

押新高考卷第 15 题

工艺流程综合题

命题探究

化学工艺流程题一般是陌生复杂的情境，多以工业流程图的形式呈现，试题主要特点：源于生产实际，问题情境真实；试题内容丰富，既考查化学知识的掌握和应用，同时也考查迁移推理能力；试题新颖，阅读量、思维含量较大，考查考生的信息提取加工、处理、应用表达能力。分析近年的高考试题，可以预测 2024 年的高考考查中，主要考查以下知识点：

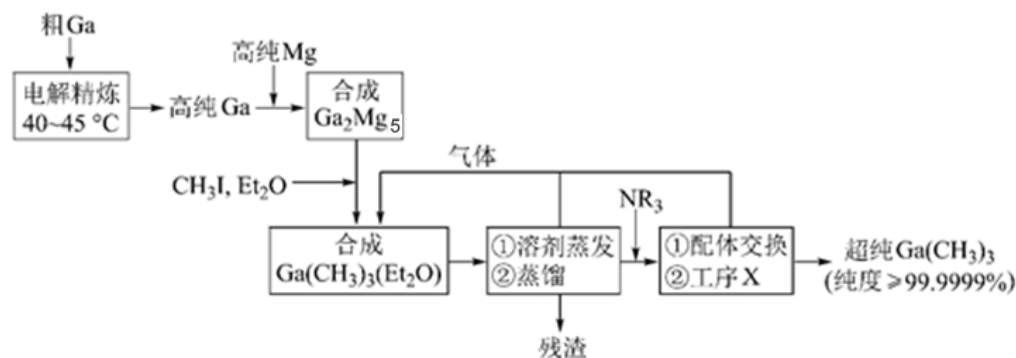
- (1) 常见的工艺操作方法措施（研磨、焙烧、水浸、酸（碱）浸等）；
- (2) 常见的工艺操作控制条件（调节溶液 pH、控制温度等）；
- (3) 物质分离、提纯的方法及要点；
- (4) 流程中陌生的反应方程式的书写；
- (5) 流程中有关 K_{sp} 的计算；
- (6) 流程中有关物质的纯度、转化率、产品的产率的计算等。

另外，在新高考中，常将晶胞分析与计算内容放在工艺流程题中考查，这点需要考生特别注意。

真题回顾

考向一 物质的制备类

1. (2023·湖南卷) 超纯 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ 是制备第三代半导体的支撑源材料之一，近年来，我国科技工作者开发了超纯纯化、超纯分析和超纯灌装一系列高新技术，在研制超纯 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ 方面取得了显著成果，工业上以粗镓为原料，制备超纯 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ 的工艺流程如下：



已知：①金属 Ga 的化学性质和 Al 相似，Ga 的熔点为 29.8°C ；

② Et_2O (乙醚) 和 NR_3 (三正辛胺) 在上述流程中可作为配体;

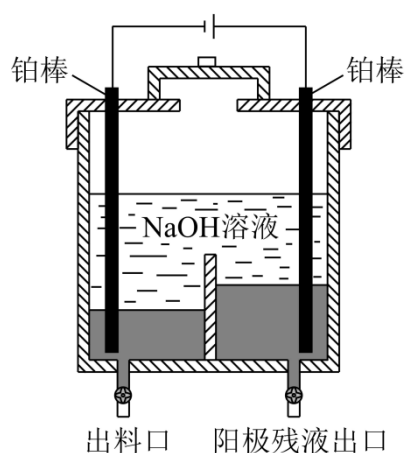
③ 相关物质的沸点:

物质	$\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$	Et_2O	CH_3I	NR_3
沸点/ $^\circ\text{C}$	55.7	34.6	42.4	365.8

回答下列问题:

(1) 晶体 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ 的晶体类型是_____;

(2) “电解精炼”装置如图所示, 电解池温度控制在 $40-45^\circ\text{C}$ 的原因是_____, 阴极的电极反应式为_____;



(3) “合成 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3(\text{Et}_2\text{O})$ ”工序中的产物还包括 MgI_2 和 CH_3MgI , 写出该反应的化学方程式: _____;

(4) “残渣”经纯水处理, 能产生可燃性气体, 该气体主要成分是_____;

(5) 下列说法错误的是_____;

A. 流程中 Et_2O 得到了循环利用

B. 流程中, “合成 Ga_2Mg_5 ”至“工序 X”需在无水无氧的条件下进行

C. “工序 X”的作用是解配 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3(\text{NR}_3)$, 并蒸出 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$

D. 用核磁共振氢谱不能区分 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ 和 CH_3I

(6) 直接分解 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3(\text{Et}_2\text{O})$ 不能制备超纯 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$, 而本流程采用“配体交换”工艺制备超纯 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ 的理由是_____;

(7) 比较分子中的 $\text{C}-\text{Ga}-\text{C}$ 键角大小: $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ _____ $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3(\text{Et}_2\text{O})$ (填“>”“<”或“=”), 其原因是_____。

【答案】(1) 分子晶体

(2) 保证 Ga 为液体, 便于纯 Ga 流出 $\text{Ga}^{3+}+3\text{e}^-=\text{Ga}$

(3) $8\text{CH}_3\text{I}+2\text{Et}_2\text{O}+\text{Ga}_2\text{Mg}_5=2\text{Ga}(\text{CH}_3)_3(\text{Et}_2\text{O})+3\text{MgI}_2+2\text{CH}_3\text{MgI}$;

(4) CH_4

(5) D

(6) NR_3 沸点较高, 易与 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ 分离, Et_2O 的沸点低于 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$, 一起气化, 难以得到超纯 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$

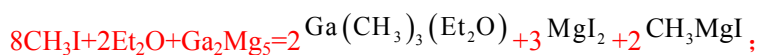
(7) $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ 中 Ga 为 sp^2 杂化, 所以为平面结构, 而 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3(\text{Et}_2\text{O})$ 中 Ga 为 sp^3 杂化, 所以为四面体结构, 故夹角较小

【分析】以粗镓为原料, 制备超纯 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$, 粗 Ga 经过电解精炼得到纯 Ga, Ga 和 Mg 反应生产 Ga_2Mg_5 , Ga_2Mg_5 和 CH_3I 、 Et_2O 反应生成 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3(\text{Et}_2\text{O})$ 、 MgI_2 和 CH_3MgI , 然后经过蒸发溶剂、蒸馏, 除去残渣 MgI_2 、 CH_3MgI , 加入 NR_3 进行配体交换、进一步蒸出得到超纯 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$, Et_2O 重复利用, 据此解答。

【解析】(1) 晶体 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ 的沸点较低, 晶体类型是分子晶体;

(2) 电解池温度控制在 $40-45^\circ\text{C}$ 可以保证 Ga 为液体, 便于纯 Ga 流出; 粗 Ga 在阳极失去电子, 阴极得到 Ga, 电极反应式为 $\text{Ga}^{3+} + 3\text{e}^- = \text{Ga}$;

(3) “合成 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3(\text{Et}_2\text{O})$ ”工序中的产物还包括 MgI_2 和 CH_3MgI , 该反应的化学方程式



(4) “残渣”含 CH_3MgI , 经纯水处理, 能产生可燃性气体 CH_4 ;

(5) A. 根据分析, 流程中 Et_2O 得到了循环利用, A 正确;

B. $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3(\text{Et}_2\text{O})$ 容易和水反应, 容易被氧化, 则流程中, “合成 Ga_2Mg_5 ”至“工序 X”需在无水无氧的条件下进行, B 正确;

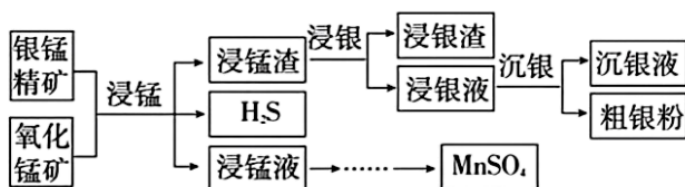
C. “配体交换”得到 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3(\text{NR}_3)$, “工序 X”先解构 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3(\text{NR}_3)$ 后蒸出 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$, C 正确;

