

押广东卷第 18 题

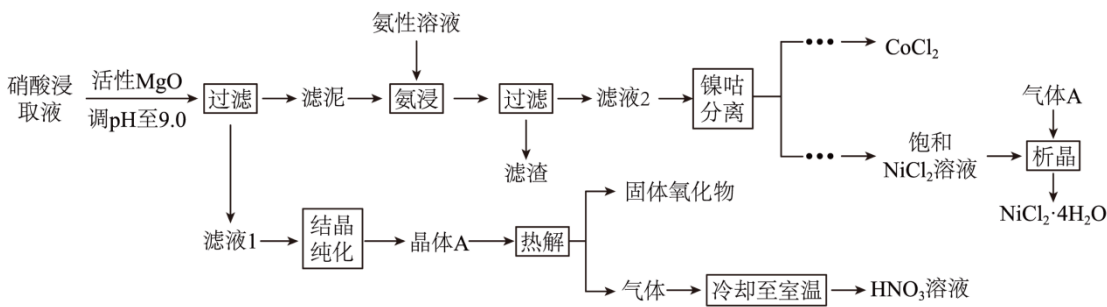
工艺流程综合题

命题探究

核心考点	考情统计	考向预测	备考策略
物质制备	2023·广东卷，18 2022·广东卷，18	通过废液或矿石进行金属的提炼或者制备特定的物质，体现创新性和应用性； 通过废液或废矿的分离提纯，得到相应的含特定元素的物质，体现创新性和应用性。	1. 回归教材，熟悉教材流程，掌握流程的基本分析思路。 2. 提高阅读理解能力，对新情境进行分析解读，提取重要信息。
分离提纯	2021·广东卷，18		

真题回顾

1. (2023 广东卷，18) Ni、Co 均是重要的战略性金属。从处理后的矿石硝酸浸取液(含 Ni^{2+} 、 Co^{2+} 、 Al^{3+} 、 Mg^{2+})中，利用氨浸工艺可提取 Ni、Co，并获得高附加值化工产品。工艺流程如下：



已知：氨性溶液由 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 和 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 配制。常温下， Ni^{2+} 、 Co^{2+} 、 Co^{3+} 与 NH_3 形成可溶于水的配离子： $\lg K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = -4.7$ ； $\text{Co}(\text{OH})_2$ 易被空气氧化为 $\text{Co}(\text{OH})_3$ ；部分氢氧化物的 K_{sp} 如下表。

氢氧化物	$\text{Co}(\text{OH})_2$	$\text{Co}(\text{OH})_3$	$\text{Ni}(\text{OH})_2$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Mg}(\text{OH})_2$
K_{sp}	5.9×10^{-15}	1.6×10^{-44}	5.5×10^{-16}	1.3×10^{-33}	5.6×10^{-12}

回答下列问题：

(1) 活性 MgO 可与水反应, 化学方程式为_____。

(2) 常温下, $\text{pH}=9.9$ 的氨性溶液中, $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ _____ $c(\text{NH}_4^+)$ (填“>”“<”或“=”)。

(3) “氨浸”时, 由 $\text{Co}(\text{OH})_3$ 转化为 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 的离子方程式为_____。

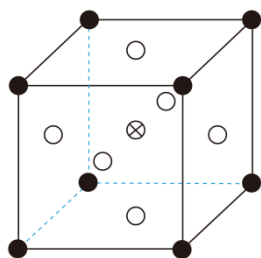
(4) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 会使滤泥中的一种胶状物质转化为疏松分布的棒状颗粒物。滤渣的 X 射线衍射图谱中, 出现了 $\text{NH}_4\text{Al}(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 的明锐衍射峰。

① $\text{NH}_4\text{Al}(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 属于_____ (填“晶体”或“非晶体”)。

② $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 提高了 Ni 、 Co 的浸取速率, 其原因是_____。

(5) ①“析晶”过程中通入的酸性气体 A 为_____。

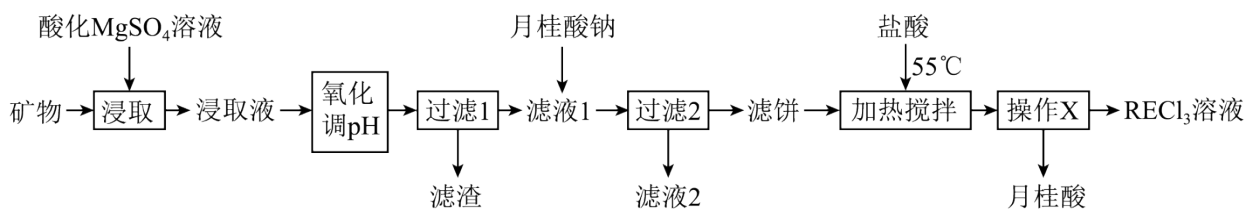
②由 CoCl_2 可制备 Al_xCoO_y 晶体, 其立方晶胞如图。Al 与 O 最小间距大于 Co 与 O 最小间距, x 、 y 为整数, 则 Co 在晶胞中的位置为_____; 晶体中一个 Al 周围与其最近的 O 的个数为_____。



