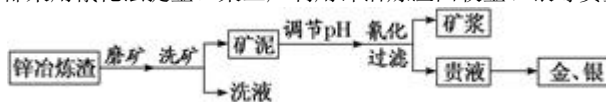


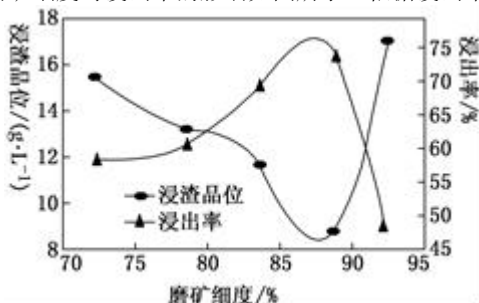
无机综合及工艺流程(四)

1、目前世界上新建的金矿中约有 80%都采用氰化法提金。某工厂利用锌冶炼渣回收金、银等贵金属的流程如图所示:



已知: HCN 有剧毒, $K_a(\text{HCN})=5 \times 10^{-10}$; $\text{Au}^+ + 2\text{CN}^- \rightleftharpoons [\text{Au}(\text{CN})_2]^-$, 平衡常数 $K_\beta = 1 \times 10^{38}$ 。

(1)磨矿细度对浸出率的影响如图所示, 依据浸出率应选择磨矿细度_____为宜。



(2)生产中用生石灰调节矿泥 $\text{pH} > 11.5$, 其目的之一是阻止溶液中的氰化物转化为 HCN 而挥发, 其作用原理是_____ (用离子方程式表示)

(3)“氧化”环节, 是以 NaCN 溶液浸取调节 pH 的矿泥, 敞口放置, 将 Au 转化为 $\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2]$

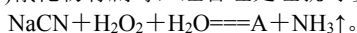
①其化学方程式为_____

②“氧化”环节中, 金的溶解速率在 80 °C 时达到最大值, 但生产中控制反应液的温度在 10~20 °C, 原因是_____ (答一点即可)

③已知 $2\text{H}^+ + [\text{Au}(\text{CN})_2]^- \rightleftharpoons \text{Au}^+ + 2\text{HCN}$, 该反应的 $K =$ _____

(4)用锌还原 $\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2]$ 生成金, 消耗的锌与生成的金的物质的量之比为 _____

(5)氰化物有剧毒, 经合理处理就可以基本消除对环境的负面影响。 H_2O_2 可消除水中的氰化物(如 NaCN), 经以下反应实现:



①生成物 A 的化学式为 _____

②某废水用 H_2O_2 处理 40 min 后, 测得剩余总氰为 $0.16 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 除氰率达 80%, 计算 0~40 min 时间段反应速率 $v(\text{CN}^-) =$ _____ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。(结果保留两位有效数字)

2、铋(Bi)与氮同族, 氯氧化铋(BiOCl)广泛用于彩釉调料、塑料助剂、油漆调色、生产金属铋等。一种以用火法炼铜过程产生的铜转炉烟尘(除含铋的化合物之外,还有 CuSO_4 、 ZnSO_4 、 CuS 、 Fe_2O_3 、 PbSO_4 及 As_2O_3)制备高纯氯氧化铋的工艺流程如下:



请回答:

(1) BiOCl 中 Bi 元素的化合价为 _____

(2)向“酸浸”所得“浸液 1”中加入 Zn 粉, 主要目的是 _____

(3)“浸铜”时, 有单质硫生成, 其反应的离子方程式为 _____

(4)“浸铋”时, 温度升高, 铋的浸出率降低, 其原因为 _____

(5)“沉铋”时需控制溶液的 $\text{pH}=3.0$, 此时 BiCl_3 发生反应的化学方程式为 _____

(6)“除铅、砷”时, 可以采用以下两种方法:

①加入改性羟基磷灰石固体(HAP): 浸液 2 与 HAP 的液固比(L/S)与铅、砷去除率以及后续沉铋量的关系如下表:

L/S	125 : 1	50 : 1	25 : 1	15 : 1
Pb^{2+} 去除率/%	84.86	94.15	95.40	96.83
As^{3+} 去除率/%	98.79	98.92	98.34	99.05
m(沉铋)/g	2.34	2.33	2.05	1.98

实验中应采用的 L/S= _____

②铁盐氧化法: 向浸液 2 中加入 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, 并调节 pH, 生成 FeAsO_4 沉淀。当溶液中 $c(\text{AsO}_4^{3-})=1 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$, 且不产生 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀, 此时溶液的 pH 为 _____。(已知: $1\text{g}=0.3; \text{FeAsO}_4$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的 K_{sp} 分别为 5×10^{-21} 、 4×10^{-38} 。)

3、利用硫铁矿烧渣(主要成分为 Fe_2O_3 ，还含有少量 Al_2O_3 、 MgO 、 SiO_2 等杂质)制备铁红工艺流程如下。回答下列问题：



(1)还原焙烧后，Fe 元素的化合价为_____

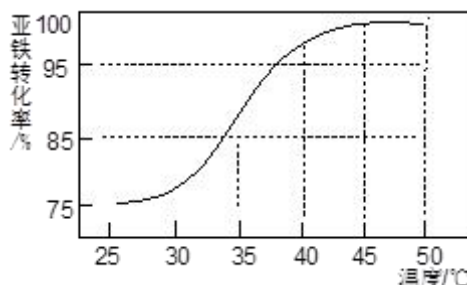
(2)“酸浸”实验中，需加入絮凝剂沉淀杂质。絮凝剂用量和过滤时间对铁红成份的影响如下表所示。由表可知，所采用的最佳实验条件为_____ (填序号)

序号	絮凝剂用量/ $\times 10^{-6}\text{t}$	过滤时间/min	Fe_2O_3 含量%	SiO_2 含量%
①	40	5	96.5	0.12
②	50	10	97.9	0.10
③	60	20	98.3	0.07
④	100	40	99.4	0.01
⑤	150	150	99.5	0.008

(3)若“合成”中 $c(\text{Mg}^{2+})=0.01\text{mol/L}$ ，加入 NH_4HCO_3 (设溶液体积增加 1 倍)，当 Fe^{2+} 恰好沉淀完全时，溶液中 $c(\text{Fe}^{2+})=1.0\times 10^{-5}\text{mol/L}$ ，此时是否有 MgCO_3 沉淀生成？_____ (列式计算)。 FeCO_3 、 MgCO_3 的 K_{sp} 分别为 3.2×10^{-11} 、 3.0×10^{-8}

(4)“合成”过程中发生反应的离子方程式为_____

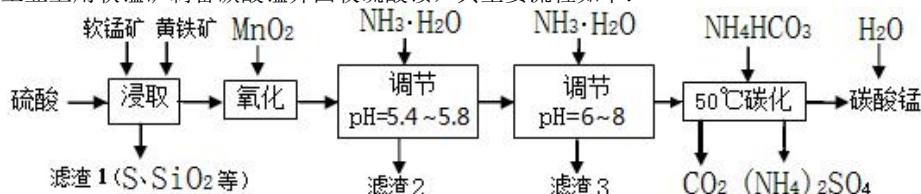
(5)“合成”过程中温度对亚铁离子转化率的影响如下图，分析选择反应温度为 40°C 的原因是_____



(6)“煅烧”中由 FeCO_3 制备 Fe_2O_3 的化学方程式为_____

(7)本流程中，铝元素是以_____ (填化学式)形式被除去的

4、软锰矿的主要成分是 MnO_2 ，还含有少量金属铁、镁、铝、锌、铜的化合物等杂质。黄铁矿的主要成分是 FeS_2 ，还含有硅、铝的氧化物等杂质。工业上用软锰矿制备碳酸锰并回收硫酸铵，其主要流程如下：



已知金属离子从开始形成氢氧化物沉淀，到沉淀时溶液的 pH 如下表：

金属离子	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}	Cu^{2+}	Mn^{2+}
开始沉淀 pH[Com]	7.5	2.7	4.1	5.9	8.8
完全沉淀 pH	9.5	3.7	5.4	6.9[K]	10.8

