乘, 异侧除, 即可快速判断, 如 “ $\text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \downarrow$ ” 在 “ \rightleftharpoons ” 的右侧, 与 $\text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ 沉淀溶解平衡的方程式异侧, 可知 $K \sim \frac{1}{K_{sp}[\text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3]}$, 由 “ $3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ” 在 “ \rightleftharpoons ” 左侧 (与 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 电离平衡的方程式同侧), 则 $K \sim K_{a1}^3$, 再根据 “ \rightleftharpoons ” 右侧的 6H^+ , 可知 $K \sim K_{a2}^3$ 。

8. (1) $6\text{CuFeS}_2 + 19\text{O}_2 \xrightarrow{\text{焙烧}} 6\text{CuO} + 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + 12\text{SO}_2$

(2) 将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} , 防止 Fe^{3+} 在调 pH 时变成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 而被除去 $4.7 \leq \text{pH} < 6.4$ $\text{Al}(\text{OH})_3$

(3) NH_3 灼烧 (4) 49:51

(5) $\text{CuFe}_2\text{O}_{4-\delta} + \delta\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CuFe}_2\text{O}_4 + \delta\text{H}_2 \uparrow$

突破点 铁、铜化合物的转化, 陌生氧化还原反应方程式的书写

思路分析

酸浸后溶液中的金属离子有 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Al^{3+} 和 Fe^{3+} , CuFeS_2 “焙烧” 时生成三种氧化物, 结合质量守恒可知, “焙烧” 中黄铜矿的 CuFeS_2 与氧气反应生成 SO_2 、 CuO 和 Fe_3O_4 , 加入硫酸将金属氧化物转化为相应硫酸盐, 滤渣 1 为不与硫酸反应的二氧化硅, 加入 Cu 将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} , 加入 CuO 调 pH 使 Al^{3+} 完全沉淀, 而 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 不沉淀, 滤渣 2 的主要成分是氢氧化铝, 含少量铜、氧化铜; 加入过氧化氢将亚铁离子氧化为铁离子, 加入过量氨水反应生成 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, Fe^{3+} 与氨水反应生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ 经系列操作生成 CuO , 灼烧时 CuO 与氢氧化铁反应生成 CuFe_2O_4 , 在氮气作保护气下煅烧生成 $\text{CuFe}_2\text{O}_{4-\delta}$ 。

【解析】(1) 由思路分析可知, CuFeS_2 “焙烧” 时生成三种氧化物 (其中 Fe 的氧化物形式为 Fe_3O_4), 结合质量守恒可知, 另外两种氧化物为 SO_2 、 CuO , 根据得失电子守恒和原子守恒配平化学方程式。

(2) “还原” 流程后调 pH 使得铝元素完全沉淀, 而铜、铁元素不沉淀, 由于铁离子较铝离子会先沉淀, 故加 Cu “还原” 的目的是

易错点

将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} , 防止 Fe^{3+} 在调 pH 时变成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 而被除去。加 CuO 调 pH 的范围为 $4.7 \leq \text{pH} < 6.4$, 这是为了使 Al^{3+} 完全沉淀, 而 Cu^{2+} 和 Fe^{2+} 不沉淀。滤渣 2 的主要成分是 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。

(3) “沉铁” 时加入过量的氨水, CuSO_4 和氨水反应生成 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, “沉铜” 过程中需要让 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 转化为 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沉淀, 这个过程中会有 NH_3 生成, NH_3 溶于水得到氨水, 可以在 “沉铁” 时循环利用; 滤渣 3 是 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 可以用于 “灼烧” 步骤和 CuO 反应生成 CuFe_2O_4 。

(4) 在 N_2 中充分煅烧 CuFe_2O_4 制备氧缺位体 ($\text{CuFe}_2\text{O}_{4-\delta}$), 若氧缺位体的质量为原质量的 96.6%, 说明 δ 个 O 的质量占总质量

的 $(1-96.6\%)$, 则 $\frac{16\delta}{64+56\times 2+16\times 4}\times 100\%=1-96.6\%$, 解得 $\delta=0.51$, 则 CuFe_2O_4 煅烧后得到 $\text{CuFe}_2\text{O}_{3.49}$, 设其中 Fe^{3+} 的个数为 x , Fe^{2+} 的个数为 y , 则 $x+y=2$ 、 $2+3x+2y=3.49\times 2$, 解得 $x=0.98$ 、 $y=1.02$, 则氧缺位体中 $+3$ 、 $+2$ 价铁元素的物质的量之比为 $49:51$ 。

(5) 第一步是氧缺位体与水反应生成氢气和 CuFe_2O_4 , 第二步是 CuFe_2O_4 分解生成氧缺位体和氧气, 故第一步的化学方程式为 $\text{CuFe}_2\text{O}_{4-\delta}+\delta\text{H}_2\text{O}=\text{CuFe}_2\text{O}_4+\delta\text{H}_2\uparrow$ 。

