



附录

答案及解析



第1章 金属及其化合物

第1节 钠及其化合物



基础过关练

1. D 必刷知识 ⊙ 碱金属元素性质的递变性

【解析】碱金属元素位于第ⅠA族，基态原子核外最外层电子数都是1，**A 正确**；同主族元素从上到下，金属性增强，故单质与水反应的剧烈程度： $K > Na$ ，最高价氧化物对应水化物的碱性： $LiOH < KOH$ ，**B、C 正确**；金属Li在氧气中燃烧生成 Li_2O ，**关键点**

D 错误。

2. C 必刷知识 ⊙ 钠的化合物的性质

【解析】碳酸氢钠、碳酸钠分别与足量的盐酸发生反应： $NaHCO_3 + HCl = NaCl + H_2O + CO_2 \uparrow$ 、 $Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2 \uparrow$ ，因 $M(Na_2CO_3) > M(NaHCO_3)$ ，结合 $n = \frac{m}{M}$ 可知，等质量时， $NaHCO_3$ 生成的二氧化碳较多，**A 错误**；将石灰水加入碳酸氢钠溶液中， HCO_3^- 和 OH^- 反应生成 CO_3^{2-} 和 H_2O ， CO_3^{2-} 和 Ca^{2+} 结合生成白色沉淀 $CaCO_3$ ，**B 错误**；因碳酸钠与二氧化碳和水反应生成溶解度较小的 $NaHCO_3$ ，故最终有碳酸氢钠析出而使溶液变浑浊，**C 正确**；碱性氧化物与水反应只生成碱，而过氧化钠与水反应生成氢氧化钠和氧气，则过氧化钠不是碱性氧化物，**D 错误**。

易错警示

碱性氧化物与酸发生复分解反应生成盐和水， Na_2O_2 与盐酸发生反应： $2Na_2O_2 + 4HCl = 4NaCl + O_2 \uparrow + 2H_2O$ ，除生成盐和水外，还生成 O_2 ，且发生氧化还原反应，故 Na_2O_2 不是碱性氧化物。

3. D 必刷题型 ⊙ 钠及其化合物的性质与转化

【解析】氢氧化钠溶液与过量 CO_2 发生反应： $NaOH + CO_2 = NaHCO_3$ ，可以实现转化关系①，**A 正确**； Na_2O_2 与水、二氧化碳分别发生反应： $2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2 \uparrow$ 、 $2Na_2O_2 + 2CO_2 = 2Na_2CO_3 + O_2$ ，因此④、⑤的转化均有 O_2 产生，**B 正确**；碳酸钠溶液中不断滴加盐酸依次发生反应：③ $Na_2CO_3 + HCl = NaCl + NaHCO_3$ 、⑧ $NaHCO_3 + HCl = NaCl + H_2O + CO_2 \uparrow$ ，都生成氯化钠，**C 正确**；反应②可通过加热实现： $2NaHCO_3 \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 \uparrow$ ，也可加入氢氧化钠溶液实现： $NaHCO_3 + NaOH = Na_2CO_3 + H_2O$ ，**D 错误**。

4. D 必刷知识 ⊙ 钠与水、盐酸的反应

【解析】Na与 H_2O 发生反应生成NaOH和 H_2 ，离子方程式为 $2Na + 2H_2O = 2Na^+ + 2OH^- + H_2 \uparrow$ ，**A 错误**；由实验Ⅲ可知， $c(H^+)$ 较实验Ⅰ、Ⅱ大，但反应比Ⅰ慢，**B 错误**；若将Ⅲ中浓盐



酸换成 CuSO_4 溶液,钠先与水反应生成 NaOH 和 H_2 , CuSO_4 再与 NaOH 发生复分解反应生成蓝色沉淀 $\text{Cu}(\text{OH})_2$, 钠不能置换出金属 Cu , **C 错误**; 根据实验 I、II、III 中的现象可知, $c(\text{H}^+)$ 逐渐增大, 实验 II 比实验 I 的反应剧烈, 但实验 III 中浓盐酸与金属 Na 的反应较实验 I 缓慢, 可能是因为 $c(\text{Cl}^-)$ 以及生成的 NaCl 固体对反应剧烈程度有影响, **D 正确**。

关键点拨 从沉淀溶解平衡角度分析实验 III 的现象: 钠与浓盐酸反应生成 NaCl , 由于浓盐酸中 $c(\text{Cl}^-)$ 较大, 降低了 NaCl 的溶解度, 使 NaCl 的沉淀溶解平衡向析出 $\text{NaCl}(\text{s})$ 的方向移动, 从而析出白色固体 NaCl 。

5. C 必刷题型 ◎ 过氧化钠的性质探究

思路分析 装置 A 用于制取二氧化碳, 装置 B 用于除去二氧化碳中的 HCl , 二氧化碳进入装置 C 中与过氧化钠反应生成氧气, 装置 D 用于除去过量的二氧化碳, 装置 E 用于收集氧气, 通过检验装置 E 中氧气可证明过氧化钠可用作供氧剂。

【解析】 制取二氧化碳应用碳酸钙与稀盐酸反应, 若用稀硫酸, 生成的硫酸钙微溶于水会覆盖在碳酸钙表面, 阻碍反应进行, 影响二氧化碳的制取, **A 错误**; 饱和 Na_2CO_3 溶液也能吸收 CO_2 , **B 错误**; 装置 C 中 Na_2O_2 与 CO_2 反应生成碳酸钠和氧气, Na_2O_2 中 O 元素的化合价既有升高又有降低, 故 Na_2O_2 既作氧化剂又作还原剂, **C 正确**; 装置 D 用于除去过量的二氧化碳, 可选用 NaOH 溶液, 不能用浓硫酸, **D 错误**。

6. D 必刷题型 ◎ 侯氏制碱法的简单流程及分析

思路分析 由于 NH_3 极易溶于水, 而 CO_2 可溶于水, 其溶解度远小于 NH_3 , 工业上向饱和食盐水中先通入氨气, 使溶液呈碱性, 再通入足量 CO_2 生成碳酸氢钠: $\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$, 过滤将碳酸氢钠滤出, 加热使其分解: $2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】 由分析可知, **A 错误**; 过滤不可用玻璃棒搅拌, 避免捅破滤纸, **B 错误**; 碳酸钠和碳酸氢钠都能溶于水, 但相同条件下碳酸氢钠的溶解度小于碳酸钠, **C 错误**; 氨气溶于水后和水反应生成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 电离出 NH_4^+ , 增大溶液中 $c(\text{NH}_4^+)$, 利用同离子效应, 有利于析出氯化铵, 提高其纯度, **D 正确**。



进阶突破练

7. C 必刷知识 ◎ 钠及其化合物的性质

【解析】 钠保存在煤油中, 表面有少量煤油, 应用滤纸吸去表面的煤油, 钠与水反应剧烈, 水的量也不应太多, **A 错误**; NaHCO_3 、 Na_2CO_3 溶液中分别滴加 CaCl_2 溶液, 均产生白色沉淀 CaCO_3 , 不能鉴别, **B 错误**; 用棉花包裹 Na_2O_2 , 放入充满 CO_2 的集气瓶中, 棉花燃烧, 说明过氧化钠和二氧化碳反应放出热量, 导致棉花的温度达到着火点以上而燃烧, **C 正确**; 焰色试验时, 观察钾元素的焰色要透过蓝色钴玻璃, 滤去钠元素黄光的干扰, 否则观察不到钾元素的紫色, **D 错误**。



易错警示 不能利用可溶性钙盐、钡盐溶液鉴别 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 , Ca^{2+} 、 Ba^{2+} 均与 HCO_3^- 电离产生的 CO_3^{2-} 结合生成白色沉淀, 促进 HCO_3^- 的电离, 发生反应: $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Ba}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{BaCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

8. D 必刷题型 ① 陌生钠盐的制备

【解析】碳酸钠饱和溶液和 30% 过氧化氢溶液反应生成过碳酸钠, 经过滤、洗涤、干燥得到过碳酸钠晶体。为防止制备过程中过碳酸钠发生分解, 三颈烧瓶中反应温度低于 5°C , 因此实验室制备过碳酸钠时可采用冰水浴控制反应温度, **A 正确**; ①是过滤, 分离固体和液体, 使用的玻璃仪器是漏斗、烧杯和玻璃棒, **B 正确**; 过碳酸钠具有碳酸钠和过氧化氢的性质, 晶体内 Na_2CO_3 与 H_2O_2 以氢键结合, **C 正确**; 过碳酸钠具有过氧化氢的性质, 受热易分解, ③用加热法干燥会造成过碳酸钠分解, 应选择低温烘干, **D 错误**。

关键点

9. D 必刷知识 ① 侯氏制碱法原理及应用

【解析】由题干转化流程图可知, 反应①为 $\text{NH}_3 + \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$, 反应②为 $\text{MgCO}_3 + 2\text{NH}_4\text{Cl} \rightleftharpoons 2\text{NH}_3 \uparrow + \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$, 据此分析解题。由分析可知, a 是 NaHCO_3 , b 是 MgCl_2 , **A 错误**; 由于 NH_4Cl 受热易分解, 故将 NH_4Cl 溶液直接蒸发结晶不能得到 NH_4Cl 固体, 应该蒸发浓缩、冷却结晶, **B 错误**; 由分析可知, 理论上反应①消耗的 $\frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{NH}_3)} = 1$, 反应②生成的 $\frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{NH}_3)} = \frac{1}{2}$, 二者不相等, **C 错误**; 工业上由 MgCl_2 制 Mg 的化学方程式为 $\text{MgCl}_2(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{通电}} \text{Mg} + \text{Cl}_2 \uparrow$, **D 正确**。

10. D 必刷题型 ① 实验室模拟侯氏制碱法制备 NaHCO_3

思路分析 左侧装置为启普发生器, 试剂 a 为稀盐酸, 试剂 b 为碳酸钙, 用于制取二氧化碳, 试剂 c 为饱和碳酸氢钠溶液, 用于除去二氧化碳中的 HCl , 然后将二氧化碳通入氨化的饱和食盐水中, 反应生成碳酸氢钠, 过量的氨气用水或稀硫酸吸收, 且要防止倒吸。

【解析】实验过程中向启普发生器中添加液体时, 应从球形漏斗加入, **A 错误**; 制备 CO_2 应使用稀盐酸, 生成的 CO_2 无需浓硫酸干燥, NH_4Cl 和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 用于制取 NH_3 , 尾气中含有 NH_3 , 可用稀硫酸吸收, **B 错误**; 因 NH_3 在水中的溶解度大于 CO_2 的, 开始实验时应先打开活塞Ⅲ, 再打开活塞Ⅱ, **C 错误**; 将锥形瓶放入冰水浴中可以降低 NaHCO_3 的溶解度, 促进 NaHCO_3 晶体的析出, **D 正确**。

11. D 必刷题型 ① 实验测定混合物中 Na_2O_2 的质量百分含量

【解析】恒压滴液漏斗连通上方和下方容器, 可以平衡气压, 保证水顺利滴下, 同时也可以减小水滴入圆底烧瓶所占体积造成生成气体体积测量的误差, 即用分液漏斗代替恒压滴液漏斗会影响测量结果的准确性, **A 正确**; 实验前量气管的读数为 a mL, 实验后量气管的读数为 b mL, 则生成 O_2 的



体积为 $(b-a)$ mL, 生成 O_2 的物质的量为 $\frac{(b-a)}{V_0}$ mol, 结合反应: $2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2 \uparrow$ 可知, 混合物中 $n(Na_2O_2) = \frac{2(b-a)}{V_0}$ mol, 故混合物中 Na_2O_2 的质量百分含量为 $\frac{156(b-a)}{X \cdot V_0} \times 100\%$, **B 正确**; 测量气体体积时, 要恢复到室温、调整量气装置两边液面齐平、读数时视线与量气管凹液面最低处相平, **C 正确**; 若实验结束读数时仰视量气管, 读数 b 偏大, 即 $(b-a)$ 偏大, 实验结果偏大, **D 错误**。

刷有所得 利用量气管准确测量气体体积的三个要点: 一是待装置恢复到室温; 二是上下移动水准管, 使量气管和水准管中液面相平; 三是眼睛平视量气管中凹液面的最低处读数。

真题风向练

12. A 必刷考点 ⊙ 钠及其化合物的转化、阿伏加德罗常数的应用

【解析】 反应①为电解熔融 $NaCl$, 化学方程式为 $2NaCl(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{通电}} 2Na + Cl_2 \uparrow$, 反应生成的气体为 Cl_2 (双原子分子), 标准状况下 11.2 L Cl_2 的物质的量为 0.5 mol, 含有的原子数为 N_A , **A 正确**; 反应②为 $2Na + O_2 \xrightarrow{\Delta} Na_2O_2$, 2.3 g Na 完全反应生成 0.05 mol Na_2O_2 , 1 个 Na_2O_2 中含有 1 个 $O-O$ 非极性键, 故产物中含非极性键的数目为 $0.05N_A$, **B 错误**; 反应③为 $2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2 \uparrow$, Na_2O_2 发生歧化反应, 部分 O 得电子化合价降至 -2 价, 部分

易错点

O 失电子化合价升至 0 价, 1 mol Na_2O_2 与足量 H_2O 反应转移的电子数为 N_A , **C 错误**; $NaClO$ 为强碱弱酸盐, 水溶液中存在水解平衡 $ClO^- + H_2O \rightleftharpoons HClO + OH^-$, 100 mL 1 mol · L⁻¹ $NaClO$ 溶液中 ClO^- 数目小于 $0.1N_A$, **D 错误**。

13. C 必刷知识 ⊙ 物质的制备实验、 NH_3 的性质、干燥剂的选择

【解析】 气体溶解度随着温度的升高而降低, 碱石灰可以吸收浓氨水中的水分, 同时吸水过程大量放热, 使 $NH_3 \cdot H_2O$ 分解产生氨气, 所以碱石灰有利于 NH_3 的逸出, **A 不符合题意**; 由于锂易被空气中的 O_2 氧化而表面生成一层氧化膜, 阻碍 Li 与 NH_3 反应, 所以需将锂片打磨出新鲜表面, **B 不符合题意**; P_2O_5 为酸性干燥剂, 会与 NH_3 反应, 中间干燥管

