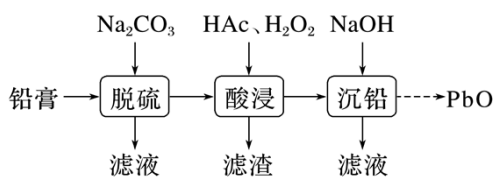


[复习目标] 1.掌握化工流程中条件的控制。2.掌握化工流程中物质的分离和提纯。3.掌握化工流程中方程式的书写。4.掌握化工流程中的有关计算。

真题探究

1. (2022·全国乙卷, 26)废旧铅蓄电池的铅膏中主要含有 PbSO_4 、 PbO_2 、 PbO 和 Pb , 还有少量 Ba 、 Fe 、 Al 的盐或氧化物等, 为了保护环境、充分利用铅资源, 通过下图流程实现铅的回收。



一些难溶电解质的溶度积常数如下表:

难溶电解质	PbSO_4	PbCO_3	BaSO_4	BaCO_3
K_{sp}	2.5×10^{-8}	7.4×10^{-14}	1.1×10^{-10}	2.6×10^{-9}

一定条件下, 一些金属氢氧化物沉淀时的 pH 如下表:

金属氢氧化物	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Pb}(\text{OH})_2$
开始沉淀的 pH	2.3	6.8	3.5	7.2
完全沉淀的 pH	3.2	8.3	4.6	9.1

回答下列问题:

(1) 在“脱硫”中 PbSO_4 转化反应的离子方程式为 _____, 用沉淀溶解平衡原理解释选择 Na_2CO_3 的原因: _____。

(2) 在“脱硫”中, 加入 Na_2CO_3 不能使铅膏中 BaSO_4 完全转化, 原因是 _____。

(3) 在“酸浸”中, 除加入醋酸(HAc), 还要加入 H_2O_2 。

(i) 能被 H_2O_2 氧化的离子是_____；

(ii) H_2O_2 促进了金属 Pb 在醋酸中转化为 $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ ，其化学方程式为_____；

(iii) H_2O_2 也能使 PbO_2 转化为 $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ ， H_2O_2 的作用是_____。

(4) “酸浸”后溶液的 pH 约为 4.9，滤渣的主要成分是_____。

(5) “沉铅”的滤液中，金属离子有_____。

答案 (1) $\text{PbSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{PbCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ 反应 $\text{PbSO}_4(\text{s}) +$

$\text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{PbCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ 的平衡常数 $K = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{c(\text{Pb}^{2+}) \cdot c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{Pb}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})} =$

$\frac{K_{\text{sp}}(\text{PbSO}_4)}{K_{\text{sp}}(\text{PbCO}_3)} \approx 3.4 \times 10^5 > 10^5$ ， PbSO_4 可以比较彻底的转化为 PbCO_3

(2) 反应 $\text{BaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{BaCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ 的平衡常数 $K = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} =$

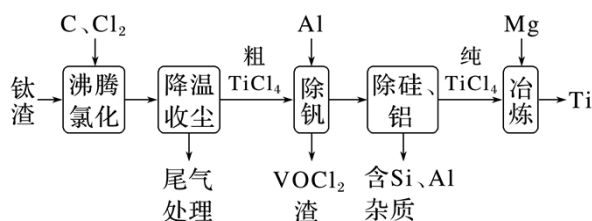
$\frac{c(\text{Ba}^{2+}) \cdot c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{Ba}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4)}{K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3)} \approx 0.04 \ll 10^5$ ，反应正向进行的程度有限

(3)(i) Fe^{2+} (ii) $\text{Pb} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{HAc} \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{Ac})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (iii) 作还原剂

(4) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ (5) Ba^{2+} 、 Na^+

解析 (3)(i) 过氧化氢有氧化性，亚铁离子有还原性，会被过氧化氢氧化为铁离子。(ii) 过氧化氢促进金属 Pb 在醋酸溶液中转化为 $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ ，过氧化氢与 Pb、HAc 发生氧化还原反应生成 $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ 和 H_2O 。(iii) 过氧化氢也能使 PbO_2 转化为 $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ ，铅元素化合价由 +4 价降低到 +2 价， PbO_2 是氧化剂，则过氧化氢是还原剂。(4) 酸浸后溶液的 pH 约为 4.9，依据金属氢氧化物沉淀时的 pH 可知，滤渣的主要成分为氢氧化铝、氢氧化铁。(5) 加入碳酸钠不能使铅膏中的 BaSO_4 完全转化，铁离子、铝离子转化为氢氧化铁、氢氧化铝沉淀，铅转化为氢氧化铅，最终转化为氧化铅，因此沉铅的滤液中，金属离子有 Ba^{2+} 和加入碳酸钠、氢氧化钠时引入的 Na^+ 。

