

模块二 元素及其化合物

第三章 金属及其化合物

第1节 钠及其化合物

刷基础

1. B 考查点 ▶ 碳酸氢钠的用途、钠单质的性质与用途

【解析】碳酸钠溶液的碱性过强，一般使用碳酸氢钠作胃酸中和剂，A 错误；金属钠具有强还原性，可还原四氯化钛生成钛单质，B 正确；钠的特征光谱是穿透力强的黄色光，用于制作高压钠灯，C 错误；钠导热性好，可用于快中子反应堆作热交换剂，D 错误。

2. C 考查点 ▶ 过氧化钠的构成、过氧化钠和二氧化硫、水的反应

【解析】1 个 Na_2O_2 微粒的构成是 2 个 Na^+ 和 1 个 O_2^{2-} ，1 mol Na_2O_2 固体中所含离子总数约为 $3 \times 6.02 \times 10^{23}$ ，A 错误。 Na_2O_2 具有强氧化性， SO_2 被氧化成硫酸钠，B 错误。 Na_2O_2 与水反应有碱和强氧化性物质生成，故可以使酚酞溶液先变红后褪色，C 正确。久置的 Na_2O_2 若部分变质，加入稀盐酸会有 O_2 生成，若

关键点

变质为 Na_2CO_3 ，加入稀盐酸会有 CO_2 生成，所以不能根据“产生无色气体”的现象判断 Na_2O_2 没有变质，D 错误。

3. D 考查点 ▶ 过氧化钠和二氧化碳反应

思路分析

A 是盐酸与石灰石反应制备二氧化碳气体的装置，因为盐酸易挥发，所以产生的二氧化碳中含有 HCl ，B 中的试剂是饱和碳酸氢钠溶液，可除去二氧化碳中的氯化氢气体；C 中固体为过氧化钠，主要和 CO_2 反应产生氧气，化学方程式为 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$ ，D 中应盛放氢氧化钠溶液，用来除去未反应的二氧化碳气体，E 是收集氧气的装置。

【解析】D 中盛放氢氧化钠溶液，用来除去未反应的二氧化碳气体，A 错误；装置 C 中通入的 CO_2 中还含有 H_2O ，故除了过氧化钠和 CO_2 的反应外，还有过氧化钠和 H_2O 的反应，化学方程式为 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$ 、 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$ ，B 错误；装置 B 中盛放的液体为饱和碳酸氢钠溶液，目的是除去 HCl 气体，C 错误；装置 A 为实验室制备 CO_2 的装置，即 CaCO_3 与 HCl 反应生成 CO_2 ，分液漏斗中盛放稀盐酸，D 正确。

4. D 考查点 ▶ 侯氏制碱法

【解析】合成氨工厂在制备氮气和氢气的过程中会产生大量的二氧化碳，是侯氏制碱法工业生产中 CO_2 的主要来源，A 正确；通入氨气使溶液碱性增强，将碳酸氢钠转化为溶解度较大的碳酸钠，结晶时可提高氯化铵的纯度，B 正确；侯氏制碱法是将 NH_3 、 CO_2 通入饱和 NaCl 溶液中，发生反应 $\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{HCO}_3$ 、 $\text{NH}_4\text{HCO}_3 + \text{NaCl} = \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaHCO}_3 \downarrow$ ，其中 NaHCO_3 溶解度最小，晶体析出过程应用了物质溶解度的差异，C 正确；草木灰的主要成分为 K_2CO_3 ，会与氯化铵发生反应生成 NH_3 ，使 N 元素流失，降低肥效，故氯化铵和草木灰不能同时施用，D 错误。

5. B 突破点 ▶ NaHCO_3 溶液的性质探究

【解析】钠很活泼，和水反应生成氢氧化钠和氢气，则无论 NaHCO_3 是否发生电离都会产生气泡，A 错误； NaHCO_3 水解显碱性，则用干

关键点

干燥洁净的玻璃棒蘸取 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHCO}_3$ 溶液,点在干燥的 pH 试纸上,测出溶液的 $\text{pH} > 7$,可说明 HCO_3^- 发生水解,B 正确;钠离子的焰色反应不需要透过蓝色钴玻璃观察,C 错误;澄清石灰水的主要成分为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与 NaHCO_3 反应也会产生白色沉淀,使溶液变浑浊,因此不能通过溶液是否变浑浊判断 NaHCO_3 溶液中是否存在 CO_3^{2-} ,D 错误。

易错点

刷提分

1. D 考查点 ▶ 碳酸钠与碳酸氢钠的相互转化、碳酸氢钠的制备、除杂的常见化学方法

【解析】装置甲中,氨气极易溶于水,直接通入溶液中易产生倒吸

关键点

现象,且侯氏制碱法中使用的是饱和食盐水,稀食盐水不利于 NaHCO_3 析出,A 不符合题意;装置乙中,碳酸氢钠受热易分解,而碳酸钠受热不分解,能用加热的方法来除去 Na_2CO_3 中的 NaHCO_3 ,不能用加热的方法除去 NaHCO_3 中的 Na_2CO_3 ,B 不符合题意;装置丙中,稀硫酸与碳酸氢钠反应生成二氧化碳,但长颈漏斗的下端没有伸入液面以下,会导致生成的二氧化碳从长颈漏斗逸出,C 不符合题意;装置丁中,氯化氢气体能与饱和碳酸氢钠溶液反应生成二氧化碳,而二氧化碳在饱和碳酸氢钠溶液中溶解度较小,所以可以用饱和碳酸氢钠溶液除去二氧化碳中的氯化氢,D 符合题意。