关键点

用来干燥生成的 NH_3 , 不能选用 P_2O_5 , **C 符合题意**; Li 与 NH_3 发生反应生成 $[e(NH_3)_n]^-$, 离子方程式无误, **D 不符合题意**。

知识拓展

常见的干燥剂有浓硫酸 (不可干燥碱性气体 NH_3 , 也不可干燥 H_2S 、 HI 等还原性气体)、 P_2O_5 (不可干燥碱性气体 NH_3)、碱石灰 (不可干燥 SO_2 、 CO_2 等酸性气体, 也不可干燥 Cl_2 等)、无水 $CaCl_2$ (不可干燥 NH_3)。



第2节 铁及其化合物



基础过关练

1. D 必刷知识 ⊙含铁物质间的相互转化

【解析】 $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ 是配合物,不是沉淀,用 KSCN 溶液检验 Fe^{3+} : $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$, **A 错误**;向硫酸亚铁溶液中滴加双氧水: $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$, **B 错误**;碱性条件下用 NaClO 制备绿色消毒剂 Na_2FeO_4 : $2\text{Fe}^{3+} + 3\text{ClO}^- + 10\text{OH}^- = 2\text{FeO}_4^{2-} + 3\text{Cl}^- + 5\text{H}_2\text{O}$, **C 错误**;用 FeCl_3 溶液刻蚀 Cu 电路板: $\text{Cu} + 2\text{Fe}^{3+} = \text{Cu}^{2+} + 2\text{Fe}^{2+}$, **D 正确**。

2. D 必刷题型 ⊙铁元素的“价—类”二维图

思路分析 基于铁元素的“价—类”二维图,结合铁元素的化合价及物质的类别推断未知物质:a 为 Fe , b 为 FeO , c 为 Fe_2O_3 , d 为 $\text{Fe}(\text{OH})_2$, e 为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, f 为亚铁盐, g 为铁盐, h 为高铁酸盐。

【解析】 Fe 能和 Fe^{3+} 反应生成 Fe^{2+} , Fe 与稀硝酸反应时先生成 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, 生成的 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 再和过量的 Fe 反应生成 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$,

关键点

A 错误; $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 在空气中易被 O_2 氧化生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 故受热分解得到 Fe_2O_3 , 而不是 FeO , **B 错误**;向亚铁盐的溶液中滴加 KSCN 溶液,无明显现象,向铁盐的溶液中滴加 KSCN 溶液,溶液才会变为红色, **C 错误**;高铁酸盐具有强氧化性,可使蛋白质发生变性,故可用于杀灭水中细菌, **D 正确**。

3. C 必刷题型 ⊙印刷铜电路板腐蚀液的再生流程分析

思路分析 失效腐蚀液中加入过量铁粉,将 Cu^{2+} 还原为 Cu ,过滤得到的固体为 Fe 、 Cu 的混合物,溶液 M 为 FeCl_2 溶液;往固体中加入盐酸,将 Fe 转化为 Fe^{2+} ,过滤得到 Cu 和溶液 N(含 Fe^{2+} 的溶液);将溶液 M 与溶液 N 合并,通入强氧化性物质,将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ,得到再生腐蚀液。

【解析】铁的核电荷数为 26,其基态原子的价电子排布式为 $3d^6 4s^2$,故 Fe 元素位于元素周期表第四周期第Ⅷ族, **A 正确**;“操作 1”和“操作 2”都为过滤,所用的仪器相同, **B 正确**; Cu^{2+} 与 Fe 反应生成 Cu 和 Fe^{2+} ,为置换反应, Fe 与盐酸的反应为置换反应,其余反应不属于置换反应,则共涉及 2 个置换反应, **C 错误**;要想使 FeCl_2 溶液变为 FeCl_3 溶液,应加入比 Fe^{3+} 氧化性强的物质,故 Y 的氧化性强于 Fe^{3+} , Fe^{3+} 能将 Cu 氧化为 Cu^{2+} ,其氧化性强于 Cu^{2+} ,则氧化性: $\text{Y} > \text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+}$, **D 正确**。

4. A 必刷知识 ⊙含铁物质间的转化、含量测定

思路分析 墨粉中加入足量稀硫酸溶解,过滤、洗涤后所得滤液中含有 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} ,加入适量还原剂,将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} ,此时 Fe_3O_4 中的铁元素全部转化为 Fe^{2+} ,因为后续操作中加入强氧化剂 KMnO_4 测定 Fe^{2+} 的含量,所以此试剂不能为 Fe 。

【解析】由分析可知,试剂不能是铁,可以是 Zn 粉, Zn 能将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} ,且生成的 Zn^{2+} 不能被 KMnO_4 氧化,但要控



制 Zn 粉的加入量,因为过量的 Zn 粉能将 Fe^{2+} 还原为 Fe,所以要缓慢加入至观察到较多气泡产生时停止加入 Zn 粉, **A 正确**;用 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液能检验溶液②是否含有 Fe^{2+} ,但不能检验出溶液中是否含有其他离子, **B 错误**;若溶解、过滤后没有洗涤,则滤渣表面会附着一定量的 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} ,滤液中 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 含量偏小, Fe_3O_4 含量的测定结果偏小, **C 错误**;由分析可知,墨粉中的 Fe_3O_4 全部转化为 Fe^{2+} ,则可建立关系式: $5\text{Fe}_3\text{O}_4 \sim 15\text{Fe}^{2+} \sim 3\text{KMnO}_4$,则墨粉中的 Fe_3O_4 的含量为 $\frac{0.005cV \times 232}{3m} \times 100\%$, **D 错误**。

5. D 必刷题型 ⊙ 氢氧化亚铁的制备

思路分析 实验时先注入稀硫酸,碳酸钠和稀硫酸反应放出二氧化碳,等烧杯内紫色石蕊溶液变红,再注入 NaOH 溶液和 FeSO_4 溶液反应生成氢氧化亚铁。

【解析】 FeSO_4 易水解,为抑制 FeSO_4 水解,配制 FeSO_4 溶液

关键点

时需加入硫酸, **A 正确**;实验时先注入稀硫酸,等二氧化碳排尽装置内的空气后,再注入 NaOH 溶液和 FeSO_4 溶液反应生成氢氧化亚铁, **B 正确**;烧杯内紫色石蕊溶液变红,说明锥形瓶内空气完全排出,同时装置 N 可以防止空气进入装置内, **C 正确**;氢气的密度比空气小,用铁粉代替 Na_2CO_3 粉末,不能排尽装置内的空气, **D 错误**。



进阶突破练

6. B 必刷题型 ⊙ 实验探究 FeSO_4 与 NaOH 反应产物的成分

【解析】向盛有 2 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FeSO}_4$ 溶液的试管中滴加 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液,出现白色絮状沉淀,迅速变为灰绿

关键点

色,最后变为红褐色。白色絮状沉淀为 $\text{Fe}(\text{OH})_2$,红褐色沉淀为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,试管中反应为 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$ 、 $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3$, **A 正确**;实验一在 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 固体被氧化成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 时并没有产生灰绿色的物质,实验二在溶液中反应生成的 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀具有较强的吸附性,灰绿色可能是 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 表面吸附未反应的 Fe^{2+} 引起的, **B 错误**;对比实验一和实验二,白色 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 固体露置在空气中,颜色由白色变为红褐色的过程中,没有灰绿色物质出现,而溶液中会出现,则灰绿色物质可能是 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 水合物, **C 正确**;补充实验二隔绝空气的对照实验,可进一步探究灰绿色物质中是否含有 Fe^{3+} , **D 正确**。

7. A 必刷知识 ⊙ Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 的性质及检验

【解析】酸性条件下,氯离子能使高锰酸钾溶液褪色,对亚铁

易错点

离子的检验有干扰, **A 错误**; Fe^{3+} 易水解,配制 FeCl_3 溶液时应抑制 Fe^{3+} 水解生成氢氧化铁胶体或沉淀,可先将氯化铁晶体溶于较浓的盐酸中,再加水稀释到所需要的浓度, **B 正确**;反应开始时打开止水夹 C,利用生成的氢气排出装置中的空气,防止生成的氢氧化亚铁被氧气氧化,然后关闭止水夹 C,利用压强差将 A 中硫酸亚铁溶液压入 B 中,可生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$, **C 正确**; Fe^{3+} 与 Fe 反应可生成 Fe^{2+} ,则向 FeCl_2 溶液中加入少量铁

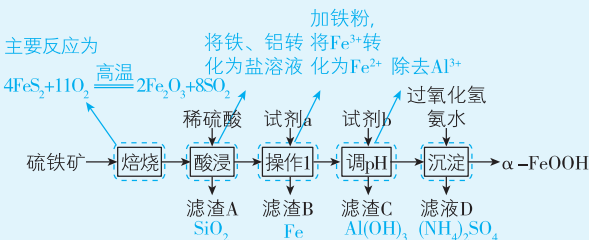


粉是为了防止 Fe^{2+} 被氧化, **D 正确**。

易错警示 用酸性 KMnO_4 溶液检验 FeCl_3 溶液中是否含有 Fe^{2+} 时, 氯离子也会与酸性高锰酸钾溶液反应而使溶液褪色, 从而干扰 Fe^{2+} 的检验, 为避免氯离子对检验的干扰, 可以加入铁氰化钾溶液, 如果有蓝色沉淀出现, 证明混合液中含有亚铁离子。

8. A 必刷题型 ① $\alpha\text{-FeOOH}$ 的制备流程

题图解读



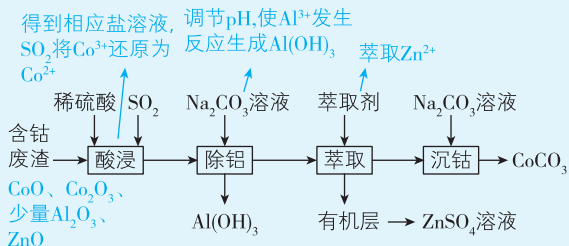
【解析】由分析可知,“焙烧”时硫铁矿发生反应的化学方程式为 $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$, **A 错误**; 试剂 a 可选用铁粉, 主要目的是将 Fe^{3+} 转化为 Fe^{2+} , 以便后续步骤中除去 Al^{3+} , **B 正确**; 根据信息中各金属离子开始沉淀和沉淀完全时溶液的 pH 可知, 调节溶液 pH 为 $5.2 \leq \text{pH} < 7.6$, 能将 Al^{3+} 沉淀完全, 而 Fe^{2+} 不沉淀, **C 正确**; 由分析可知,“滤渣 D”的主要成分为 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 属于铵态氮肥, **D 正确**。

9. B 必刷题型 ② 处理电镀厂废水的工艺流程分析

【解析】适当升高温度能加快化学反应速率, **A 正确**; $\text{pH} = 6.5$ 时, 溶液呈酸性, 离子方程式应为 $\text{ClO}^- + 2\text{Co}^{2+} + 5\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Co}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{Cl}^- + 4\text{H}^+$, **B 错误**; 据题意, 废水中的阳离子均被分离出去, 阴离子主要为 SO_4^{2-} , 中途加入的 NaOH 和 NaClO 中的 Na^+ 未被分离出去, 故滤液中溶质主要为 Na_2SO_4 , **C 正确**; 电解“酸溶”所得 SnSO_4 溶液, Sn^{2+} 能在阴极得电子生成 Sn , **D 正确**。

10. C 必刷题型 ③ 回收含钴废渣制备 CoCO_3 的工艺流程分析

题图解读



【解析】通入 SO_2 时 Co^{3+} 被还原为 Co^{2+} , 反应的离子方程式: $2\text{Co}^{3+} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Co}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$, **A 正确**; CO_3^{2-} 水解呈碱性, Al^{3+} 水解呈酸性, 二者相互促进而使水解完全, 所以除铝时加入 Na_2CO_3 溶液可以促进 Al^{3+} 的水解, **B 正确**; 萃取过程中, 每一次萃取都是按照一定浓度比进行的溶质分配, 多次萃取萃取效率较高, **C 错误**; 将 Na_2CO_3 溶液缓慢滴加到含 Co^{2+} 的溶液中, 其目的是防止碳酸钠过量, 使溶液碱性过强, 生成 $\text{Co}(\text{OH})_2$ 沉淀, **D 正确**。



11. D 必刷题型 ① 补血剂中铁元素含量测定

思路分析 补血剂中的铁元素为+2价,用酸性高锰酸钾溶液滴定时发生反应: $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{Fe}^{2+} \longrightarrow 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$,当滴入最后半滴酸性高锰酸钾溶液,溶液恰好变为浅红色,且半分钟内颜色不恢复时,说明达到滴定终点,结合定量关系: $\text{MnO}_4^- \sim 5\text{Fe}^{2+}$ 及实验数据计算补血剂中铁元素的质量。

【解析】研磨后可以增大固体与液体的接触面积,加快溶解速率, **A 正确**;酸性高锰酸钾溶液自身为紫红色,可以在反应过程中观察溶液颜色的变化判断终点, **B 正确**;酸性高锰酸钾溶液为强氧化性物质,会腐蚀橡胶管,因此用酸式滴定管盛装 KMnO_4 溶液, **C 正确**;滴定过程发生反应: $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{Fe}^{2+} \longrightarrow 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$,10片补血剂中含有 Fe^{2+} 的物质的量为 $n(\text{Fe}^{2+}) = 5n(\text{KMnO}_4) = 5 \times c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V \times 10^{-3} \text{ L} \times \frac{100 \text{ mL}}{25.00 \text{ mL}}$,故每片补血剂含铁元素的质量为 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V \times 10^{-3} \text{ L} \times 5 \times \frac{100 \text{ mL}}{25.00 \text{ mL}} \times 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times \frac{1}{10} = 0.112cV \text{ g}$, **D 错误**。

易错警示 计算每片补血剂中铁元素质量的两个易错点:
①取10片补血剂配成100 mL溶液;②量取25.00 mL待测溶液进行滴定实验。

12. D 必刷题型 ② 制备 FeCl_3 的实验探究

【解析】A装置是氯气的发生装置,B装置的作用是除去氯气中的氯化氢,C装置为干燥装置,D装置为氯气与铁的反应装置,E装置为氯化铁的收集装置,由于氯化铁易水解,故F装置中碱石灰的作用是吸收尾气 Cl_2 ,并防止空气中的