2. (2022·湖南, 17) 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：



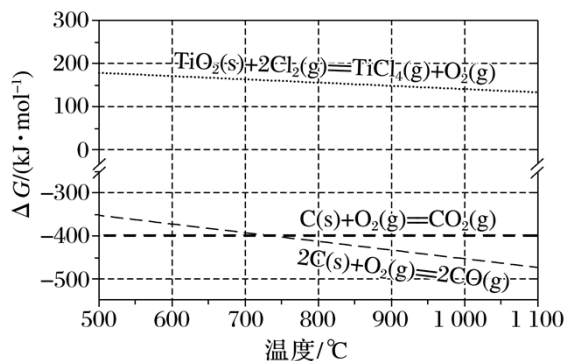
已知“降温收尘”后，粗 TiCl_4 中含有的几种物质的沸点：

物质	TiCl_4	VOCl_3	SiCl_4	AlCl_3
----	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

沸点/℃	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. $\text{C(s)} + \text{O}_2\text{(g)} = \text{CO}_2\text{(g)}$
 B. $2\text{C(s)} + \text{O}_2\text{(g)} = 2\text{CO(g)}$
 C. $\text{TiO}_2\text{(s)} + 2\text{Cl}_2\text{(g)} = \text{TiCl}_4\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)}$
 D. $\text{TiO}_2\text{(s)} + \text{C(s)} + 2\text{Cl}_2\text{(g)} = \text{TiCl}_4\text{(g)} + \text{CO}_2\text{(g)}$

(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)① $5\text{TiO}_2 + 6\text{C} + 10\text{Cl}_2 \xrightarrow{600\text{ }^\circ\text{C}} 5\text{TiCl}_4 + 2\text{CO} + 4\text{CO}_2$ ②随着温度升高, CO_2 与 C 发生反应: $\text{C} + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{CO}$ (3)① $3\text{VOCl}_3 + \text{Al} = 3\text{VOCl}_2 + \text{AlCl}_3$ ②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 (1)由图可知, $600\text{ }^\circ\text{C}$ 时 $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$ 的 $\Delta G < 0$, 反应能自发进行, 故 A 不符合题意; $600\text{ }^\circ\text{C}$ 时 $2\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g})$ 的 $\Delta G < 0$, 反应能自发进行, 故 B 不符合题意; $600\text{ }^\circ\text{C}$ 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; 根据盖斯定律, $\text{TiO}_2(\text{s}) + \text{C}(\text{s}) + 2\text{Cl}_2(\text{g}) = \text{TiCl}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$ 可由 A+C 得到, 且由图中数据可知 $600\text{ }^\circ\text{C}$ 时其 $\Delta G < 0$, 反应能自发进行, 故 D 不符合题意。(2)①根据表中数据可知, 该温度下 C 主要生成 CO 和 CO_2 , 根据同温同体积下气体的压强之比等于物质的量之比可知 TiCl_4 、CO 和 CO_2 的物质的量之比约是 5:2:4, 所以 TiO_2 与 C、 Cl_2 反应的总化学方程式为 $5\text{TiO}_2 + 6\text{C} + 10\text{Cl}_2 \xrightarrow{600\text{ }^\circ\text{C}} 5\text{TiCl}_4 + 2\text{CO} + 4\text{CO}_2$ 。②随着温度升高, CO_2 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。(3)“降温收尘”后钒元素主要以 VOCl_3 形式存在, 加入 Al 得到 VOCl_2 渣, 根据得失电子守恒和元素守恒配平化学方程式为 $3\text{VOCl}_3 + \text{Al} = 3\text{VOCl}_2 + \text{AlCl}_3$; AlCl_3 、 SiCl_4 与 TiCl_4 沸点差异较大, “除硅、铝”过程中可采用蒸馏的方法分离 AlCl_3 、 SiCl_4 。(5)本工艺中加入 Mg 冶炼 Ti 的方法为热还原法。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; 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; 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; 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。

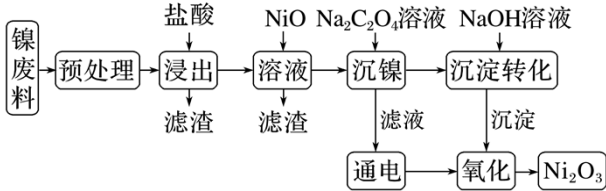
■ 题型分析

化工流程题主要考查考生运用化学反应原理及相关知识来解决化工生产中实际问题的能力, 具有考查知识面广、综合性强、思维容量大的特点。工艺流程题设问的地方有: 反应速率与平衡理论的运用, 氧化还原反应的判断、化学方程式的书写, 利用控制 pH 分离除杂, 利用溶解度分离, 常用的分离方法、实验操作, 流程中的物质转化和循环, 绿色化学评价, 电化学, 计算产量、产率、产品纯度等。这类题型不但综合考查考生在中学阶段所学的元素及其化合物知识以及物质结构、元素周期律、氧化还原反应、化学用语、电解质溶液、化学平衡、电化学、实验操作等知识, 而且更重要的是能突出考查考生的综合分析判断能力、逻辑推理能力, 且这类试题陌生度高, 文字量大, 包含信息多, 思维能力要求高, 近年来已成为高考化学主观题中的必考题型。