D. 二者甲基的环境不同, 核磁共振氢谱化学位移不同, 用核磁共振氢谱能区分 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ 和 CH_3I , D 错误; 故选 D;

(6) 直接分解 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3(\text{Et}_2\text{O})$ 时由于 Et_2O 的沸点较低, 与 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ 一起蒸出, 不能制备超纯 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$, 而本流程采用“配体交换”工艺制备超纯 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ 的理由是, 根据题给相关物质沸点可知, NR_3 沸点远高于 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$, 与 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ 易分离;

(7) 分子中的 $\text{C}-\text{Ga}-\text{C}$ 键角 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3 > \text{Ga}(\text{CH}_3)_3(\text{Et}_2\text{O})$, 其原因是 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ 中 Ga 为 sp^2 杂化, 所以为平面结构, 而 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3(\text{Et}_2\text{O})$ 中 Ga 为 sp^3 杂化, 所以为四面体结构, 故夹角较小。

2. (2023·北京卷) 以银锰精矿(主要含 Ag_2S 、 MnS 、 FeS_2)和氧化锰矿(主要含 MnO_2)为原料联合提取银和锰的一种流程示意图如下。



已知：酸性条件下， MnO_2 的氧化性强于 Fe^{3+} 。

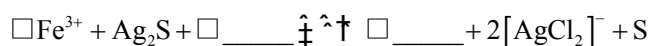
(1) “浸锰”过程是在 H_2SO_4 溶液中使矿石中的锰元素浸出，同时去除 FeS_2 ，有利于后续银的浸出：矿石中的银以 Ag_2S 的形式残留于浸锰渣中。

①“浸锰”过程中，发生反应 $\text{MnS} + 2\text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{S} \uparrow$ ，则可推断： $K_{\text{sp}}(\text{MnS})$ _____ (填“>”或“<”) $K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{S})$ 。

②在 H_2SO_4 溶液中，银锰精矿中的 FeS_2 和氧化锰矿中的 MnO_2 发生反应，则浸锰液中主要的金属阳离子有 _____。

(2) “浸银”时，使用过量 FeCl_3 、 HCl 和 CaCl_2 的混合液作为浸出剂，将 Ag_2S 中的银以 $[\text{AgCl}_2]^-$ 形式浸出。

①将“浸银”反应的离子方程式补充完整：_____。

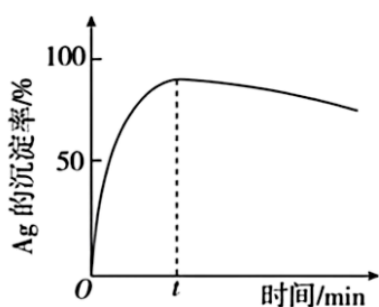


②结合平衡移动原理，解释浸出剂中 Cl^- 、 H^+ 的作用：_____。

(3) “沉银”过程中需要过量的铁粉作为还原剂。

①该步反应的离子方程式有_____。

②一定温度下， Ag 的沉淀率随反应时间的变化如图所示。解释 t 分钟后 Ag 的沉淀率逐渐减小的原因：_____。



(4) 结合“浸锰”过程，从两种矿石中各物质利用的角度，分析联合提取银和锰的优势：_____。

【答案】(1) > Fe^{3+} 、 Mn^{2+}

(2) $2\text{Fe}^{3+} + \text{Ag}_2\text{S} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2[\text{AgCl}_2]^- + \text{S}$ Cl^- 是为了与 Ag_2S 电离出的 Ag^+ 结合生成

$[\text{AgCl}_2]^-$ ，使平衡正向移动，提高 Ag_2S 的浸出率； H^+ 是为了抑制 Fe^{3+} 水解，防止生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀

(3) $2[\text{AgCl}_2]^- + \text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + 2\text{Ag} + 4\text{Cl}^-$ 、 $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$ Fe^{2+} 被氧气氧化为 Fe^{3+} ， Fe^{3+} 把 Ag

氧化为 Ag^+

(4) 可将两种矿石中的锰元素同时提取到浸锰液中, 得到 MnSO_4 , 同时将银元素和锰元素分离开; 生成的 Fe^{3+} 还可以用于浸银, 节约氧化剂

【分析】银锰精矿(主要含 Ag_2S 、 MnS 、 FeS_2)和氧化锰矿(主要含 MnO_2)混合加 H_2SO_4 溶液, 使矿石中的锰元素浸出, 同时去除 FeS_2 , 矿石中的银以 Ag_2S 的形式残留于浸锰渣中, 浸锰液中主要的金属阳离子有 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} ; 浸锰渣中 Ag_2S 与过量 FeCl_3 、 HCl 和 CaCl_2 的混合液反应, 将 Ag_2S 中的银以 $[\text{AgCl}_2]^-$ 形式浸出, 用铁粉把 $[\text{AgCl}_2]^-$ 还原为金属银。

【解析】(1) ①“浸锰”过程中, 矿石中的银以 Ag_2S 的形式残留于浸锰渣中, MnS 发生反应

$\text{MnS} + 2\text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{S} \uparrow$, 硫化锰溶于强酸而硫化银不溶于强酸, 则可推断: $K_{\text{sp}}(\text{MnS}) > K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{S})$;

②根据信息, 在 H_2SO_4 溶液中二氧化锰可将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 自身被还原为 Mn^{2+} , 则浸锰液中主要的金属阳离子有 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} 。

(2) ① Ag_2S 中 S 元素化合价升高, Fe 元素化合价降低, 根据得失电子守恒、元素守恒, 该离子方程式为 $2\text{Fe}^{3+} + \text{Ag}_2\text{S} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + 2[\text{AgCl}_2]^- + \text{S}$;

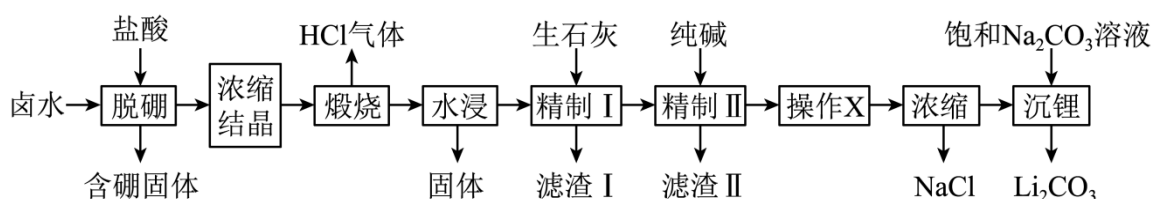
② Cl^- 是为了与 Ag_2S 电离出的 Ag^+ 结合生成 $[\text{AgCl}_2]^-$, 使平衡正向移动, 提高 Ag_2S 的浸出率; H^+ 是为了抑制 Fe^{3+} 水解, 防止生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀。

(3) ①铁粉可将 $[\text{AgCl}_2]^-$ 还原为单质银, 过量的铁粉还可以与铁离子发生反应, 因此离子方程式为 $2[\text{AgCl}_2]^- + \text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + 2\text{Ag} + 4\text{Cl}^-$ 、 $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$;

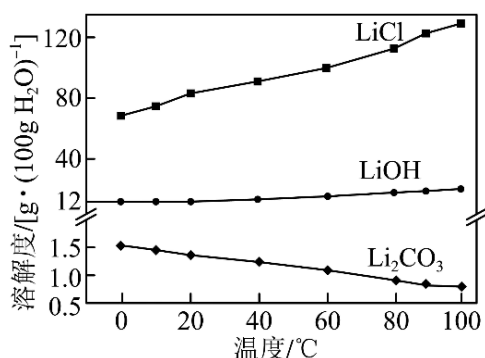
②溶液中生成的 Fe^{2+} 会被空气中的氧气缓慢氧化为 Fe^{3+} , Fe^{3+} 把部分 Ag 氧化为 Ag^+ , 因此 t min 后银的沉淀率逐渐降低。