易错点

2. C 考查点 ▶ 侯氏制碱法,除杂的常见方法、沉淀溶解平衡

【解析】碳酸钙难溶于水,书写离子方程式时不能拆开,正确的离

关键点

子方程式为 $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}^{2+}$,A 错误; Na_2CO_3 溶液也能吸收 CO_2 ,所以除去 CO_2 中的少量 HCl 要用饱和 NaHCO_3 溶液,B 错误;装置Ⅲ中用冰水浴充分冷却试管内溶液,可降低碳酸氢钠的溶解度,使 NaHCO_3 固体析出,C 正确;析出 NaHCO_3 固体后的溶液为溶有氯化铵的饱和 NaHCO_3 溶液,上层清液中还存在 HCO_3^- ,D 错误。

3. A 突破点 ▶ 氢化钠的制备

【解析】分液漏斗有活塞,可以控制液体的滴加,故安全漏斗可以换为分液漏斗,A 正确;盐酸具有挥发性,使得氢气中含有氯化

关键点

氢杂质气体,B 错误;装置 D 的作用是防止空气中的水、二氧化碳等进入装置 C 中干扰实验,C 错误;应先启动 A 中的反应,利用生成的氢气将装置中的空气排出,从而防止钠与氧气反应,后点燃 C 处酒精灯开始制 NaH ,D 错误。

4. D 考查点 ▶ 过碳酸钠的制备流程分析

【解析】 50°C 时 $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2(\text{s})$ 开始分解,且原料 H_2O_2 受热易分解,因此步骤①的关键是控制温度,可通过缓慢滴加 H_2O_2 溶液或冷水浴调节,A 正确;滤液 X 中,增大 $c(\text{Na}^+)$ 或加入无水乙醇降低溶剂极性,可以析出过碳酸钠,B 正确;无水乙醇容易挥发且无水乙醇中 $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$ 溶解度较小,使用无水乙醇洗涤可以减少因溶解而损耗的量并快速除去水分,有利于干燥,C 正确;过碳酸钠具有强氧化性,可以杀菌消毒,但不能吸附水中

易错点

悬浮的杂质,D 错误。

5. C 考查点 ▶ 过氧化钠的性质

思路分析

1. 56 g (即 0.02 mol) Na_2O_2 加入 40 mL 水中, 充分反应得溶液 A (液体体积无明显变化), 完全反应生成氢氧化钠, 则氢氧化钠溶液的浓度为 $\frac{0.02 \text{ mol} \times 2}{0.04 \text{ L}} = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 结合实验现象分析判断。

【解析】向过氧化钠与水反应得到的溶液 A 中加入二氧化锰, 有气体放出, 该气体能使带火星的木条复燃, 说明是氧气, 是过氧化氢在二氧化锰催化作用下发生了分解, 说明 Na_2O_2 与水反应有 H_2O_2 生成, A 正确; ②步骤 i 中 H_2O_2 完全反应后, 溶液溶质为 NaOH , 步骤 ii 中得到的氢氧化钠溶液浓度为 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 与③步骤 i 中氢氧化钠溶液的浓度相等, 因此现象都是滴加酚酞后, 溶液变红色, 10 min 后溶液褪色, ③步骤 ii 中滴加几滴盐酸后, 氢氧化钠浓度减小, 溶液变成红色, 由④可知, 向 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氢氧化钠溶液中滴加酚酞, 溶液变红色, 2 h 后无明显变化, 说明 $c(\text{OH}^-)$ 较大时, 一段时间后红色会褪去, $c(\text{OH}^-)$ 浓度较小时, 不能褪色, 说明②中溶液红色褪去是因为 $c(\text{OH}^-)$ 大, B 正确; 根据 B 项的分析可知, 向 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氢氧化钠溶液中滴加酚酞, 溶液变红色, 溶液褪色需要 10 min, 而①中溶液变红色, 20 s 后就褪色, 说明①中溶液红色褪去的主要原因不是 $c(\text{OH}^-)$ 大, 而是过氧化氢的氧化作用, C 错误; ①中过氧化氢已经将酚酞氧化了, 该反应不可逆, 因此向褪色后的溶液中再滴加 5 滴 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸, 溶液不能变成红色, D 正确。

6. (1) ①f(或 g) g(或 f) d e ②吸收 N_2O 中混有的 $\text{HNO}_3(\text{g})$ 、 $\text{HCl}(\text{g})$ 和水蒸气 ③ $\text{SnCl}_2 + \text{N}_2\text{O} + (x+1)\text{H}_2\text{O} = \text{SnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} \downarrow + \text{N}_2 + 2\text{HCl}$ ④继续通入 N_2O 至三颈烧瓶冷却后, 关闭分液漏斗活塞防止 B 中液体倒吸入 C 中, E 中液体倒吸入 B 中

(2) ①蒸馏烧瓶 ②减小测定气体体积时的误差、使恒压滴液漏斗中的液体顺利流下 ③ $\frac{156}{mV_m}\%$

突破点 ▶ 实验题中钠的化合物的性质探究及其制备

【解析】装置 A 中稀硝酸和 SnCl_2 与盐酸的混合液反应制备 N_2O , 由于 HNO_3 和 HCl 具有挥发性且 HNO_3 具有强氧化性, 故所制 N_2O 中混有 $\text{HNO}_3(\text{g})$ 、 $\text{HCl}(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 而 NaNH_2 易潮解、易被氧化, 装置 D 中碱石灰可吸收 N_2O 中混有的 $\text{HNO}_3(\text{g})$ 、 $\text{HCl}(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 装置 C 中 NaNH_2 与 N_2O 共热发生反应制备 NaN_3 , 装置 B 中浓硫酸可防止 E 中 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 进入装置 C 中, 同时吸收装置 C 中反应生成的 NH_3 , 最后用足量 SnCl_2 溶液吸收多余的 N_2O 。