考点一 化工流程中反应条件的控制

回扣自测

1. 三氧化二镍(Ni_2O_3)是重要的电子元件材料和蓄电池材料,工业上利用含镍废料(主要成分为镍、铝、氧化铁、碳等)提取 Ni_2O_3 , 工业流程如图:

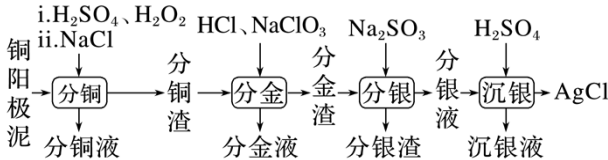


“预处理”操作可以选择用_____ (填字母)来除去废旧镍电池表面的矿物油污。

- A. 纯碱溶液浸泡
- B. NaOH 溶液浸泡
- C. 酒精清洗

答案 C

2. 一种从铜阳极泥(主要含有铜、银、金、少量的镍)中分离提取多种金属元素的工艺流程如下:



“分铜”时, 如果反应温度过高, 会有明显的放出气体现象, 原因是_____。

答案 温度过高, H_2O_2 分解放出氧气

3. 已知下列物质开始沉淀和沉淀完全时的 pH 如下表所示:

物质	开始沉淀	沉淀完全
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	2.7	3.7
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	7.6	9.6
$\text{Mn}(\text{OH})_2$	8.3	9.8

若要除去 Mn^{2+} 溶液中含有的 Fe^{2+} , 应该怎样做?

答案 先用氧化剂把 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 再调溶液的 pH 至 3.7~8.3。

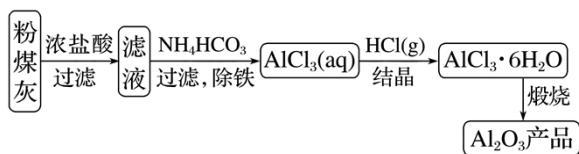
注意: (1)调节 pH 所需的物质一般应满足两点:

- ①能与 H^+ 反应, 使溶液 pH 增大; ②不引入新杂质。例如: 若要除去 Cu^{2+} 溶液中混有的 Fe^{3+} , 可加入 CuO 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 等物质来调节溶液的 pH。

(2)调节溶液的 pH: 酸作用还可以除去氧化物(膜); 碱作用还可以除去油污、除去铝片氧化物、溶解铝和二氧化硅。

(3)调节 pH 的试剂选取: ①选取流程中出现的物质; ②未学习过的物质且题目又无信息提示的一般不做考虑; ③已学的常见酸碱(NaOH 、 Na_2CO_3 、 HCl 、 H_2SO_4 、 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 、 HNO_3)。

4. 以粉煤灰(主要成分为 Al_2O_3 、 SiO_2 , 还含少量 Fe_2O_3 等)为原料, 制取氧化铝的部分工艺流程如图:

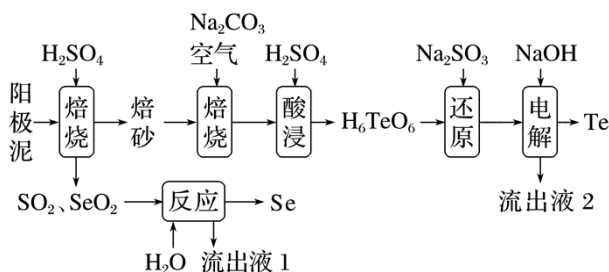


上述流程中, 可以循环利用的物质是_____。

答案 HCl (或盐酸)

解析 粉煤灰加浓盐酸酸浸, Al_2O_3 和 Fe_2O_3 溶解、 SiO_2 不溶, 过滤得滤渣, 主要成分是 SiO_2 , 向滤液中加入 NH_4HCO_3 , 溶液中的 Fe^{3+} 与 HCO_3^- 发生相互促进的水解反应使铁元素沉淀, 向滤液中通入 HCl 气体, 使 Al^{3+} 形成 $\text{AlCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 晶体析出, 煅烧 $\text{AlCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 由于 HCl 大量挥发, 促进了 Al^{3+} 水解, 煅烧最终生成了 Al_2O_3 。题述流程中, 可以循环利用的物质是 HCl 或盐酸。

5. 硒和碲在工业上有重要用途。在铜、镍、铅等电解工艺的阳极泥中硒、碲主要以硒化物、碲化物及单质状态存在。一种从阳极泥中提取 Se 和 Te 的工艺流程如下:



已知: 碲酸钠($\text{Na}_2\text{H}_4\text{TeO}_6$)难溶, 碲酸(H_6TeO_6)可溶。

工艺路线中可以循环利用的物质有_____、_____。

答案 H_2SO_4 NaOH

解析 根据流程中既为生成物又为反应原料的物质可作为循环利用的物质, 则工艺路线中可以循环利用的物质有 H_2SO_4 和 NaOH 。

核心精讲

1. 反应条件的控制

条件控制	目的
固体原料	减小颗粒直径, 增大反应物接触面积, 增大浸取时的反应速率, 提高

粉碎或研磨	浸取率
-------	-----

煅烧或灼烧	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等
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溶解铝、氧化铝等
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；③除杂，除去热不稳定的杂质，如 NaHCO_3 、 $\text{Ca(HCO}_3)_2$ 、 KMnO_4 、 NH_4Cl 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
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
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，减少损失等
控温	①结晶获得所需物质；②防止某种物质(如 H_2O_2 、草酸、浓硝酸、铵盐等)温度过高时会分解或挥发；③使某物质达到沸点挥发出来；④使催化剂的活性达到最好；⑤防止副反应的发生等
加入氧化剂(或还原剂)	①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 Fe(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生成金属氢氧化物，以达到除去金属离子的目的；②抑制盐类水解；③促进盐类水解生成沉淀，有利于过滤分离

2. 可循环物质的判断

(1) 流程图中回头箭头的物质。

(2) 生产流程中后面新生成或新分离的物质(不要忽视结晶后的母液)，可能是前面某一步反应的相关物质。

① 从流程需要加入的物质去找

先观察流程中需要加入的物质，再研究后面的流程中有没有生成此物质。

② 从能构成可逆反应的物质去找

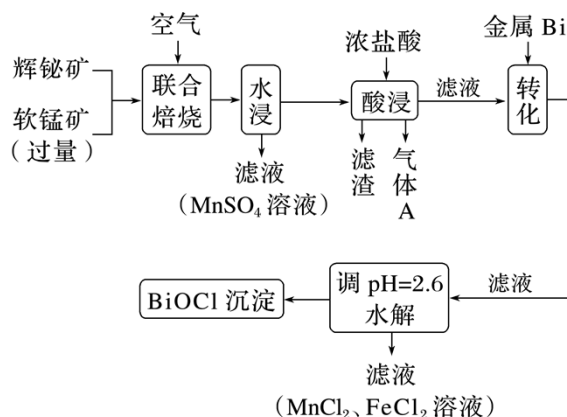
可逆反应的反应物不能完全转化，应该回收再利用。

③ 从过滤后的母液中寻找

析出晶体经过过滤后的溶液称为母液，母液是该晶体溶质的饱和溶液，应该循环再利用。

真题回访

1. (2022·辽宁, 16)某工厂采用辉铋矿(主要成分为 Bi_2S_3 , 含有 FeS_2 、 SiO_2 杂质)与软锰矿(主要成分为 MnO_2)联合焙烧法制备 BiOCl 和 MnSO_4 , 工艺流程如下:



已知: ①焙烧时过量的 MnO_2 分解为 Mn_2O_3 , FeS_2 转变为 Fe_2O_3 ;

②金属活动性: $\text{Fe} > (\text{H}) > \text{Bi} > \text{Cu}$;

③相关金属离子形成氢氧化物的 pH 范围如下:

	开始沉淀 pH	完全沉淀 pH
Fe^{2+}	6.5	8.3
Fe^{3+}	1.6	2.8
Mn^{2+}	8.1	10.1

回答下列问题:

(1)为提高焙烧效率,可采取的措施为_____。

- 进一步粉碎矿石
- 鼓入适当过量的空气
- 降低焙烧温度

(2) Bi_2S_3 在空气中单独焙烧生成 Bi_2O_3 , 反应的化学方程式为_____。

(3)“酸浸”中过量浓盐酸的作用为: ①充分浸出 Bi^{3+} 和 Mn^{2+} ; ②_____。

(4)滤渣的主要成分为_____ (填化学式)。

(5)生成气体 A 的离子方程式为_____。

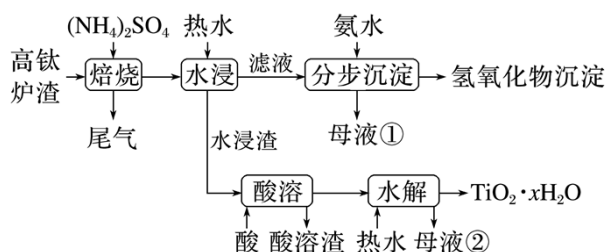
(6)加入金属 Bi 的目的是_____。

答案 (1)ab (2) $2\text{Bi}_2\text{S}_3 + 9\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Bi}_2\text{O}_3 + 6\text{SO}_2$

(3)抑制金属离子水解 (4) SiO_2 (5) $\text{Mn}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \rightleftharpoons 2\text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ (6)将 Fe^{3+} 转化为 Fe^{2+}