(6) ①“结晶纯化”过程中, 没有引入新物质。晶体 A 含 6 个结晶水, 则所得 HNO_3 溶液中 $n(\text{HNO}_3)$ 与 $n(\text{H}_2\text{O})$ 的比值, 理论上最高为_____。

②“热解”对于从矿石提取 Ni 、 Co 工艺的意义, 在于可重复利用 HNO_3 和_____ (填化学式)。

2. (2022 广东卷, 18) 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($\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COOH}$)熔点为 44°C ; 月桂酸和 $(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO})_3\text{RE}$ 均难溶于水。该工艺条件下, 稀土离子保持 +3 价不变; $(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COO})_2\text{Mg}$ 的 $K_{\text{sp}} = 1.8 \times 10^{-8}$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ 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。

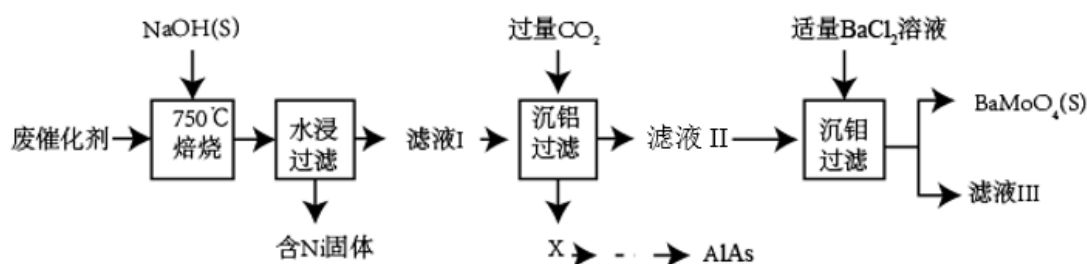
(5) 该工艺中, 可再生循环利用的物质有_____ (写化学式)。

(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 $\text{Pt}_3\text{Y/C}$ 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_____。

3. (2021 广东卷, 18) 对废催化剂进行回收可有效利用金属资源。某废催化剂主要含铝(Al)、钼(Mo)、镍(Ni)等元素的氧化物, 一种回收利用工艺的部分流程如下:



已知: 25°C 时, H_2CO_3 的 $K_{a1}=4.5\times 10^{-7}$, $K_{a2}=4.7\times 10^{-11}$; $K_{sp}(\text{BaMoO}_4)=3.5\times 10^{-8}$; $K_{sp}(\text{BaCO}_3)=2.6\times 10^{-9}$; 该工艺中, $\text{pH}>6.0$ 时, 溶液中 Mo 元素以 MoO_4^{2-} 的形态存在。

(1) “焙烧”中, 有 Na_2MoO_4 生成, 其中 Mo 元素的化合价为_____。

(2) “沉铝”中, 生成的沉淀 X 为_____。

(3) “沉钼”中, pH 为 7.0。

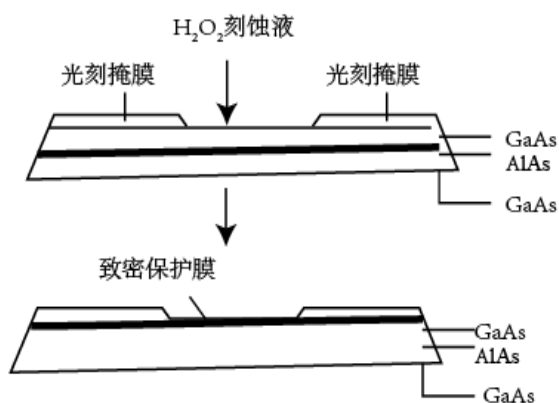
①生成 BaMoO_4 的离子方程式为_____。

②若条件控制不当, BaCO_3 也会沉淀。为避免 BaMoO_4 中混入 BaCO_3 沉淀, 溶液中 $c(\text{HCO}_3^-):c(\text{MoO}_4^{2-})=$ _____ (列出算式) 时, 应停止加入 BaCl_2 溶液。

(4) ①滤液 III 中, 主要存在的钠盐有 NaCl 和 Y, Y 为_____。

②往滤液 III 中添加适量 NaCl 固体后, 通入足量_____ (填化学式) 气体, 再通入足量 CO_2 , 可析出 Y。

(5) 高纯 AlAs (砷化铝) 可用于芯片制造。芯片制造中的一种刻蚀过程如图所示, 图中所示致密保护膜为一种氧化物, 可阻止 H_2O_2 刻蚀液与下层 GaAs (砷化镓) 反应。



①该氧化物为_____。

②已知：Ga 和 Al 同族，As 和 N 同族。在 H_2O_2 与上层 GaAs 的反应中，As 元素的化合价变为 +5 价，则该反应的氧化剂与还原剂物质的量之比为_____。

解题秘籍

命题热点 1 原料预处理

1. 原料预处理的目的

- (1) 原料经过预处理主要是除去不必要的杂质,净化所需要的原料。
- (2) 原料中的目标物质转化为易于化学处理的物质。

2. 原料预处理的常用方法

- (1) 研磨、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,以增大反应速率或使反应更充分。

- (2) 焙烧、煅烧、灼烧。

①焙烧。

焙烧是将矿石、精矿在空气、氯气、氢气、甲烷、一氧化碳或二氧化碳等气流中不加或配加一定物料,加热至低于炉料的熔点,发生氧化、还原或其他化学变化的过程。

②煅烧。

煅烧是指将物料在低于熔点的适当温度下加热,使其分解并除去所含结晶水、 CO_2 或 SO_2 等挥发性物质的过程,所以煅烧过程的反应物通常是固体,生成物是另一种固体和气体。