9. (1) 提高浸出温度和反应速率, 提升银锌渣的浸出率 过高会使浸出液中溶解的 Au 增多, 降低 Au 的回收率

(2) D $2\text{Bi}^{3+}+3\text{Zn}=\text{2Bi}+3\text{Zn}^{2+}$ (3) CO_2 和 O_2

(4) 作还原剂(或还原 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$) 阳极 (5) 0.63

突破点 ▶ 物质分离、提纯的综合应用

思路分析

银锌渣中加入 KClO_3 、 HCl 、蒸汽氯化浸出, 过滤得含 Bi^{3+} 、 Zn^{2+} 、 AuCl_4^- 的浸出液, 加入试剂 X 置换出 Au , 剩余溶液中含 Bi^{3+} 、 Zn^{2+} , 再加入金属 Zn 将 Bi 置换出来, 过滤, 对滤液进行蒸发浓缩、冷却结晶, 离心脱水后得 ZnCl_2 ; 在氯化浸出过滤得到的浸出渣(含 AgCl 、 PbCl_2 、 Au) 中加入纯碱进行还原熔炼得到银金铅合金, 再进行酸溶, 滤出单质 Au , 在得到的酸性溶液中加入 NaCl , 银铅转变为 AgCl 、 PbCl_2 , 加氨水溶解 AgCl 为 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$, 过滤得 PbCl_2 固体, 最后在 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ 溶液中加入水合肼还原出单质银。

【解析】(1) 在“氯化浸出”过程中, 使用蒸汽是为了提高浸出的温度, 从而提升银锌渣的浸出速率和浸出率; 加入 KClO_3 的目的是将 Bi 和 Zn 氧化成 Bi^{3+} 和 Zn^{2+} 进入浸出液, 在 KClO_3 和 HCl 的共同作用下将部分 Au 氧化为 AuCl_4^- , 如果 KClO_3 溶液的浓度过高, 会使浸出液中溶解的 Au 增多, 降低 Au 的回收率(结合已知信息①分析)。

(2) 在“置换 1”中加入试剂 X 后能将 AuCl_4^- 中的 Au 元素置换出来, 再根据后面滤液中主要含 Bi^{3+} 、 Zn^{2+} , 又不能置换出 Bi , 根据金属活动性顺序: $\text{Zn}>\text{Bi}$, 同时不能带入新的杂质, Bi 只置换出 Au , 且不消耗 Bi^{3+} 、 Zn^{2+} , D 符合题意。“置换 2”是利用试剂 Y 将 Bi 置换出来, 根据不能带入新的杂质的原理, 则试剂 Y 为 Zn , 反应的离子方程式为 $2\text{Bi}^{3+}+3\text{Zn}=\text{2Bi}+3\text{Zn}^{2+}$ 。

(3) “还原熔炼”中碳酸钠与 AgCl 反应生成两种无色气体, 所以无 Cl_2 产生, 根据元素的特点, 则产生的气体由 C 元素和 O 元素中的 1 种或 2 种组成, 则生成的两种无色气体分别为 CO_2 和 O_2 , 该氧化还原反应中, Ag 被还原, 则气体产物中有氧化产物, 则不

易错点

可能是 CO ($\text{CO}_3^{2-}\rightarrow\text{CO}$, C 被还原)。

(4) “沉银”中水合肼 ($\text{N}_2\text{H}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$) 的作用是将 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ 还原为单质 Ag ; 得到的粗银需要进行电解精炼, 根据电解精炼的原理, 需要精炼的粗银作电解池的阳极, 含 Ag^+ 的溶液作电解液, 纯银作阴极, 阳极: $\text{Ag}-\text{e}^-=\text{Ag}^+$, 阴极: $\text{Ag}^++\text{e}^-=\text{Ag}$, 从而实现银的精炼。

(5) 在含有 0.1 mol Ag^+ 、 0.2 mol Pb^{2+} 的溶液中, 要完全沉淀 Ag^+ 和 Pb^{2+} , 根据 $\text{Ag}^+\sim\text{Cl}^-\sim\text{AgCl}$ 可得 0.1 mol Ag^+ 消耗 0.1 mol Cl^- , 根据 $\text{Pb}^{2+}\sim 2\text{Cl}^-\sim\text{PbCl}_2$, 可得 0.2 mol Pb^{2+} 消耗 0.4 mol Cl^- , 首先需要 $n(\text{Cl}^-)=0.1\text{ mol}+0.4\text{ mol}=0.5\text{ mol}$, 根据室温下 $K_{\text{sp}}(\text{PbCl}_2)=1.7\times 10^{-5}$, $K_{\text{sp}}(\text{AgCl})=1.8\times 10^{-10}$, 当 $c(\text{Ag}^+)=10^{-5}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, $c(\text{Cl}^-)=\frac{K_{\text{sp}}(\text{AgCl})}{c(\text{Ag}^+)}=\frac{1.8\times 10^{-10}}{1\times 10^{-5}}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}=1.8\times 10^{-5}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 而当溶液中 $c(\text{Pb}^{2+})=10^{-5}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,

$$c(\text{Cl}^-) = \sqrt{\frac{K_{\text{sp}}(\text{PbCl}_2)}{c(\text{Pb}^{2+})}} = \sqrt{\frac{1.7 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-5}}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx 1.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1},$$

所以当溶液中 $c(\text{Cl}^-) \approx 1.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, Ag^+ 和 Pb^{2+} 都沉淀完全, 则此时还需要加入 $n(\text{NaCl}) = 1.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.1 \text{ L} = 0.13 \text{ mol}$, 则理论上至少消耗 NaCl 的物质的量为 $0.5 \text{ mol} + 0.13 \text{ mol} = 0.63 \text{ mol}$ 。