解析 (1)联合焙烧时,进一步粉碎矿石,可以增大矿石与空气的接触面积,能够提高焙烧效率,选项 a 符合题意;鼓入适当过量的空气有利于矿石充分反应,选项 b 符合题意;降低焙烧温度,反应速率减慢,不利于提高焙烧效率,选项 c 不符合题意。(2) Bi_2S_3 在空气中单独焙烧生成 Bi_2O_3 ,根据原子守恒可知还应生成 SO_2 ,结合得失电子守恒,反应的化学方程式为 $2\text{Bi}_2\text{S}_3 + 9\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Bi}_2\text{O}_3 + 6\text{SO}_2$ 。(3)加入浓盐酸后,溶液中含有的离子主要为 Bi^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} 、 H^+ 、 Cl^- ,而酸浸后取滤液进行转化,故要防止金属离子水解生成沉淀,进入滤渣,造成制得的 BiOCl 产率偏低。(4)滤渣主要为不溶于浓盐酸的 SiO_2 。(5)因 Mn_2O_3 有氧化性,会与浓盐酸发生氧化还原反应: $\text{Mn}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \rightleftharpoons 2\text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ 。(6)由已知信息③知,调 $\text{pH}=2.6$ 时, Fe^{3+} 会水解生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀,但 Fe^{2+} 还没开始沉淀,故要将 Fe^{3+} 转化为 Fe^{2+} ,在调 pH 后获得含 FeCl_2 的滤液,为了不引入新的杂质,加入 Bi 作还原剂。

2. [2021·全国乙卷,26(2)(3)(4)(5)(6)]磁选后的炼铁高钛炉渣,主要成分有 TiO_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 MgO 、 CaO 以及少量的 Fe_2O_3 。为节约和充分利用资源,通过如下工艺流程回收钛、铝、镁等。



该工艺条件下,有关金属离子开始沉淀和沉淀完全的 pH 见下表

金属离子	Fe^{3+}	Al^{3+}	Mg^{2+}	Ca^{2+}
开始沉淀的 pH	2.2	3.5	9.5	12.4
沉淀完全($c=1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)的 pH	3.2	4.7	11.1	13.8

回答下列问题:

(2)“水浸”后“滤液”的 pH 约为 2.0,在“分步沉淀”时用氨水逐步调节 pH 至 11.6,依次析出的金属离子是_____。

(3)“母液①”中 Mg^{2+} 浓度为_____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(4)“水浸渣”在 $160\text{ }^\circ\text{C}$ “酸溶”,最适合的酸是_____,“酸溶渣”的成分是_____。

(5)“酸溶”后,将溶液适当稀释并加热, TiO^{2+} 水解析出 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 沉淀,该反应的离子方程式是_____。

(6)将“母液①”和“母液②”混合,吸收尾气,经处理得_____,循环利用。

答案 (2) Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Mg^{2+} (3) 1.0×10^{-6} (4)硫酸 SiO_2 、 CaSO_4 (5) $\text{TiO}^{2+} + (x+1)\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} \downarrow + 2\text{H}^+$ (6) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

解析 (2)由题给金属离子开始沉淀和完全沉淀的 pH 可知,将 pH 约为 2.0 的滤液加入氨水调节溶液 pH 为 11.6 时,铁离子首先沉淀,然后是铝离子、镁离子,钙离子没有沉淀。

(3)由镁离子完全沉淀时,溶液 pH 为 11.1 可知,氢氧化镁的溶度积为 $1 \times 10^{-5} \times (1 \times 10^{-2.9})^2 = 1 \times 10^{-10.8}$,当溶液 pH 为 11.6 时,溶液中镁离子的浓度为 $\frac{1 \times 10^{-10.8}}{(1 \times 10^{-2.4})^2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

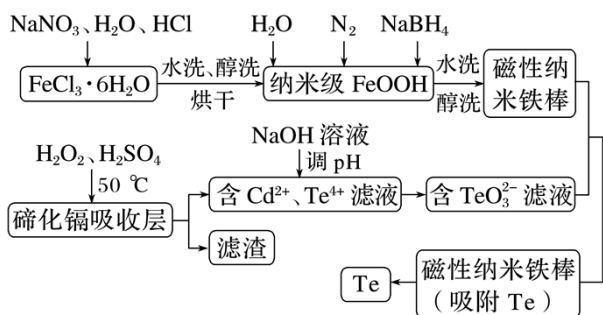
(4)增大溶液中硫酸根离子的浓度,有利于使微溶的硫酸钙转化为沉淀,为了使微溶的硫酸钙完全沉淀,减少 TiOSO_4 溶液中含有的硫酸钙的量,应加入浓硫酸加热到 160°C 酸溶;二氧化硅和硫酸钙与硫酸不反应,则酸溶渣的主要成分为二氧化硅和硫酸钙。

(5)酸溶后将 TiOSO_4 溶液适当稀释并加热,能使 TiOSO_4 完全水解生成 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 沉淀和硫酸,反应的离子方程式为 $\text{TiO}^{2+} + (x+1)\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} \downarrow + 2\text{H}^+$ 。

(6)尾气为氨气,母液①为硫酸铵、母液②为硫酸,将母液①和母液②混合后吸收氨气得到硫酸铵溶液,可以循环使用。

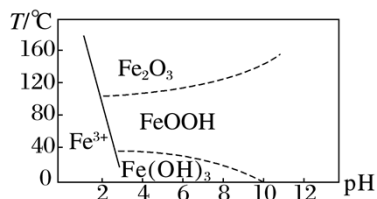
■ 考向预测

1. 研究从太阳能电池的碲化镉吸收层(主要含 CdTe 、 CdS)中回收碲具有重要的意义。某回收工艺流程如下:



回答下列问题:

(1)反应釜中,溶液的 pH、温度(T)与生成沉淀的关系如图,图中区域分别表示铁的化合物稳定存在的区域。则制备 FeOOH 适宜的 pH 和温度分别为_____ (填字母)。



a. $2, 80^\circ\text{C}$

b. $4, 90^\circ\text{C}$

c. 5,160 °C

d. 6,25 °C

(2)制备磁性纳米铁棒时,加入 NaBH_4 前先通入 N_2 的作用是_____。

(3)常温下,若在含 Cd^{2+} 、 Te^{4+} 滤液中加入 NaOH 溶液调节 pH 为 7,溶液中 $c(\text{Cd}^{2+})$ 的最大值为_____。

(已知: $K_{\text{sp}}[\text{Cd}(\text{OH})_2]=5.3\times 10^{-15}$)。

(4)从 TeO_3^{2-} 溶液得到“吸附 Te”,利用了纳米铁棒的性质有_____、_____。

答案 (1)b (2)排出设备中的空气,防止磁性纳米铁棒和 NaBH_4 被氧化 (3) $0.53\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (4)吸附性 还原性

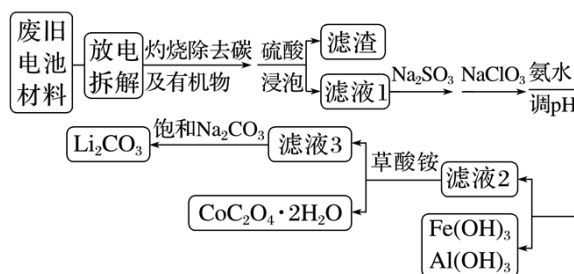
解析 (2)磁性纳米铁棒和 NaBH_4 都容易被氧化,所以在加入 NaBH_4 之前需通入 N_2 排出反应容器中的空气。(3)常温下,溶液的 $\text{pH}=7$,则 $c(\text{OH}^-)=1.0\times 10^{-7}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$,根据 $K_{\text{sp}}[\text{Cd}(\text{OH})_2]$

$=5.3\times 10^{-15}$,可计算 Cd^{2+} 的浓度: $c(\text{Cd}^{2+})=\frac{K_{\text{sp}}[\text{Cd}(\text{OH})_2]}{c^2(\text{OH}^-)}=\frac{5.3\times 10^{-15}}{(1.0\times 10^{-7})^2}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}=0.53\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

(4)含 TeO_3^{2-} 的溶液和磁性纳米铁棒作用,Te 的化合价降低,被纳米铁棒还原,磁性纳米铁棒还能吸附 Te,故在得到 Te 的过程中,磁性纳米铁棒呈现了还原性和吸附性。

2. (1)随着钴酸锂电池的普及使用,从废旧的钴酸锂电池中提取锂、钴等金属材料意义重大。

下图是废旧钴酸锂电池材料(主要成分为 LiCoO_2 ,含少量铁、铝、铜等元素的化合物)回收工艺流程:



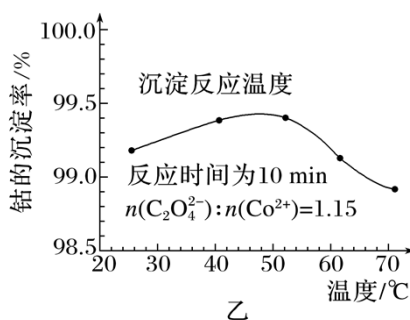
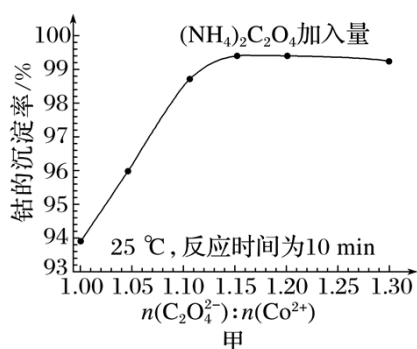
①“拆解”前需进行“放电”处理的目的是_____。

用食盐水浸泡是放电的常用方法,浸泡放电过程中产生的气体主要有_____。

②滤液 1 中加入 Na_2SO_3 的主要目的是_____;

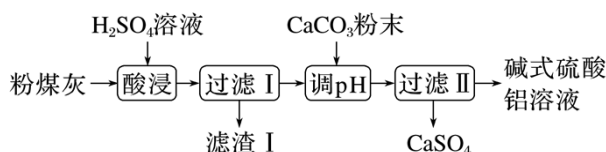
加入 NaClO_3 的主要目的是_____。

③“沉钴”过程中, $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的加入量(图甲)、沉淀反应的温度(图乙)与钴的沉淀率关系如图示:



根据图分析：沉钴时应控制 $n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}):n(\text{Co}^{2+})$ 为_____，温度控制在_____℃左右。