(4) 联合提取银和锰的优势在于“浸锰”过程可将两种矿石中的锰元素同时提取到浸锰液中, 将银元素和锰元素分离开, 利用 MnO_2 的氧化性将 FeS_2 中的 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 同时生成的 Fe^{3+} 还可以用于浸银, 节约氧化剂, 同时得到 MnSO_4 。

3. (2023·山东卷) 盐湖卤水(主要含 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Li^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 和硼酸根等)是锂盐的重要来源。一种以高镁卤水为原料经两段除镁制备 Li_2CO_3 的工艺流程如下:



已知：常温下， $K_{sp}(\text{Li}_2\text{CO}_3) = 2.2 \times 10^{-3}$ 。相关化合物的溶解度与温度的关系如图所示。



回答下列问题：

- (1) 含硼固体中的 $\text{B}(\text{OH})_3$ 在水中存在平衡： $\text{B}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + [\text{B}(\text{OH})_4]^-$ (常温下， $K_a = 10^{-9.34}$)； $\text{B}(\text{OH})_3$ 与 NaOH 溶液反应可制备硼砂 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 。常温下，在 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硼砂溶液中， $[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4]^{2-}$ 水解生成等物质的量浓度的 $\text{B}(\text{OH})_3$ 和 $[\text{B}(\text{OH})_4]^-$ ，该水解反应的离子方程式为_____，该溶液 $\text{pH} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。
- (2) 滤渣 I 的主要成分是_____ (填化学式)；精制 I 后溶液中 Li^+ 的浓度为 $2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则常温下精制 II 过程中 CO_3^{2-} 浓度应控制在_____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下。若脱硼后直接进行精制 I，除无法回收 HCl 外，还将增加_____ 的用量 (填化学式)。
- (3) 精制 II 的目的是_____；进行操作 X 时应选择的试剂是_____，若不进行该操作而直接浓缩，将导致_____。

【答案】 (1) $[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4]^{2-} + 5\text{H}_2\text{O} = 2\text{B}(\text{OH})_3 + 2[\text{B}(\text{OH})_4]^-$ 9.34

(2) CaSO_4 5.5×10^{-4} 纯碱

(3) 加入纯碱将精制 I 所得滤液中的 Ca^{2+} 转化为 CaCO_3 (或除去精制 I 所得滤液中的 Ca^{2+})，提高 Li_2CO_3 纯度 盐酸 浓缩液中因 CO_3^{2-} 浓度过大使得 Li^+ 过早沉淀，即浓缩结晶得到的 NaCl 中会混有 Li_2CO_3 ，最终所得 Li_2CO_3 的产率减小

【分析】 由流程可知，卤水中加入盐酸脱镁后过滤，所得滤液经浓缩结晶后得到晶体，该晶体中含有 Na^+ 、 Li^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 等，焙烧后生成 HCl 气体，烧渣水浸后过滤，滤液中加生石灰后产生沉淀，在此条件下溶解度最小的是 CaSO_4 ，则滤渣 I 的主要成分为 CaSO_4 ；由于 CaSO_4 微溶于水，精制 I 所得滤液中再加纯碱又生成沉淀，则滤渣 II 为 CaCO_3 ；精制 II 所得滤液经操作 X 后，所得溶液经浓缩结晶、过滤得到氯化钠，浓缩后的滤液中加入饱和碳酸钠溶液沉锂，得到 Li_2CO_3 。

【解析】 (1) 含硼固体中的 $\text{B}(\text{OH})_3$ 在水中存在平衡： $\text{B}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{B}(\text{OH})_4]^- + \text{H}^+$ (常温下，

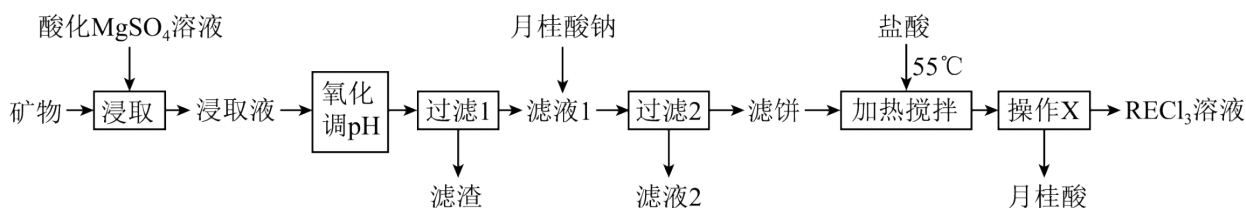
$K=10^{-9.34}$); $B(OH)_3$ 与 NaOH 溶液反应可制备硼砂 $Na_2B_4O_5(OH)_4 \cdot 8H_2O$ 。常温下,在 $0.10mol \cdot L^{-1}$ 硼砂溶液中, $[B_4O_5(OH)_4]^{2-}$ 水解生成等物质的量浓度的 $B(OH)_3$ 和 $[B(OH)_4]^-$, 该水解反应的离子方程式为 $[B_4O_5(OH)_4]^{2-} + 5H_2O = 2B(OH)_3 + 2[B(OH)_4]^-$, 由 B 元素守恒可知, $B(OH)_3$ 和 $[B(OH)_4]^-$ 的浓度均为

$0.20mol \cdot L^{-1}$, $K = \frac{c_{[B(OH)_4]^-} \cdot c(H^+)}{c_{B(OH)_3}} = 10^{-9.34}$, 则该溶液 $pH = 9.34$ 。

(2) 由分析可知, 滤渣 I 的主要成分是 $CaSO_4$; 精制 I 后溶液中 Li^+ 的浓度为 $2.0mol \cdot L^{-1}$, 由 $K_{sp}(Li_2CO_3) = 2.2 \times 10^{-3}$ 可知, 则常温下精制 II 过程中 CO_3^{2-} 浓度应控制在 $\frac{2.2 \times 10^{-3}}{2.0^2} mol \cdot L^{-1} = 5.5 \times 10^{-4} mol \cdot L^{-1}$ 以下。若脱硼后直接进行精制 I, 除无法回收 HCl 外, 后续在浓缩结晶时将生成更多的氯化钠晶体, 因此, 还将增加纯碱 (Na_2CO_3) 的用量。

(3) 精制 I 中, 烧渣水浸后的滤液中加入石灰后产生的滤渣 I 的主要成分为 $CaSO_4$; 由于 $CaSO_4$ 微溶于水, 精制 I 所得滤液中还含有一定浓度的 Ca^{2+} , 还需要除去 Ca^{2+} , 因此, 精制 II 的目的是: 加入纯碱将精制 I 所得滤液中的 Ca^{2+} 转化为 $CaCO_3$ (或除去精制 I 所得滤液中的 Ca^{2+}), 提高 Li_2CO_3 纯度。操作 X 是为了除去剩余的碳酸根离子, 为了防止引入杂质离子, 应选择的试剂是盐酸; 加入盐酸的目的是除去剩余的碳酸根离子, 若不进行该操作而直接浓缩, 将导致浓缩液中因 CO_3^{2-} 浓度过大使得 Li^+ 过早沉淀, 即浓缩结晶得到的 NaCl 中会混有 Li_2CO_3 , 最终所得 Li_2CO_3 的产率减小。

4. (2022·广东卷) 稀土(RE)包括镧、钕等元素, 是高科技发展的关键支撑。我国南方特有的稀土矿可用离子交换法处理, 一种从该类矿(含铁、铝等元素)中提取稀土的工艺如下:



已知: 月桂酸($C_{11}H_{23}COOH$)熔点为 $44^\circ C$; 月桂酸和 $(C_{11}H_{23}COO)_3RE$ 均难溶于水。该工艺条件下, 稀土离子保持 +3 价不变; $(C_{11}H_{23}COO)_2Mg$ 的 $K_{sp} = 1.8 \times 10^{-8}$, $Al(OH)_3$ 开始溶解时的 pH 为 8.8; 有关金属离子沉淀的相关 pH 见下表。