③灼烧。

灼烧是将固体物质加热到高温以达到脱水、分解或除去挥发性杂质、有机物和铵盐等目的的操作。灼烧通常指的是实验室里对固体进行的高温操作,加热仪器有酒精灯、煤气灯或电炉等,如海带提碘实验中通过灼烧除去有机物。

- (3) 浸取。

①水浸:与水接触反应或溶解,使原料变成离子进入溶液中,做到初步分离。

②酸浸:在酸性溶液中使可溶性金属离子进入溶液,不溶物通过过滤除去的过程。常用硫酸、盐酸、硝酸等,用盐酸、硝酸酸溶时要注意控温,用硫酸酸溶时要关注 Pb^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Ag^+ 会生成 PbSO_4 、 CaSO_4 、 Ag_2SO_4 在滤渣中出现。

③碱浸:常用 NaOH 溶液、氨水、 Na_2CO_3 溶液等,与碱接触反应或溶解, NaOH 溶液使酸性氧化物和两性氧化物以含氧酸根离子(如 Si 、 Al 、 Zn 、 Cr 等元素),或与 NH_3 形成配离子进入溶液。

④盐浸:用铵盐溶液、 FeCl_3 溶液等。

⑤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。

命题热点 2 反应条件的控制

一、反应条件的控制方法

通过控制一定的反应条件来达到提高物质转化率或除去杂质的目的。

1. 控制溶液的 pH

(1) 增强物质的氧化性、还原性(H^+ 能增强 MnO_4^- 、 NO_3^- 的氧化性),调节离子的水解程度。

(2) 通过控制溶液的 pH 可以除去某些金属离子。

如要除去溶液中含有的 Fe^{3+} 、 Al^{3+} ,可调节溶液的 pH 使之转变为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀。

2. 控制温度(常用水浴、冰水浴等)

(1) 控制反应速率(升温增大反应速率)、使催化剂达到最大活性、防止副反应的发生。

(2) 使化学平衡移动,控制化学反应进行的方向。

(3) 升温:使溶液中的气体逸出,使易挥发物质挥发,使易分解的物质分解。

(4) 煮沸:使气体逸出;促进水解,聚沉后利于过滤分离。

(5) 控制固体的溶解与结晶。

趁热过滤:减少因降温而析出的溶质的量。

蒸发浓缩:蒸发除去部分溶剂,提高溶液的浓度。

蒸发结晶:蒸发溶剂,使溶液由不饱和变为饱和,继续蒸发,过剩的溶质就会呈晶体析出。

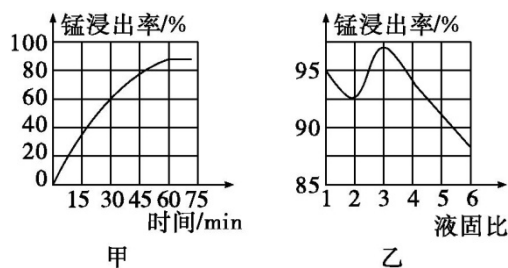
3. 使用保护气

(1) 隔绝空气(主要是 O_2 、 H_2O)。

(2) 抑制弱离子的水解(如 HCl 氛围)。

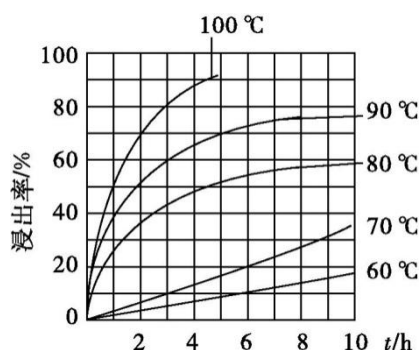
二、陌生图像中反应条件的选择

[例 1] 浸出过程中时间和液固比对锰浸出率的影响分别如图甲、图乙所示。

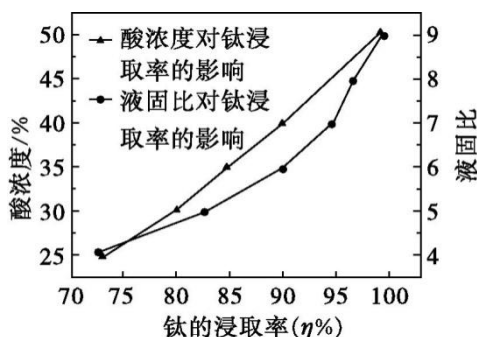


则适宜的浸出时间和液固比分别为 60 min、3。

[例 2] “酸浸”实验中,镁的浸出率结果如图所示。由图可知,当镁的浸出率为 80%时,所采用的实验条件为 100℃、3 h 左右。



[例 3] 酸浸时,若使钛的浸出率($\eta\%$)达到 90%,则根据如图判断工业上应采取的适宜条件是酸浓度和液固比的取值分别约为 40%、6。



命题热点 3 陌生方程式的书写

1. 工艺流程中方程式的整体书写思路

首先根据题给材料中的信息写出部分反应物和生成物的化学式,再根据反应前后元素化合价有无变化判断反应类型(非氧化还原反应适用元素守恒;氧化还原反应适用元素、得失电子守恒)。