(1) ①根据上述分析, 按气流方向, 装置的合理连接顺序为 a → f(或 g) → g(或 f) → d → e → b → c → h。②由分析可知, 装置 D 中碱石灰用于吸收 N_2O 中混有的 $\text{HNO}_3(\text{g})$ 、 $\text{HCl}(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。③ N_2O 有强氧化性, 不与酸、碱反应, 故 N_2O 将 SnCl_2 氧化生成 $\text{SnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, 自身被还原成 N_2 , 根据得失电子守恒和原子守恒, 可知反应的化学方程式为 $\text{N}_2\text{O} + \text{SnCl}_2 + (x+1)\text{H}_2\text{O} = \text{SnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} \downarrow + \text{N}_2 + 2\text{HCl}$ 。

(2) ①根据仪器 F 的结构特点可知, F 的名称为蒸馏烧瓶。②管 q 的作用是减小测定气体体积时的误差, 并使恒压滴液漏斗中的液体顺利流下。③若 G 的初始读数为 37.20 mL、末读数为 1.20 mL, 则反应生成 N_2 的体积为 $37.20 \text{ mL} - 1.20 \text{ mL} = 36.00 \text{ mL}$, 实验条件下气体摩尔体积为 $V_m \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 N_2 的物

质的量为 $\frac{36.00 \times 10^{-3} \text{ L}}{V_m \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{0.036}{V_m} \text{ mol}$, 根据反应原理 $\text{ClO}^- + 2\text{N}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 3\text{N}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$, 可知 NaN_3 的物质的量为 $\frac{2}{3} \times \frac{0.036}{V_m} \text{ mol} = \frac{0.024}{V_m} \text{ mol}$, 故产品中 NaN_3 的质量分数为 $\frac{\frac{0.024}{V_m} \text{ mol} \times 65 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{m \text{ g}} \times 100\% = \frac{156}{m V_m} \%$ 。

7. B 创新点 ▶ 模块融合: 电位滴定法测定苏打样品溶液中小苏打的含量

思路分析

b 点为第一个滴定终点, Na_2CO_3 恰好完全发生反应: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{NaHCO}_3$, d 点为第二个滴定终点, NaHCO_3 恰好完全反应: $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】 a 点的溶质为 Na_2CO_3 、 NaCl 和 NaHCO_3 , b 点的溶质为 NaCl 和 NaHCO_3 , 相比 b 点, c 点加入更多盐酸, NaHCO_3 减少, c 点溶质为 NaCl 、 H_2CO_3 和 NaHCO_3 , d 点溶质为 NaCl 和碳酸, Na_2CO_3 、 NaHCO_3 属于强碱弱酸盐, 水解促进水的电离, 且 Na_2CO_3 的水解程度大于 NaHCO_3 , H_2CO_3 抑制水电离, 则水的电离程度: $a > b > c > d$, 从 b 到 d 溶液从碱性逐渐变为酸性, 则 b 、 d 之间存在一点溶液呈中性, A 正确; 碳酸钠转化为碳酸氢钠消耗盐酸的体积为 2.9 mL , 根据反应 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{NaHCO}_3$, $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{HCl}) = 2.9 \times 10^{-3} \text{ L} \times 0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.00029 \text{ mol}$, Na_2CO_3 的摩尔质量为 $106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 其质量 $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.00029 \text{ mol} \times 106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.03074 \text{ g}$, B 错误; d 点溶质为 NaCl 、 H_2CO_3 , 溶液存在电荷守恒: $c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{Cl}^-) + c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-})$, C 正确; a 到 b 过程中发生反应: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{NaHCO}_3$, 其离子方程式为 $\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-$, D 正确。

第2节 铁及其化合物

刷基础

1. A 考查点 ▶ 铁的氧化物的性质

【解析】该“纳米药物”粒子直径大于 100 nm , 分散于水中会得到浊液, A 错误; Fe_3O_4 具有磁性, 因此该药物具有磁性与 Fe_3O_4 有关, B 正确; 铁与水蒸气在高温下反应生成 Fe_3O_4 和氢气, C 正确; 二氧化硅能与氢氧化钠溶液反应生成硅酸钠和水, 属于酸性氧化物, D 正确。

2. B 考查点 ▶ $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 的制备

【解析】装置甲中, 物品与砝码的位置颠倒, 使用游码时称取的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 固体的质量偏低, A 不能达到实验目的; Na_2CO_3 溶液呈碱性, 加热时, 碱性增强, 能促进油脂水解, 从而去除物品表面的油污, 所以可用装置乙除去废铁屑表面的油污, B 能达到实验目的; 浓硫酸具有强氧化性, 常温下, 能使铁表面发生钝化, 所以不能用装置丙将废铁屑充分溶解, C 不能达到实验目的; $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 受热易失去结晶水, 所以用装置丁蒸干溶液得不到 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, D 不能达到实验目的。

3. D 考查点 ▶ 铁及铁的化合物性质

【解析】Fe 在纯氧中燃烧生成 Fe_3O_4 , A 错误; 常温下, Fe 与浓硝酸反应能生成致密的氧化物保护膜, B 错误; FeO 晶体中, $n(\text{Fe}) : n(\text{O}) = 1 : 1$, 若 $\frac{n(\text{Fe})}{n(\text{O})} < 1$, 说明 O 含量更多, 根据化合物中各元素正、负化合价代数和为 0 判断, 晶体中应该含有比 +2 价更高的 Fe, C 错误; Fe_3O_4 中存在 $[\text{Fe}(\text{III})\text{O}_4]^{5-}$, 证明 Fe^{3+} 与 O^{2-} 的结合能力更强, D