关键点

水蒸气进入装置, **A 正确**; FeCl_3 蒸气遇冷变为固体,若导管较细,容易堵塞,硬质玻璃管直接连接收集器的优点是不易因为 FeCl_3 固体积聚而造成堵塞, **B 正确**; FeCl_3 固体溶于水易发生水解,配制 FeCl_3 溶液时应先将 FeCl_3 固体溶于少量盐酸,抑制水解,再加水稀释, **C 正确**;若实验开始时先点燃D装置处的酒精灯,则D装置中的铁易与装置中的空气发生反应,不能制得 FeCl_3 ,则实验开始时,应先点燃A装置处的酒精灯,至全部装置中充满氯气后,再点燃D装置处酒精灯, **D 错误**。

刷有所得 实验室制备易水解的物质时,制备装置前、后都要加干燥装置,其作用是“前吸(吸收水蒸气)后挡(阻挡水蒸气)”,后面的干燥装置还要兼顾尾气吸收。

13. (1) H_2 还原 Fe^{3+}

(2) Mg^{2+}

(3) 氧化生成的 Fe^{3+} 作催化剂,反应体系温度升高,使 H_2O_2 分解速率增大,导致 H_2O_2 用量增大 防止盐酸与 KMnO_4 反应生成 Cl_2 ,产生污染

(4) $3\text{Mn}^{2+} + 2\text{MnO}_4^- + (5x+2)\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 5(\text{MnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}) \downarrow + 4\text{H}^+$

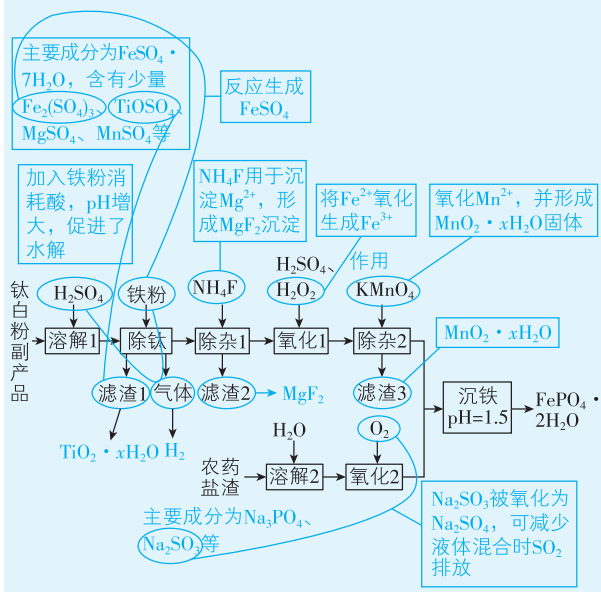
(5) SO_2

(6) 溶液中 H^+ 浓度较大,磷元素主要以 H_3PO_4 、 H_2PO_4^- 、 HPO_4^{2-} 形式存在, PO_4^{3-} 浓度低,生成 $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 沉淀量少



必刷题型 ①利用钛白粉副产品和农药盐渣制备电池级磷酸铁的工艺流程

题图解读



【解析】(1)“除钛”过程加入铁粉发生的主要反应有 $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$ 、 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Fe} = 3\text{FeSO}_4$, 提高了溶液的 pH, 使 TiO^{2+} 水解以 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 沉淀形式除去, 故少量气体是 H_2 ; 铁粉作用之一是提高体系的 pH, 使得 TiO^{2+} 水解以 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 沉淀形式除去, 其另一个作用是还原 Fe^{3+} 。

(2)“除钛”后溶液中主要含有 Fe^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Mn^{2+} 、 SO_4^{2-} , 由 FeF_2 、 MgF_2 、 MnF_2 的 K_{sp} 可知, MgF_2 更难溶于水, 加入 NH_4F 与 Mg^{2+} 反应生成难溶于水的 MgF_2 沉淀, 故“除杂 1”中除去的是 Mg^{2+} 。

(3)“氧化 1”中 Fe^{2+} 被 H_2O_2 氧化为 Fe^{3+} , Fe^{3+} 可作 H_2O_2 分解的催化剂, 且反应放热, 可以使 H_2O_2 分解速率增大, 故 H_2O_2 加入速度过快, 会导致 H_2O_2 用量增大; 反应 $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ 在酸性条件下发生, 本步骤若使用稀盐酸代替 H_2SO_4 , 则溶液中含有 Cl^- , 在“除杂 2”中会与 KMnO_4 反应生成 Cl_2 , 产生污染。

(4)“除杂 2”中加入的 KMnO_4 与 Mn^{2+} 发生氧化还原反应生成 $\text{MnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, 结合守恒规律配平可得离子方程式为 $3\text{Mn}^{2+} + 2\text{MnO}_4^- + (5x+2)\text{H}_2\text{O} = 5(\text{MnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}) \downarrow + 4\text{H}^+$ 。

(5)农药盐渣成分中有 Na_2SO_3 , “除杂 2”后溶液含有 H^+ , 二者混合会发生反应: $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, “氧化 2”的目的是使 SO_3^{2-} 转化为 SO_4^{2-} , 从而减少 SO_2 气体的排放。

(6)“沉铁”中如果体系酸性过强, 则溶液中 H^+ 浓度较大, 磷元素主要以 H_3PO_4 、 H_2PO_4^- 、 HPO_4^{2-} 形式存在, PO_4^{3-} 浓度低, 生成 $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 沉淀量少, 导致 $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 产量降低。

14. (1)分液漏斗 三颈烧瓶

(2)将 m 插入装有水的烧杯中

(3)需要用 Fe 与稀硫酸生成 H_2 排尽装置中的空气

(4) $4\text{FeCO}_3 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 4\text{CO}_2$

(5)生成 CO_2 , 降低可燃物表面 O_2 的浓度 吸收热量, 降低



温度

(6) (100-2.14V)

必刷题型◎碳酸亚铁的制备及纯度测定

思路分析 A 中稀硫酸与铁粉反应生成硫酸亚铁和氢气, 打开 K_1 和 K_3 , 关闭 K_2 , 生成的氢气将装置内原有的空气全部排出, 待在 m 处检验到较纯净 H_2 后, 将 m 插入装有水的烧杯中, 防止空气中的 O_2 进入装置, 随后关闭 K_1 、 K_3 , 打开 K_2 , 生成的氢气将硫酸亚铁溶液压入 b 中, b 中亚铁离子与碳酸根离子反应生成碳酸亚铁。

【解析】(2) 由于碳酸亚铁湿品易被氧化, 因此需隔绝空气, 但装置中有 H_2 , 不能将 m 用止水夹夹住, 故在确保 H_2 已经将空气排尽后, 将可延长橡胶管 m 插入装有水的烧杯中液封, 防止空气中的 O_2 进入装置。

(3) Fe 与稀硫酸反应除了生成制备 $FeCO_3$ 所需的 Fe^{2+} 外, 还需要用 H_2 排尽装置中的空气并作为保护气, 因此铁粉和稀硫酸用量远高于理论值。

(4) $FeCO_3$ 在潮湿的空气中被氧化成 $Fe(OH)_3$, 反应的化学方程式为 $4FeCO_3 + 6H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3 + 4CO_2$ 。

(5) $FeCO_3$ 在空气中受热发生反应可以生成 CO_2 , CO_2 不支持燃烧, 降低可燃物表面 O_2 的浓度; 该反应可以吸收热量, 降低温度, 温度降到着火点以下后就不再燃烧。

(6) 根据离子方程式: $2Fe^{3+} + 2I^- = 2Fe^{2+} + I_2$, $I_2 + 2S_2O_3^{2-} = S_4O_6^{2-} + 2I^-$, 可得关系式: $2Fe^{3+} \sim I_2 \sim 2S_2O_3^{2-}$, 则有 $n(S_2O_3^{2-}) = n(Fe^{3+}) = 0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times V \times 10^{-3} L = V \times 10^{-4} \text{ mol}$, 2.0 g 样品中 $Fe(OH)_3$ 的质量为 $\frac{100 \text{ mL}}{25.00 \text{ mL}} \times (56 + 17 \times 3) \times V \times 10^{-4} \text{ g} = 4.28 \times 10^{-2} V \text{ g}$, 故 2.0 g 样品中 $FeCO_3$ 的质量分数为 $\frac{2.0 \text{ g} - 4.28 \times 10^{-2} V \text{ g}}{2.0 \text{ g}} \times 100\% = \frac{200 - 4.28V}{2}\% = (100 - 2.14V)\%$ 。

真题风向练

15. (1) $4Fe + SO_4^{2-} + 4H_2O \xrightarrow{\text{细菌}} FeS + 3Fe(OH)_2 + 2OH^-$

(2) (i) 滴加混合溶液后, 铁片表面将出现蓝色和红色区域, 较长时间后出现黄色斑点 (ii) Fe^{3+} 、 Fe^{2+}

必刷考点◎铁及其化合物的性质、金属的腐蚀原理、离子方程式书写等

【解析】(1) 无氧、弱碱性的海水中, Fe 在细菌作用下, 被 SO_4^{2-} 氧化为 +2 价的 FeS 、 $Fe(OH)_2$, 根据得失电子守恒、电荷守恒、原子守恒可写出该反应的离子方程式: $4Fe + SO_4^{2-} + 4H_2O \xrightarrow{\text{细菌}} FeS + 3Fe(OH)_2 + 2OH^-$ 。

(2) (i) 由题图知, 铁片在 NaCl 溶液中发生吸氧腐蚀, 开始时, 负极反应式为 $Fe - 2e^- = Fe^{2+}$, 正极反应式为 $O_2 + 4e^- + 2H_2O = 4OH^-$ 。 Fe^{2+} 与 $K_3[Fe(CN)_6]$ 反应生成 $KFe[Fe(CN)_6]$ 蓝色沉淀, 即铁片上会出现蓝色区域; 溶液中酚酞遇到 OH^- 变红, 铁片上会出现红色区域; 由“有氧环境中, 海水中的铁质文物表面形成 $FeOOH$ ”知, Fe^{2+} 在盐水中被 O_2 氧化成黄色的 $FeOOH$ 。(ii) 铁片发生吸氧腐蚀, 负极区生成 Fe^{2+} , 被 O_2 进一步氧化为 Fe^{3+} , 此时体系中的



阳离子主要有 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 。

第3节 金属材料 金属矿物的开发利用



基础过关练

1. B 必刷知识 ⊙金属的冶炼、氯气的制取

【解析】用铝还原氧化铁制备铁需要较高的温度,铝的价格较高,增加了冶炼成本,工业上采用高炉炼铁,以铁矿石和焦炭为主要原料,**A 错误**;海水中含有大量 Cl^- 、 Na^+ ,用海水为原料制得饱和食盐水,再通电电解制得氯气,**B 正确**;将金属钠投入氯化钛溶液中,钠先与水反应生成 NaOH ,不能制备钛,应用金属钠与熔融的氯化钛反应来制取金属钛,**C 错误**;黄铜矿需要先经过处理得到粗铜,然后电解精炼粗铜可得到纯度为 99.95% 的铜,**D 错误**。

2. D 必刷题型 ⊙铁、铝或铜的“价—类”二维图

思路分析 Al 、 Cu 的氧化物中, Cu 通常只有 CuO 和 Cu_2O , Al 只有 Al_2O_3 ;氢氧化物中, Cu 通常只有 $\text{Cu}(\text{OH})_2$, Al 只有 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。

【解析】 Fe 、 Al 、 Cu 都不溶于水,都不可能与水(或其他物质)直接反应生成其对应的碱,难溶的+3 价金属的氢氧化物也不能直接转化为难溶的+2 价金属的氢氧化物,**A 错误**;若 a 为 Fe 、 Al ,遇冷的浓硫酸都会发生钝化, Cu 与冷的浓硫酸不反应,**B 错误**;若 d 为 $\text{Cu}(\text{OH})_2$,将葡萄糖与新制的 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 混合后加热,得到的是 Cu_2O ,若 d 为 $\text{Fe}(\text{OH})_2$,也不能制得 FeO ,**C 错误**;若 g 遇 KSCN 溶液变红,则 g 为含 Fe^{3+} 的可溶性盐, Fe 与 Fe^{3+} 可反应生成 Fe^{2+} ,**D 正确**。

3. D 必刷知识 ⊙铁、铜及其化合物的转化

【解析】分析转化关系可知,红色金属 M 为 Cu ,在稀硫酸和过氧化氢溶液中反应生成硫酸铜溶液(蓝色),加入金属 E 发生置换反应生成 Cu 和 X , X 中加入稀硫酸和过氧化氢溶液反应生成 Y , Y 中加入 NaOH 溶液生成的红褐色固体为氢氧化铁沉淀, Y 中加入 KSCN 溶液,溶液变红,说明 Y 为硫酸铁溶液, X 为硫酸亚铁溶液,则 E 为 Fe ,**A 正确**;反应③是 H_2O_2 在酸性溶液中将 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+} ,离子方程式为 $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$,**B 正确**;同一氧化还原反应中,氧化剂的氧化性强于氧化产物的氧化性,根据题中涉及的离子反应: $\text{Cu} + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} = \text{Cu} + \text{Fe}^{2+}$,可知氧化性: $\text{H}_2\text{O}_2 > \text{Cu}^{2+} > \text{Fe}^{2+}$,**C 正确**; Y 为硫酸铁溶液,向 Y 中滴入 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液,不能生成蓝色沉淀,**D 错误**。

4. A 必刷知识 ⊙铁、铝及其化合物的性质

思路分析 步骤①中, NH_4^+ 与浓的碱溶液反应会产生无色气体 NH_3 , Fe^{3+} 与过量的强碱溶液反应会产生 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 红褐色沉淀, Al^{3+} 与过量的强碱溶液反应会生成 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$, X 溶液为含有 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 的溶液,步骤②中加入 NaHCO_3 溶液发生的反应为 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{HCO}_3^- = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$,生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 白色沉淀。

【解析】步骤①中所加试剂可以是浓 KOH 溶液,**A 正确**;应该



用湿润的红色石蕊试纸检验 NH_3 , **B 错误**; 步骤②中加入 NaHCO_3 溶液发生的反应为 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$, **C 错误**; Fe^{2+} 遇铁氰化钾会生成蓝色沉淀, **D 错误**。