离子	Mg^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}	RE^{3+}
开始沉淀时的 pH	8.8	1.5	3.6	6.2~7.4
沉淀完全时的 pH	/	3.2	4.7	/

(1) “氧化调 pH ”中, 化合价有变化的金属离子是_____。(2) “过滤 1”前, 用 NaOH

溶液调 pH 至_____的范围内, 该过程中 Al^{3+} 发生反应的离子方程式为_____。

(3) “过滤 2”后, 滤饼中检测不到 Mg 元素, 滤液 2 中 Mg^{2+} 浓度为 $2.7\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。为尽可能多地提取 RE^{3+} , 可提高月桂酸钠的加入量, 但应确保“过滤 2”前的溶液中 $c(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO}^-)$ 低于_____ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (保留两位有效数字)。

(4) ①“加热搅拌”有利于加快 RE^{3+} 溶出、提高产率, 其原因是_____。

②“操作 X”的过程为: 先_____, 再固液分离。

(5) 该工艺中, 可再生循环利用的物质有_____(写化学式)。

(6) 稀土元素钇(Y)可用于制备高活性的合金类催化剂 Pt_3Y 。

①还原 YCl_3 和 PtCl_4 熔融盐制备 Pt_3Y 时, 生成 $1\text{mol Pt}_3\text{Y}$ 转移_____ mol 电子。

② $\text{Pt}_3\text{Y}/\text{C}$ 用作氢氧燃料电池电极材料时, 能在碱性溶液中高效催化 O_2 的还原, 发生的电极反应为_____。

【答案】(1) Fe^{2+}

(2) $4.7 \leq \text{pH} < 6.2$ $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$

(3) 4.0×10^{-4}

(4) 加热搅拌可加快反应速率 冷却结晶

(5) MgSO_4

(6) 15 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$

【解析】由流程可知, 该类矿(含铁、铝等元素)加入酸化 MgSO_4 溶液浸取, 得到浸取液中含有 RE^{3+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 SO_4^{2-} 等离子, 经氧化调 pH 使 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 形成沉淀, 经过滤除去, 滤液 1 中含有 RE^{3+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 等离子, 加入月桂酸钠, 使 RE^{3+} 形成 $(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO})_3\text{RE}$ 沉淀, 滤液 2 主要含有 MgSO_4 溶液, 可循环利用, 滤饼加盐酸, 经加热搅拌溶解后, 再冷却结晶, 析出月桂酸, 再固液分离得到 RECl_3 溶液。

(1) 由分析可知, “氧化调 pH”目的是除去含铁、铝等元素的离子, 需要将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 以便后续除杂, 所以化合价有变化的金属离子是 Fe^{2+} , 故答案为: Fe^{2+} ;

(2) 由表中数据可知, Al^{3+} 沉淀完全的 pH 为 4.7, 而 RE^{3+} 开始沉淀的 pH 为 6.2~7.4, 所以为保证 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 沉淀完全, 且 RE^{3+} 不沉淀, 要用 NaOH 溶液调 pH 至 $4.7 \leq \text{pH} < 6.2$ 的范围内, 该过程中 Al^{3+} 发生反应的离子方程式为 $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$, 故答案为: $4.7 \leq \text{pH} < 6.2$; $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$;

(3) 滤液 2 中 Mg^{2+} 浓度为 $2.7\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 即 0.1125mol/L , 根据 $K_{\text{sp}}[(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO})_2\text{Mg}] = c(\text{Mg}^{2+}) \cdot c^2(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO}^-)$, 若要加入月桂酸钠后只生成 $(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO})_3\text{RE}$, 而不产生

$(C_{11}H_{23}COO)_2Mg$ ，则 $c(C_{11}H_{23}COO^-) < \sqrt{\frac{K_{sp}[(C_{11}H_{23}COO)_2Mg]}{c(Mg^{2+})}} = \sqrt{\frac{1.8 \times 10^{-8}}{0.1125}} = 4 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，故答案为： 4×10^{-4} ；

(4) ①“加热搅拌”有利于加快 RE^{3+} 溶出、提高产率，其原因是加热搅拌可加快反应速率，故答案为：加热搅拌可加快反应速率；

②“操作 X”的结果是分离出月桂酸，由信息可知，月桂酸 $(C_{11}H_{23}COOH)$ 熔点为 44°C ，故“操作 X”的过程为：先冷却结晶，再固液分离，故答案为：冷却结晶；

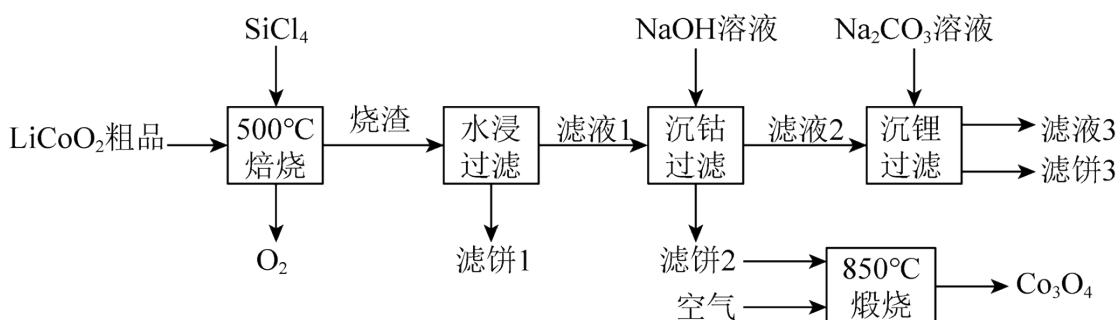
(5) 由分析可知，该工艺中，可再生循环利用的物质有 $MgSO_4$ ，故答案为： $MgSO_4$ ；

(6) ① YCl_3 中 Y 为 +3 价， $PtCl_4$ 中 Pt 为 +4 价，而 Pt_3Y 中金属均为 0 价，所以还原 YCl_3 和 $PtCl_4$ 熔融盐制备 Pt_3Y 时，生成 $1 \text{ mol } Pt_3Y$ 转移 15 mol 电子，故答案为：15；

②碱性溶液中，氢氧燃料电池正极发生还原反应，发生的电极反应为 $O_2 + 4e^- + 2H_2O = 4OH^-$ ，故答案为： $O_2 + 4e^- + 2H_2O = 4OH^-$ 。

考向二 物质的提纯类

5. (2023·湖北卷) $SiCl_4$ 是生产多晶硅的副产物。利用 $SiCl_4$ 对废弃的锂电池正极材料 $LiCoO_2$ 进行氯化处理以回收 Li、Co 等金属，工艺路线如下：



回答下列问题：

(1) Co 位于元素周期表第_____周期，第_____族。

(2) 烧渣是 $LiCl$ 、 $CoCl_2$ 和 SiO_2 的混合物，“500°C焙烧”后剩余的 $SiCl_4$ 应先除去，否则水浸时会产生大量烟雾，用化学方程式表示其原因_____。

(3) 鉴别洗净的“滤饼 3”和固体 Na_2CO_3 常用方法的名称是_____。

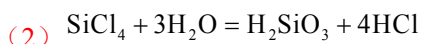
(4) 已知 $K_{sp}[Co(OH)_2] = 5.9 \times 10^{-15}$ ，若“沉钴过滤”的 pH 控制为 10.0，则溶液中 Co^{2+} 浓度为_____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。“850°C煅烧”时的化学方程式为_____。