关键点

正确。

4. B 考查点 ▶ Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 的检验

【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, 化学方程式为 $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$, 故 A 错误; 肥皂液中产生气泡, 只能说明有气体产生, 不能说明该气体是氢气, 故 B 正确; 若滴加铁氰化钾溶液后出现蓝色沉淀, 说明溶液 a 含有亚铁离子, 但不能确定亚铁离子是来自铁粉还是 Fe_3O_4 , 故 C 错误; 若滴加 KSCN 溶液后溶液变红色, 说明含铁离子, Fe_3O_4 或 Fe 溶于稀硝酸也能生成铁离子, 故 D 错误。

5. D 考查点 ▶ Fe^{2+} 的还原性、无机物的制备

思路分析

废旧镀锌铁皮用氢氧化钠溶液碱洗, 锌溶于强碱生成四羟基合锌离子, 铁不溶解, 过滤后向滤渣中加入过量稀硫酸生成硫酸亚铁, 向反应后的溶液中加入适量过氧化氢, 部分亚铁离子被氧化为铁离子, 然后通入氮气隔绝空气,

关键点

并加入氢氧化钠溶液, 经过反应得到 Fe_3O_4 胶体粒子。

【解析】所给离子方程式的电荷不守恒、得失电子不守恒, “碱洗”时发生的反应为 $\text{Zn} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + \text{H}_2 \uparrow$, A 错误; “酸溶”发生的反应为 $\text{Fe} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$, B 错误; 最终产品 Fe_3O_4 胶体中铁有 +2 价和 +3 价, 则“氧化”后溶液中含有的主要离子为 H^+ 、 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 、 SO_4^{2-} , C 错误; Fe^{2+} 具有还原性, 所以通入 N_2 的作用是防止 O_2 氧化 Fe^{2+} 而降低 Fe_3O_4 产率, D 正确。

刷提分

1. A 考查点 ▶ 铁与浓硝酸的钝化反应、 Fe^{2+} 的还原性、高铁酸钠的强氧化性、蚀刻电路板

【解析】 FeCl_3 在水溶液中发生水解, 使溶液呈酸性, 而蚀刻电路板, 利用的是 FeCl_3 的氧化性, 将未覆膜的 Cu 氧化为 Cu^{2+} , 性质与用途不具有对应关系, A 符合题意; K_2FeO_4 具有强氧化性, 能杀死水中的细菌, 可用于水的消毒, B 不符合题意; 常温下, 铁遇浓硝酸发生钝化, 从而阻止铁与浓硝酸的进一步反应, 所以可用铁制容器贮运浓硝酸, C 不符合题意; $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 具有还原性, 能与氧气反应, 从而阻止食品被氧化, 所以可用作食品包装中的抗氧化剂, D 不符合题意。

2. B 考查点 ▶ 铁及其化合物的性质

【解析】存在 $\text{Fe} \xrightarrow{\text{Cl}_2} \text{FeCl}_3 \xrightarrow{\text{Fe}} \text{FeCl}_2$ 的转化, A 正确; Fe^{3+} 与 KSCN 溶液反应生成红色配合物使溶液变红, 不是生成沉淀, B 错误; 常温下 Fe 遇浓硫酸发生钝化, 故可用 Fe 制作的容器运输浓硫酸, C 正确; 当 Fe 过量时, 反应后溶液中溶质可以只存在 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$, D 正确。

3. C 突破点 ▶ 铁及其化合物的转化

【解析】废铁屑需要进行碱洗,目的是去除废铁屑表面的油污,油污的存在会影响后续反应的反应速率,A 正确;铁屑表面有 Fe_2O_3 , Fe_2O_3 和稀硫酸反应会生成 Fe^{3+} ,所以在酸溶过程中,单

关键点

质铁与 H^+ 、 Fe^{3+} 发生反应,B 正确;“氧化”时为检验氧化是否完

关键点

全,应检验溶液中是否有 Fe^{2+} ,KSCN 溶液不能用于检验 Fe^{2+} ,可改用 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液,若产生蓝色沉淀,则氧化不完全,C 错误;

“制备”时若改为向 Na_3PO_4 溶液中滴加 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液, Na_3PO_4 溶液的碱性强,产品中会混有 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,降低产品纯度,D

关键点

正确。

4. B 突破点 ▶ 碳酸亚铁的制备实验

思路分析

为防止 Fe^{2+} 被氧化,制备碳酸亚铁应在无氧环境中进行,装置甲制备的 CO_2 中混有的 HCl 气体通过乙中饱和碳酸氢钠溶液除去,生成的 CO_2 可排尽装置内的空气,装置丙中碳酸氢根离子与 Fe^{2+} 反应生成 FeCO_3 ,装置丁用于吸收多余的 CO_2 并避免外界空气进入装置丙中氧化目标产物。

【解析】装置甲产生的 CO_2 可排除装置中的空气,开始时应先通一段时间 CO_2 排尽装置内的空气,防止 Fe^{2+} 被氧化,A 正确; CO_2 中混有的 HCl 气体通过饱和碳酸氢钠溶液除去,而不是饱和碳酸钠溶液,B 错误;丙中 HCO_3^- 与 Fe^{2+} 反应生成 FeCO_3 ,同时生成二氧化碳、水,离子方程式为 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$,C 正确;丙中碳酸亚铁为沉淀,故反应后将丙中反应液静置、过滤、洗涤、干燥,可得到碳酸亚铁,D 正确。