2. 工艺流程中氧化还原反应方程式的书写思路

(1) 首先确定氧化剂(或还原剂)与还原产物(或氧化产物),再判断出还原剂(或氧化剂)与氧化产物(或还原产物)。

(2) 根据得失电子守恒配平氧化还原反应。

(3) 根据电荷守恒、反应物和介质环境的酸碱性,在方程式左边或右边补充 H^+ 、 OH^- 或 H_2O 等。

(4) 根据元素守恒配平反应方程式。

3. 流程中电极反应式的书写思路

(1) 列变价——写出电极上发生变价的主要反应物和主要产物。

(2) 标电子——由化合价写出得失电子数。

(3) 调电荷——由电荷守恒依据介质环境将反应式两边的电荷调平,酸性溶液用 H^+ ,碱性溶液用 OH^- ;若是熔融电解质,则依据具体题目信息,一般熔融氧化物用 O^{2-} ,熔融碳酸盐用 CO_3^{2-} 。

(4) 后补水——由元素守恒配平电极反应,一般看氢原子,哪边少氢原子就在哪边以水的形式补上相应数目的氢原子,也被称为“氢不够,水来凑”。

(5) 检查氧——最后用“O”守恒检查是否正确。

命题热点 4 物质的分离与提纯

1. 过滤

固液分离的一种方法,主要有常压过滤、减压过滤、热过滤。

(1) 常压过滤:滤液靠自身的重力透过滤纸流下,实现分离,过滤时需要分析产品的需求及生产目的,准确判断经过过滤后产生的滤液、滤渣的主要成分,准确判断是留下滤液还是滤渣。

(2) 减压过滤(抽滤):过滤在减低的压力下进行,滤液在内外压强差作用下透过滤纸或砂芯流下,实现分离。相比普通过滤,抽滤加快了过滤的速度。抽滤的优点是快速过滤,有时还可以过滤掉气体,并能达到快速干燥产品的作用。

(3) 趁热过滤:将温度较高的固液混合物直接使用常规过滤操作进行过滤,由于常规过滤操作往往耗时较长,这样会导致在过滤过程中因混合物温度降低而使溶质析出,影响分离效果。可使用热过滤仪器将固液混合物的温度保持在一定范围内进行过滤,所以又称为热过滤。

2. 蒸发结晶

(1) 适用范围:提取溶解度随温度变化不大的溶质,如:NaCl。

(2) 蒸发结晶的标志:当有大量晶体出现时,停止加热,利用余热蒸干。

3. 冷却结晶

(1) 适用范围:提取溶解度随温度变化较大的物质(如 KNO₃)、易水解的物质(如 FeCl₃)或结晶水合物(如 CuSO₄·5H₂O)。

(2) 冷却结晶的标志:当有少量晶体(晶膜)出现时。

4. 沉淀洗涤时洗涤剂的选择

洗涤剂		适用范围	目的
蒸馏水	冷水	溶解度随温度升高而升高,且变化较大	除去固体表面吸附的××杂质,减少固体因为洗涤液温度高造成溶解损失
	热水	溶解度随温度升高而降低	除去固体表面吸附的××杂质,减少固体因为洗涤液温度低造成溶解损失
有机溶剂(酒精、丙酮等)		固体易溶于水、难溶于有机溶剂	减少固体溶解损失;利用有机溶剂的挥发性除去固体表面的水分,增大干燥速率
饱和溶液		对纯度要求不高的产品	减少固体溶解
酸、碱溶液		产物不溶于酸、碱	除去固体表面吸附的可溶于酸、碱的杂质;减少固体溶解
洗涤沉淀的方法:向过滤器中加入蒸馏水至浸没沉淀,待水自然流下后,重复以上操作 2~3 次			
检验沉淀是否洗涤干净的方法:取少量最后一次的洗涤液于试管中,向其中滴入某试剂,若未出现特征反应现象,则沉淀洗涤干净			

5. 重结晶

将结晶得到的晶体溶于溶剂制得饱和溶液,又重新从溶液结晶的过程。

6.萃取与反萃取

萃取	利用溶质在互不相溶的两种溶剂里的溶解度不同,用一种溶剂(萃取剂)把溶质从它与另一种溶剂组成的溶液里提取出来的过程,萃取后需要分液。如:用 CCl_4 萃取溴水中的 Br_2
反萃取	在溶剂萃取分离过程中,当完成萃取操作后,为进一步纯化目标产物或便于下一步分离操作的实施,将目标产物从有机相转入水相的萃取操作称为反萃取,为萃取的逆过程

7.蒸馏

蒸馏是利用液体混合物中各组分的沸点不同,给液体混合物加热,使其中的某一组分变成蒸气再冷凝成液体,跟其他组分分离的过程。

8.冷却法

利用气体易液化的特点分离气体,如合成氨工业采用冷却法分离氨与氮气、氢气。

命题热点 5 电离常数、溶度积常数的有关计算

1.水溶液中平衡常数之间的关系

(1) 平衡常数都只与温度有关,温度不变,平衡常数不变,升高温度, K_a 、 K_b 、 K_w 、 K_h 均增大。

(2) K_a 、 K_h 、 K_w 三者的关系式为 $K_h = \frac{K_w}{K_a}$; K_b 、 K_h 、 K_w 三者的关系式为 $K_h = \frac{K_w}{K_b}$ 。