(2)碱式硫酸铝 $[(1-x)\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{Al}(\text{OH})_3]$ 溶液可用于烟气脱硫。实验室用粉煤灰(主要含 Al_2O_3 、 SiO_2 等)制备碱式硫酸铝溶液，实验流程如下：

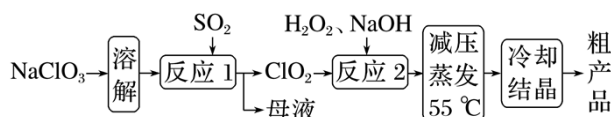


已知“调 pH”的反应为 $(2-x)\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3x\text{CaCO}_3 + 3x\text{H}_2\text{O} = 2[(1-x)\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{Al}(\text{OH})_3] + 3x\text{CaSO}_4 + 3x\text{CO}_2 \uparrow$ 。

①“酸浸”时适当增大 H_2SO_4 溶液浓度的目的是_____，能达到相同目的的方法还有_____ (任写一种)。

②“酸浸”时应控制 H_2SO_4 溶液的用量， H_2SO_4 溶液用量不能过量太多的原因是_____。

(3)亚氯酸钠(NaClO_2)具有强氧化性，受热易分解，可作漂白剂、食品消毒剂等。以氯酸钠等为原料制备亚氯酸钠的工艺流程如下：



①提高“反应 1”反应速率的措施有_____ (答出一条即可)。

母液中溶质的主要成分是_____ (填化学式)。

②采取“减压蒸发”而不用“常压蒸发”，原因是_____

③ “反应 2” 中使用 H_2O_2 而不用其他物质的原因是_____。

答案 (1)①防止在电池拆解过程中发生短路引起火灾及操作人员触电 H_2 、 Cl_2

②将 Co^{3+} 还原为 Co^{2+} 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+}

③1.15 46

(2)①加快酸浸时的反应速率(或提高铝元素的浸出率) 加热(或搅拌)

②会增加后续 CaCO_3 的消耗量

(3)①适当升高反应温度(或其他合理答案) Na_2SO_4 ②常压蒸发温度过高, 亚氯酸钠易分解

③多余的 H_2O_2 可分解为氧气和水, 不引入其他杂质

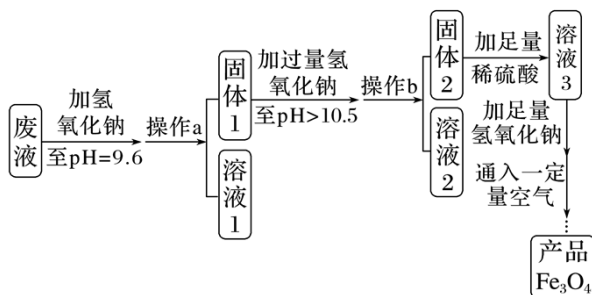
解析 (1)①用食盐水浸泡放电过程实际是电解食盐水的过程, 电解时, 氯离子在阳极失去电子发生氧化反应生成氯气, 水电离出的氢离子在阴极得到电子发生还原反应生成氢气。② Co^{3+} 具有氧化性, 向滤液 1 中加入具有还原性的 Na_2SO_3 , 能将 Co^{3+} 还原为 Co^{2+} ; 亚铁离子具有还原性, 加入具有氧化性的 NaClO_3 , 能将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 便于调节 pH 时, 将 Fe^{3+} 转化为氢氧化铁沉淀。③由图甲可知, $n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}):n(\text{Co}^{2+})$ 为 1.15 时, 钴的沉淀率最大, 效果最好; 由图乙可知, 沉淀反应温度为 46°C 左右时, 钴的沉淀率最大, 效果最好。(3)①对于气体和液体的反应, 为提高反应速率, 可适当升高反应温度, 增大吸收液浓度, 增大 SO_2 与吸收液的接触面积等; NaClO_3 在反应器中与二氧化硫反应生成 ClO_2 和 Na_2SO_4 , 所以母液中溶质的主要成分是 Na_2SO_4 。②减压蒸发在较低温度下进行, 防止常压蒸发温度过高, 造成亚氯酸钠分解。③用 H_2O_2 作还原剂, 产物为水和氧气, 且多余的 H_2O_2 可分解为氧气和水, 不引入其他杂质。

考点二 化工流程中物质的分离与提纯

回扣自测

1. 过滤(分离固、液混合物)

从工厂采集废液(含 FeSO_4 和少量 ZnSO_4 、 MgSO_4), 进行四氧化三铁的制备实验。制备流程如图所示:

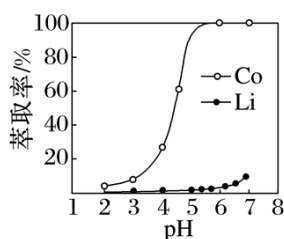


操作 a、b 的名称分别为_____。

答案 过滤、过滤

2. 萃取法分离

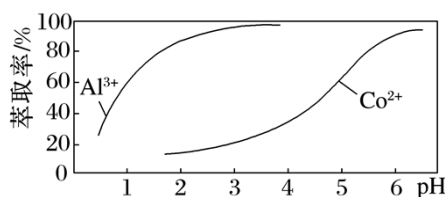
(1) “萃取分离”溶液中钴、锂的萃取率与平衡时溶液 pH 的关系如图所示, pH 一般选择 5 左右, 理由是_____。