5. A 考查点 ▶ 含铁化合物的制备流程分析

【解析】 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液的 $\text{pH} \approx 12$,溶液中 $c(\text{CO}_3^{2-}) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{OH}^-) = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,根据 FeCO_3 和 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的 K_{sp} 数据可知,形成 FeCO_3 沉淀所需的 $c(\text{Fe}^{2+}) = 3 \times 10^{-11} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,形成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 所需的 $c(\text{Fe}^{2+}) = 4.8 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,所以向 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液加入 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FeSO}_4$ 溶液时,会同时生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀,A 错误;第一步反应中,在生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的同时,会促进 CO_3^{2-} 的水解,可能会生成 CO_2 ,第二步反应中, H_2O_2 会分解生成 O_2 ,B 正确; $10 \text{ mL } 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 FeSO_4 溶液含 Fe^{2+} 的物质的量为 0.01 mol ,氧化过程中 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,转移 0.01 mol 电子,另外 H_2O_2 分解也会转移电子,则整个制备过程转移电子的物质的量大于 0.01 mol ,C 正确;沉淀表面可能存在 SO_4^{2-} 或 CO_3^{2-} ,可用 BaCl_2 溶液检验沉淀是否洗净,D 正确。

6. (1) 溶液中产生蓝色沉淀 $\text{Fe}^{2+} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + \text{K}^+ \rightleftharpoons \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$

(2) Fe 、 H_2SO_4

(3) ①排尽装置中的空气,防止氧气干扰硫酸亚铁的分解及对分解产物的检验 ②b、d ③ $2\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{SO}_3 \uparrow + 14\text{H}_2\text{O}$

考查点 ▶ Fe^{2+} 的性质及检验

【解析】工业废水中含有大量的 FeSO_4 和较多的 Fe^{3+} 和 Cu^{2+} ,加入足量 Fe 将 Fe^{3+} 和 Cu^{2+} 分别还原为 Fe^{2+} 和 Cu ,过滤得到的固体 1 为 Fe

和 Cu 的固体混合物,溶液 1 中含 FeSO_4 ,向固体 1 中加入适量稀硫酸,过滤得到固体 2(Cu)和溶液 2(FeSO_4 溶液),将溶液 1 和溶液 2 混合后蒸发浓缩、冷却结晶,即可得到 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 晶体; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 在分解时生成红棕色粉末即 Fe_2O_3 ,Fe 的化合价升高,则 S 元素的化合价降低,产物中有 SO_2 ,根据原子守恒可知产物中还应含有 SO_3 ,检验 SO_3 用 BaCl_2 溶液,检验 SO_2 用 KMnO_4 溶液,故 B、C 中的溶液依次为 b、d,现象分别为生成白色沉淀、溶液紫色变浅或褪色。

(1) 工业废水中含有 Fe^{2+} ,向其中加入铁氰化钾溶液,现象为溶液中产生蓝色沉淀,发生反应的离子方程式为 $\text{Fe}^{2+} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + \text{K}^+ \longrightarrow \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$ 。

(2) 由上述分析可知物质 1、物质 2 的化学式分别为 Fe 、 H_2SO_4 。

(3) ①先打开 K_1 和 K_2 ,缓缓通入 N_2 排尽装置中空气,防止氧气干扰硫酸亚铁的分解及对分解产物的检验;③根据以上分析并结合得失电子守恒和原子守恒,可知 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 高温分解反应的化学方程式为 $2\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{SO}_3 \uparrow + 14\text{H}_2\text{O}$ 。

7. (1) ① Fe^{3+} 和 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 生成 $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$ 和 H^+ ,溶液中 H^+ 浓度增大, Fe^{3+} 浓度降低,促进硫酸烧渣中铁的氧化物与硫酸的反应

② Fe^{2+} 与 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 生成 FeC_2O_4 沉淀

(2) ① $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 4\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 4\text{NH}_4^+$

②温度升高, H_2O_2 分解,使 Fe^{2+} 氧化不充分;温度升高,氨气逸出,氨水浓度减小,不利于 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的生成 ③草酸铵

(3) 除去 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 中含有的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 杂质

突破点 以硫酸烧渣为原料制备氧化铁红

思路分析

向硫酸烧渣中加入硫酸和草酸“酸浸”时,氧化铁、四氧化三铁、氧化铝溶解,转化为三草酸合铁离子、亚铁离子、铝离子,二氧化硅不溶于混酸,过滤得到含有三草酸合铁离子、亚铁离子、铝离子的滤液和含有二氧化硅的残渣;向滤液中加入氨水和过氧化氢,将亚铁离子氧化为铁离子后,与三草酸合铁离子一起转化为氢氧化铁沉淀,过滤得到含有硫酸铵和草酸铵的母液和含有氢氧化铁、氢氧化铝的沉淀;向沉淀中加入氢氧化钠溶液,将沉淀中混有的氢氧化铝转化为四羟基合铝酸根离子,过滤得到氢氧化铁;氢氧化铁煅烧生成氧化铁红。

【解析】(1) ①由题给信息可知,加入草酸能提高铁浸取率的原因是铁离子和草酸生成三草酸合铁离子和 H^+ ,使溶液中的氢离子浓度增大、铁离子浓度降低,有利于硫酸烧渣中铁的氧化物与硫酸的反应。②由题给信息可知,草酸加入量大于 20% 时,亚铁离子与草酸反应生成草酸亚铁沉淀,导致铁浸取率随草酸加入量增加而减小。

(2) ①硫酸亚铁转化为氢氧化铁的反应为硫酸亚铁与过氧化氢、氨水反应生成硫酸铵和氢氧化铁沉淀,反应的离子方程式为 $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 4\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 4\text{NH}_4^+$ 。②当反应温度超过 35°C 时,温度升高,过氧化氢分解,使亚铁离子氧化不充分;氨气逸出,氨水浓度减小,不利于氢氧化铁的生成。③由分析可知,“沉铁”后过滤所得母液中含有的主要成分为硫酸铵和草酸铵。