(5) 导致 $SiCl_4$ 比 CCl_4 易水解的因素有_____ (填标号)。

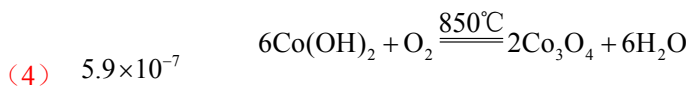
a. Si-Cl 键极性更大 b. Si 的原子半径更大

c. Si-Cl 键键能更大 d. Si 有更多的价层轨道

【答案】(1) 4 VIII



(3) 焰色反应



(5) abd

【分析】由流程和题中信息可知， LiCoO_2 粗品与 SiCl_4 在 500°C 焙烧时生成氧气和烧渣，烧渣是 LiCl 、 CoCl_2 和 SiO_2 的混合物；烧渣经水浸、过滤后得滤液 1 和滤饼 1，滤饼 1 的主要成分是 SiO_2 和 H_2SiO_3 ；滤液 1 用氢氧化钠溶液沉钴，过滤后得滤饼 2（主要成分为 $\text{Co}(\text{OH})_2$ ）和滤液 2（主要溶质为 LiCl ）；滤饼 2 置于空气中在 850°C 煅烧得到 Co_3O_4 ；滤液 2 经碳酸钠溶液沉锂，得到滤液 3 和滤饼 3，滤饼 3 为 Li_2CO_3 。

【解析】(1) Co 是 27 号元素，其原子有 4 个电子层，其价电子排布为 $3d^7 4s^2$ ，元素周期表第 8、9、10 三个纵行合称第 VIII 族，因此，其位于元素周期表第 4 周期、第 VIII 族。

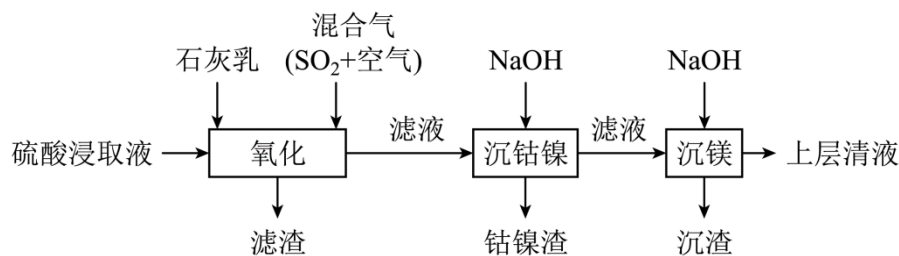
(2) “ 500°C 焙烧”后剩余的 SiCl_4 应先除去，否则水浸时会产生大量烟雾，由此可知，四氯化硅与水反应且能生成氯化氢和硅酸，故其原因是： SiCl_4 遇水剧烈水解，生成硅酸和氯化氢，该反应的化学方程式为 $\text{SiCl}_4 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SiO}_3 + 4\text{HCl}$ 。

(3) 洗净的“滤饼 3”的主要成分为 Li_2CO_3 ，常用焰色反应鉴别 Li_2CO_3 和 Na_2CO_3 ， Li_2CO_3 的焰色反应为紫红色，而 Na_2CO_3 的焰色反应为黄色。故鉴别“滤饼 3”和固体 Na_2CO_3 常用方法的名称是焰色反应。

(4) 已知 $K_{\text{sp}}[\text{Co}(\text{OH})_2] = 5.9 \times 10^{-15}$ ，若“沉钴过滤”的 pH 控制为 10.0，则溶液中 $c(\text{OH}^-) = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， Co^{2+} 浓度为 $\frac{K_{\text{sp}}[\text{Co}(\text{OH})_2]}{c^2(\text{OH}^-)} = \frac{5.9 \times 10^{-15}}{(1.0 \times 10^{-4})^2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 5.9 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。“ 850°C 煅烧”时， $\text{Co}(\text{OH})_2$ 与 O_2 反应生成 Co_3O_4 和 H_2O ，该反应的化学方程式为 $6\text{Co}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{850^\circ\text{C}} 2\text{Co}_3\text{O}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$ 。

(5) a. Si-Cl 键极性更大，则 Si-Cl 键更易断裂，因此， SiCl_4 比 CCl_4 易水解，a 有关；
b. Si 的原子半径更大，因此， SiCl_4 中的共用电子对更加偏向于 Cl，从而导致 Si-Cl 键极性更大，且 Si 原子更易受到水电离的 OH^- 的进攻，因此， SiCl_4 比 CCl_4 易水解，b 有关；
c. 通常键能越大化学键越稳定且不易断裂，因此，Si-Cl 键键能更大不能说明 Si-Cl 更易断裂，故不能说明 SiCl_4 比 CCl_4 易水解，c 无关；
d. Si 有更多的价层轨道，因此更易与水电离的 OH^- 形成化学键，从而导致 SiCl_4 比 CCl_4 易水解，d 有关；
综上所述，导致 SiCl_4 比 CCl_4 易水解的因素有 abd。

6. (2023·辽宁卷) 某工厂采用如下工艺处理镍钴矿硫酸浸取液含 (Ni^{2+} 、 Co^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Mg^{2+} 和 Mn^{2+})。实现镍、钴、镁元素的回收。

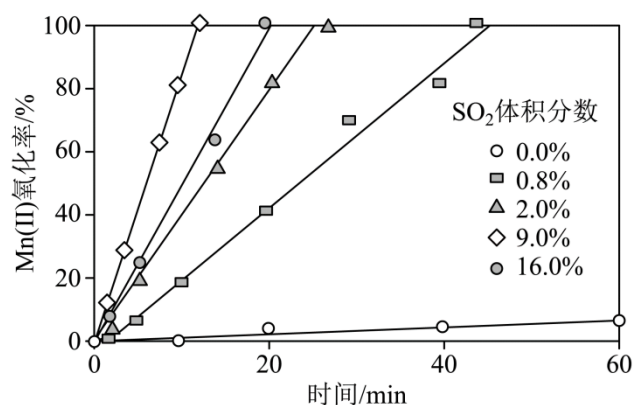


已知:

物质	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Co}(\text{OH})_2$	$\text{Ni}(\text{OH})_2$	$\text{Mg}(\text{OH})_2$
K_{sp}	$10^{-37.4}$	$10^{-14.7}$	$10^{-14.7}$	$10^{-10.8}$

回答下列问题:

- (1) 用硫酸浸取镍钴矿时, 提高浸取速率的方法为_____ (答出一条即可)。
- (2) “氧化”中, 混合气在金属离子的催化作用下产生具有强氧化性的过一硫酸 (H_2SO_5), $1\text{molH}_2\text{SO}_5$ 中过氧键的数目为_____。
- (3) “氧化”中, 用石灰乳调节 $\text{pH}=4$, Mn^{2+} 被 H_2SO_5 氧化为 MnO_2 , 该反应的离子方程式为_____ (H_2SO_5 的电离第一步完全, 第二步微弱); 滤渣的成分为 MnO_2 、_____ (填化学式)。
- (4) “氧化”中保持空气通入速率不变, $\text{Mn}(\text{II})$ 氧化率与时间的关系如下。 SO_2 体积分数为_____ 时, $\text{Mn}(\text{II})$ 氧化速率最大; 继续增大 SO_2 体积分数时, $\text{Mn}(\text{II})$ 氧化速率减小的原因是_____。



- (5) “沉钴镍”中得到的 $\text{Co}(\text{II})$ 在空气中可被氧化成 $\text{CoO}(\text{OH})$, 该反应的化学方程式为_____。
- (6) “沉镁”中为使 Mg^{2+} 沉淀完全 (25°C), 需控制 pH 不低于_____ (精确至 0.1)。

【答案】(1) 适当增大硫酸浓度或适当升高温度或将镍钴矿粉碎增大接触面积

(2) N_A

(3) $\text{H}_2\text{O} + \text{Mn}^{2+} + \text{HSO}_5^- = \text{MnO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}^+$ $\text{Fe}(\text{OH})_3$