(1)提高浸出率的可采取的措施有_____

a.适当升高温度 b.搅拌 c.加适量纯碱 d.加压

(2)浸取完成后，取浸取液少许，加入 KSCN 溶液无明显现象，则浸取时发生的主要反应的化学方程式是_____

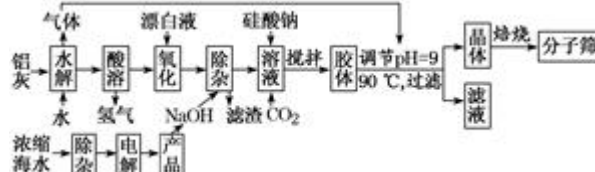
(3)调节 pH 为 5.4~5.8 的目的是_____

(4)滤渣 3 的主要成分的化学式是_____

(5)采用 50°C 碳化的原因是_____，该过程发生反应的离子方程式是_____

(6)检验碳酸锰产品完全洗净的方法是_____

5、“分子筛”是一种具有多孔结构的铝硅酸盐($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)，其中有许多笼状孔穴和通道能让直径比孔穴小的分子通过而将大的分子留在外面，故此得名。利用铝灰(主要成分为 Al 、 Al_2O_3 、 AlN 、 FeO 等)制备“分子筛”的一种工艺如下：

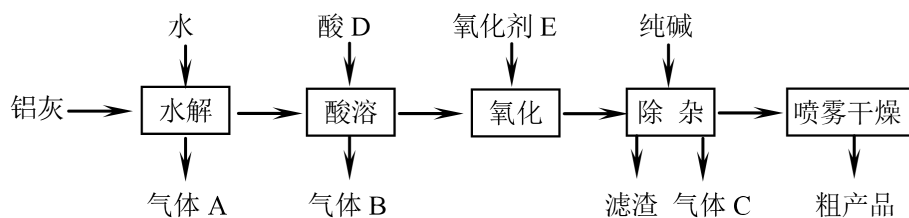


(1)分子筛的孔道直径为 4A 称为 4A 型分子筛；当 Na^+ 被 Ca^{2+} 取代时就制得 5A 型分子筛，当 Na^+ 被 K^+ 取代时就制得 3A 型分子筛。

要高效分离正丁烷(分子直径为 4.65A)和异丁烷(分子直径为 5.6A)应该选用_____型的分子筛

(2)铝灰在 90°C 时水解的化学方程式为_____；“水解”采用 90°C 而不在室温下进行的原因是_____

- (3)“酸溶”时,为降低生产成本,应选择的酸为_____,理由是_____
- (4)“氧化”时,发生的主要反应的离子方程式为_____
- (5)该工艺中滤渣的成分是_____
- (6)“胶体”调节 pH 后过滤所得“晶体”需洗涤,如何证明该晶体已经洗涤干净?_____
- 6、铝鞣剂在皮革工业有广泛应用。某学习小组以铝灰为原料制备铝鞣剂[$\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$],设计如下化工流程(提示:铝灰的主要成分是 Al 、 Al_2O_3 、 AlN 、 FeO 等):

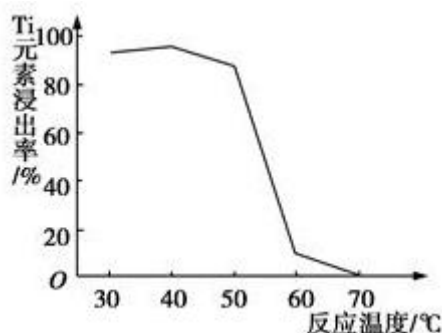


请回答下列问题:

- (1)酸 D 的化学式为_____; 气体 C 的电子式_____
- (2)实验室检验气体 A 的操作是_____; “水解”温度保持在 90°C 左右,写出水解生成 A 的化学方程式:_____
- (3)“酸溶”温度控制在 $30^\circ\text{C}\sim 35^\circ\text{C}$,不宜太低,也不宜太高,其原因是_____; 氧化剂 E 宜选择_____
- A. 漂白液 B. 稀硝酸 C. 酸性高锰酸钾溶液 D. 溴水
- (4)“除杂”过程中产生滤渣的离子方程式为_____
- (5)粗产品略显浅黄色,可能含有的杂质主要是_____ (填化学式),若用“蒸发”代替“喷雾干燥”,其后果是_____
- 7、钛铁矿的主要成分为 FeTiO_3 (可表示为 $\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$), 含有少量 MgO 、 CaO 、 SiO_2 等杂质。利用钛铁矿制备锂离子电池电极材料(钛酸锂 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 和磷酸亚铁锂 LiFePO_4) 的工艺流程如下图所示:

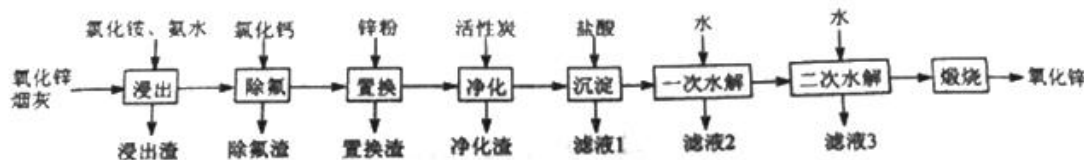


- (1)化合物 $\text{Li}_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}$ 中钛元素的化合价是+4 价,氧元素的化合价为_____
- (2)钛铁矿与硫酸反应时,常将钛铁矿粉碎,其目的是:_____, 滤渣 A 的成分是_____
- (3)固体 TiO_2 转化 $(\text{NH}_4)_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}$ 的离子方程式为_____, 该反应_____氧化还原反应 (填“属于”或“不属于”)
- (4)反应②中固体 TiO_2 转化成 $(\text{NH}_4)_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}$ 溶液时, Ti 元素的浸出率与反应温度的关系如图所示。反应温度过高时, Ti 元素浸出率下降的原因是_____



- (5) $(\text{NH}_4)_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}$ 转化为 $\text{Li}_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}$ 的离子方程式为:_____
- (6)写出由滤液 D 生成 FePO_4 的离子方程式_____
- (7)由滤液 D 制各 LiFePO_4 的过程中, 所需 17% 双氧水与 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的质量比是_____

8、氧化锌是一种常用添加剂,广泛应用于塑料、合成橡胶、电池等产品的制造。一种利用氧化锌烟灰制备活性氧化锌的工艺流程如下:



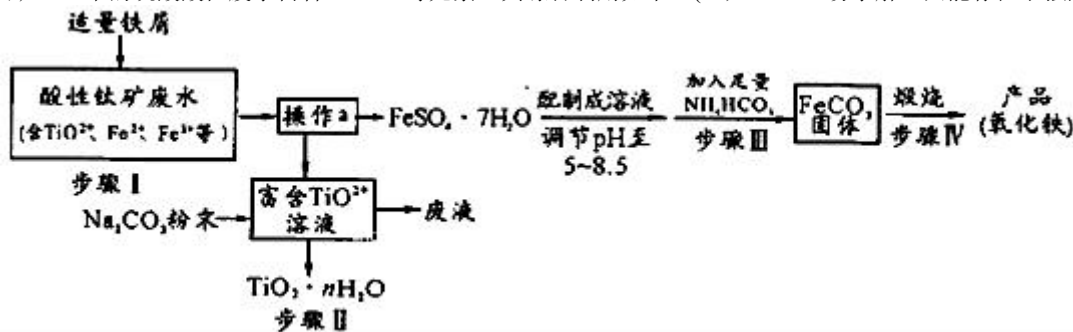
已知: I、氧化锌烟灰的主要化学组成如下:

元素组成	Zn	Pb	Cu	Cl	F
质量分数/%	59.78	9.07	0.30	2.24	1.80

II、“浸出”时,大部分锌元素以 $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ 形式进入溶液,同时部分 Pb、Cu、F 元素也进入溶液中

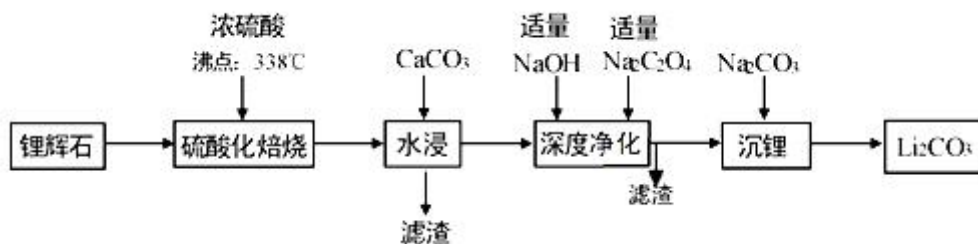
- (1) Zn 的原子序数为 30,其在元素周期表中的位置为_____
- (2)“浸出”时,氧化锌发生反应的离子方程式为_____;“浸出”时温度不宜过高,其原因为_____
- (3)若“浸出”后,所得溶液中 $c(\text{F}^-) = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,向其中加入等体积的氯化钙溶液(忽略溶液体积变化),使 F^- 沉淀完全即溶液中 $c(\text{F}^-) < 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,则所加氯化钙溶液的浓度度最小为_____。已知: $K_{\text{sp}}(\text{CaF}_2) = 3.45 \times 10^{-11}$
- (4)“置换”时,所得置换渣中除了含 Zn 外,还含有_____;“净化”时,利用活性炭的_____性,除去溶液中残留的有机物
- (5)“沉淀”时,可得到滤渣 $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ 。所加盐酸过量时,会导致沉淀部分溶解甚至消失,其化学方程式为_____
- (6)将滤液 1 和滤液 2 合并,经浓缩后,可返回至_____ (填流程中的操作名称)循环利用。
- (7)“一次水解”时,产物为 $\text{Zn}(\text{OH})_x\text{Cl}_y$ 。取 10.64g 该水解产物,经二次水解、煅烧后,可得活性氧化锌 8.1 g(假设各步均转化完全)。则一次水解产物的化学式为_____