(3) 二元酸的 K_{a1} 、 K_{a2} 与相应酸根离子的 K_{h1} 、 K_{h2} 的关系式为 $K_{a1} \cdot K_{h2} = K_w$, $K_{a2} \cdot K_{h1} = K_w$ 。

(4) 反应 $\text{CdS(s)} + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{S(aq)}$ 的平衡常数为 K , 则 $K = \frac{K_{sp}(\text{CdS})}{K_{a1}(\text{H}_2\text{S}) \cdot K_{a2}(\text{H}_2\text{S})}$ 。

2.溶度积(K_{sp})的常见计算类型

(1) 已知溶度积求溶液中的某种离子的浓度,如 $K_{sp}=a$ 的饱和 AgCl 溶液中 $c(\text{Ag}^+) = \sqrt{a} \text{ mol/L}$ 。

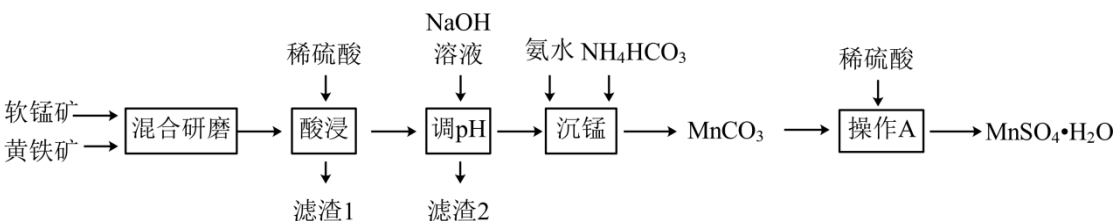
(2) 已知溶度积、溶液中某离子的浓度,求溶液中另一种离子的浓度,如某温度下 AgCl 的 $K_{sp}=a$, 在 0.1 mol/L 的 NaCl 溶液中加入过量的 AgCl 固体,达到平衡后 $c(\text{Ag}^+) = 10a \text{ mol/L}$ 。

(3) 计算沉淀转化的平衡常数,如 $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{MnS(s)} \rightleftharpoons \text{CuS(s)} + \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$, 平衡常数 $K = \frac{c(\text{Mn}^{2+})}{c(\text{Cu}^{2+})} = \frac{c(\text{Mn}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-})}{c(\text{Cu}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-})} = \frac{K_{sp}(\text{MnS})}{K_{sp}(\text{CuS})}$ 。

押题预测

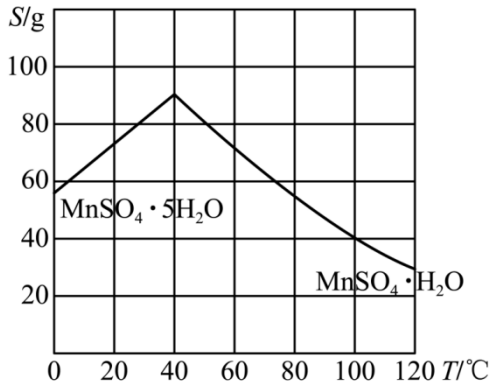
考点一 物质制备类

1. (2024 届广州市黄浦区二模) 以黄铁矿(主要成分是 FeS_2 , 含少量 SiO_2) 和软锰矿(主要成分是 MnO_2 , 含少量 Fe_2O_3 、 Al_2O_3) 为原料制备 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的工艺流程如下:

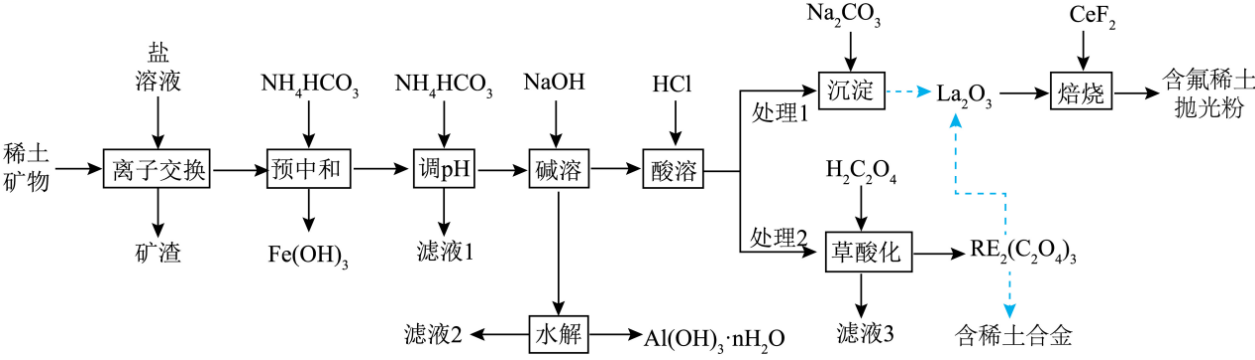


已知：25℃时， $K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3]=10^{-38.55}$ ， $K_{sp}[\text{Al}(\text{OH})_3]=10^{-32.89}$ ， $K_{sp}[\text{Mn}(\text{OH})_2]=10^{-12.72}$ 。