(4) 9.0% SO_2 有还原性, 过多将会降低 H_2SO_5 的浓度, 降低 Mn(II) 氧化速率

(5) $4\text{Co(OH)}_2 + \text{O}_2 = 4\text{CoO(OH)} + 2\text{H}_2\text{O}$

(6) 11.1

【分析】在“氧化”中, 混合气在金属离子的催化作用下产生具有强氧化性的过一硫酸(H_2SO_5), 用石灰乳调节 $\text{pH}=4$, Mn^{2+} 被 H_2SO_5 氧化为 MnO_2 , 发生反应 $\text{H}_2\text{O} + \text{Mn}^{2+} + \text{HSO}_5^- = \text{MnO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}^+$, Fe^{3+} 水解同时生成氢氧化铁, “沉钴镍”过程中, Co^{2+} 变为 Co(OH)_2 , 在空气中可被氧化成 CoO(OH) 。

【解析】(1) 用硫酸浸取镍钴矿时, 为提高浸取速率可适当增大硫酸浓度、升高温度或将镍钴矿粉碎增大接触面积

(2) (H_2SO_5) 的结构简式为 $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}=\text{S}-\text{O}-\text{O}-\text{H} \\ | \\ \text{O}-\text{H} \end{array}$, 所以 $1\text{molH}_2\text{SO}_5$ 中过氧键的数目为 N_A

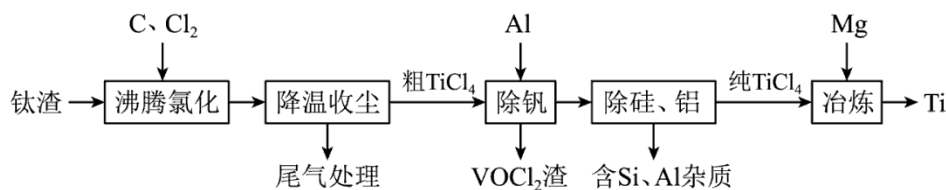
(3) 用石灰乳调节 $\text{pH}=4$, Mn^{2+} 被 H_2SO_5 氧化为 MnO_2 , 该反应的离子方程式为:
 $\text{H}_2\text{O} + \text{Mn}^{2+} + \text{HSO}_5^- = \text{MnO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}^+$; 氢氧化铁的 $K_{sp}=10^{-37.4}$, 当铁离子完全沉淀时, 溶液中 $c(\text{Fe}^{3+})=10^{-5}\text{mol/L}$, $K_{sp}=c(\text{OH}^-)^3 \times c(\text{Fe}^{3+})=c(\text{OH}^-)^3 \times 10^{-5}=10^{-37.4}$, $c(\text{OH}^-)=10^{-10.8}\text{mol/L}$, 根据 $K_w=10^{-14}$, $\text{pH}=3.2$, 此时溶液的 $\text{pH}=4$, 则铁离子完全水解, 生成氢氧化铁沉淀, 故滤渣还有氢氧化铁;

(4) 根据图示可知 SO_2 体积分数为 0.9% 时, Mn(II) 氧化速率最大; 继续增大 SO_2 体积分数时, 由于 SO_2 有还原性, 过多将会降低 H_2SO_5 的浓度, 降低 Mn(II) 氧化速率

(5) “沉钴镍”中得到的 Co(OH)_2 , 在空气中可被氧化成 CoO(OH) , 该反应的化学方程式为:
 $4\text{Co(OH)}_2 + \text{O}_2 = 4\text{CoO(OH)} + 2\text{H}_2\text{O}$;

(6) 氢氧化镁的 $K_{sp}=10^{-10.8}$, 当镁离子完全沉淀时, $c(\text{Mg}^{2+})=10^{-5}\text{mol/L}$, 根据 K_{sp} 可计算 $c(\text{OH}^-)=10^{-2.9}\text{mol/L}$, 根据 $K_w=10^{-14}$, $c(\text{H}^+)=10^{-11.1}\text{mol/L}$, 所以溶液的 $\text{pH}=11.1$ 。

7. (2022·湖南卷) 钛(Ti)及其合金是理想的高强度、低密度结构材料。以钛渣(主要成分为 TiO_2 , 含少量 V、Si 和 Al 的氧化物杂质)为原料, 制备金属钛的工艺流程如下:

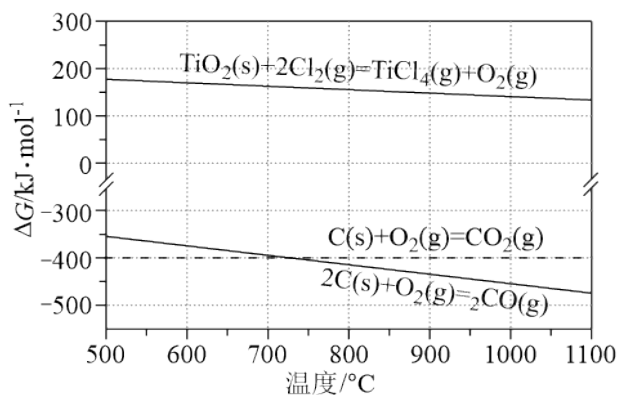


已知“降温收尘”后, 粗 TiCl_4 中含有的几种物质的沸点:

物质	TiCl_4	VOCl_3	SiCl_4	AlCl_3
沸点/ $^{\circ}\text{C}$	136	127	57	180

回答下列问题：

(1) 已知 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ ， ΔG 的值只决定于反应体系的始态和终态，忽略 ΔH 、 ΔS 随温度的变化。若 $\Delta G < 0$ ，则该反应可以自发进行。根据下图判断：600℃时，下列反应不能自发进行的是_____。



- A. $C(s) + O_2(g) = CO_2(g)$
 B. $2C(s) + O_2(g) = 2CO(g)$
 C. $TiO_2(s) + 2Cl_2(g) = TiCl_4(g) + O_2(g)$
 D. $TiO_2(s) + C(s) + 2Cl_2(g) = TiCl_4(g) + CO_2(g)$

(2) TiO_2 与 C、 Cl_2 ，在 600℃ 的沸腾炉中充分反应后，混合气体中各组分的分压如下表：

物质	$TiCl_4$	CO	CO_2	Cl_2
分压 MPa	4.59×10^{-2}	1.84×10^{-2}	3.70×10^{-2}	5.98×10^{-9}

①该温度下， TiO_2 与 C、 Cl_2 反应的总化学方程式为_____；

②随着温度升高，尾气中 CO 的含量升高，原因是_____。

(3)“除钒”过程中的化学方程式为_____；“除硅、铝”过程中，分离 $TiCl_4$ 中含 Si、Al 杂质的方法是_____。

(4)“除钒”和“除硅、铝”的顺序_____ (填“能”或“不能”)交换，理由是_____。

(5)下列金属冶炼方法与本工艺流程中加入 Mg 冶炼 Ti 的方法相似的是_____。

- A. 高炉炼铁 B. 电解熔融氯化钠制钠
 C. 铝热反应制锰 D. 氧化汞分解制汞

【答案】(1) C

(2) $5TiO_2 + 6C + 10Cl_2 \xrightarrow{600^\circ C} 5TiCl_4 + 2CO + 4CO_2$ 随着温度升高， CO_2 与 C 发生反应 $C + CO_2 \xrightarrow{高温} 2CO$

(3) $3VOCl_3 + Al = 3VOCl_2 + AlCl_3$ 蒸馏

(4) 不能 若先“除硅、铝”再“除钒”，“除钒”时需要加入 Al，又引入 Al 杂质；

(5) AC

【解析】钛渣中加入 C、Cl₂ 进行沸腾氯化，转化为相应的氯化物，降温收尘后得到粗 TiCl₄，加入单质 Al 除钒，再除硅、铝得到纯 TiCl₄，加入 Mg 还原得到 Ti。