9、钛矿工业中的硫酸酸性废水富含 Ti、Fe 等元素,其综合利用如下:(已知: TiO^{2+} 易水解,只能存在于强酸性溶液中)



- (1) TiO^{2+} 钛的化合价为_____
- (2)步骤 I 中加入铁屑的作用是_____ (以离子方程式表示)
- (3)操作 a 是_____、_____、过滤、洗涤、干燥
- (4)步骤 III 中发生反应的化学方程式为_____;反应温度一般需控制在 35°C 以下,其目的是_____
- (5)已知 $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_2] = 8 \times 10^{-16}$ 。步骤 III 中, FeCO_3 达到溶解平衡时,若室温下测得溶液的 pH 为 8.5,所得的 FeCO_3 中没有 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 。则溶液中 $c(\text{Fe}^{2+})$ 小于_____ mol/L 。步骤 IV 中,为了得到较为纯净的 Fe_2O_3 ,除了适当的温度外,还需要采取的措施是_____
- (6)向“富含 TiO^{2+} 溶液”中加入 Na_2CO_3 粉末不易得到固体 $\text{TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 。请结合平衡移动原理和化学用语解释其原因_____

10、碳酸锂广泛应用于化工、冶金等行业。工业上利用锂辉石($\text{Li}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$)制备碳酸锂的流程如下。请回答下列问题:

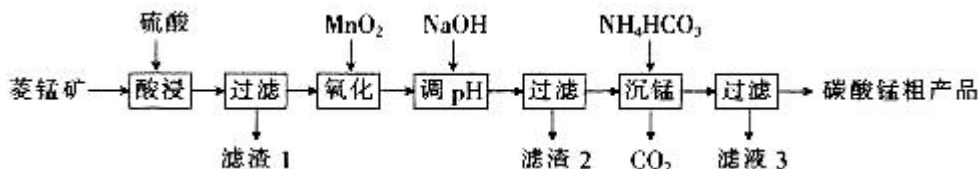


已知: ① CaC_2O_4 难溶于水; ② Li_2CO_3 的溶解度(g/L)

温度/ $^\circ\text{C}$	0	10	20	30	40	50	60	80	100
Li_2CO_3	1.54	1.43	1.33	1.25	1.17	1.08	1.01	0.85	0.72

- (1)锂辉石($\text{Li}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$)可以用氧化物的形式表示其组成,形式为_____
- (2)“深度净化”时,加入适量 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的目的是_____
- (3)“沉锂”需要在 95°C 以上进行,主要原因是_____
- (4)工业上,将 Li_2CO_3 粗品制备成高纯 Li_2CO_3 的部分工艺如下:
 - a.将 Li_2CO_3 溶于盐酸作电解槽的阳极液, LiOH 溶液做阴极液,两者用离子选择透过膜隔开,用惰性电极电解。
 - b.电解后向 LiOH 溶液中加入少量 NH_4HCO_3 溶液并共热,过滤、烘干得高纯 Li_2CO_3
 - ①a 中,阳极的电极反应式是_____,宜选用_____(“阳”或“阴”)离子交换膜
 - ②b 中,生成 Li_2CO_3 反应的化学方程式是_____

11、 MnCO_3 可用于制备活性电极材料 MnO_2 。以菱锰矿(含 MnCO_3 、 SiO_2 、 FeCO_3 和少量 Al_2O_3 等)为原料制备碳酸锰粗产品的流程如下:



已知: ①常温下, $K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3]=8.0 \times 10^{-38}$, $K_{sp}[\text{Al}(\text{OH})_3]=4.0 \times 10^{-34}$ 。

②氢氧化物沉淀的条件: Al^{3+} 、 Fe^{3+} 完全沉淀的 pH 分别为 4.6、3.4; Mn^{2+} 开始沉淀的 pH 为 8.1

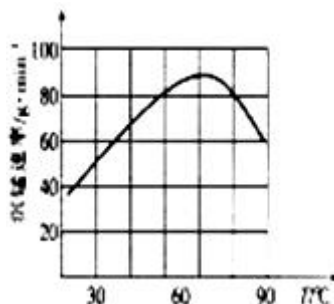
(1)“酸浸”过程中不能用浓盐酸替代硫酸, 原因是

(2)用离子方程式表示“氧化”过程中加 MnO_2 的目的:

(3)“调 pH”时, 向含有硫酸铁和硫酸铝的混合溶液中滴加氢氧化钠溶液至两种沉淀共存, 当 $c(\text{Fe}^{3+})=1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, $c(\text{Al}^{3+})=$ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

(4)①“沉锰”过程中, 反应的离子方程式为

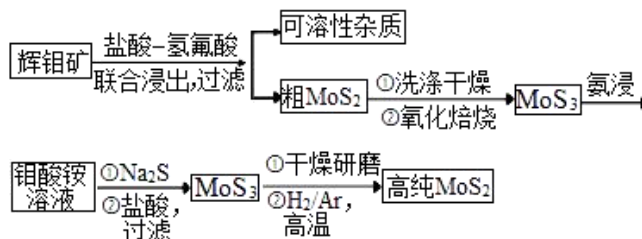
②“沉锰”过程中沉锰速率与温度的关系如图所示



当温度高于 60°C 时, 沉锰速率随着温度升高而减慢的原因可能是

(5)从滤液 3 中可分离出一种不含碳元素的氮肥, 它的化学式为

12、二硫化钼 (MoS_2) 被誉为“固体润滑剂之王”, 利用低品质的辉钼矿(含 MoS_2 、 SiO_2 以及 CuFeS_2 等杂质)制备高纯二硫化钼的一种生产工艺如图。回答下列问题:



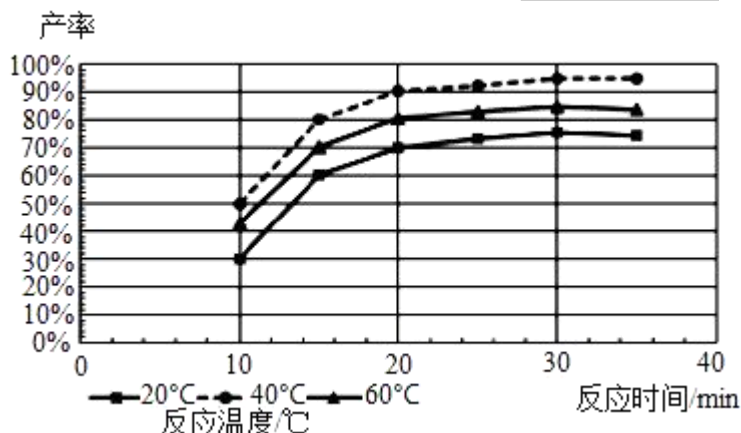
(1)钼酸铵的化学式为 $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$, 其中 Mo 的化合价为

(2)利用联合浸出除杂时, 氢氟酸可除去的杂质化学式为, 如改用 FeCl_3 溶液氧化浸出, CuFeS_2 杂质的浸出效果更好, 写出氧化浸出时发生的化学反应方程式

(3)加入 Na_2S 后, 钼酸铵转化为硫代钼酸铵 $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$, 写出 $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ 与盐酸生成 MoS_3 沉淀的离子反应方程式

(4)由图分析产生三硫化钼沉淀的流程中应选择的最优温度和时间是

利用化学平衡原理分析低于或高于最优温度时, MoS_3 的产率均下降的原因:



(5)高纯 MoS_2 中自然会存在极微量杂质, 如非整比晶体 $\text{MoS}_{2.8}$, 则该杂质中 Mo^{4+} 与 Mo^{6+} 的物质的量之比为