(3) 由分析可知,“纯化”时,加入氢氧化钠溶液的目的是将沉淀

中混有的氢氧化铝转化为四羟基合铝酸根离子,过滤除去。

8. C 创新点 ▶ 分析与推测:亚铁离子和铁离子的检验、铁盐和亚铁盐的相互转化

【解析】实验①中, $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液滴加 KSCN 后无红色出现,说明未生成 $Fe(SCN)_3$, A 正确; H_2O_2 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , Fe^{3+} 遇 SCN^- 显红色,过量的 H_2O_2 会氧化 SCN^- ,导致红色褪去, B 正确;由实验②可知, I_2 无法将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , C 错误;由题可知,氧化性: $H_2O_2 > I_2$, 实验③中 I_2 将 $K_4[Fe(CN)_6]$ 氧化为 $K_3[Fe(CN)_6]$, 则 H_2O_2 也可氧化 $K_4[Fe(CN)_6]$, 生成 $K_3[Fe(CN)_6]$, 同时 H_2O_2 被还原, D 正确。

第3节 金属材料 金属资源的利用

刷基础

1. A 考点 ▶ 无水硝酸铜的制备

【解析】稀硝酸与铜的反应: $3Cu + 8HNO_3(稀) \xrightarrow{\quad} 3Cu(NO_3)_2 + 2NO \uparrow + 4H_2O$, 加热能加快反应速率, A 正确;吸收尾气时进气导管口应在液面下,出气导管口应在液面上方一段距离处,另外 NO 气体不能被 NaOH 溶液吸收, B 错误;硝酸铜在水溶液中能发生水解反应 $Cu(NO_3)_2 + 2H_2O \rightleftharpoons Cu(OH)_2 + 2HNO_3$, 加热时因水解反应吸热且 HNO_3 易挥发,促使水解平衡向正反应方向移动,无法得到 $Cu(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, C 错误;直接加热 $Cu(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 时 $Cu(NO_3)_2$ 发生水解反应,应在 HNO_3 氛围中进行, D 错误。

2. D 考点 ▶ 金属 Na、Al 的制备,硝酸的工业制备,吸氧腐蚀的原理

【解析】电解熔融氯化钠才能得到钠单质,而不是电解氯化钠溶液, A 错误;电解熔融氧化铝制备铝单质,而不是电解氯化铝溶液, B 错误;NO 不和水反应,需要同时通入 O_2 才能生成硝酸, C 错误;海水中铁发生吸氧腐蚀生成氢氧化亚铁,氢氧化亚铁被氧气氧化为氢氧化铁,物质转化能实现, D 正确。

3. A 考点 ▶ 钛单质的制备

信息梳理

$FeTiO_3$ 在高温下经氯化得到 $TiCl_4$, 该反应的

化学方程式为 $2FeTiO_3 + 6C + 7Cl_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2FeCl_3 + 6CO + 2TiCl_4$;

$TiCl_4$ 和 Mg 在 Ar 气氛中、800 °C 下反应生成 Ti, 该反应的化

学方程式为 $TiCl_4 + 2Mg \xrightarrow{\text{Ar, 800 } ^\circ\text{C}} Ti + 2MgCl_2$ 。

【解析】氯化过程中发生的反应中 $FeTiO_3$ 和 C 作还原剂, Cl_2 作氧化剂, 每消耗 6 mol 碳单质, 就有 7 mol Cl_2 参加反应, 转移电子 14 mol, A 正确; $FeTiO_3$ 中 Fe 的化合价为 +2 价, 反应后升高到 +3 价, 没有元素化合价降低, 因此 $FeTiO_3$ 只作还原剂, B 错误;根据电负性数据可知 TiF_4 属于离子晶体, $TiCl_4$ 属于分子晶体, 离子晶体的熔点高于分子晶体, C 错误;制取金属钛时, 不可以选用 CO_2 隔绝空气, 因为 Mg 与 CO_2 能在 800 °C 下发生反应, D 错误。

4. D 考点 ▶ 含铬化合物的性质与转化

【解析】 $2CrO_4^{2-}(\text{黄色}) + 2H^+ \rightleftharpoons Cr_2O_7^{2-}(\text{橙色}) + H_2O$, A 正确;过程 II 中 Cr 元素化合价降低, 说明被还原, 则 SO_2 是还原剂, Cr^{3+} 为还原产物, B 正确;处理废水的过程中, Cr 元素化合价由 +6 价降低到 +3 价, 每个 Cr 原子得 3 个电子, 则处理废水中的

1 mol CrO_4^{2-} (不考虑其他氧化剂存在), 转移电子数为 $3N_A$, C 正确; 通常情况下, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 中的 Fe^{3+} 不具有还原性, 不能代替具有还原性的二氧化硫, D 错误。

5. D 考查点 ▶ 铜冶金污水处理过程分析

思路分析

铜冶金污水中含有铜离子、铁离子、锌离子、铝离子, 首先加入石灰乳调至 $\text{pH} = 4$ 除掉铁离子和部分铝离子, 过滤后, 加入硫化钠溶液除去“混合槽 II”中剩余的铝离子、铜离子和锌离子, 再次过滤后即得“出水”。

【解析】由题表可知, 当 $\text{pH} = 4$ 时, 会生成氢氧化铝和氢氧化铁沉淀, 即“沉渣 I”中含有 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$, A 正确; 硫化钠溶液中的硫离子水解使溶液显碱性, 主要发生第一步水解, 离子方程式为 $\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{OH}^-$, B 正确; 当铜离子和锌

关键点

离子完全沉淀时, 硫化铜和硫化锌都达到了沉淀溶解平衡, 则

$$\frac{c(\text{Cu}^{2+})}{c(\text{Zn}^{2+})} = \frac{c(\text{Cu}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-})}{c(\text{Zn}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-})} = \frac{K_{\text{sp}}(\text{CuS})}{K_{\text{sp}}(\text{ZnS})} = \frac{6.4 \times 10^{-36}}{1.6 \times 10^{-24}} = 4.0 \times 10^{-12}, \text{C}$$