(1) 记① $\text{C(s)} + \text{O}_2\text{(g)} = \text{CO}_2\text{(g)}$ ，② $2\text{C(s)} + \text{O}_2\text{(g)} = 2\text{CO(g)}$ ，③ $\text{TiO}_2\text{(s)} + 2\text{Cl}_2\text{(g)} = \text{TiCl}_4\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)}$ ，④ $\text{TiO}_2\text{(s)} + \text{C(s)} + 2\text{Cl}_2\text{(g)} = \text{TiCl}_4\text{(g)} + \text{CO}_2\text{(g)}$ ；

A. 由图可知，600℃时 $\text{C(s)} + \text{O}_2\text{(g)} = \text{CO}_2\text{(g)}$ 的 $\Delta G < 0$ ，反应自发进行，故 A 不符合题意；

B. 由图可知，600℃时 $2\text{C(s)} + \text{O}_2\text{(g)} = 2\text{CO(g)}$ 的 $\Delta G < 0$ ，反应自发进行，故 B 不符合题意；

C. 由图可知，600℃时 $\text{TiO}_2\text{(s)} + 2\text{Cl}_2\text{(g)} = \text{TiCl}_4\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)}$ 的 $\Delta G > 0$ ，反应不能自发进行，故 C 符合题意；

D. 根据盖斯定律， $\text{TiO}_2\text{(s)} + \text{C(s)} + 2\text{Cl}_2\text{(g)} = \text{TiCl}_4\text{(g)} + \text{CO}_2\text{(g)}$ 可由①+③得到，则 600℃时其 $\Delta G < 0$ ，反应自发进行，故 D 不符合题意；

故选 C；

(2) ①根据表中数据可知，该温度下 C 主要生成 CO 和 CO₂，根据相同条件下气体的压强之比是物质的量之比可知 TiCl₄、CO 和 CO₂ 的物质的量之比约是 5：2：4，所以 TiO₂ 与 C、Cl₂ 反应的总化学方程式为



②随着温度升高，CO₂ 与 C 发生反应 $\text{C} + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{CO}$ ，导致 CO 含量升高，故答案为：随着温度升高，CO₂

与 C 发生反应 $\text{C} + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{CO}$ ；

(3) “降温收尘”后钒元素主要以 VOCl₃ 形式存在，加入 Al 得到 VOCl₂ 渣，根据得失电子守恒和元素守恒配平方程式为 $3\text{VOCl}_3 + \text{Al} = 3\text{VOCl}_2 + \text{AlCl}_3$ ；AlCl₃、SiCl₄ 与 TiCl₄ 沸点差异较大，“除硅、铝”过程中可采用蒸馏的方法分离 AlCl₃、SiCl₄，故答案为： $3\text{VOCl}_3 + \text{Al} = 3\text{VOCl}_2 + \text{AlCl}_3$ ；蒸馏；

(4) 若先“除硅、铝”再“除钒”，“除钒”时需要加入 Al，又引入 Al 杂质，因此“除钒”和“除硅、铝”的顺序不能交换，故答案为：不能；若先“除硅、铝”再“除钒”，“除钒”时需要加入 Al，又引入 Al 杂质；

(5) 本工艺中加入 Mg 冶炼 Ti 的方法为热还原法；

A. 高炉炼铁的原理是用还原剂将铁矿石中铁的氧化物还原成金属铁，属于热还原法，故 A 符合题意；

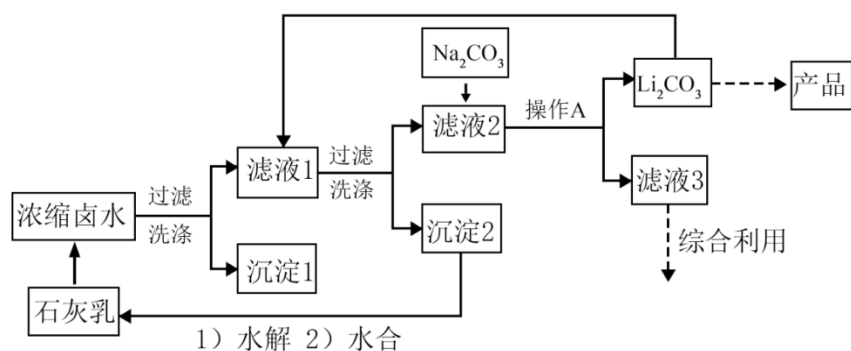
B. 电解熔融氯化钠制取金属钠的原理是电解法，故 B 不符合题意；

C. 铝热反应制锰是利用 Al 作还原剂，将锰从其化合物中还原出来，为热还原法，故 C 符合题意；

D. Hg 为不活泼金属，可以直接用加热分解氧化汞的方法制备汞，故 D 不符合题意；

故答案选 AC，故答案为：AC。

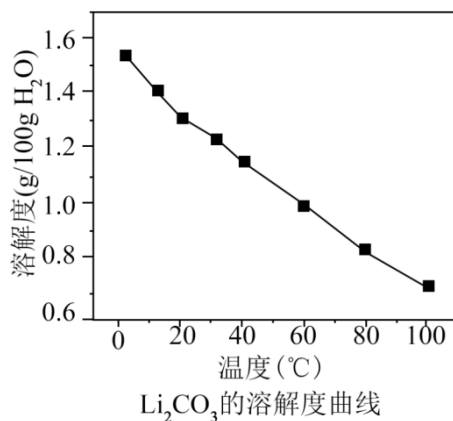
8. (2022·湖北卷) 全球对锂资源的需求不断增长，“盐湖提锂”越来越受到重视。某兴趣小组取盐湖水进行浓缩和初步除杂后，得到浓缩卤水(含有 Na⁺、Li⁺、Cl⁻ 和少量 Mg²⁺、Ca²⁺)，并设计了以下流程通过制备碳酸锂来提取锂。



25℃ 时相关物质的参数如下：

LiOH 的溶解度：12.4g/100gH₂O

化合物	K _{sp}
Mg(OH) ₂	5.6×10 ⁻¹²
Ca(OH) ₂	5.5×10 ⁻⁶
CaCO ₃	2.8×10 ⁻⁹
Li ₂ CO ₃	2.5×10 ⁻²



回答下列问题：

- “沉淀 1”为_____。
- 向“滤液 1”中加入适量固体 Li₂CO₃ 的目的是_____。
- 为提高 Li₂CO₃ 的析出量和纯度，“操作 A”依次为_____、_____、洗涤。
- 有同学建议用“侯氏制碱法”的原理制备 Li₂CO₃。查阅资料后，发现文献对常温下的 Li₂CO₃ 有不同的描述：①是白色固体；②尚未从溶液中分离出来。为探究 LiHCO₃ 的性质，将饱和 LiCl 溶液与饱和 NaHCO₃

溶液等体积混合，起初无明显变化，随后溶液变浑浊并伴有气泡冒出，最终生成白色沉淀。上述现象说明，在该实验条件下 LiHCO_3 _____ (填“稳定”或“不稳定”)，有关反应的离子方程式为_____。

(5) 他们结合(4)的探究结果，拟将原流程中向“滤液2”加入 Na_2CO_3 改为通入 CO_2 。这一改动能否达到相同的效果，作出你的判断并给出理由_____。

【答案】(1) $\text{Mg}(\text{OH})_2$

(2) 将 Ca^{2+} 转化成 CaCO_3 沉淀除去，同时不引入新杂质

(3) 蒸发浓缩 趁热过滤

(4) 不稳定 $\text{Li}^+ + \text{HCO}_3^- = \text{LiHCO}_3$, $2\text{LiHCO}_3 = \text{Li}_2\text{CO}_3\downarrow + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

(5) 能达到相同效果，因为改为通入过量的 CO_2 ，则 LiOH 转化为 LiHCO_3 ，结合(4)的探究结果， LiHCO_3 也会很快分解产生 Li_2CO_3 ，所以这一改动能达到相同的效果