(6)已知 $K_{sp}(\text{BaSO}_4)=1.1 \times 10^{-10}$, $K_{sp}(\text{BaMoO}_4)=4 \times 10^{-8}$, 钼酸钠晶体 ($\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 是新型的金属缓蚀剂, 不纯的钼酸钠溶液中若含少量可溶性硫酸盐杂质, 可加入 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 固体除去 SO_4^{2-} (溶液体积变化忽略), 则当 BaMoO_4 开始沉淀时, 溶液中的 $c(\text{MoO}_4^{2-})/c(\text{SO}_4^{2-})$ (结果保留 2 位有效数字)

13、 SnSO_4 是一种重要的硫酸盐，在工业生产有着广泛的应用。其制备路线如下：



已知：在酸性条件下，溶液中的 Sn^{2+} 可被空气中的氧气氧化成 Sn^{4+} ； SnCl_2 能水解生成碱式氯化亚锡 $[\text{Sn}(\text{OH})\text{Cl}]$ 。

- (1) 写出物质 A 的名称：_____
- (2) SnCl_2 用盐酸而不用水溶解的原因是_____ (用化学方程式表示)
- (3) 锡粉的作用是除去酸溶时产生的少量 Sn^{4+} ，请写出产生 Sn^{4+} 的离子方程式：_____
- (4) 反应 I 生成的沉淀为 SnO ，写出该反应的化学方程式：_____，该反应的温度需要控制在 75°C 左右的原因是_____
- (5) 实验室中“漂洗”沉淀的实验操作方法是_____

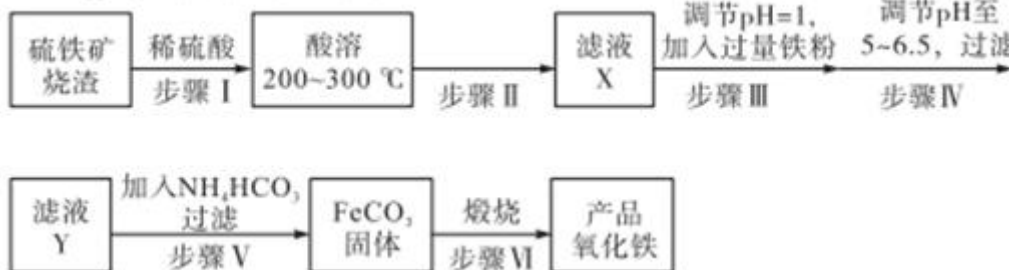
14、利用废钡渣(主要成分为 BaS_2O_3 ，含少量 SiO_2) 为原料生产高纯氟化钡的流程如下：



已知： $K_{\text{ap}}(\text{BaS}_2\text{O}_3)=6.96 \times 10^{-11}$ ， $K_{\text{ap}}(\text{BaF}_2)=1.0 \times 10^{-6}$

- (1) 步骤①除产生 SO_2 外，还有淡黄色固体生成，该反应的离子方程式为_____
 - (2) 步骤②的目的是中和过量的盐酸，加入 NaOH 溶液不宜过量，其原因是_____ (用离子方程式表示)
 - (3) 滤液的主要成分是 BaCl_2 ，还含有少量 NaCl ，溶解度数据如下表，步骤③宜采用_____ (填“蒸发结晶”或“降温结晶”)
- | 温度 | 20°C | 40°C | 60°C | 80°C | 100°C |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| NaCl | 36.0g | 36.6g | 37.3g | 39.0g | 39.8g |
| BaCl_2 | 35.8g | 40.8g | 46.2g | 52.5g | 59.4g |
- (4) 工业上可用氨水吸收 SO_2 ，并通入空气使其转化为铵态氮肥。该转化中氧化剂与还原剂的物质的量之比为_____
 - (5) 步骤④生成 BaF_2 的反应类型为_____
 - ①若该反应温度过高，容易造成 $c(\text{F}^-)$ 降低的原因是_____
 - ②研究表明，适当增加 NH_4F 的比例有利于提高 BaF_2 的产率和纯度，将浓度为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 BaCl_2 溶液和 $0.22 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NH_4F 溶液等体积混合，所得溶液中 $c(\text{Ba}^{2+})=$ _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

15、工业上利用硫铁矿烧渣(主要成分为 Fe_3O_4 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 SiO_2) 为原料制备高档颜料——铁红(Fe_2O_3)，具体生产流程如下：



试回答下列问题：

- (1) 实验室实现“步骤 II”中分离操作所用的玻璃仪器有_____、玻璃棒和烧杯等；该步骤是为了除去_____ (填相关物质的化学式)
- (2) 检验步骤 III 已经进行完全的操作是_____
- (3) 步骤 V 的反应温度一般需控制在 35°C 以下，其目的是_____；该步骤中反应生成 FeCO_3 的离子反应方程式为_____
- (4) 步骤 VI 中发生反应的化学反应方程式为_____
- (5) 步骤 V 中， FeCO_3 达到沉淀溶解平衡时，若 $c(\text{Fe}^{2+})=1 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ ，欲使所得的 FeCO_3 中不含有 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ，应控制溶液的 $\text{pH} \leq$ _____ (已知： $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_2]=4.9 \times 10^{-17}$ ， $\lg 7=0.8$)
- (6) 欲测定硫铁矿渣中 Fe 元素的质量分数，称取 $a \text{ g}$ 样品，充分“酸溶”“水溶”后过滤，向滤液中加入足量的 H_2O_2 ，充分反应后加入 NaOH 溶液至不再继续产生沉淀，经过滤、洗涤、灼烧至固体恒重，冷却后称得残留固体 $b \text{ g}$ ，测得该样品中 Fe 元素的质量分数为_____

【无机综合及工艺流程(四)】答案

1、(1)87% (2) $\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCN} + \text{OH}^-$ (3)① $4\text{Au} + 8\text{NaCN} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2] + 4\text{NaOH}$ ②氧气在溶液中的溶解度随着温度的升高而下降;温度的升高,促进了氰化物的水解,增加了HCN的挥发速度;随温度的升高, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的溶解度反而下降,部分碱从溶液中析出 ③ 4×10^{-20}

(4)1:2

(5)① NaHCO_3 ②0.016

解析:(1)根据图示,选择磨矿细度87%为宜。(2)用生石灰调节矿泥 $\text{pH} > 11.5$,溶液呈碱性,能抑制氰化物中的“化”环节,Au转化为 $\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2]$,Au被氧化,显然有 O_2 参与反应,其化学方程式为 $4\text{Au} + 8\text{NaCN} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2] + 4\text{NaOH}$ 。②“氰化”环节,有 O_2 参与反应,温度升高, O_2 的溶解度减小;同时温度升高,促进了氰化物的水解挥发速度;随温度的升高, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的溶解度反而下降,部分碱从溶液中析出。③根据 $\text{HCN} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CN}^-$ 、 $\text{A}[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$,由第二个反应+第一个反应 $\times 2$,可得 $\text{Au}^+ + 2\text{HCN} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + [\text{Au}(\text{CN})_2]^-$,此反应的 $K =$

$K_a^2(\text{HCN}) \cdot K_\beta$,则 $2\text{H}^+ + [\text{Au}(\text{CN})_2]^- \rightleftharpoons \text{Au}^+ + 2\text{HCN}$ 的 $K = \frac{1}{K_a^2(\text{HCN}) \cdot K_\beta} = \frac{1}{5 \times 10^{-10} \times 2 \times 10^{38}} = 4 \times 10^{-20}$ 。(4)用锌还原 $\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2]$

生成金,根据 $\text{Zn} \xrightarrow{\text{失 } 2\text{e}^-} \text{Zn}^{2+}$ 、 $[\text{Au}(\text{CN})_2]^- \xrightarrow{\text{得 } \text{e}^-} \text{Au}$ 及得失电子守恒知,消耗的锌与生成的金的物质的量之比为1:2。(5)①根据原子守恒,可推知生成物A的化学式为 NaHCO_3 。②0~40 min时间段,除氰率达80%,则除去的 CN^- 为剩余的 CN^- 的4倍,除去的 CN^- 为 $0.16 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \times 4 = 0.64 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,则 $v(\text{CN}^-) = \frac{0.64 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}}{40 \text{ min}} = 0.016 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

2、(1)+3

(2)除去 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} (3) $\text{CuS} + \text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{Mn}^{2+} + \text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$

(4)温度升高,盐酸挥发,反应物浓度降低

(5) $\text{BiCl}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{BiOCl} \downarrow + 2\text{NaCl} + \text{CO}_2 \uparrow$