正确; 污水经过处理后, 其中含有较多的钙离子、钠离子, 故“出水”应该经过阳离子交换树脂软化处理, 达到工业冷却循环用水的标准后, 才能使用, D 错误。

刷提分

1. D 考查点 ▶ 铜及其化合物性质

【解析】基态 Cu 原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$, 核外有 $1+1+3+1+3+5+1 = 15$ 个原子轨道, 故核外电子有 15 种不同的空间运动状态, A 正确; 合金的熔点一般低于组分金属的熔点, 因此青铜的熔点低于纯铜, B 正确; Sn、Pb 的活动性强于 Cu, 青铜中的 Cu 和 Sn、Pb 可形成原电池且 Sn、Pb 作负极, Cu 作正极被保护, C 正确; FeCl_3 会和 Cu 反应而腐蚀铜器, 故不能用 FeCl_3 溶液浸泡青铜器来清洗青铜器的铜锈, D 错误。

2. D 考查点 ▶ 金属的冶炼

【解析】电解熔融氯化钠制取金属钠, 化学方程式为 $2\text{NaCl}(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{Na} + \text{Cl}_2 \uparrow$, A 正确; Na、Mg 的活动性强于 Ti, 故可用 Na、Mg 等活泼金属作还原剂冶炼 Ti, (以 Mg 为例) 化学方程式为 $2\text{Mg} + \text{TiCl}_4(\text{熔融}) \xrightarrow[\text{氩气}]{\text{高温}} \text{Ti} + 2\text{MgCl}_2$, B 正确; 铝的还原性强于钒, 故可以用 Al 作还原剂 (铝热剂) 冶炼金属 V, 化学方程式为 $3\text{V}_2\text{O}_5 + 10\text{Al} \xrightarrow{\text{高温}} 6\text{V} + 5\text{Al}_2\text{O}_3$, C 正确; 银是不活泼的金属, 一般采用加热 Ag_2O 的方法冶炼 Ag, D 错误。

3. C 考查点 ▶ 铜及其化合物的化学、离子方程式的判断

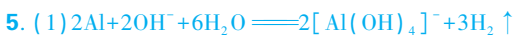
【解析】 Cu_2S 在高温下与 O_2 反应生成 Cu_2O 和 SO_2 , 反应的化学方程式为 $2\text{Cu}_2\text{S} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$, A 错误; 浓硝酸具有强氧化性, Cu_2S 与浓硝酸反应生成 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、 NO_2 、S 和 H_2O , 反应的化学方程式为 $\text{Cu}_2\text{S} + 8\text{HNO}_3(\text{浓}) = 2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{NO}_2 \uparrow + \text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$, B 错误; Cu_2O 溶于稀硫酸会发生氧化还原反应, 生成 CuSO_4 、Cu 和 H_2O , 反应的离子方程式为 $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}^+ = \text{Cu} + \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$, C 正确; 氨水呈碱性, Cu 在 O_2 存在的条件下与氨水反应的离子方程式为 $2\text{Cu} + 8\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 6\text{H}_2\text{O} + 4\text{OH}^-$, D 错误。

4. B 突破点 ▶ 工艺流程中物质的综合利用

思路分析

赤泥高温烧结发生多个反应, Al_2O_3 与 Na_2CO_3 反应生成 NaAlO_2 、 TiO_2 与 Na_2CO_3 反应生成 Na_2TiO_3 、C 与铁的氧化物的反应等, 熟料水浸后经操作 1 (过滤) 得到的滤渣 1 的成分是 Fe 、 Fe_3O_4 、 Na_2TiO_3 , NaAlO_2 进入滤液 1 中, 滤液 1 中通入足量 CO_2 经操作 2 (过滤) 得到的滤渣 2 为 $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ 经系列处理得到 Al ; 滤渣 1 经操作 3 (磁选) 得到精铁矿 (Fe 、 Fe_3O_4) 和尾矿 (Na_2TiO_3), 精铁矿经过处理最终得到铸铁, 尾矿中加入稀 HCl 得到 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】 Al_2O_3 与 Na_2CO_3 在高温条件下反应生成 NaAlO_2 和 CO_2 , 化学方程式为 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{NaAlO}_2 + \text{CO}_2 \uparrow$, A 正确; 过程③中通入足量的 CO_2 , 反应生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 NaHCO_3 , B 错误; 由分析可知, C 正确; 尾矿为难溶于水的 Na_2TiO_3 , 加入稀 HCl 反应后得到 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, 离子方程式为 $\text{Na}_2\text{TiO}_3 + 2\text{H}^+ + (x-1)\text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} + 2\text{Na}^+$, D 正确。



(2) 溶液中 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 过量, 同时 $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) > K_a[\text{Al}(\text{OH})_3]$

(3) 搅拌、适当升温 (或适当增大盐酸的浓度)

(4) ①增大 $c(\text{H}^+)$, 抑制 AlCl_3 的水解; 增大 $c(\text{Cl}^-)$, 促进 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 的析出 ②饱和 AlCl_3 溶液

(5) 蒸馏水洗涤沉淀, 直至取最后一次洗涤后的滤液少许, 滴入 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液无沉淀产生; 向沉淀中加入硫酸溶液至全部溶解, 加入适量的 K_2SO_4 溶液, (水浴 80°C) 蒸发浓缩冷却至室温结晶

考查点 ▶ 铝与强碱溶液反应, 物质分离、提纯综合应用, 无机物的制备

【解析】 (1) 铝与强碱反应生成 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 和氢气, 离子方程式为 $2\text{Al} + 2\text{OH}^- + 6\text{H}_2\text{O} = 2[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + 3\text{H}_2 \uparrow$ 。