5. B 必刷题型 ①从铜阳极泥中回收金并制取胆矾的工艺流程、热重曲线

思路分析 向铜阳极泥中加入硫酸和 H_2O_2 , 将铜转化为 Cu^{2+} ; 浸渣中加入盐酸和 H_2O_2 , 将银转化为氯化银沉淀, 将金溶解得到 HAuCl_4 溶液; 向 HAuCl_4 溶液中加入锌粉, 将 HAuCl_4 转化为金, 最后分离得到金。

【解析】 H_2O_2 受热易分解, 升高温度不利于浸取速率的提高, **A 错误**; 由分析可知, 浸渣 2 的主要成分是 AgCl , **B 正确**; 根据 $\text{HAuCl}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{AuCl}_4^-$ 可知, HAuCl_4 是强电解质, 应拆写成离子, 且过量的 Zn 会与 H^+ 反应放出 H_2 , 离子方程式为 $2\text{H}^+ + 2\text{AuCl}_4^- + 4\text{Zn} \rightleftharpoons 2\text{Au} + 4\text{Zn}^{2+} + 8\text{Cl}^- + \text{H}_2 \uparrow$, **C 错误**; 样品中 $n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \frac{5.00 \text{ g}}{250 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.02 \text{ mol}$, 据 Cu 原子守恒可知, $n(\text{Cu}) = 0.02 \text{ mol}$, $1\,000\text{ }^\circ\text{C}$ 时, 1.44 g 固体中铜元素的质量为 $0.02 \text{ mol} \times 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.28 \text{ g}$, 剩下氧元素的质量为 $1.44 \text{ g} - 1.28 \text{ g} = 0.16 \text{ g}$, 则有 $n(\text{O}) = \frac{0.16 \text{ g}}{16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.01 \text{ mol}$, $n(\text{Cu}) : n(\text{O}) = 0.02 \text{ mol} : 0.01 \text{ mol} = 2 : 1$, 故最终分解产物为 Cu_2O , **D 错误**。

6. A 必刷题型 ②利用含银废催化剂制备超细银粉的工业流程

思路分析 含银废催化剂用稀硝酸“酸浸”, SiO_2 不溶于稀硝酸, 其他物质与稀硝酸反应形成硝酸盐, 过滤后滤液中加入 NaCl , 生成 AgCl 沉淀, 过滤后滤渣中加入氨水, AgCl 和氨水反应生成 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$, 然后用肼“还原”得到粗银, 过滤后经电解精炼得到超细银粉。

【解析】 “电解法粗银精炼”时, 将粗银置于阳极, **A 错误**; 操作 I 得浸渣和含 Ag^+ 的滤液, 为过滤, 操作 II、操作 III 均为分离沉淀和溶液, 且取沉淀进入后续步骤, 为了减少杂质, 过滤后需洗涤沉淀, 即操作 II、操作 III 均有过滤、洗涤沉淀等操作, **B 正确**; “还原”时, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ 与 N_2H_4 反应, 生成 Ag 、 N_2 等, 根据得失电子守恒、原子守恒配平可得 $4[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl} + \text{N}_2\text{H}_4 \rightleftharpoons 4\text{Ag} \downarrow + \text{N}_2 \uparrow + 4\text{NH}_3 \uparrow + 4\text{NH}_4\text{Cl}$, **C 正确**; 适当升温可以加快“酸浸”速率, 将含银废催化剂粉碎, 增大反应物间接触面积, 能使反应更快、更充分, **D 正确**。

7. A 必刷题型 ③ Mg_3N_2 的制备实验

【解析】 装置 D 的作用为吸收装置 C 中产生的水蒸气和多余的氨气, **A 错误**; 实验开始时, 应先点燃 C 处酒精灯, 等产生的 N_2 排尽装置中的空气时再点燃 E 处酒精灯, **B 正确**; 浓氨水中存在平衡: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$, NaOH 固体溶于水放热且使溶液中 $c(\text{OH}^-)$ 增大, 促使上述平衡正向移动, 促进 NH_3 的逸出, 可用于制备 NH_3 , 所以装置 A 中生石灰可用氢氧化钠固体代替, **C 正确**; 取反应后装置 E 所得固体少许, 滴入蒸馏水, 氮化镁与水反应生成氢氧化镁



沉淀和氨气,若看到有白色沉淀生成并闻到刺激性气味,则说明固体中有氮化镁,**D 正确**。

刷有所得 制备易水解的物质时应控制无水条件,反应装置前需用干燥剂吸水,反应装置后需要用干燥剂防止外界水进入装置,即“左吸右防”。



进阶突破练

8. A 必刷题型 ① 无水三氯化铬的制备实验

思路分析 由题干信息和 CrCl_3 易潮解,高温下易被 O_2 氧化,所以制备 CrCl_3 过程中要防水、防 O_2 。氮气经浓硫酸干燥后通入后续装置,先除去反应装置内的空气,再将装置 B 中的气态 CCl_4 鼓入管式炉, Cr_2O_3 与 CCl_4 在管式炉内(高温)反应得到 COCl_2 和无水三氯化铬,经过装置 E 时,无水三氯化铬凝华被收集, COCl_2 则通过球形干燥管进入装置 G,被 NaOH 溶液吸收。

【解析】三氯化铬(CrCl_3)易潮解,整个装置应保持无水的环境,

关键点

则 A 中装的应是浓硫酸,用来除去 N_2 中的水蒸气,**A 错误**;实验过程中若 D 处出现堵塞,因 CrCl_3 易升华,故可对 D 处导管加热,**B 正确**;三氯化铬(CrCl_3)易潮解,整个装置应保持无水的环境,F 中的无水 CaCl_2 是为了防止 G 中的水蒸气进入装置 E 中,**C 正确**; COCl_2 遇水发生水解反应: $\text{COCl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 2\text{HCl}$,二氧化碳和 HCl 均会和氢氧化钠溶液反应,故 G 中发生反应的离子方程式为 $\text{COCl}_2 + 4\text{OH}^- = \text{CO}_3^{2-} + 2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$,**D 正确**。

9. D 必刷题型 ② 以软锰矿等为原料制备高锰酸钾的工艺流程分析

思路分析 软锰矿(主要成分为 MnO_2)、 KOH 和 KClO_3 混合“熔融氧化”生成锰酸钾、氯化钾和水,加蒸馏水浸取得锰酸钾溶液,通入 CO_2 ,锰酸钾发生歧化反应,生成高锰酸钾和 MnO_2 ,过滤得到高锰酸钾溶液,再蒸发结晶得到高锰酸钾。

【解析】“熔融氧化”过程中存在 KOH ,不能用瓷坩埚和石英坩埚,可以用铁坩埚,**A 正确**;“锰酸钾歧化”过程需要加入酸性物质使溶液显酸性,可以用 H_2SO_4 代替 CO_2 ,**B 正确**;锰酸钾发生歧化反应,生成高锰酸钾和 MnO_2 , MnO_2 可以循环使用,**C 正确**;因为 KMnO_4 受热易分解,则“滤液蒸发结晶”过程中温度不能太高,且蒸发出现晶膜时即停止加热,**D 错误**。

10. C 必刷题型 ③ Fe 、 Al 、 Mg 元素对应物质在工艺流程题中的转化

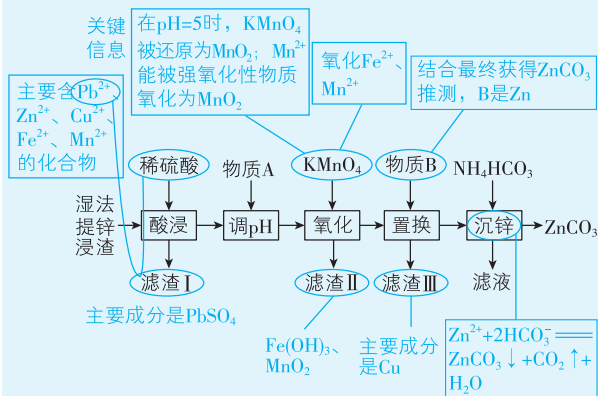
思路分析 废铝箔(主要成分为 Al ,含少量 Mg 、 Fe 等)与稀硫酸反应,生成 Al^{3+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} ,过滤除去不溶于酸的杂质,再用 NaOH 溶液调节 pH ,将 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 转化为沉淀析出, Al^{3+} 转化为 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$,过滤,向滤液中加入过量稀硫酸得到 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液,最后加 K_2SO_4 饱和溶液混合后结晶得到溶解度更小的明矾。



【解析】由于 Mg 、 Fe 不与氢氧化钠溶液反应,步骤①与步骤②顺序互换后,通过操作 a(过滤)即可得到 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 溶液,再加稀硫酸可得到硫酸铝溶液,调换顺序后,所需要的酸、碱更少,更节约生产成本,**A 正确**;步骤②中 Al^{3+} 转化为 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$,发生反应的化学方程式为 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NaOH} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$,**B 正确**;步骤③中加稀 H_2SO_4 酸化的目的是将 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 转化为 Al^{3+} ,**C 错误**;步骤④是根据溶解度差异来制取明矾,即明矾的溶解度小于 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 和 K_2SO_4 的溶解度,**D 正确**。

11. B 必刷题型 ①以湿法提锌浸渣为原料制备 ZnCO_3 的流程分析

题图解读



【解析】湿法提锌浸渣主要含 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} ,加入稀硫酸“酸浸”, Pb^{2+} 与 SO_4^{2-} 结合生成 PbSO_4 沉淀,其余金属离子均不沉淀,故“滤渣 I”主要成分为 PbSO_4 ;“调 pH”和下一步加入 KMnO_4 “氧化”都是为了除去 Mn^{2+} 和 Fe^{2+} ,结合已知信息推知,“物质 A”可以是氨水,用来调 pH 约为 5,**A 错误**。“氧化”时, Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 被氧化,同时生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和 MnO_2 沉淀,还需加适量物质 A 维持最佳 pH,**B 正确**。“置换”时,若用 NaCl 和 Zn 可得 CuCl 沉淀, Zn 和 Cu^{2+} 发生氧化还原反应生成 ZnCl_2 和 CuCl ,与生成 ZnCl_2 和 Cu 相比, Zn 用量减少,**C 错误**。由题图解读可知,**D 错误**。

刷有所得

工艺流程题中经常涉及+2 价金属离子(R^{2+})生成 RCO_3 沉淀的转化,要结合反应实质书写离子方程式,常见两种情况:

①含+2 价金属离子(R^{2+})盐溶液中加入 NH_4HCO_3 溶液:

$$\text{R}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{RCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$$

②含+2 价金属离子(R^{2+})盐溶液中加入 NH_4HCO_3 溶液+氨水:

$$\text{R}^{2+} + \text{HCO}_3^- + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{RCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$$

12. D 必刷题型 ①制备 CuCl 过程及相关物质转化的探究

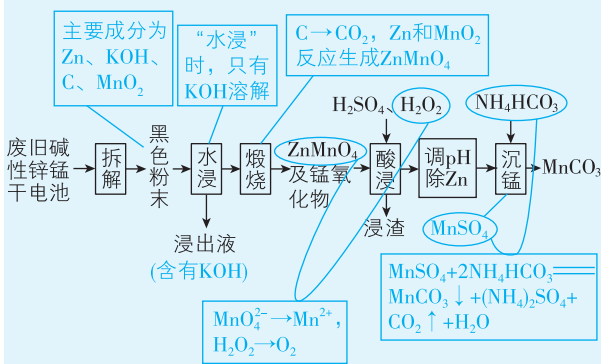
【解析】热分解 $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 制备 CuCl ,为抑制 CuCl_2 水解,要在 HCl 气氛下加热,先制得 CuCl_2 ,再在温度大于 $300\text{ }^\circ\text{C}$ 的条件下发生反应: $2\text{CuCl}_2 \xrightarrow{>300\text{ }^\circ\text{C}} 2\text{CuCl} + \text{Cl}_2 \uparrow$;直接加热 $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 会生成 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{Cl}_2$, $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{Cl}_2$ 在 $200\text{ }^\circ\text{C}$ 下分解生成 CuO 。氯化铜水解生成氢氧化铜和氯



化氢,X 气体是 HCl ,可抑制 $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 加热时水解,A 正确;氯气能被饱和氢氧化钠溶液吸收,防止污染,也可以将 Cl_2 回收利用,B 正确;转化 2 中 $200\text{ }^\circ\text{C}$ 时反应生成氧化铜,由原子守恒可知,还生成氯化氢,该反应的化学方程式为 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{Cl}_2 \xrightarrow{200\text{ }^\circ\text{C}} 2\text{CuO} + 2\text{HCl} \uparrow$,C 正确;氯化亚铜难溶于水,书写离子方程式时不能拆开,且 CuCl 与稀硫酸反应生成 Cu^{2+} 、 Cu ,D 错误。

13. A 必刷题型 ①从废旧碱性锌锰干电池中回收金属锰的工艺流程分析

题图解读



【解析】从碱性锌锰干电池中拆解得到的黑色粉末的成分为 **关键点**

Zn 、 KOH 、 C 、 MnO_2 ，“水浸”使 KOH 溶解进入浸出液而除去，

A 正确；由于 ZnMnO_4 及锰氧化物在酸性条件下具有强氧化性，能氧化 Cl^- 产生 Cl_2 ，故“酸浸”时不能用盐酸代替硫酸，

B 错误；“酸浸”时 $\text{ZnMnO}_4 \rightarrow \text{Mn}^{2+} \sim 4\text{e}^-$ ， $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 \sim 2\text{e}^-$ ，氧 **关键点**

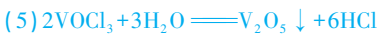
化剂是 ZnMnO_4 ，还原剂是 H_2O_2 ，根据得失电子守恒可知，氧化剂与还原剂物质的量之比为 1 : 2，C 错误；由题图解读可知，D 错误。

14. (1) ab



(3) 氯气

(4) CaCl_2 、 AlCl_3 、 HCl



(7) SiCl_4 、 TiCl_4 是分子晶体，熔点较低， TiCl_4 的相对分子质量大于 SiCl_4 ，所以 TiCl_4 的熔点大于 SiCl_4 ； CaCl_2 是离子晶体，熔点高