- (1) 研磨黄铁矿、软锰矿的目的是_____。
- (2) 酸浸过程得到的滤液中含有的金属阳离子有 Fe^{3+} 和_____，滤渣 1 的成分为 S 和_____写出酸浸过程中主要反应的离子方程式_____。
- (3) 调 pH 时，若溶液中 $c(\text{Mn}^{2+})=0.1\text{mol/L}$ ，为得到尽可能多且纯净的产品，应控制 pH 的范围是_____。
- (4) 沉锰过程需控制温度为 50℃ 的原因是_____。
- (5) 写出沉锰过程中生成 MnCO_3 的离子方程式_____。
- (6) 下图为 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的溶解度曲线，操作 A 是加入足量稀硫酸充分反应后，_____洗涤干燥。



2. (2024 届广东省名校 4 月联考) 稀土 (RE) 包括镧 (La)、铈 (Ce) 等元素，是重要的战略资源，从离子型稀土矿 (含 Fe、Al 等元素) 中提取稀土元素并获得高附加值产品的一种工艺流程如图所示：



已知：该工艺下，除铈 (Ce) 外，稀土离子保持 +3 价不变；金属离子形成氢氧化物沉淀的相关 pH 见下表。

离子	Fe^{3+}	Al^{3+}	RE^{3+}
开始沉淀时的 pH	1.5	4.3	5.6 (La^{3+} 为 6.2)
沉淀完全时的 pH	3.2	5.5	/ (La^{3+} 为 9.0)

回答下列问题：

- (1) “预中和”工序中：
 - ①该工序适宜的 pH 范围是_____。
 - ②胶状 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的 X 射线衍射图谱中，_____ (选填“能”或“不能”) 观察到明锐的衍射峰。

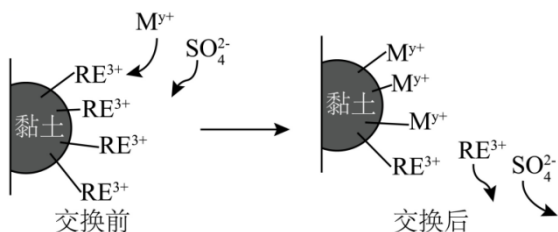
(2) “调 pH”工序中， Al^{3+} 发生的离子反应方程式为_____。

(3) 滤液 3 可返回_____工序循环使用。

(4) “沉淀”工序产物为_____（选填“ $\text{La}_2(\text{CO}_3)_3$ ”或“ $\text{La}(\text{OH})_3$ ”），理由是_____ [$K_{\text{sp}}[\text{La}_2(\text{CO}_3)_3]: 1.0 \times 10^{-28}$]。
（当反应的 $K > 10^5$ 时可认为反应完全）

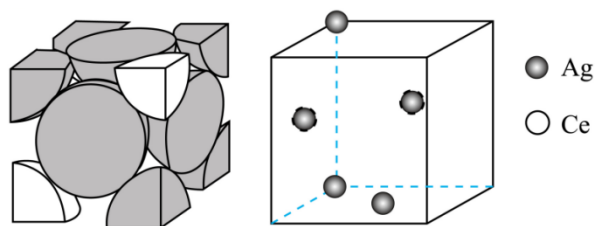
(5) 含氟稀土抛光粉的主要成分为 $\text{CeLa}_2\text{O}_4\text{F}_2$ ，焙烧时发生的化学反应方程式为_____。

(6) 利用离子交换法浸出稀土的过程如图所示。已知离子半径越小、电荷数越大，离子交换能力越强。下列离子对 RE^{3+} 交换能力最强的是_____。



- A. Na^+ B. NH_4^+ C. Mg^{2+} D. Cl^-

(7) 银铈合金是优良的导电材料，一种银铈晶体结构单元如图 (a) 所示：



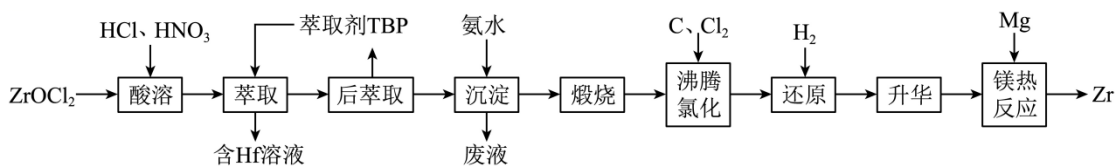
图(a)

图(b)

① 将该结构单元示意图 (b) 补充完全_____。

② 该晶体的化学式为_____。

3. (2024 届广东省深圳一模) 锆被称为原子时代的头号金属。一种以氧氯化锆（主要含 ZrOCl_2 ，还含有少量 Fe、Cr、Hf 等元素）为原料生产金属锆的工艺流程如下：



已知：

① “酸溶”后溶液中各金属元素的存在形式为： ZrO^{2+} 、 HfO^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cr^{3+} ；

② 25°C 时， $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 4.0 \times 10^{-38}$ ， $K_{\text{b}}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1.8 \times 10^{-5}$ ；