(6)50:1 5.3

【解析】(1) BiOCl 中O为-2价,Cl为-1价,根据化合价代数和为0,可知Bi元素的化合价为+3价,答案为:+3(2)向“酸浸”所得“浸液1”中加入Zn粉,Zn粉能与 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 反应生成Cu和Fe,从而除去 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} ,答案为:除去 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} (3)“浸铜”时加入的物质是稀硫酸、 MnO_2 ,得到单质硫,发生反应 $\text{CuS} + \text{MnO}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{Mn}^{2+} + \text{S} \downarrow + \text{H}_2\text{O}$,根据化合价升降法配平,离子方程式为: $\text{CuS} + \text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{Mn}^{2+} + \text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$,答案为: $\text{CuS} + \text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{Mn}^{2+} + \text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$

(4)“浸铋”时,所加物质为盐酸和氯化钠溶液,盐酸易挥发,升高温度,HCl挥发,反应物浓度降低,答案为:温度升高,盐酸挥发,反应物浓度降低

(5)“沉铋”时加入的物质是 Na_2CO_3 ,生成 BiOCl ,因此有 $\text{BiCl}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{BiOCl}$,根据反应特点产物还有NaCl和 CO_2 ,化学方程式为: $\text{BiCl}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{BiOCl} \downarrow + 2\text{NaCl} + \text{CO}_2 \uparrow$ 答案为: $\text{BiCl}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{BiOCl} \downarrow + 2\text{NaCl} + \text{CO}_2 \uparrow$ (6)①根据表格数据,L/S=50:1以后, Pb^{2+} 、 As^{3+} 去除率虽然增加,但是 Pb^{2+} 、 As^{3+} 去除率变化都不大,因此为了节省能源以及原料,L/S控制在50:1② $c(\text{AsO}_4^{3-}) = 1 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$,此时 $c(\text{Fe}^{3+}) = K_{\text{sp}}(\text{FeAsO}_4) / c(\text{AsO}_4^{3-}) = 5 \times 10^{-21} / 10^{-9} \text{ mol/L} = 5 \times 10^{-12} \text{ mol/L}$,此时
$$c(\text{OH}^-) = \sqrt[3]{\frac{K_{\text{sp}}(\text{Fe}(\text{OH})_3)}{c(\text{Fe}^{3+})}} = \sqrt[3]{\frac{4 \times 10^{-38}}{5 \times 10^{-12}}} = 2 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$$

此时的 $\text{pH} = 5.3$,即 pH 小于5.3.答案为:5.3。

3、(1)+2

(2)④

(3)无沉淀生成 $c(\text{CO}_3^{2-}) = K_{\text{sp}}(\text{FeCO}_3) / c(\text{Fe}^{2+}) = 3.2 \times 10^{-11} / 10^{-5} = 3.2 \times 10^{-6} (1 \text{ 分})$ $Q = c(\text{CO}_3^{2-}) \times c(\text{Mg}^{2+}) = 3.2 \times 10^{-6} \times 0.01 / 2 < K_{\text{sp}}(\text{MgCO}_3)$ (4) $\text{e}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ (5)温度低于 40°C ,亚铁离子转化率较低。温度高于 40°C ,亚铁离子转化率变化不大。温度过高,碳酸氢铵易分解(6) $4\text{FeCO}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{CO}_2$ (7) $\text{Al}(\text{OH})_3$

【解析】考查化学工艺流程,(1)根据金属的冶炼,炭黑能够还原 Fe_2O_3 ,因为酸浸中加入硫酸,如果还原时铁元素转化成铁单质,会与硫酸反应生成 H_2 , H_2 可燃性气体,可能发生危险,因此还原焙烧后,铁元素的化合价为+2价;(2)由表中数据可得虽然絮凝剂用量越多、过滤时间越长, Fe_2O_3 含量越高、 SiO_2 含量越低,但是 $1.0 \times 10^{-4} \text{ t}$ 、40min条件与 $1.5 \times 10^{-4} \text{ t}$ 、150min条件相比,前者 Fe_2O_3 含量只比后者低0.1个百分点, SiO_2 含量高0.002个百分点,而絮凝剂用量和过滤时间,前者比后者明显少,所以应选择最佳实验条件为④;(3) $c(\text{CO}_3^{2-}) = K_{\text{sp}}(\text{FeCO}_3) / c(\text{Fe}^{2+}) = 3.2 \times 10^{-11} / 10^{-5} = 3.2 \times 10^{-6}$, $Q = c(\text{CO}_3^{2-}) \times c(\text{Mg}^{2+}) = 3.2 \times 10^{-6} \times 0.01 / 2 < K_{\text{sp}}(\text{MgCO}_3)$,因此无沉淀产生;(4)结合流程并根据题意,向含 Fe^{2+} 的溶液中加入 NH_4HCO_3 ,生成了 FeCO_3 沉淀,根据原子守恒和电荷守恒,还应生成 H_2O 和 CO_2 ,故“合成”过程中发生反应的离子方程式为: $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$;(5)根据图像,温度低于 40°C ,亚铁离子转化率较低。温度高于 40°C ,亚铁离子转化率变化不大;温度过高,碳酸氢铵易分解;(6)在空气中煅烧 FeCO_3 , FeCO_3 分解,+2价铁会被氧化成+3价铁的化合物,所以生成物为: Fe_2O_3 和 CO_2 ,故“煅烧”中由 FeCO_3 制备 Fe_2O_3 的化学方程式为:

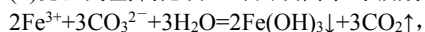
$4\text{FeCO}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{CO}_2$;(7)本流程中酸浸时 Al_2O_3 转变为 Al^{3+} ,加 NH_4HCO_3 时, Al^{3+} 会与 HCO_3^- 发生双水解转变为 $\text{Al}(\text{OH})_3$,由此可得铝元素是以 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 形式被除去的。

(2)A 为氨气,为碱性气体,可用镊子夹取一片湿润的红色石蕊试纸接触气体 A,若试纸变蓝,则 A 为 NH_3 ,铝灰中的 AlN 和水发

生水解反应生成氢氧化铝沉淀和氨气,反应的化学方程式为 $\text{AlN} + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{90^\circ\text{C}} \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NH}_3\uparrow$;

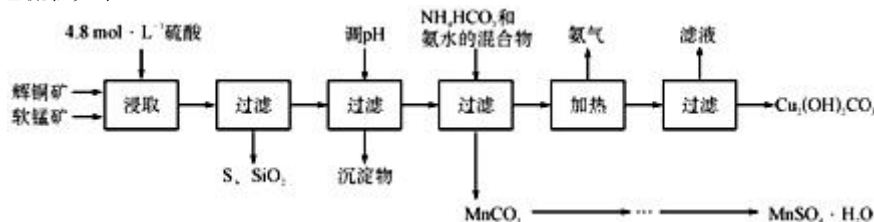
(3)因温度太低,反应慢;温度太高,盐酸挥发快,则“酸溶”温度控制在 $30^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$,不宜太低,也不宜太高,为避免引入其它杂质,可选用漂白液为氧化剂;

(4)滤渣为氢氧化铁,可由铁离子与碳酸根离子水解生成,离子方程式为



(5)产品含有 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,可导致略呈黄色,铝鞣剂主要成分为 $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$,在加热蒸发时会发生水解,为防止水解利用喷雾干燥,减少铝鞣剂水解,

7、辉铜矿主要成分 Cu_2S ,软锰矿主要成分 MnO_2 ,它们都含有少量 SiO_2 、 Fe_2O_3 等杂质。工业上综合利用这两种矿物制备硫酸锰和碱式碳酸铜的主要工艺流程如下:



已知:

① MnO_2 能将金属硫化物中的硫氧化为单质硫

② $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ 常温稳定,在热水中会分解生成 NH_3

③ $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 易溶于冷水,不溶于酒精

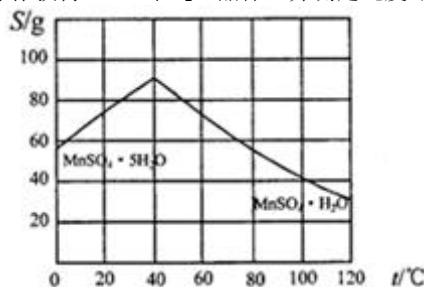
④ 部分金属阳离子氢氧化物的(开始沉淀的 pH 按金属离子浓度为 $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 计算:当离子浓度小于 1.0×10^{-5} 时,认为该离子沉淀完全) $K_{\text{sp}}(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 1.0 \times 10^{-38}$, $K_{\text{sp}}(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 1.0 \times 10^{-20}$, $K_{\text{sp}}(\text{Mn}(\text{OH})_2) = 4.0 \times 10^{-14}$