必刷题型 ②回收废 SCR 催化剂中部分金属的工艺流程分析

思路分析

SCR 催化剂含 TiO_2 、 V_2O_5 、 WO_3 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 等，“氯化焙烧”温度控制在 $800\text{ }^\circ\text{C}$ ，生成 SiCl_4 、 TiCl_4 、 AlCl_3 、 VOCl_3 、 WOCl_4 、 CaCl_2 。根据相关物质的熔、沸点，“ $160\text{ }^\circ\text{C}$ 冷却”得到的固体中含有 AlCl_3 、 CaCl_2 、 WOCl_4 ，“水浸”时， WOCl_4 和水反应生成 H_2WO_4 沉淀和 HCl ； SiCl_4 、 TiCl_4 、 VOCl_3 “精馏”分离出 SiCl_4 ， VOCl_3 被“还原”得到钒渣， TiCl_4 被“氧化”得到 TiO_2 。



【解析】(1) 根据影响反应速率的因素, 增大接触面积可加快反应速率, 增大反应物浓度可加快反应速率, 降低温度会减慢反应速率, 为提高“氯化焙烧”的效率, 可采取的措施为粉碎 SCR 催化剂、鼓入适当过量的氯气等, 选 ab。

(2) “氯化焙烧”温度控制在 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$, TiO_2 、C 与氯气反应生成 TiCl_4 和 CO, 反应的化学方程式为 $\text{TiO}_2 + 2\text{C} + 2\text{Cl}_2 \xrightarrow{800\text{ }^{\circ}\text{C}} \text{TiCl}_4 + 2\text{CO}$ 。

(3) “氧化”过程中 TiCl_4 被氧气氧化为 TiO_2 和氯气, 氯气可循环利用于“氯化焙烧”。

(4) 根据相关物质的熔、沸点, “ $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷却”得到的固体中含有 AlCl_3 、 CaCl_2 、 WOCl_4 , “水浸”时, WOCl_4 和水反应生成 H_2WO_4 沉淀和 HCl, “水浸”后滤液中的溶质主要有 CaCl_2 、 AlCl_3 、HCl。

(5) VOCl_3 遇到水会水解生成 V_2O_5 和 HCl, 产生大量的白雾, 反应的化学方程式为 $2\text{VOCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{V}_2\text{O}_5 \downarrow + 6\text{HCl}$ 。

(6) 放电时, Zn^{2+} 插入 V_2O_5 层间形成 $\text{Zn}_x\text{V}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 。该电池放电时, 正极 V_2O_5 得电子生成 $\text{Zn}_x\text{V}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, 正极反应式为 $\text{V}_2\text{O}_5 + 2xe^- + x\text{Zn}^{2+} + n\text{H}_2\text{O} = \text{Zn}_x\text{V}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 。

真题风向练

15. AC 必刷题型 ①实验现象分析, 涉及氧化还原反应的基本概念、配合物的性质等

【解析】根据题给信息, 溶液显浅蓝色说明生成了 Cu^{2+} , 且新

关键点

生成的沉淀可溶于浓硝酸, 说明新生成的沉淀为金属 Cu, 则可说明 Cu_2O 在酸性条件下发生歧化反应 $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}^+ = \text{Cu} + \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$, **A 正确**; 试管甲中沉淀第一次变化是由于 Cu_2O 自身的氧化还原反应, 硝酸仅体现了酸性, 第二次变化体现了硝酸的氧化性和酸性, **B 错误**; 试管乙中沉淀溶解, 溶液变为无色, 说明了 Cu(I) 与 NH_3 形成了无色配合物 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$, 静置一段时间后, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$ 被空气中氧气氧化为深蓝色的 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, **C 正确**; 两性氧化物是指既可与酸反应, 又可与碱反应生成盐和水的氧化物, 且反应中元素化合价不变, Cu_2O 在酸性条件下发生的是氧化还原反应, 在氨水中与 NH_3 形成配合物, 均不满足上述条件, 故不能说明 Cu_2O 为两性氧化物, **D 错误**。

16. (14 分)

(1) $3d^5 4s^1$

(2) $4\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 + 7\text{O}_2 + 16\text{KOH} \xrightarrow{400 \sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}} 8\text{K}_2\text{CrO}_4 + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{H}_2\text{O}$ (3) MgO $\text{Al}(\text{OH})_3$

(4) 增大 CO_2 的溶解度, 保证酸化反应充分进行 (5) KHCO_3

(6) $\text{Fe}(\text{CO})_5 + \text{K}_2\text{CrO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 2\text{KOH} + 5\text{CO} \uparrow$ (7) 煅烧

必刷考点 ①以铬铁矿为原料制取 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的化学工艺流程, 涉及价层电子排布式、化学方程式书写、操作原因等



流程分析

原料:铬铁矿 $[\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2, \text{Mg}(\text{CrO}_2)_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2]$ 目标产物: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 除杂元素: $\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Al}, \text{Si}$

煅烧:在 $400 \sim 500\text{ }^\circ\text{C}$ 下, $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2, \text{Mg}(\text{CrO}_2)_2$ 与 KOH 和 O_2 反应转化为 $\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{MgO}, \text{K}_2\text{CrO}_4, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2$ 分别与过量的 KOH 反应, 转化为 $\text{KAlO}_2, \text{K}_2\text{SiO}_3$;

浸取: $\text{KAlO}_2, \text{K}_2\text{SiO}_3$ 与 CO_2 反应, 分别转化为 $\text{Al}(\text{OH})_3, \text{H}_2\text{SiO}_3$ 沉淀, $\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{MgO}$ 与 $\text{KHCO}_3 - \text{K}_2\text{CO}_3(\text{aq}), \text{CO}_2$ 均不反应, 则滤渣 I 的主要成分为 $\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{SiO}_3, \text{MgO}, \text{Al}(\text{OH})_3$; 第(3)问

蒸发、分离:通过蒸发浓缩、冷却结晶、过滤, 分离出 K_2CrO_4 固体, 滤液 I 中含有 K_2CrO_4 ;

酸化:向 K_2CrO_4 中加水溶解, 并通入过量 CO_2 提供酸性环境, 将 K_2CrO_4 转化为 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 同时有副产物 KHCO_3 生成;

分离:将 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 与 KHCO_3 分离, 滤液 II 的主要溶质为 KHCO_3 ; 第(5)问

还原、分离: $\text{Fe}(\text{CO})_5$ 作还原剂, 将滤液 I 中剩余的 K_2CrO_4 还原为 $\text{Cr}(\text{OH})_3$, 自身转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 同时生成 CO 和 KOH , 其中 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 进入滤渣 II, KOH 进一步处理得到 K_2CO_3 。

【解析】(1) 铬是 24 号元素, 其基态原子的核外电子排布符合洪特规则特例, 价层电子排布式为 $3\text{d}^5 4\text{s}^1$ 。

(2) 煅烧时 $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$ 与过量 KOH 、空气中的 O_2 (作氧化剂) 发生反应生成 $\text{K}_2\text{CrO}_4, \text{Fe}_2\text{O}_3$ 和 H_2O , 根据得失电子守恒、原子守恒, 即可写出该反应的化学方程式。

(4) 通入过量 CO_2 的目的是提供酸性环境, 使 K_2CrO_4 转化为 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 加压的目的是增大 CO_2 的溶解度, 使更多的 CO_2 溶解在溶液中, 从而保证酸化反应充分进行, 提高酸化反应速率和 K_2CrO_4 的转化率。

(6) 由流程分析可知, 该工序中反应物有 $\text{Fe}(\text{CO})_5, \text{K}_2\text{CrO}_4, \text{H}_2\text{O}$, 产物有 $\text{Cr}(\text{OH})_3, \text{CO}, \text{KOH}$ 和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 根据得失电子守恒、原子守恒, 即可写出该反应的化学方程式。

(7) 滤渣 II 主要成分是 $\text{Cr}(\text{OH})_3, \text{Fe}(\text{OH})_3$, 可返回煅烧工序, 节约原料、实现绿色化学。

关键点拨 在书写陌生氧化还原方程式时, 要抓住化合价变化的元素进行分析, 本题中还原、分离工序发生反应的化学方程式中出现了金属羰基配合物 $\text{Fe}(\text{CO})_5$, CO 为中性配体, 整体化合价为 0, 从而得出 Fe 的化合价也为 0, 即反应中 Fe 的化合价发生变化。

第 1 章 ▶ 真题综合训练

1. C 必刷知识 ◎铁的氧化物的物理性质及用途等

【解析】单质钴不是青蓝色, 且高温烧制并没有隔绝空气, 所



以青花瓷的青蓝色不是因为生成了单质钴, **A 错误**; 青花瓷表面的釉为无机物薄层, **B 错误**; 青花瓷以黏土为原料, 黏土的主要成分为铝硅酸盐, 铝硅酸盐经过高温烧制会脱去部分结晶水, 由于铝硅酸盐耐高温, 故青花瓷的主要成分为铝硅酸盐, **C 正确**; Fe_2O_3 是红色固体, 与青花瓷颜色不符, 高温烧制过程中, 铁元素的存在形式有多种, 不只有 Fe_2O_3 , **D 错误**。

2. A 必刷题型 ⊙ 元素化合物的性质及其应用

【解析】 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 呈两性, 能与强酸或强碱反应, 可用于中和过多的胃酸, **A 错误**; Na_2O_2 能与 CO_2 发生反应 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$, 可用作呼吸面具等的供氧剂, **B 正确**; FeO 中 Fe 元素的化合价为 +2, 处于较低价态, 具有还原性, FeO 不稳定, 在空气中受热能迅速被氧化为 Fe_3O_4 , **C 正确**; HNO_3 见光易分解: $4\text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$, 应保存在棕色试剂瓶中, **D 正确**。

3. D 必刷题型 ⊙ 判断化学方程式与化学变化是否对应

【解析】 Fe^{2+} 具有还原性, 易被 O_2 氧化为 Fe^{3+} , 出现棕黄色沉淀是因为产生了 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 化学方程式应为 $12\text{FeSO}_4 + 3\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$, **A 错误**; Na_2S 中的 S 元素为 -2 价, 具有还原性, 易被空气中的氧气氧化成硫单质, 因此溶液出现浑浊, 化学方程式应为 $2\text{Na}_2\text{S} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{S} \downarrow + 4\text{NaOH}$, 颜色变深是因为 S 和 S^{2-} 反应生成了多硫离子 S_{x+1}^{2-} ($x=1\sim5$), x 越大溶液颜色越深, **B 错误**; 溴水久置褪色, 除因溴易挥发外, 还因溴水中存在类似 Cl_2 与水反应的

关键点

平衡: $\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HBr} + \text{HBrO}$, HBrO 见光分解, 促使上述平衡向正反应方向移动, 溴水中 Br_2 逐渐减少, 颜色逐渐褪去, **C 错误**; 胆矾 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 在受热或较干燥情况下, 易失去结晶水, 生成白色的 CuSO_4 粉末, **D 正确**。

4. B 必刷知识 ⊙ 铁与水蒸气反应的实验, 涉及实验原理、实验操作、氢气的检验等

【解析】 Fe 与水蒸气在高温条件下反应生成四氧化三铁和氢气, **A 正确**; 该反应是在高温条件下进行, 所以铁粉与水蒸气反应需要的温度比湿棉花处产生水蒸气需要的温度更高, 则酒精灯应在铁粉处加热, 利用余热使湿棉花处的水汽化, 若将酒精灯移至湿棉花下, 会导致水蒸气生成速率过快, 水蒸

关键点

气逸出过程中遇冷凝结为水, 无法与冷的铁粉反应, **B 错误**; 采用肥皂泡收集氢气, 再点燃肥皂泡检验氢气的方法相对比较安全, 前期 H_2 不够纯净会产生爆鸣声, H_2 纯净之后再点燃会有燃烧现象, **C 正确**; 该反应所需温度较高, 需要用硬质玻璃试管, 其中 SiO_2 的含量较高, 具有良好的热稳定性, 软化温度高, 受热不易发生破裂, **D 正确**。

5. C 必刷题型 ⊙ 实验探究 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 和 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 的性质

【解析】实验 I 中, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液与 KSCN 溶液反应的实

关键点

质是 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$, K_2SO_4 固体溶于水产生 K^+ 和 SO_4^{2-} , 并不影响该平衡的移动, 因此溶液的颜色不发生变化,



A 错误；实验 II 中， $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液中存在 K^+ 、 $[Fe(CN)_6]^{3-}$ ， $[Fe(CN)_6]^{3-}$ 不能电离出 Fe^{3+} ，因此 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液与 KSCN 溶液不能发生反应，溶液颜色无明显变化，**B 错误**；实验 I 中，KSCN 溶液与 $Fe_2(SO_4)_3$ 溶液反应产生 $Fe(SCN)_3$ ，溶液变为红色，但 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液与 KSCN 溶液不发生反应， $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液呈黄色，因此 KSCN 可以区分 $Fe_2(SO_4)_3$ 和 $K_3[Fe(CN)_6]$ ，**C 正确**；焰色试验用于判断试样所含的金属元素，铁元素焰色为无色，而 $K_3[Fe(CN)_6]$ 中含有钾元素，焰色试验时透过蓝色钴玻璃可以看到紫色，因此焰色试验可以区分 $Fe_2(SO_4)_3$ 和 $K_3[Fe(CN)_6]$ ，**D 错误**。

6. B 必刷知识 ⊙ Na 和 Cu 元素及其化合物的性质

思路分析 结合“价—类”二维图推断物质 a、b、c、d、e 如表：

物质	关键信息	推断结果
a	单质	Na 或 Cu
b	+1 价氧化物	Na_2O 、 Na_2O_2 或 Cu_2O
c	+1 价碱	NaOH 或 CuOH
d	+2 价碱	$Cu(OH)_2$
e	+2 价氧化物	CuO

【解析】 $2NaOH + CuCl_2 \longrightarrow 2NaCl + Cu(OH)_2 \downarrow$ 或 $4CuOH + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 4Cu(OH)_2$ 、 $Cu(OH)_2 \xrightarrow{\Delta} CuO + H_2O$ ，**A 正确**；Na、 Na_2O 、 Na_2O_2 都能与 H_2O 反应生成 NaOH，**B 错误**；新制 $Cu(OH)_2$ 可用于检验醛基（有砖红色沉淀生成），**C 正确**； Na_2O_2 能与 H_2O 反应生成 NaOH 和 O_2 ，而 Na_2O 和 Cu_2O 不能与水反应生成 O_2 ，说明此时 b 是 Na_2O_2 ， Na_2O_2 中含有离子键和共价键，**D 正确**。