物质	ZrCl_4	FeCl_3	CrCl_3	FeCl_2	CrCl_2
沸点/°C	331	315	1300	700	1150

回答下列问题：

(1) “酸溶”后，Hf 元素的化合价为_____。

(2) “萃取”时，锆元素可与萃取剂形成多种络合物，写出生成 $\text{Zr}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{TBP}$ 的离子方程式：_____。

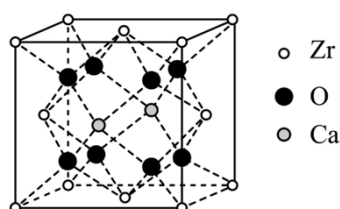
(3) “沉淀”后，“废液”中 $\frac{c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})} = 1.8$ ，则“废液”中 $c(\text{Fe}^{3+}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(4) “沸腾氮化”时， ZrO_2 转化为 ZrCl_4 ，同时生成一种还原性气体，该反应的化学方程式为_____。

(5) ①“还原”的主要目的是_____。

② FeCl_3 沸点远低于 CrCl_3 的可能原因为_____。

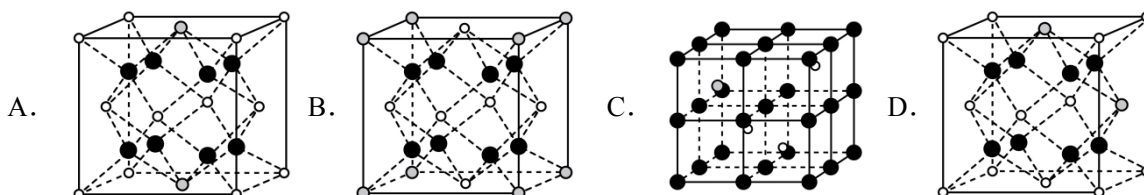
(6) 某种掺杂 CaO 的 ZrO_2 晶胞如图所示，Ca 位于晶胞的面心。



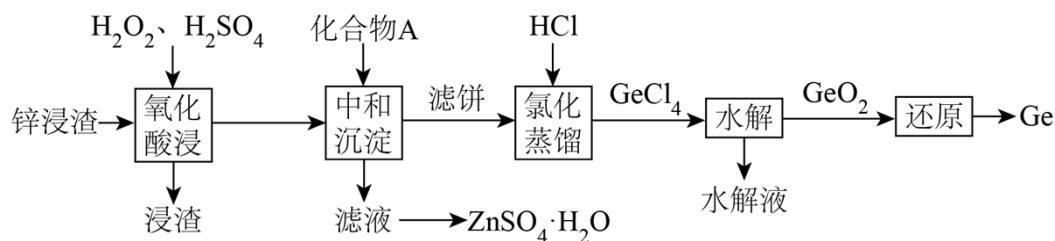
① 晶体中每个 O 周围与其最近的 O 个数为_____。

② 已知该晶胞为立方晶胞，晶胞中 O 与 Zr 的最小间距为 $a \text{ nm}$ ，设 N_A 为阿伏加德罗常数的值，该晶体的密度为_____ $\text{g} \cdot \text{cm}^3$ （列出计算式）。

③ 如图所示结构 (○ Zr ● O ◐ Ca) 与上述晶胞结构不一致的是_____（填标号）。



4. (2024 届广东省省二模) 锆是一种战略性金属，广泛应用于光学及电子工业领域。一种用锌浸渣(主要含 ZnFe_2O_4 、 CaSO_4 ，另含少量 ZnS 、 SiO_2 以及 GeS_2)提取 Ge 和 $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的工艺流程如下：



已知：①锆在硫酸中的存在形式： $\text{pH} \leq 2.0$ 时主要为 Ge^{4+} ， $\text{pH} = 2 \sim 7$ 时主要为 $\text{Ge}(\text{OH})_4$ 。

②常温下， $K_{\text{sp}}[\text{Ge}(\text{OH})_4] = 4.0 \times 10^{-46}$ ， $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 4.0 \times 10^{-38}$ 。

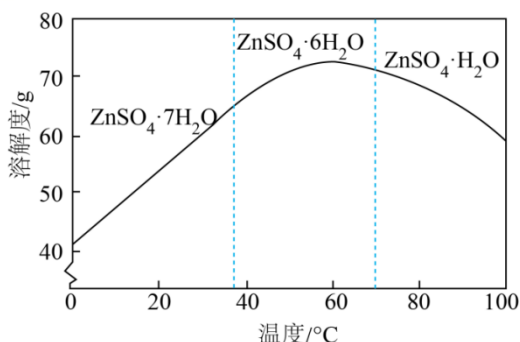
请回答下列问题：

(1) Ge 是第四周期第ⅣA 族元素，其基态原子的价层电子排布式为_____。

(2) “氧化酸浸”工序中，溶液 pH ≈ 1.5 ，浸渣的主要成分为 SiO_2 、S 和 _____(填化学式)； GeS_2 被双氧水氧化的离子方程式为_____。

(3) “中和沉淀”工序中，所加化合物 A 为 _____(填一种物质的化学式)；调节溶液 pH = 4.4，Ge 和 Fe 共沉淀，此时滤液中 $c(\text{Ge}^{4+}):c(\text{Fe}^{3+}) =$ _____。