(1)酸浸时,得到的浸出液中主要含有 CuSO_4 、 MnSO_4 等。写出该反应的化学方程式

(2)调 pH 的范围为

(3)在该工艺中可循环使用的物质是;“加热驱氨”环节,温度不能过低也不能过高的原因为

(4)请根据如下图所示,将“由碳酸锰经一系列操作获得 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 晶体,并测定纯度”的实验方案补充完整



①将碳酸锰固体溶于稀硫酸获得硫酸锰溶液

②加热溶液并控制温度 $> 40^\circ\text{C}$, 得到粗产品

③, 低温干燥, 可得到较纯晶体

④欲测定该晶体的纯度,取 14.00 g 晶体加蒸馏水配成 100 mL 溶液,量取 25.00 mL ,加足量标准 BaCl_2 溶液,得到沉淀 4.66 g ,则此样品的纯度为(保留四位有效数字)。某小组计算发现本组样品纯度大于 100% (测定过程中产生的误差可忽略),其可能原因有(任写一种)

7、(1) $\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{MnO}_2 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CuSO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + \text{S}\downarrow + 4\text{H}_2\text{O}$

(2) $3 < \text{pH} < 4$ NH_3

(3)温度过低, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ 分解不完全,温度过高,会导致 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 分解,这两种情况均会使碱式碳酸铜产量减少

(4)蒸发结晶,趁热过滤 用酒精洗涤产品 2-3 次 96.57% 可能有混有硫酸盐(相对分子质量小于 MnSO_4)杂质或部分晶体失去结晶水。

【解析】(1)根据题给信息: MnO_2 能将金属硫化物中的硫氧化为单质硫; Cu_2S 和 MnO_2 与硫酸混合后生成硫酸铜、硫酸锰、单质硫和水,反应的化学方程式 $\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{MnO}_2 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CuSO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + \text{S}\downarrow + 4\text{H}_2\text{O}$;

(2)调节 pH 的作用是使 Fe^{3+} 转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀而除去; $K_{\text{sp}}(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 1.0 \times 10^{-38}$, 当 $c(\text{Fe}^{3+}) = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{OH}^-) = 10^{-11} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{H}^+) = 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH} = 3$; 考虑到碱式碳酸铜产量,应该避免铜的损失,

$K_{\text{sp}}(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 1.0 \times 10^{-20}$, 当 $c(\text{Cu}^{2+}) = 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{OH}^-) = 10^{-10}$, $c(\text{H}^+) = 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH} = 4$; 所以调

pH 的范围为 $3 < \text{pH} < 4$;

(3)

分析工艺流程投入反应物和产物,产物氨气可以溶入水中形成氨水再投入循环使用,故可循环使用的物质为氨气;“加热驱氨”环节,温度不能过低也不能过高的原因:温度过低, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ 分解不完全,温度过高,会导致 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 分解,这两种情况均会使碱式碳酸铜产量减少;

(4)②由曲线图知当温度低于 40℃ 时析出 $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 晶体, 高于 40℃ 时析出 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 晶体, 因此硫酸锰溶液制备 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的实验必须保证溶液温度高于 40℃; 然后通过蒸发结晶, 趁热过滤, 得到粗产品;

③为减少产品的损失, 用酒精洗涤产品 2-3 次, 低温干燥, 可得到较纯晶体;

④硫酸钡的量为 $4.66/233=0.02\text{mol}$, 硫酸根离子的总量为 0.02mol , 原晶体中含有的硫酸根离子的总量为 $0.02 \times 100/25=0.08\text{mol}$, 硫酸锰晶体的质量为 $0.08 \times 169\text{g}$, 则此样品的纯度为 $0.08 \times 169/14 \times 100\%=96.57\%$; 用标准氯化钡溶液测定样品中 $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 质量分数时, 发现样品纯度大于 100%, 说明样品中硫酸根离子质量分数大于 $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 中硫酸根离子质量分数, 故只要能增大样品中硫酸根离子质量分数的原因均合理, 则可能原因是样品中混有硫酸盐杂质或部分晶体失去结晶水。

7、(1)-2、-1

(2)增大接触面积加快反应速率,提高浸出率 SiO_2 CaSO_4

(3) $5\text{TiO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 2\text{NH}_4^+ + \text{Ti}_5\text{O}_{15}^{2-} + 5\text{H}_2\text{O}$ 不属于

(4)温度过高时,反应物氨水(或双氧水)会受热分解

(5) $\text{Ti}_5\text{O}_{15}^{2-} + 2\text{Li}^+ = \text{Li}_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}\downarrow$

(6) $2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{FePO}_4\downarrow + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}^+$

(7)20 : 9

【解析】铁矿石加入硫酸溶解过滤得到滤渣 A 为二氧化硅和硫酸钙, 滤液 B 中含有 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Ti^{4+} 等,

加热促进水解, 过滤得到沉淀 TiO_2 , 加入过氧化氢和氨水反应得到 $(\text{NH}_4)_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}$, 加入氢氧化锂溶液得到

沉淀 $\text{Li}_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}$, 加入碳酸锂煅烧得到钛酸锂 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, 滤液 D 加入过氧化氢将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 加入磷酸

得到沉淀磷酸铁, 加入碳酸锂和草酸煅烧得到磷酸亚铁锂 LiFePO_4 。

(1)化合物 $\text{Li}_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}$ 中钛元素的化合价是+4 价, Li 元素的化合价为+1 价, 根据正负化合价的代数和为 0, 氧元素的化合价为-2、-1;

(2)钛铁矿与硫酸反应时, 常将钛铁矿粉碎, 可以增大接触面积加快反应速率, 提高浸出率, 由于杂质中二氧化硅不溶于盐酸, 所以滤渣 A 成分是二氧化硅;

(3)二氧化钛与氨水、双氧水反应生成 $(\text{NH}_4)_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}$ 的离子方程式为 $5\text{TiO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 2\text{NH}_4^+ + \text{Ti}_5\text{O}_{15}^{2-} + 5\text{H}_2\text{O}$, 反应中没有元素的化合价发生变化, 不属于氧化还原反应;

(4)由于二氧化钛与氨水、双氧水反应生成 $(\text{NH}_4)_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}$ 时, 温度过高, 双氧水和氨水都容易分解, 所以反应温度过高时, Ti 元素浸出率下降; 学科网

(5) $(\text{NH}_4)_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}$, 加入氢氧化锂溶液得到沉淀 $\text{Li}_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}$, 反应的离子方程式为 $\text{Ti}_5\text{O}_{15}^{2-} + 2\text{Li}^+ = \text{Li}_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}\downarrow$;

(6)过氧化氢将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 加入磷酸得到沉淀磷酸铁, 反应离子方程式为: $2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{FePO}_4\downarrow + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}^+$;

(7)根据电子守恒, 过氧化氢氧化铁元素转移的电子数就等于铁离子氧化草酸转移的电子数, 因此可得关系式: $\text{H}_2\text{O}_2 \sim \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, 设双氧水质量为 x, 草酸质量为 y, 则: [来源:学科网]

$\text{H}_2\text{O}_2 \sim \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

34 90

$x \times 17\% \quad y$

所以 $\frac{34}{x \times 17\%} = \frac{90}{y}$, 整理可得 $x : y = 20 : 9$, 17%双氧水与 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的质量比为 20 : 9。

8、(1)第 4 周期 II B 族

(2) $\text{ZnO} + 2\text{NH}_3 + 2\text{NH}_4^+ = \text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{ZnO} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_4^+ = \text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$ 避免氨水的分解与挥发

(3) $0.70\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

(4)Pb、Cu 吸附

(5) $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2 + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$ 浸出