7. B 必刷题型 ⊙ 制备 $Cr(OH)_3$ 的工艺流程

【解析】“焙烧”中 Cr_2O_3 与 Na_2CO_3 、 O_2 反应生成含 +6 价 Cr 的钠盐和 CO_2 ，反应的化学方程式为 $2Cr_2O_3 + 4Na_2CO_3 + 3O_2 \xrightarrow{\text{焙烧}} 4Na_2CrO_4 + 4CO_2$ ，**A 正确**；“焙烧”过程中有 O_2 参与，FeO 被氧化，则滤渣不可能为 $Fe(OH)_2$ ，**B 错误**；滤液①为碱性环境，则 +6 价 Cr 元素的主要存在形式为 CrO_4^{2-} ，**C 正确**；“转化”操作后，+6 价 Cr 元素被还原为 +3 价，则淀粉水解液中的葡萄糖起还原作用，**D 正确**。

8. C 必刷题型 ⊙ 从 AgCl 中提取 Ag 的实验方案及流程

思路分析 从实验方案可知，氨水溶解了氯化银，然后用铜置换出银，滤液中加入浓盐酸后得到氯化铜和氯化铵的混合液，向其中加入铁，铁置换出铜，过滤分离出铜可以循环利用，并通入氧气可将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} 。

【解析】金属活动性越强，金属单质的还原性越强，因此还原性： $Ag < Cu < Fe$ ，**A 错误**；当加入 Cu 时，发生反应： $2[Ag(NH_3)_2]^+ + Cu \longrightarrow [Cu(NH_3)_4]^{2+} + 2Ag$ ，可得关系式： $2Ag \sim Cu$ ，再加入 Fe、 O_2 ，发生两步反应，其中第一步为 $CuCl_2 + Fe \longrightarrow FeCl_2 + Cu$ ，可得关系式： $Cu \sim Fe$ ，因此 $2Ag \sim Fe$ ，所以



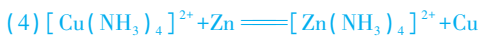
按题给方案消耗 1 mol Fe 可回收 2 mol Ag, **B 错误**; 反应①的产物为 CuCl_2 和 NH_4Cl , 由此可知其离子方程式为 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_4^+$, **C 正确**; 加入 Fe 的同时还通入了 O_2 , Fe^{2+} 易被氧化, 因此溶液①中的金属离子是 Fe^{3+} , **D 错误**。

9. B 必刷知识 ②探究硫酸亚铁溶液的性质

【解析】可直接滴加 KSCN 溶液检验 Fe^{3+} , 若溶液变红色说明存在 Fe^{3+} , 如果先加入氯水则会氧化 Fe^{2+} 生成 Fe^{3+} , 影响对实验结果的判断, **A 错误**; 若溶液紫色褪去可说明 Fe^{2+} 将 MnO_4^- 还原, Fe^{2+} 具有还原性, **B 正确**; Fe^{2+} 水解使溶液呈酸性, 而酚酞溶液的 pH 变色范围为 8.2~10.0, 所以无法使用酚酞溶液检验 Fe^{2+} 是否水解, **C 错误**; H_2O_2 可将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 而 Fe^{3+} 对 H_2O_2 的分解有催化作用, 无法通过观察气泡产生情况判断 Fe^{2+} 能否催化 H_2O_2 的分解, **D 错误**。

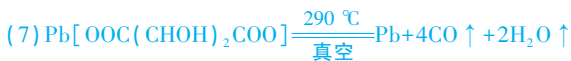
10. (1) 2 (2) SO_4^{2-}

(3) 温度升高反应速率增大, 浸出率增大; 温度过高会导致 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 分解使 NH_3 逸出, 且温度高时 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 分解, 反应物浓度降低, 浸出率减小(其他合理答案均可)



(5) Fe

(6) pH 升高, $c(\text{A}^{2-})$ 增大, 有利于生成 PbA $\text{Pb}(\text{OH})_2$



必刷考点 ②无机工艺流程分析, 涉及手性碳原子、原因分析、方程式书写等

流程分析

原料: ZnS 、 PbSO_4 、 FeS 、 CuCl

除杂元素: Fe、Cu

目标产物: ZnS 、Pb

氧化浸出: $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 具有强氧化性, 可将部分金属元素氧化成其较高价态, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 提供配体 NH_3 , 所得滤液中 Zn、Cu 元素分别以 $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 和 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 形式存在, PbSO_4 不反应且 FeS 在碱性溶液中转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 即滤渣 1 的主要成分为 PbSO_4 和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$;

除铜: 加入 Zn 置换出 Cu, 此时滤液中含金属元素的微粒主要是 $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$;

沉锌: 加入 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, 使 Zn 元素转化为 ZnS 沉淀;

浸铅: 用 H_2A 、 Na_2A 溶液处理含 PbSO_4 的滤渣 1, 使 Pb 元素转化为 PbA , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 在“浸铅”时不发生反应, 所以滤渣 2 中的金属元素为 Fe; 第(5)问

真空热解: 将结晶后得到的 PbA 在真空条件下高温分解, 得到纯 Pb。

【解析】(1) 手性碳原子是指连有 4 个不同原子或原子团的饱和碳原子, 根据酒石酸的结构简式, 可知其分子中 2 个与羟基直接相连的碳原子均为手性碳原子, 即 1 个 H_2A 分子



中有 2 个手性碳原子。

(2) $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 中 S 元素的化合价为 +6, $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 中 2 个 S 原子通过过氧键相连, 过氧键中的 O 化合价为 -1, 其他 O 的化合价为 -2, “氧化浸出”过程中 S 元素化合价不变, O 元素化合价变为 -2, 因此 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 转变为 SO_4^{2-} 。

(4) 溶液中存在平衡 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3$, 加入

易错点

Zn, 发生反应 $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} = \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$ 和 $\text{Zn}^{2+} + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, 使该平衡不断正移, 最终使 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 转化为 $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, 总反应为 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{Zn} = [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{Cu}$ 。

(6) “浸铅”步骤加入 H_2A 、 Na_2A 混合溶液, 存在平衡: $\text{H}_2\text{A} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HA}^-$ 、 $\text{HA}^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^{2-}$ 和 $\text{PbSO}_4 + \text{A}^{2-} \rightleftharpoons \text{PbA} + \text{SO}_4^{2-}$, 随体系 pH 升高, 溶液中 $c(\text{A}^{2-})$ 增大, 更有利于生成 PbA; 因为 $K_{\text{sp}}[\text{Pb}(\text{OH})_2]$ 的数量级较小, 所以 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 也为难溶物, 如果 pH 过高即 $c(\text{OH}^-)$ 过大, 会使 $\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{OH})_2(\text{s})$ 平衡正移, 生成 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 沉淀。

(7) 根据题给信息可知, H_2A 的化学式为 $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$, 在 290°C “真空热解”PbA 生成 Pb 和 2 种气态氧化物, 结合氧化物定义知, H 元素转化为 H_2O , 根据原子守恒, C 元素转化为 CO, 所以该反应的化学方程式为 $\text{Pb}[\text{OOC}(\text{CHOH})_2\text{COO}] \xrightarrow[290^\circ\text{C}]{\text{真空}} \text{Pb} + 4\text{CO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} \uparrow$ 。

11. (14 分)

(1) 5s^2 (2) Ca^{2+} 、 Mg^{2+}

(3) $\text{SrSO}_4 + \text{Ba}^{2+} = \text{BaSO}_4 + \text{Sr}^{2+}$ $10^{-8.97}$

(4) 温度升高, Ba^{2+} 与 SrSO_4 的碰撞次数增加, 导致锶的浸出率加快 (5) BaSO_4 、 SiO_2

(6) 窝穴体 a 的空腔与 Sr^{2+} 的粒径相匹配, 可通过分子间相互作用形成超分子 (7) a

必刷题型 ① 工艺流程, 涉及价电子排布式、离子方程式、 K_{sp} 应用、条件控制及原因分析、超分子、分离提纯等

流程分析

原料: 含锶废渣 (主要含有 SrSO_4 、 SiO_2 、 CaCO_3 、 SrCO_3 和 MgCO_3 等)

除杂元素: Si、Ca、Mg、S、C

目标产物: $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

酸浸: 原料中的碳酸盐溶于稀盐酸得到含 Sr^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的溶液; 第(2)问 SrSO_4 、 SiO_2 难溶于酸, 为浸出渣 1 的主要成分;

盐浸: 由于 $K_{\text{sp}}(\text{SrSO}_4) > K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4)$, 所以加入 BaCl_2 溶液后, 发生反应 $\text{SrSO}_4 + \text{Ba}^{2+} = \text{BaSO}_4 + \text{Sr}^{2+}$, SrSO_4 转化为易溶于水的 SrCl_2 , BaSO_4 、 SiO_2 难溶, BaSO_4 、 SiO_2 和未转化的 SrSO_4 为浸出渣 2 的主要成分; 第(3)(5)问所得 SrCl_2 溶液经结晶得产物 $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。



【解析】(1) Sr 位于元素周期表第五周期第 II A 族, 所以其基态原子价电子排布式为 $5s^2$ 。

(3) 根据“盐浸”时的反应列三段式如下:

	SrSO_4	+	Ba^{2+}	\rightleftharpoons	BaSO_4	+	Sr^{2+}
起始量/mol	0.01		0.011		0		0
变化量/mol	0.01		0.01		0.01		0.01
反应终点量/mol	0		0.001		0.01		0.01

可得充分反应后 $c(\text{Ba}^{2+}) = \frac{0.001 \text{ mol}}{100 \times 10^{-3} \text{ L}} = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,

$c(\text{Sr}^{2+}) = \frac{0.01 \text{ mol}}{100 \times 10^{-3} \text{ L}} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 又 $c(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4)}{c(\text{Ba}^{2+})} = \frac{10^{-9.97}}{0.01} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-7.97} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 可得

$c(\text{Sr}^{2+}) \cdot c(\text{SO}_4^{2-}) = 10^{-8.97} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$ 。

(6) 窝穴体 a 的空腔与 Sr^{2+} 的粒径相匹配, 可通过分子间相互作用形成超分子识别 Sr^{2+} , 达到提取其中的 Sr^{2+} 的目的。

(7) Sr 为第五周期第 II A 族金属元素, 金属性强于 K, 所以 Sr^{2+} 不发生水解, 可直接加热脱水制备无水 SrCl_2 , 选 a。

12. (1) 搅拌、粉碎矿石、适当增加硫酸浓度、适当升高温度等 (答出一条即可) (2) N_A

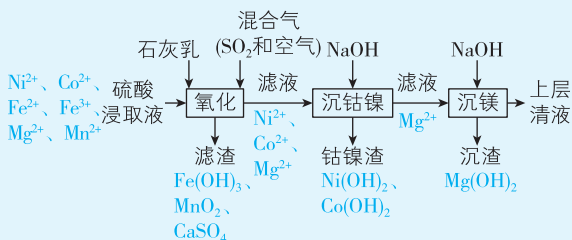
(3) $\text{H}_2\text{O} + \text{Mn}^{2+} + \text{HSO}_5^- \rightleftharpoons \text{MnO}_2 \downarrow + \text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}^+$ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 CaSO_4

(4) 9.0% 增大 SO_2 体积分数时, 过多的 SO_2 将 H_2SO_5 还原, H_2SO_5 浓度减小, Mn(II) 氧化速率减小

(5) $4\text{Co}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 4\text{CoO}(\text{OH}) + 2\text{H}_2\text{O}$ (6) 11.1

必刷题型 ⊙ 金属元素的回收

流程分析



氧化: 由题意知 H_2SO_5 将 Mn^{2+} 氧化为 MnO_2 除去, H_2SO_5 中 O 元素化合价由 -1 降为 -2, 因为“ H_2SO_5 的电离第一步完全, 第二步微弱”, 则离子方程式中 H_2SO_5 应拆为 HSO_5^- 和 H^+ , 结合得失电子守恒、电荷守恒及原子守恒可得离子方程式: $\text{H}_2\text{O} + \text{Mn}^{2+} + \text{HSO}_5^- \rightleftharpoons \text{MnO}_2 \downarrow + \text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}^+$, 该工序中除 Mn^{2+} 被氧化外, Fe^{2+} 也被氧化为 Fe^{3+} , Fe^{3+} 与石灰乳反应转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 被除去, 因为 CaSO_4 微溶于水, 所以大部分 Ca^{2+} 与 SO_4^{2-} 结合形成 CaSO_4 沉淀; 第(3)问

沉钴镍: Co^{2+} 转化为 $\text{Co}(\text{OH})_2$, Ni^{2+} 转化为 $\text{Ni}(\text{OH})_2$, 与 Mg^{2+} 分离。

【解析】(2) 1 个 H_2SO_5 分子中 S 元素的化合价为 +6, 5 个 O 的化合价之和为 -8, 则有 3 个 -2 价 O, 有 2 个 -1 价 O, 即 1 个 H_2SO_5 分子中有 1 个过氧键, 则 1 mol H_2SO_5 中含 N_A 个过氧键。

(4) 观察题图可知, SO_2 体积分数为 9.0% 时, Mn(II) 氧化



率达到 100% 需要的时间最短, $\text{Mn}(\text{II})$ 氧化速率最大; 继续增大 SO_2 体积分数时, 过多的 SO_2 将 H_2SO_5 还原, H_2SO_5 浓度减小, $\text{Mn}(\text{II})$ 氧化速率减小。

(5) $\text{Co}(\text{II})$ 在空气中可被氧化为 $\text{CoO}(\text{OH})$, Co 元素由 +2 价升高到 +3 价, 氧气中氧元素由 0 价降低到 -2 价, 根据得失电子守恒、原子守恒可得该反应的化学方程式。

(6) Mg^{2+} 完全沉淀为氢氧化镁时, $c(\text{Mg}^{2+}) \leq 1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 由已知数据可知 $K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2] = 10^{-10.8}$, 所以 $c(\text{OH}^-) =$

$$\sqrt{\frac{K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2]}{c(\text{Mg}^{2+})}} \geq \sqrt{\frac{10^{-10.8}}{10^{-5}}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-2.9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ 则}$$

$$c(\text{H}^+) = \frac{K_{\text{w}}}{c(\text{OH}^-)} \leq \frac{10^{-14}}{10^{-2.9}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-11.1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ 即 } \text{pH} \geq 11.1。$$