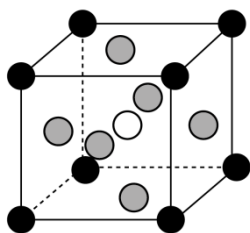
(4) ① ZnSO_4 在水溶液中的溶解度曲线如图所示，则从滤液中回收 $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的操作为蒸发浓缩、_____、洗涤、干燥。



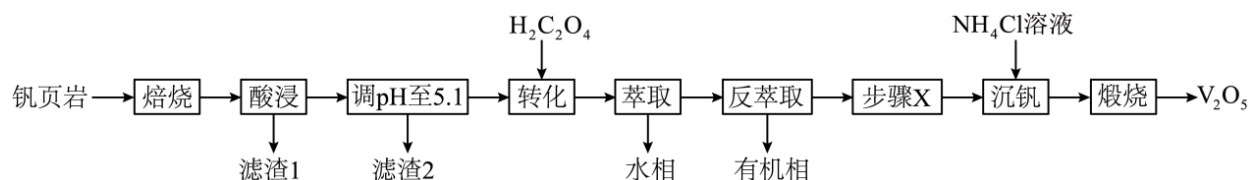
② 用惰性电极电解 ZnSO_4 溶液可制取金属锌，电解后的溶液可在上述流程中_____工序循环使用。

(5) “水解”工序中， GeCl_4 水解生成 GeO_2 的化学方程式为_____； GeO_2 的沸点(1200°C)远高于 GeCl_4 的沸点(84°C)，其原因为_____。

(6) GsGeBr_3 是一种可用于制作太阳电池的钙钛矿型材料，其立方晶胞如图所示，Cs 与 Br 的最短距离比 Ge 与 Br 的最短距离大，则 Ge 在晶胞中的位置为 _____(填“体心”“面心”或“顶角”)；晶体中一个 Cs 周围与其距离最近的 Br 的个数为_____。



5. (2024 届广东省大湾区二模) V 有“工业味精”之称。工业上提取钒的工艺有多种，一种从钒页岩（一种主要含 Si、Fe、Al、V 元素的矿石）中提取 V 的工艺流程如下：



已知：

① “酸浸”时有 VO_2^+ 生成；

② VO^{2+} 在有机溶剂中的溶解度大于水，“萃取”时离子的萃取顺序为 $\text{Fe}^{3+} > \text{VO}^{2+} > \text{VO}_2^+ > \text{Fe}^{2+} > \text{Al}^{3+}$ ；

③ VO_2^+ 和 VO_3^- 可以相互转化。

回答下列问题：

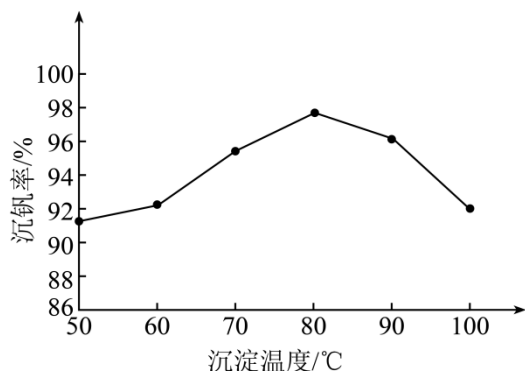
(1) “焙烧”时可添加适量“盐对” $\text{NaCl}-\text{Na}_2\text{SO}_4$ 与钒页岩形成混合物，这样做的目的是_____。

(2) “滤渣 1”除掉的主要杂质元素是_____ (填元素符号)。

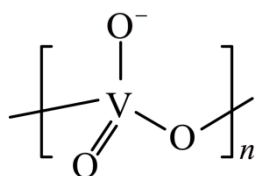
(3) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 作用是将 VO_2^+ 转化为 VO^{2+} ，转化的目的是_____，发生的离子反应方程式为_____。

(4) ①“沉钒”时，生成 NH_4VO_3 沉淀，“步骤 X”应该加入_____ (填“氧化剂”或“还原剂”)，写出“沉钒”时的离子反应方程式_____。

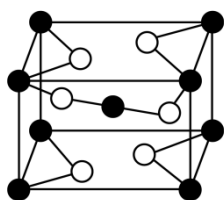
②以“沉钒率”(NH_4VO_3 沉淀中 V 的质量和钒页岩中钒的质量之比)表示钒的回收率如图所示，温度高于 80°C 时沉钒率下降的原因是_____。



(5) ① V_2O_5 可以溶解在 NaOH 溶液中，得到 VO_4^{3-} ， VO_4^{3-} 在不同的 pH 下可以得到不同聚合度的多钒酸盐，其阴离子呈如图所示的无限链状结构，其中一种酸式钒酸根离子可以表示为 $[\text{H}_2\text{V}_x\text{O}_{28}]^{4-}$ ，其中 $x =$ _____。



②V 的另一种氧化物 VO_2 的立方晶胞如图所示，则在晶胞中，黑球代表的是_____原子。



6. (2024 届广东省佛山二模) 铼(Re)用于制造高效能火箭引擎。从辉钼矿氧化焙烧后的烟道灰(主要成分有 Re_2O_7 、 ReO_3 、 MoO_3 、 CuO 、 Fe_3O_4)中提取铼粉的一种工艺流程如图所示。

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/468104075062006127>