(6) $\text{Zn}(\text{OH})_{1.6}\text{Cl}_{0.4}$

【解析】(1) Zn 的原子序数为 30, 其在元素周期表中的位置为第 4 周期 II B 族。(2)“浸出”时, 氧化锌发生反应的离子方程式为 $\text{ZnO} + 2\text{NH}_3 + 2\text{NH}_4^+ = \text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{ZnO} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_4^+ = \text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$; “浸出”时温度不宜过高, 其原因为避免氨水的分解与挥发。(3)取 $1\text{Lc}(\text{F}^-) = 0.02\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 浸出液, 加 1L 氯化钙溶液, 令 $c(\text{Ca}^{2+})$ 为 $x\text{mol/L}$, 混合后溶液体积为 2L , 溶液中留下的 $n(\text{F}^-) = 2\text{L} \times 10^{-5}\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} = 2 \times 10^{-5}\text{mol}$, 沉淀的 $n(\text{F}^-) = 0.02\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 1\text{L} - 2 \times 10^{-5}\text{mol} = 0.02\text{mol}$, 沉淀的 $n(\text{Ca}^{2+}) = 0.01\text{mol}$, $K_{\text{sp}}((\text{CaF}_2) = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c^2(\text{F}^-) = 3.45 \times 10^{-11}$, 余下的溶液中 $c(\text{Ca}^{2+}) = 3.45 \times 10^{-11} / (10^{-5})^2 = 0.345\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 余下的溶液中 $n(\text{Ca}^{2+}) = 0.345\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2\text{L} = 0.69\text{mol}$, 故加入的 $c(\text{Ca}^{2+}) = (0.69\text{mol} + 0.01\text{mol}) / 1\text{L} = 0.70\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。使 F⁻ 沉淀完全即溶液中 $c(\text{F}^-) < 10^{-5}\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则所加氯化钙溶液的浓度度最小为 $0.70\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。(4) Zn 的活泼性强于 Pb、Cu, “置换”时, 所得置换渣中除了含 Zn 外, 还含有 Pb、Cu; “净化”时, 利用活性炭的吸附性, 除去溶液中残留的有机物。(5)“沉淀”时, 可得到滤渣 $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ 。所加盐酸过量时, 会导致沉淀部分溶解甚至消失, 其化学方程式为 $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2 + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$ 。(6)将滤液 1 和滤液 2 合并, 经浓缩后, 含有氯化铵等, 可返回至浸出循环利用。(7) $n(\text{ZnO}) = 8.1\text{g} / 81\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.1\text{mol}$, $M(\text{Zn}(\text{OH})_x\text{Cl}_y) = 10.64\text{g} / 0.1\text{mol} = 106.4\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $x + y = 2$, $65 + 17x + 35.5y = 106.4$, 解得: $x = 1.6, y = 0.4$, 则一次水解产物的化学式为 $\text{Zn}(\text{OH})_{1.6}\text{Cl}_{0.4}$

9、(1)+4

(2) $\text{Fe} + 2\text{Fe}^{3+} = 3\text{Fe}^{2+}$

(3)蒸发浓缩 冷却结晶

(4) $\text{FeSO}_4 + 2\text{NH}_4\text{HCO}_3 = \text{FeCO}_3\downarrow + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ 避免温度过高碳酸氢铵分解, 减少 Fe^{2+} 的水解或氧化

(5) 8×10^{-5} 向反应容器中补充适量的空气

(6)溶液中存在水解平衡 $\text{TiO}^{2+} + (n+1)\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$, 加入的 Na_2CO_3 粉末与 H^+ 反应, 降低了溶液中 $c(\text{H}^+)$, 促进水解平衡向生成 $\text{TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 的方向移动

【解析】(1) 离子中各元素化合价代数和等于离子所带电荷数, 元素为-2价, 则 TiO^{2+} 钛的化合价为+4价。

(2) 加入铁粉, 首先发生 $\text{Fe}+2\text{Fe}^{3+}=3\text{Fe}^{2+}$, 其次发生 $\text{Fe}+2\text{H}^+=\text{Fe}^{2+}+\text{H}_2$;

(3) 操作 a 是溶液中得到溶质固体, 方法是蒸发浓缩、冷却结晶过滤洗涤、干燥;

(4) 步骤 III 中发生反应是硫酸亚铁和碳酸氢铵反应生成碳酸亚铁沉淀、硫酸铵、二氧化碳和水, 反应的化学方程式为: $\text{FeSO}_4+2\text{NH}_4\text{HCO}_3=\text{FeCO}_3\downarrow+(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4+\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2\uparrow$, 反应温度一般需控制在 35°C 以下, 是为了避免温度过高碳酸氢铵分解, 减少铁离子的水解程度;

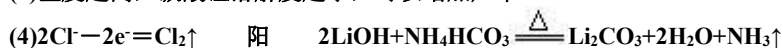
(5) 室温下测得溶液的 pH 为 8.5, $c(\text{OH}^-)=10^{-14}/10^{-8.5}=1\times 10^{-5.5}$, 由题中数据可知, 溶液中 $c(\text{Fe}^{2+})\cdot c(\text{OH}^-)^2=1\times 10^{-6}\times (1\times 10^{-5.5})^2=1\times 10^{-17}<K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_2]=8\times 10^{-16}$, 故无 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀生成;

(6) 富含的 TiO_2^+ 溶液, 加入 Na_2CO_3 粉末与 H^+ 反应, 降低了溶液中 $c(\text{H}^+)$, 使平衡 $\text{TiO}^{2+}+(n+1)\text{H}_2\text{O}\rightleftharpoons\text{TiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}+2\text{H}^+$ 向生成 $\text{TiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$ 的方向移动, 可得到 TiO_2 粗产品。

10、(1) $\text{Li}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 4\text{SiO}_2$

(2) 除去 Ca^{2+}

(3) 温度越高, 碳酸锂溶解度越小, 可以增加产率

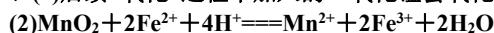


【解析】

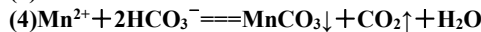
【分析】

由制备流程可知, 锂辉石加硫酸, 浸取焙烧, 氧化铝、氧化锂溶解, 二氧化硅不反应, 水浸时加入碳酸钙, 除去未反应的硫酸, 同时调节溶液 pH 值, 可以将 Al^{3+} 转化为氢氧化铝沉淀, 过滤除去不溶物, 滤液再进行深度净化后主要为 Li_2SO_4 、 Na_2SO_4 , 最后加入 Na_2CO_3 , 转化为溶解度更小 Li_2CO_3 析出, 据此分析。

11、(1) 后续“氧化”过程中加入的二氧化锰会氧化浓盐酸



(3) 0.05



温度过高时碳酸氢铵的分解速率显著加快, 沉锰速率随碳酸氢铵浓度的减小而减慢

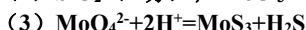
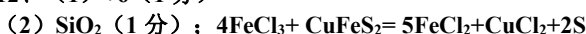
(5) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

【解析】(1) 浓盐酸具有还原性, 后续“氧化”过程中会加入二氧化锰, 二氧化锰可以氧化浓盐酸, 因此“酸浸”过程中不能用浓盐酸替代硫酸; (2) 在强酸性条件下, MnO_2 将 Fe^{2+} 氧化为更容易转化为氢氧化物沉淀的 Fe^{3+} : $\text{MnO}_2 + 2\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$;

(3) 当 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 两种沉淀共存时, 有 $\text{Fe}^{3+} + \text{Al}(\text{OH})_3 = \text{Al}^{3+} + \text{Fe}(\text{OH})_3$, 故 $c(\text{Al}^{3+}) = \frac{K_{sp}[\text{Al}(\text{OH})_3]c(\text{Fe}^{3+})}{K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3]} = \frac{4.0 \times 10^{-34} \times 10^{-5}}{8.0 \times 10^{-38}} = 0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$;

(4) ①沉锰过程中有 MnCO_3 沉淀和 CO_2 气体生成, 故反应的离子方程式为 $\text{Mn}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{MnCO}_3\downarrow + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$; ②温度高于 60°C 时, 继续升温, 碳酸氢铵的分解速率显著加快, 沉锰速率随碳酸氢铵浓度的减小而减慢; (5) “酸浸”时引入了 SO_4^{2-} , “沉锰”时引入了 NH_4^+ , 故滤液 3 中可分离出的一种不含碳元素的氮肥是 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 。

12、(1) +6 (1分)



(4) 40°C , 30min; 温度太低不利于 H_2S 逸出; 温度太高, 盐酸挥发, 溶液 $c(\text{H}^+)$ 下降, 都不利于反应正向进行

(5) 1:4

(6) 3.6×10^2

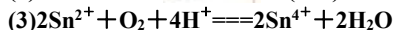
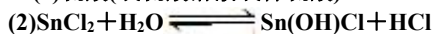
【解析】(1) 铵根离子带一个单位正电, 氧是-2价, 所以 Mo 为-6价

(2) 氢氟酸可以与二氧化硅反应得到 SiF_4 气体, 从而除去二氧化硅杂质。改用 FeCl_3 溶液氧化浸出, CuFeS_2 杂质的浸出效果更好, 说明应该得到 Cu 和 Fe 对应的离子, 同时利用氧化性将 S 元素氧化为单质, 根据化合价升降相等和原子个数守恒配平得到方程式为: $4\text{FeCl}_3 + \text{CuFeS}_2 = 5\text{FeCl}_2 + \text{CuCl}_2 + 2\text{S}$ 。