13. (1) 增大废渣与酸的接触面积, 提高酸浸率 Pb

(2) 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ Fe^{2+}

(3) $3\text{Co}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 7\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 3\text{Co}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{MnO}_2 \downarrow + 5\text{H}^+$

$3\text{Mn}^{2+} + 2\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 5\text{MnO}_2 \downarrow + 4\text{H}^+$

(4) $\text{ZnSO}_4, \text{K}_2\text{SO}_4$ $10^{-16.7}$

必刷题型 ① 工艺流程分析, 涉及离子检验、试剂作用、离子方程式书写、溶度积相关计算等

流程分析 酸浸、过滤 1: 用硫酸处理含有 Co 、 Zn 、 Pb 、 Fe 的单质或氧化物的废渣, 得到含有 Co^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 SO_4^{2-} 等离子的溶液, Pb 的单质或氧化物与硫酸反应生成难溶的 PbSO_4 , 则“滤渣 1”主要成分为“酸浸”时生成的 PbSO_4 。

..... 第(1)问
加入 MnO_2 : MnO_2 具有氧化性, 在酸性条件下可将溶液中的 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 同时自身被还原为 Mn^{2+} , 此时溶液中的金属离子主要是 Co^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} 。

加入 ZnO 调 $\text{pH}=4$ 、过滤 2: 根据题表中信息可知, 调节溶液 $\text{pH}=4$ 时 Fe^{3+} 沉淀完全, 溶液中的金属离子主要是 Co^{2+} 、 Zn^{2+} 和 Mn^{2+} , “滤渣 2”为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。

氧化沉钴: 加入强氧化剂 KMnO_4 , 将溶液中 Co^{2+} 氧化为 Co^{3+} , 在 $\text{pH}=5$ 时 Co^{3+} 形成 $\text{Co}(\text{OH})_3$ 沉淀, 而 KMnO_4 则被还原为 MnO_2 ; KMnO_4 还会与溶液中的 Mn^{2+} 发生归中反应, 生成 MnO_2 沉淀。最终得到的“除钴液”中含有的金属离子主要是最初“酸浸”时与加入 ZnO 调 pH 时引入的 Zn^{2+} 、加入 KMnO_4 “氧化沉钴”时引入的 K^+ 。

【解析】(1) 在原料预处理过程中, 粉碎固体原料能增大固体与液体的接触面积, 从而加快酸浸的反应速率, 提高浸取效率。

(2) 由题表中数据可知, 当 Fe^{3+} 完全沉淀时, Co^{2+} 未开始沉淀, 而当 Fe^{2+} 完全沉淀时, Co^{2+} 已有一部分沉淀, 因此为了除去溶液中的 Fe 元素且 Co^{2+} 不沉淀, 应先将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} 再调节 pH 使 Fe^{3+} 完全沉淀, 则 MnO_2 的作用是将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} 。常用 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液检验 Fe^{2+} , 若生成蓝色沉淀, 则说明溶液中仍存在 Fe^{2+} , 需补加 MnO_2 。

(3) 由流程分析可知, 该过程发生两个氧化还原反应, 根据流程分析中两个反应的反应物、产物与反应环境 ($\text{pH}=5$), 结合得失电子守恒、电荷守恒和原子守恒可写出两个离子



方程式: $3\text{Co}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 7\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 3\text{Co}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{MnO}_2 \downarrow + 5\text{H}^+ + 3\text{Mn}^{2+} + 2\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 5\text{MnO}_2 \downarrow + 4\text{H}^+$ 。

(4) 由流程分析可知,“除钴液”中含有的金属阳离子主要是 Zn^{2+} 和 K^+ , 而阴离子主要是“酸浸”步骤引入的 SO_4^{2-} , 因

关键点

此其中主要的盐有 ZnSO_4 和 K_2SO_4 。当 Co^{3+} 恰好完全沉淀时, 溶液中 $c(\text{Co}^{3+}) = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 此时溶液 $\text{pH} =$

1.1, 即 $c(\text{H}^+) = 10^{-1.1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $c(\text{OH}^-) = \frac{K_w}{c(\text{H}^+)} =$

$10^{-12.9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $K_{\text{sp}}[\text{Co}(\text{OH})_3] = 1.0 \times 10^{-5} \times (10^{-12.9})^3 = 10^{-43.7}$ 。“除钴液”的 $\text{pH} = 5$, 即 $c(\text{H}^+) = 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则

$c(\text{OH}^-) = \frac{K_w}{c(\text{H}^+)} = 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 此时溶液中 $c(\text{Co}^{3+}) =$

$\frac{K_{\text{sp}}[\text{Co}(\text{OH})_3]}{c^3(\text{OH}^-)} = \frac{10^{-43.7}}{(10^{-9})^3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-16.7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

14. (1) 增大矿石的接触面积, 提高反应速率

(2) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\Delta} 2\text{NH}_3 \uparrow + \text{SO}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

(3) ①随焙烧温度升高, 生成 CuSO_4 的速率加快 ② CuSO_4 发生分解生成难溶于水的 CuO

(4) $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} \rightleftharpoons \text{Cu} + \text{Fe}^{2+}$

(5) 若粗铜未经酸浸, 会残留较多 Fe , 在电解时, 阳极会发生反应 $\text{Fe} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$, 溶液中的 Fe^{2+} 易被空气中 O_2 氧化为 Fe^{3+} , Fe^{3+} 在阴极发生反应 $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$

必刷题型 ④ 工艺流程分析, 涉及化学方程式书写、图像分析、操作目的、原因分析等

流程分析

原料: 黄铜矿(主要成分为 CuFeS_2 , 含有 SiO_2 等杂质)

除杂元素: Fe 、 S 、 Si 、 O

目标产物: Cu

粉碎: 焙烧前粉碎, 是为了增大矿石的接触面积, 提高反应速率; 第(1)问

焙烧: 粉碎并加入硫酸铵后, 通入空气焙烧, 硫酸铵分解生成 SO_3 , 化学方程式为 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\Delta} 2\text{NH}_3 \uparrow + \text{SO}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, SO_3 使黄铜矿中铜元素转化为 CuSO_4 , 固体 B 主要成分为 CuSO_4 、含铁的化合物及 SiO_2 , 得到的高温混合气中主要含 NH_3 ; 第(2)问

吸收: NH_3 与 H_2SO_4 反应得到 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 则溶液 A 的主要溶质是 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 可以循环利用;

浸铜: 加水浸铜, CuSO_4 进入滤液 C, SiO_2 进入滤渣 D;

置换: 向滤液 C 中加入过量的铁, 置换得到粗铜和 FeSO_4 , 发生反应 $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} \rightleftharpoons \text{Cu} + \text{Fe}^{2+}$; 第(4)问

电解: 粗铜电解得到纯铜, 粗铜中含有 Fe 杂质, 经酸浸可以除去 Fe , 若粗铜未经酸浸处理, 会残留较多 Fe , 在电解时, 阳极会发生反应 $\text{Fe} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$, 溶液中的 Fe^{2+} 易被空气中 O_2 氧化为 Fe^{3+} , Fe^{3+} 在阴极发生反应 $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$, 则消耗相同电量时, 会降低得到纯铜的量。

..... 第(5)问

题型专练 工艺流程题

题组 1

1. D 必刷题型 ④ 工艺流程分析



思路分析 富硒废料在富氧空气中焙烧, Ag_2Se 和 Cu_2S 转化为 Ag 、 CuO 、 SO_2 、 SeO_2 , 烧渣中主要含 Ag 、 CuO , 酸溶过滤得到粗 Ag 和硫酸铜溶液, 电解精炼得到 Ag 。

【解析】从富硒废料中可以提取出 Ag 和 Se , 做到了废料回收利用, 符合循环经济理念, **A 正确**; 根据分析, 烧渣中主要含 Ag 、 CuO , **B 正确**; 滤液为硫酸铜溶液, 经蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤和干燥处理可制得胆矾, **C 正确**; “吸收”时发生反应: $\text{SeO}_2 + 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Se} \downarrow + 2\text{H}_2\text{SO}_4$, 其中氧化剂为 SeO_2 , 还原剂为 SO_2 , 其物质的量之比为 1:2, **D 错误**。

2. D 必刷题型 ①碳还原法制备高纯硫酸锶的工艺流程

思路分析 回转窑中 SrSO_4 被 C 还原为 SrS , 反应还生成 CO ; “浸取”时, SrS 发生水解反应生成 $\text{Sr}(\text{OH})_2$ 和 H_2S 气体; “沉淀”过程中, $\text{Sr}(\text{OH})_2$ 和硫酸反应生成 SrSO_4 沉淀。

【解析】回转窑中 SrSO_4 被 C 还原为 SrS , 化学方程式为 $\text{SrSO}_4 + 4\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{SrS} + 4\text{CO} \uparrow$, **A 正确**; “浸取”时, SrS 发生水解反应生成 $\text{Sr}(\text{OH})_2$ 和 H_2S 气体, 升高温度, 浸出速率加快, 浸出率增大, 同时还有气体生成, **B 正确**; 该工艺流程中, “回转窑焙烧”时发生氧化还原反应, “浸取”时发生水解反应, “沉淀”时发生中和反应, **C 正确**; 用水浸取 SrS 生成 $\text{Sr}(\text{OH})_2$, 可知 $\text{Sr}(\text{OH})_2$ 能溶于水, $\text{Sr}(\text{OH})_2$ 和硫酸反应生成沉淀, 可知 SrSO_4 不溶于水, **D 错误**。

3. D 必刷题型 ②用硼精矿制取 NaBH_4 的工艺流程

思路分析 以硼精矿(主要成分为 B_2O_3 , 含有少量 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 等)为原料制取 NaBH_4 , 由流程可知, 加 NaOH 溶液溶解, B_2O_3 、 Al_2O_3 、 SiO_2 均可溶于 NaOH 溶液, Fe_2O_3 不溶, 则“操作 1”为过滤, 滤渣为 Fe_2O_3 , 再加 CaO 将硅、铝沉淀, 经“操作 2”得到固体 NaBO_2 , 最后“反应 1”为 NaBO_2 与 MgH_2 反应生成 NaBH_4 。

【解析】 B_2O_3 与 NaOH 溶液反应类似于氧化铝与氢氧化钠溶液的反应, 离子方程式为 $\text{B}_2\text{O}_3 + 2\text{OH}^- + 3\text{H}_2\text{O} = 2[\text{B}(\text{OH})_4]^-$, **A 正确**; “除硅铝”步骤加入 CaO , 生成 $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2$ 沉淀, 过滤除掉滤渣, 同时提供碱性环境, 抑制 NaBO_2 水解, CaCl_2 呈中性, 不能达到目的, **B 正确**; 根据原子守恒, 可得到“反应 1”的化学方程式为 $2\text{MgH}_2 + \text{NaBO}_2 = \text{NaBH}_4 + 2\text{MgO}$, **C 正确**; “操作 1”是过滤, 除掉不溶的 Fe_2O_3 , “操作 2”是将滤液蒸发、结晶、洗涤, 得到 NaBO_2 , **D 错误**。

4. (1) $2\text{FeAsS} + 5\text{O}_2 \xrightarrow{\text{焙烧}} \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{SO}_2 + \text{As}_2\text{O}_3$

(2) 600 600 °C 时, 硫、砷的脱除率都较高且继续升温脱除率提高不大

(3) 增大反应物的接触面积, 加快反应速率, 使氰化更充分

(4) $\text{O}_2 + 4\text{Au} + 8\text{CN}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4[\text{Au}(\text{CN})_2]^- + 4\text{OH}^-$

(5) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \quad \text{Ca}(\text{OH})_2$

(6) $9.5 \times 10^{-3} \text{ aw}$

必刷题型 ③含砷金精矿提炼黄金的工艺流程



思路分析 由题给信息可知,含砷金精矿在空气中焙烧,FeAsS 转化为氧化铁、三氧化二砷和二氧化硫,将含有三氧化二砷和二氧化硫的烟气净化处理得到粗白砷,焙砂经冲砂、磨砂、氰化、过滤得到含有氧化铁、氢氧化钙的滤渣和含有 $\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2]$ 的滤液;向滤液中加入锌粉,将 $\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2]$ 转化为金,过滤得到金。

【解析】(1)由思路分析可知,焙烧时,FeAsS 发生的反应为高温条件下 FeAsS 与氧气反应生成氧化铁、三氧化二砷和二氧化硫,反应的化学方程式为 $2\text{FeAsS} + 5\text{O}_2 \xrightarrow{\text{焙烧}} \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{SO}_2 + \text{As}_2\text{O}_3$ 。

(2)由图乙可知,焙烧温度为 $600\text{ }^\circ\text{C}$ 时,硫、砷的脱除率都较高且继续升温脱除率提高不大,故最适宜的焙烧温度为 $600\text{ }^\circ\text{C}$ 。

(3)经磨砂后,可以增大固体的表面积,有利于增大反应物的接触面积,加快反应速率,使氰化更充分。

(4)由题意可知,氰化过程发生的反应为金与溶液中的 CN^- 、氧气和 H_2O 反应生成 $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ 和氢氧根离子,反应的离子方程式为 $\text{O}_2 + 4\text{Au} + 8\text{CN}^- + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4[\text{Au}(\text{CN})_2]^- + 4\text{OH}^-$ 。

(5)由分析可知,滤渣的主要成分为氧化铁和氢氧化钙。

(6)由题意可知, $a\text{ t}$ 含金 $w\%$ 的含砷金精矿通过上述流程可制得金的质量为 $a\text{ t} \times w\% \times 95\% = 9.5 \times 10^{-3}aw\text{ t}$ 。

5. (1) 漏斗、玻璃棒



(3) Na_2S 可除去铜银杂质,过量时,硫离子会被氧化成硫单质



必刷题型 ②含硒物料制取精硒的工艺流程

思路分析 由工艺流程可知,加热时硫能溶于煤油,降温时,硫结晶析出;脱硫渣中加入过量硫酸酸化的 NaClO_3 溶液, Fe_3O_4 、 SiO_2 不溶解,Se、铜及银的化合物溶解;粗硒中加入 Na_2SO_3 溶液,硒浸出并转化为 Na_2SeSO_3 ,浸出液中加入 Na_2S ,生成 Ag_2S 、 CuS 沉淀;稀硫酸酸化 Na_2SeSO_3 ,可制得精硒。