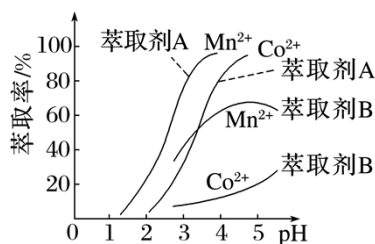
(2) 萃取剂对 Al^{3+} 、 Co^{2+} 萃取率与 pH 的关系如图所示。

萃取分离钴、铝的实验操作: 向萃取分液后的有机相中加稀硫酸调 $\text{pH}=3\sim 4$, 分液可得 CoSO_4 溶 液 ;

_____, 可得 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液。



(3) 已知萃取剂 A、B 中 pH 对钴离子、锰离子萃取率的影响如图所示, 为了除去 Mn^{2+} , 应选择萃取剂_____ (填 “A” 或 “B”)。

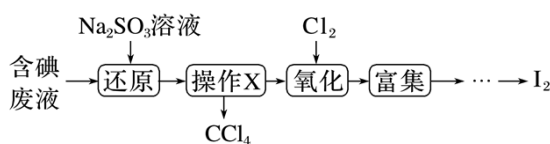


答案 (1)pH 在 5 左右时, 钴、锂的分离效率高

(2) 继续向萃取分液后的有机相中加稀 H_2SO_4 调 $\text{pH}=0.5$ 以下(或 1 以下), 然后分液 (3)B

3. 反萃取分离

实验室从含碘废液(除 H_2O 外, 含有 CCl_4 、 I_2 、 I^- 等)中回收碘, 其实验过程如图所示。



向含碘废液中加入稍过量的 Na_2SO_3 溶液, 将废液中的 I_2 还原为 I^-

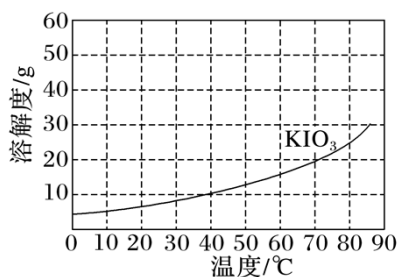
，其离子方程式：

该操作将 I_2 还原为 I^- 的目的是_____。

答案 $SO_3^{2-} + I_2 + H_2O \rightleftharpoons 2I^- + 2H^+ + SO_4^{2-}$ 使四氯化碳中的碘进入水层

4. 结晶的方法

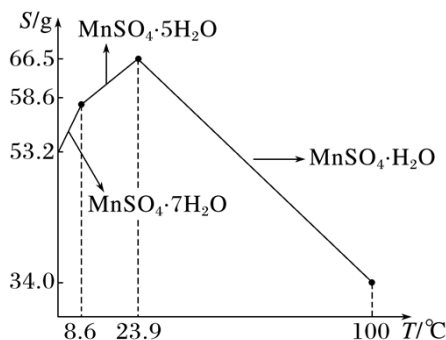
(1) KIO_3 的溶解度曲线如图所示。由 KIO_3 溶液得到 KIO_3 晶体的方法为_____。



答案 蒸发浓缩、降温结晶

解析 由溶解度曲线可知 KIO_3 在常温下的溶解度较小，故由 KIO_3 溶液得到 KIO_3 晶体的方法为蒸发浓缩、降温结晶。

(2) 硫酸锰在不同温度下结晶可分别得到 $MnSO_4 \cdot 7H_2O$ 、 $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ 和 $MnSO_4 \cdot H_2O$ 。硫酸锰在不同温度下的溶解度和该温度范围内析出晶体的组成如下图所示。



从过滤所得的滤液中获得较高纯度 $MnSO_4 \cdot H_2O$ 的操作是：控制温度在 $80 \sim 90^\circ C$ 之间蒸发结晶、_____，使固体 $MnSO_4 \cdot H_2O$ 与溶液分离，_____、真空干燥。

答案 趁热过滤 用 $80 \sim 90^\circ C$ 的蒸馏水洗涤 2~3 次

解析 据溶解度曲线图，要从过滤所得 $MnSO_4$ 溶液中获得较高纯度的 $MnSO_4 \cdot H_2O$ 晶体，应在 $80 \sim 90^\circ C$ 之间进行蒸发结晶、趁热过滤，再用 $80 \sim 90^\circ C$ 的蒸馏水洗涤 $MnSO_4 \cdot H_2O$ 晶体 2~3 次，最后真空干燥。

(3) 已知 $CoCl_2$ 的溶解度曲线如图所示。向碱式碳酸钴沉淀中加入足量稀盐酸边加热边搅拌至完全溶解后，需趁热过滤的原因是_____。

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/438100052062006127>