(3) $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ 在溶液中应该电离出铵根离子和 MoO_4^{2-} , MoO_4^{2-} 与盐酸的氢离子作用生成 MoS_3 , 则另外的生成物只能是 H_2S 气体, 所以离子反应方程式为: $\text{MoO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{MoS}_3 + \text{H}_2\text{S}$ 。

【解析】本题考查化学工艺流程, (1) 氧化浸出前粉碎处理, 其目的是增大接触面积, 加快浸出速率, 提高浸出率; (2) 氧化浸出时, 加入的物质为盐酸、 NaClO_2 , 利用 NaClO_2 的氧化性, 把 Cu 氧化为 Cu^{2+} , 本身被还原成 Cl^- , 然后根据化合价的升降法进行配平, 即离子方程式为 $3\text{Cu} + \text{ClO}_2^- + 6\text{H}^+ = 3\text{Cu}^{2+} + \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$; (3) 滤渣 1 的成分是 AgCl 和 SnO_2 , 氯化银与氨水发生络合反应, 其化学反应方程式为 $\text{AgCl} + 2\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O} = \text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$; (4) 根据流程图, 加入水合肼后, 得到粗银, $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}$ 中 +1 价 Ag \rightarrow 0 价, 化合价降低, 被还原, 即水合肼为还原剂, N_2H_4 为二元碱, 在水中的电离与氨的相似, 说明 N_2H_4 为二元弱碱, 其第一步电离方程式为: $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{H}_5^+ + \text{OH}^-$; (5) 粗银的电解冶炼原理与粗铜精炼原理相同, 因此粗银作阳极, 纯银作阴极, 含有 Ag^+ 溶液作电解液, 即 AgNO_3 为电解质; (6) 根据流程, 得到 Cu 和 Bi, 因此调节 pH 至 0.5~1.0 目的是抑制 Cu^{2+} 和 Bi^{3+} 的水解, 有利于 Cu 和 Bi 的生成。

13、(1)硫酸(或硫酸溶液或稀硫酸)



(5)(沿玻璃棒)向漏斗(或过滤器)中加蒸馏水至浸没沉淀, (静置)待水全部流出后, 重复操作 2~3 次

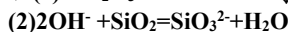
【解析】(1)流程中前部分是溶解除杂过程, 生成碳酸锡(反应 1)再加硫酸溶解得到硫酸锡;

(2) SnCl_2 能水解, 用盐酸溶解为了抑制其水解;

(3)信息中提出在酸性条件下, 溶液中的 Sn^{2+} 可被空气中的氧气氧化成 Sn^{4+} ;

(4)根据流程中箭头方向, 进入反应 I 的物质有 SnCl_2 和 NH_4HCO_3 , 根据元素守恒, 产生的气体为 CO_2 , 生成的沉淀为 SnO , 另一产物应为 NH_4Cl , 反应方程式为 $\text{SnCl}_2 + 2\text{NH}_4\text{HCO}_3 \rightleftharpoons \text{SnO} \downarrow + 2\text{CO}_2 \uparrow + 2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$; 主要温度需控制在不高于 75°C 和不低于 75°C 有两个方面的原因, 温度低反应速率低产量小, 温度高反应物碳酸氢铵易分解;

(5)“漂洗”沉淀就是洗涤沉淀, 需要直接在过滤器中进行, (沿玻璃棒)向漏斗(或过滤器)中加蒸馏水至浸没沉淀, (静置)待水全部流出后, 重复操作 2~3 次。

14、(1) $\text{BaS}_2\text{O}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ba}^{2+} + \text{S} \downarrow + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 

(3)降温结晶

(4)1:2

(5)复分解反应 温度较高促进 F 水解, 使 $c(\text{F}^-)$ 降低 0.01

【解析】(1)步骤①中废钡渣(主要成分为 BaS_2O_3 , 含少量 SiO_2)中的 BaS_2O_3 与盐酸反应除产生 SO_2 外, 还有淡黄色固体硫生成, 反应的离子方程式为 $\text{BaS}_2\text{O}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ba}^{2+} + \text{S} \downarrow + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 故答案为: $\text{BaS}_2\text{O}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ba}^{2+} + \text{S} \downarrow + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$;

(2)步骤②的目的是中和过量的盐酸, 加入 NaOH 溶液不宜过量, 过量的氢氧化钠会与二氧化硅反应, 离子

方程式为 $2\text{OH}^- + \text{SiO}_2 = \text{SiO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$, 故答案为: $2\text{OH}^- + \text{SiO}_2 = \text{SiO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$;

(3)滤液的主要成分是 BaCl_2 , 还含有少量 NaCl , 根据二者溶解度数据可知, 氯化钡的溶解度随温度的变化

比较明显, 而氯化钠的溶解度随温度的变化不大, 步骤③宜采用降温结晶, 故答案为: 降温结晶;

(4)工业上可用氨水吸收 SO_2 , 并通入空气使其转化为铵态氮肥, 该转化中氧化剂为氧气, 还原剂为 SO_3^{2-} 或 SO_2 , 根据得失电子守恒, 二者物质的量之比为 1:2, 故答案为: 1:2;

(5)步骤④生成 BaF_2 的化学反应方程式为 $\text{BaCl}_2 + 2\text{NH}_4\text{F} = \text{BaF}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$, 属于复分解反应, 故答案为: 复分解反应;

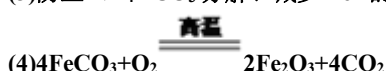
①若该反应温度过高, 温度较高促进 F 水解, 使 $c(\text{F}^-)$ 降低, 故答案为: 温度较高促进 F 水解, 使 $c(\text{F}^-)$ 降低;

②所得溶液中 $c(\text{F}^-) = \frac{1}{2} \times (0.22 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{Ba}^{2+}) = \frac{K_{sp}(\text{BaF}_2)}{c^2(\text{F}^-)} = \frac{1.0 \times 10^{-6}}{(0.01)^2} = 10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 故答案为: 0.01。

15、(1)漏斗 SiO_2

(2)取步骤 III 反应后的溶液少量试管中, 加入少量 KSCN 溶液, 若溶液未呈现血红色, 则说明已经进行完全

(3)防止 NH_4HCO_3 分解、减少 Fe^{2+} 的水解 $2\text{HCO}_3^- + \text{Fe}^{2+} = \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$



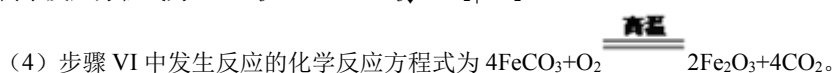
(5)8.8

(6)7b/10a

【解析】(1)实验室实现“步骤 II”中分离操作所用的玻璃仪器有漏斗、玻璃棒和烧杯等; 该步骤是为了除去 SiO_2 。

(2)检验步骤 III 已经进行完全的操作是: 取步骤 III 反应后的溶液少量试管中, 加入少量 KSCN 溶液, 若溶液未呈现血红色, 则说明已经进行完全。

(3)步骤 V 的反应温度一般需控制在 35°C 以下, 其目的是: 防止 NH_4HCO_3 分解、减少 Fe^{2+} 的水解; 该步骤中反应生成 FeCO_3 的离子反应方程式为 $2\text{HCO}_3^- + \text{Fe}^{2+} = \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。



(5)步骤 V 中, FeCO_3 达到沉淀溶解平衡时, 若 $c(\text{Fe}^{2+}) = 1 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$, 欲使所得的 FeCO_3 中不含有 Fe(OH)_2 , 应控制溶液的

$c(\text{OH}^-) \leq \sqrt{\frac{4.9 \times 10^{-17}}{1 \times 10^{-6}}} \text{ mol/L} = 7 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$, 则 $c(\text{H}^+) \geq \frac{1}{7} \times 10^{-8} \text{ mol/L}$, 所以, $\text{pH} \leq 8.8$ 。

(6)由题意可知, 称取 $a \text{ g}$ 样品, 充分“酸溶”“水溶”后过滤, 向滤液中加入足量的 H_2O_2 , 充分反应后加入 NaOH 溶液至不再继续产生沉淀, 经过滤、洗涤、灼烧至固体恒重, 冷却后称得氧化铁的质量为 $b \text{ g}$, 则 $m(\text{Fe}) = \frac{b \text{ g} \times 2 \times 56 \text{ g/mol}}{160 \text{ g/mol}} = \frac{7b}{10} \text{ g}$, 所以, 该样品中 Fe

元素的质量分数为 $\frac{7b}{10a} = \frac{7b}{10a}$ 。