【解析】(1)实验室进行“过滤”操作时,用到的玻璃仪器有烧杯、漏斗、玻璃棒。

(2)“氧化浸取”中 Se 单质被过量硫酸酸化的 NaClO_3 溶液氧化为 Na_2SeO_4 ,同时收集到 ClO_2 气体等,该过程的化学方程式为 $6\text{NaClO}_3 + \text{Se} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SeO}_4 + 6\text{ClO}_2 \uparrow + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(3)由题图信息可知,“除杂”中 Na_2S 浓度对精硒中的杂质含量的影响是先降低后上升,原因是过量时,硫离子会被氧化成硫单质。

(4)“酸化”时, SeSO_3^{2-} 转化为 Se,同时生成 SO_2 和 H_2O ,反应的离子方程式为 $\text{SeSO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Se} \downarrow + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

题组 2

1. A 必刷题型 ②工艺流程分析



思路分析 向锆废砖粉(主要成分为 ZrO_2 、 Y_2O_3 、 CaO 等)中加入硫酸和硫酸铵,得到硫酸钙沉淀(滤渣 1),加入氨水调节溶液 pH 在 4~5.5 范围内沉淀锆离子,压滤,得到滤渣 2 为 $\text{Zr}(\text{OH})_4$,焙烧得到 ZrO_2 ;滤液 1 继续加入氨水调节 pH 为 6~8,过滤得 $\text{Y}(\text{OH})_3$ (滤渣 3),滤液 2 为硫酸铵和氨水混合溶液,焙烧滤渣 3 得到 Y_2O_3 。

【解析】若用硝酸代替硫酸,则反应过程中硝酸和 CaO 反应产生可溶性的 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$,无法生成 CaSO_4 沉淀从而除去 Ca^{2+} ,**A 错误**;根据分析可知滤渣 1 的主要成分为 CaSO_4 ,**B 正确**;"中和 1"调节 pH 范围在 4~5.5 的目的是沉淀锆离子,使之转化为 $\text{Zr}(\text{OH})_4$,**C 正确**;滤液 2 为硫酸铵和氨水混合溶液,硫酸铵可以返回"酸化"过程使用,故可以循环利用,**D 正确**。

2. B 必刷知识·氧化还原反应、化学平衡移动原理

【解析】"酸浸"环节的 H_2O_2 将二氧化铈还原为 Ce^{3+} ,反应的离子方程式为 $2\text{CeO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Ce}^{3+} + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$,**A 正确**;萃取过程发生反应 $\text{Ce}^{3+}(\text{水层}) + 3\text{HA}(\text{有机层}) \rightleftharpoons \text{CeA}_3(\text{有机层}) + 3\text{H}^+(\text{水层})$,是化学变化,**B 错误**;第一次加

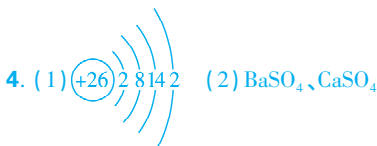
易错点

入氨水除去过量盐酸,降低氢离子浓度促使萃取平衡正向移动,有利于生成 CeA_3 ,第二次加入氨水消耗 H^+ ,促进 HCO_3^- 电离平衡,增大 CO_3^{2-} 浓度,有利于生成 $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3$,**C 正确**;根据萃取原理可知,反萃取是将 Ce^{3+} 从有机层转移到水层,**D 正确**。

3. A 必刷题型·从废电池材料中高效回收和利用锂资源的工艺流程分析

思路分析 向废电池材料中加入氯化铝和 CH_3CN 进行溶解,再通入氯气,将 Fe^{2+} 转化为 Fe^{3+} ,充分反应后,抽滤,得到磷酸铁沉淀,滤液经处理后得到 LiAlCl_4 。

【解析】废电池放电时,化学能转化为电能,**A 错误**;"氧化"步骤中, Cl_2 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ,**B 正确**;观察流程可知,乙腈没有参与反应,而是作为有机溶剂,**C 正确**;抽滤可以加快过滤速度,使固液分离更彻底,**D 正确**。



(3) 漏斗、玻璃棒、烧杯

(4) 将溶液中 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} $3.7 \leq \text{pH} < 7.7$

(5) 2.7×10^{-5}

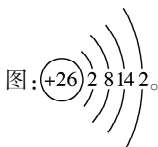
(6) $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{Ni}^{2+} + 6\text{OH}^- \rightleftharpoons 2\text{NiOOH} \downarrow + 2\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$

必刷题型·工艺流程题

思路分析 NiO 催化剂(主要成分为 NiO ,含 Fe_2O_3 、 CaO 、 CuO 、 BaO 等杂质)用硫酸浸取,过滤除去 BaSO_4 和 CaSO_4 ,得含有 Ni^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Ca^{2+} (少量)、 Cu^{2+} 的溶液,再向滤液中通入 H_2S 除去 Cu^{2+} , Fe^{3+} 与 H_2S 反应生成 Fe^{2+} 和 S 单质,过滤得 CuS 、S,滤液中含有 Ni^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 、 Ca^{2+} ,加入 H_2O_2 将 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+} ,调节溶液 pH 使 Fe^{3+} 沉淀而 Ni^{2+} 不沉淀,加入 NaF 除去剩余的 Ca^{2+} ,再加入 NaOH 及氧化剂反应得 NiOOH ,灼烧得 Ni_2O_3 。



【解析】(1) 铁元素是 26 号元素, 基态 Fe 原子结构示意图



(2) 根据思路分析, 滤渣主要成分为 BaSO_4 和 CaSO_4 。

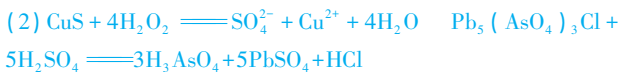
(3) 操作 A 是过滤, 需要用到的玻璃仪器是漏斗、玻璃棒、烧杯。

(4) 加入 H_2O_2 的目的是将溶液中 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ; 调节 pH, 使 Fe^{3+} 完全沉淀, 而 Ni^{2+} 不沉淀, 由表中数据可知, 调 pH 范围为 $3.7 \leq \text{pH} < 7.7$ 。

$$(5) c(\text{F}^-) = 0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ 时, } c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{CaF}_2)}{c^2(\text{F}^-)} = \frac{2.7 \times 10^{-11}}{0.001^2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 2.7 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}。$$

(6) “氧化”过程中加入 NaOH 、 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 反应生成 NiOOH , 其中 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 中 S 元素显 +6 价, 1 个 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 中有 1 个过氧键 ($-\text{O}-\text{O}-$), 过氧键中 O 显 -1 价, 发生反应的离子方程式为 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{Ni}^{2+} + 6\text{OH}^- \rightleftharpoons 2\text{NiOOH} \downarrow + 2\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

5. (1) 将 As_2O_3 溶解, 便于回收 As_2O_3



(3) 4 使 HL 分子易溶于有机相 水



必刷题型 ② 含砷烟尘脱砷并回收 As_2O_3 、铜和锌的工艺流程

思路分析

含砷烟尘 $[\text{As}_2\text{O}_3, \text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}, \text{CuS}, \text{ZnS}]$ 用热水“水浸”, 由于 As_2O_3 易溶于热水, 其他几种物质都难溶于热水, 过滤后得到含砷溶液, 蒸发结晶后得到 As_2O_3 ; 剩余固体中加 H_2SO_4 、 H_2O_2 进行“氧化酸浸”, CuS 、 ZnS 被氧化: $\text{CuS} + 4\text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + \text{Cu}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{ZnS} + 4\text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + \text{Zn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$ 与 H_2SO_4 反应生成 H_3AsO_4 : $\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl} + 5\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons 3\text{H}_3\text{AsO}_4 + 5\text{PbSO}_4 + \text{HCl}$, 用铜萃取剂将 Cu^{2+} 萃取到有机相中, 再加酸溶液将 Cu^{2+} 反萃取到水相中, 得到富铜液, 再用锌萃取剂将 Zn^{2+} 萃取到有机相中, 再加酸溶液将 Zn^{2+} 反萃取到水相中, 得到富锌液, 经过蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥等步骤得到 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】(1) As_2O_3 易溶于热水, 用热水可以将 As_2O_3 溶解, 便于回收 As_2O_3 。

(2) “氧化酸浸”时, CuS 发生反应的离子方程式为 $\text{CuS} + 4\text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + \text{Cu}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ 。

(3) HL 中的 N、酚羟基中的 O 均能与 Cu^{2+} 形成配位键, 故 CuL_2 中 Cu^{2+} 的配位数为 4; 正壬基为烷基, 极性较小, 根据相似相溶规律, 正壬基易溶于有机物, HL 作为萃取剂, 与 Cu^{2+} 形成配位化合物后溶于有机相, 从而实现萃取分离的目的; 根据思路分析, 反萃取后 Cu^{2+} 在水相中, 因此富铜液为水相。

(4) “萃取锌”后水相中含有大量的 H_2SO_4 和 H_3AsO_4 , “沉砷”时, 采用生石灰处理, CaO 、 H_2O 与 H_2SO_4 、 H_3AsO_4 反应生成 CaSO_4 、 $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ 沉淀。

(5) 根据 $2\text{HL} + \text{M}^{2+} \xrightleftharpoons[\text{反萃取}]{\text{萃取}} \text{ML}_2 + 2\text{H}^+$ 可知, 反萃取需要加 H^+



使平衡逆向移动得到富锌液,最终得到 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,因此试剂 X 为 H_2SO_4 。

6. (1) 第四周期第Ⅷ族

(2) 1 : 4 (3) 减少 Li_2CO_3 的溶解量,提高产率 b

(4) 0.094 (5) $2\text{Li}_2\text{CO}_3 + 4\text{CoCO}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{700\text{ }^\circ\text{C}} 4\text{LiCoO}_2 + 6\text{CO}_2$

(6) ① Co_2O_3 ② $\frac{1.66 \times 10^{32}}{N_A a^3}$

必刷题型 ①从废弃的锂电池正极材料回收 Li、Co 等金属的工艺流程

思路分析 废弃锂电池正极材料 (LiCoO_2) 中加入 SiCl_4 , 于 $500\text{ }^\circ\text{C}$ 下焙烧, 生成 O_2 和 LiCl 、 CoCl_2 、 SiO_2 的混合物; 将烧渣水浸, 得到的滤饼 1 为 SiO_2 , 滤液 1 为 LiCl 、 CoCl_2 的混合溶液; 往滤液 1 中加入 NaOH 溶液“沉钴”, 得到 $\text{Co}(\text{OH})_2$ 沉淀; 往滤液 2 中加入 Na_2CO_3 溶液“沉锂”, 从溶解度曲线可得出, 升高温度有利于 Li_2CO_3 结晶析出。

【解析】 (1) Co 的原子序数为 27, 其核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$, 在元素周期表中的位置为第四周期第Ⅷ族。

(2) LiCoO_2 、 SiCl_4 于 $500\text{ }^\circ\text{C}$ 下焙烧, 生成 O_2 和 LiCl 、 CoCl_2 、 SiO_2 的混合物, 则“ $500\text{ }^\circ\text{C}$ 焙烧”反应的化学方程式为 $4\text{LiCoO}_2 + 3\text{SiCl}_4 \xrightarrow{500\text{ }^\circ\text{C}} \text{O}_2 + 4\text{LiCl} + 4\text{CoCl}_2 + 3\text{SiO}_2$, 故生成的氧化产物 (O_2) 与还原产物 (CoCl_2) 的物质的量之比为 1 : 4。

(3) 从碳酸锂的溶解度随温度变化曲线可以看出, 温度升高, 碳酸锂的溶解度减小, 则向滤液 2 中加入 Na_2CO_3 溶液, 将温度升至 $90\text{ }^\circ\text{C}$ 是为了提高反应速率和减少 Li_2CO_3 的溶解量, 提高产率。所以得到碳酸锂沉淀的操作为加热后, 趁热过滤, 故选 b。

(4) 取 100 mL 滤液 2, 其中 $c(\text{Li}^+) = 0.10\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 为使锂元素的回收率不低于 80%, 则与 Na_2CO_3 反应的 Li^+ 的物质的量至少为 $0.10\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 80\% \times 0.1\text{ L} = 0.008\text{ mol}$, 根据关系式 $2\text{Li}^+ \sim \text{CO}_3^{2-}$ 可知, 发生反应的 Na_2CO_3 的物质的量为 0.004 mol; 反应后溶液中 $c(\text{Li}^+) = 0.10\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 20\% = 0.02\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,

则溶液中 $c(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{Li}_2\text{CO}_3)}{c^2(\text{Li}^+)} = \frac{3.6 \times 10^{-4}}{0.02^2}\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.9\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 至少应加入 Na_2CO_3 固体的物质的量为 $0.004\text{ mol} + 0.9\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.1\text{ L} = 0.094\text{ mol}$ 。

(5) 将碳酸锂 (Li_2CO_3) 与 CoCO_3 按 $n(\text{Li}) : n(\text{Co}) = 1 : 1$ 的比例混合, 则 Li_2CO_3 与 CoCO_3 的物质的量之比为 1 : 2, 在空气 (提供 O_2) 中于 $700\text{ }^\circ\text{C}$ 烧结, 生成 LiCoO_2 和 CO_2 , 化学方程式为 $2\text{Li}_2\text{CO}_3 + 4\text{CoCO}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{700\text{ }^\circ\text{C}} 4\text{LiCoO}_2 + 6\text{CO}_2$ 。

(6) ①该晶胞中, 含 Co 原子数目为 $8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$, 含 O 原子数目为 $6 \times \frac{1}{2} = 3$, 则该氧化物的化学式为 Co_2O_3 。

②设阿伏加德罗常数的值为 N_A , 则该晶体的密度为 $\frac{(59 \times 2 + 16 \times 3)\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{(a \times 10^{-10}\text{ cm})^3 \times N_A\text{ mol}^{-1}} = \frac{1.66 \times 10^{32}}{N_A a^3}\text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。