【解析】浓缩卤水(含有 Na^+ 、 Li^+ 、 Cl^- 和少量 Mg^{2+} 、 Ca^{2+})中加入石灰乳 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 后得到含有 Na^+ 、 Li^+ 、 Cl^- 和 Ca^{2+} 的滤液1，沉淀1为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ，向滤液1中加入 Li_2CO_3 后，得到滤液2，含有的离子为 Na^+ 、 Li^+ 、 Cl^- 和 OH^- ，沉淀2为 CaCO_3 ，向滤液2中加入 Na_2CO_3 ，得到 Li_2CO_3 沉淀，再通过蒸发浓缩，趁热过滤，洗涤、干燥后得到产品 Li_2CO_3 。

(1) 浓缩卤水中含有 Mg^{2+} ，当加入石灰乳后，转化为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀，所以沉淀1为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ；

(2) 滤液1中含有 Na^+ 、 Li^+ 、 Cl^- 和 Ca^{2+} ，结合已知条件： LiOH 的溶解度和化合物的溶度积常数，可推测，加入 Li_2CO_3 的目的是将 Ca^{2+} 转化成 CaCO_3 沉淀除去，同时不引入新杂质；

(3) 由 Li_2CO_3 的溶解度曲线可知，温度升高， Li_2CO_3 的溶解度降低，即在温度高时，溶解度小，有利于析出，所以为提高 Li_2CO_3 的析出量和纯度，需要在较高温度下析出并过滤得到沉淀，即依次蒸发浓缩，趁热过滤，洗涤。故答案为：蒸发浓缩，趁热过滤；

(4) 饱和 LiCl 和饱和 NaHCO_3 等体积混合后，产生了 LiHCO_3 和 NaCl ，随后 LiHCO_3 分解产生了 CO_2 和 Li_2CO_3 。故答案为：不稳定， $\text{Li}^+ + \text{HCO}_3^- = \text{LiHCO}_3$, $2\text{LiHCO}_3 = \text{Li}_2\text{CO}_3\downarrow + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ；

(5) “滤液2”中含有 LiOH ，加入 Na_2CO_3 ，目的是将 LiOH 转化为 Li_2CO_3 。若改为通入过量的 CO_2 ，则 LiOH 转化为 LiHCO_3 ，结合(4)的探究结果， LiHCO_3 也会很快分解产生 Li_2CO_3 ，所以这一改动能达到相同的效果。故答案为：能达到相同效果，因为改为通入过量的 CO_2 ，则 LiOH 转化为 LiHCO_3 ，结合(4)的探究结果， LiHCO_3 也会很快分解产生 Li_2CO_3 ，所以这一改动能达到相同的效果。

解题秘籍

一、常见的工艺操作方法措施和条件控制

方法措施或	思考角度
-------	------

条件控制	
固体原料粉碎或研磨、液体原料雾化	将块状或颗粒状的物质磨成粉末或将液体雾化，增大反应物接触面积，以加快反应速率或使反应更充分。 目的：提高原料转化率、利用率、浸取率，提高产品的产率等 增大接触面积的方法：固体——粉碎、研磨；液体——喷洒；气体——用多孔分散器等
焙烧或灼烧	①除去硫、碳单质； ②有机物转化、除去有机物； ③高温下原料与空气中氧气反应； ④除去热不稳定的杂质(如碳酸盐沉淀)等。
煅烧	改变结构，使一些物质能溶解，并使一些杂质在高温下氧化、分解，如煅烧高岭土。
酸浸	①溶解转变成可溶物进入溶液中，以达到与难溶物分离的目的； ②去氧化物(膜)
碱溶	①除去金属表面的油污； ②溶解两性化合物(Al_2O_3、ZnO 等)，溶解铝、二氧化硅等
水浸	与水接触反应或溶解，使原料变成离子进入溶液中
醇浸	提取有机物，常采用有机溶剂(乙醚，二氯甲烷等)浸取的方法提取有机物
加热	①加快反应速率或溶解速率； ②促进平衡向吸热反应方向移动(一般是有利于生成物生成的方向)；如：促进水解生成沉淀。 ③除杂，除去热不稳定的杂质，如：H_2O_2、氨水、铵盐(NH_4Cl)、硝酸盐、NaHCO_3、$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$、$\text{KMnO}_4$ 等物质； ④使沸点相对较低或易升华的原料气化； ⑤煮沸时促进溶液中的气体(如氧气)挥发逸出等
降温	①防止某物质在高温时溶解(或分解)； ②使化学平衡向着题目要求的方向(放热反应方向)移动； ③使某个沸点较高的产物液化，使其与其他物质分离等； ④降低某些晶体的溶解度，使其结晶析出，减少损失等
控制温度在一定范围(综合考虑)	温度过低：反应速率过慢或溶解速率小 温度过高：①催化剂逐渐失活，化学反应速率急剧下降 ②物质分解，如：NaHCO_3、NH_4HCO_3、H_2O_2、浓 HNO_3 等 ③物质会挥发，如：浓硝酸、浓盐酸、醋酸、液溴、乙醇等 ④物质氧化，如：Na_2SO_3 等 ⑤物质升华，如：I_2 升华

控制温度(常用水浴、冰浴或油浴)	①防止副反应的发生 ②使化学平衡移动；控制化学反应的方向 ③控制固体的溶解与结晶 ④控制反应速率；使催化剂达到最大活性 ⑤升温：促进溶液中的气体逸出，使某物质达到沸点挥发 ⑥加热煮沸：促进水解，聚沉后利于过滤分离 ⑦趁热过滤：减少因降温而析出的溶质的量 ⑧降温：防止物质高温分解或挥发；降温(或减压)可以减少能源成本，降低对设备的要求
反应物用量或浓度	①酸浸时提高酸的浓度可提高矿石中某金属元素的浸取率； ②增大便宜、易得的反应物的浓度，可以提高其他物质的利用率，使反应充分进行； ③增大物质浓度可以加快反应速率，使平衡发生移动等
加入氧化剂(或还原剂)	①氧化(或还原)某物质，转化为目标产物的价态； ②除去杂质离子[如把 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+} ，而后调溶液的 pH，使其转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀除去]
加入沉淀剂	①生成硫化物沉淀(如加入硫化钠、硫化铵、硫化亚铁等)； ②加入可溶性碳酸盐，生成碳酸盐沉淀； ③加入氟化钠，除去 Ca^{2+} 、 Mg^{2+}
pH 控制	(1) 调节溶液的酸碱性，使金属离子形成氢氧化物沉淀析出，以达到除去金属离子的目的； ①原理：加入的物质能与溶液中的 H^+ 反应，降低了 H^+ 的浓度，使溶液 pH 值增大 ②pH 控制的范围：杂质离子完全沉淀时 pH 值~主要离子开始沉淀时 pH (注意两端取值) ③需要的物质：含主要阳离子(不引入新杂质即可)的难溶性氧化物或氢氧化物或碳酸盐，即能与 H^+ 反应，使 pH 增大的物质，如 MgO、$\text{Mg}(\text{OH})_2$、MgCO_3 等类型的物质 ④实例：除去 CuSO_4 溶液中少量 Fe^{3+}，可向溶液中加入 CuO、$\text{Cu}(\text{OH})_2$、$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$、$\text{CuCO}_3$，调节 pH 至 3~4，使 Fe^{3+} 转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀除去。Fe^{3+} 溶液中存在水解平衡：$\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$，加入 CuO 后，溶液中 H^+ 浓度降低，平衡正向移动，$\text{Fe}(\text{OH})_3$ 越聚越多，最终形成沉淀 a. 加入 CuO 的作用：调节溶液的 pH，使 Fe^{3+} 转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ b. 加热的目的：促进 Fe^{3+} 水解 (2) 抑制盐类水解； 像盐酸盐、硝酸盐溶液，通过结晶方法制备晶体或加热脱水结晶水合物制备相对应的无水盐时，由于水解生成的盐酸或硝酸挥发，促使了金属离子水解(水解反应为吸热反应)导致产品不纯 如：由 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 制无水 MgCl_2 要在 HCl 气流中加热，否则：

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/068101126062006127>