(2) 通入少量 CO_2 发生“沉淀”反应, 溶液中 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 过量, 同时 $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) > K_a[\text{Al}(\text{OH})_3]$, 则 HCO_3^- 会完全反应, 滤液中溶质主要为 Na_2CO_3 。

(4) ②洗涤时为了减少 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 晶体溶解, 用饱和氯化铝溶液进行洗涤。



(2) 取样, 滴加铁氰化钾溶液, 无蓝色沉淀产生



(4) 减弱溶液酸性, 防止 Cu_2O 在酸性溶液中歧化为二价铜和铜单质

(5) 边搅拌边向溶液中通入 SO_2 , 用 pH 计测量溶液的 pH, 至 pH 约为 10, 停止通入 SO_2 ; 再向溶液中通入 O_2 至 pH 约为 7, 将溶液加热浓缩至有晶膜出现, 降至室温, 结晶、过滤

考查点 ▶ Fe^{2+} 的鉴别及其应用

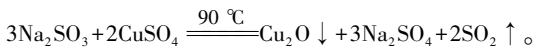
思路分析

黄铜矿“浸泡”时, CuFeS_2 转化为 Fe^{2+} 、 Cu^{2+} 和硫单质, 硫单质和二氧化硅可通过过滤除去, 通入氧气、加入硫酸溶液, 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 加入氧化铜, 调节 pH 沉淀 Fe^{3+} , 过滤所得滤液主要含硫酸铜, 再向其中加入氢氧化钠和亚硫酸钠, 热还原得到纳米 Cu_2O 。

【解析】(1) ①基态 Cu 的核外电子排布式为 $[\text{Ar}]3\text{d}^{10}4\text{s}^1$, 失去 4s 上的 1 个电子形成 Cu^+ , 故基态 Cu^+ 核外电子排布式为 $[\text{Ar}]3\text{d}^{10}$; ②由流程图可知, 加入硫酸铁有硫单质生成, 根据氧化还原反应规律, “浸泡”时 CuFeS_2 发生反应的离子方程式为 $\text{CuFeS}_2 + 4\text{Fe}^{3+} = 5\text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+} + 2\text{S}$ 。

(2) 判断“操作 1”的反应 ($\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$) 已完成 (即不含有 Fe^{2+}) 的实验操作及现象为取样, 滴加铁氰化钾溶液, 无蓝色沉淀产生。

(3) 由题干信息可知, 反应时 A 装置原料配比为 $n(\text{Na}_2\text{SO}_3) : n(\text{CuSO}_4) = 3:2$, 且反应产生酸性气体, 说明有二氧化硫生成, 同时也有目标产物氧化亚铜生成, 故反应的化学方程式为



(4) 反应产生 SO_2 , 导致溶液酸性增强, Cu_2O 在酸性溶液中发生歧化反应生成 Cu^{2+} 和铜单质, 从而降低 Cu_2O 含量, 故滴加氢氧化钠溶液除去二氧化硫减弱溶液酸性。

(5) 利用装置 B 中的溶液 (NaOH 与 Na_2SO_3 混合溶液) 制备 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, 取装置 B 中的溶液, 边搅拌边向溶液中通入 SO_2 , 由题图丙可知 pH 约为 10 时, 硫元素主要以 SO_3^{2-} 的形式存在, 所以先通入 SO_2 , 至 pH 约为 10; 再向溶液中通入 O_2 , 将 SO_3^{2-} 氧化为 SO_4^{2-} , 至 pH 约为 7, 将溶液加热浓缩至有晶膜出现, 降至室温, 结晶、过滤、洗涤、干燥得 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 。

7. D 创新点 ▶ 古代典籍中金属的冶炼

【解析】根据锌的熔点为 $420\text{ }^\circ\text{C}$, 沸点为 $907\text{ }^\circ\text{C}$ 可知, 冷凝区中, 锌由气态转化为液态, 理论上该区温度控制在 $420 \sim 907\text{ }^\circ\text{C}$, A 正确; Zn 在加热时易被氧化, 冷却为固体后才“毁罐”取锌, 是防止 Zn 在较高的温度下被氧化成 ZnO, B 正确; 反应区中, ZnCO_3 分解生成 ZnO 和 CO_2 : $\text{ZnCO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{ZnO} + \text{CO}_2 \uparrow$, C 正确; 反应区中, C 与 ZnO 发生置换反应得到 Zn, ZnO 被还原, C 被氧化, D 错误。

全章真题训练

刷真题

刷本源

1. A 命题点 ▶ 元素化合物的性质及相互转化

【解析】得电子能力: $\text{H}^+(\text{H}_2\text{O}) > \text{Mg}^{2+}$, 电解 MgCl_2 溶液发生的反

关键点

应为 $\text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow$, 得不到镁单质, B 错误; 饱和 NaCl 溶液中先通入 NH_3 得到氨盐水, 再通入 CO_2 才会析出溶解度较小的 NaHCO_3 , 直接向 NaCl 溶液中通入 CO_2 不能得到 NaHCO_3 溶液, C 错误; SO_2 氧化为 SO_3 后与 H_2O 反应才能生成 H_2SO_4 , D 错误。

2. B 命题点 ▶ 常见物质的性质与用途

【解析】铁粉具有还原性, 在一定条件下可以和氧气反应, 可用作食品保存的吸氧剂, A 项不符合题意; 纳米 Fe_3O_4 能与酸反应和其用作铁磁性材料没有直接关系, B 项符合题意; 氯化铁具有氧化性, 可用作印刷电路板的腐蚀剂, 反应为 $\text{Cu} + 2\text{FeCl}_3 = \text{CuCl}_2 + 2\text{FeCl}_2$, C 项不符合题意; 铁离子水解可以形成氢氧化铁胶体, 可以吸附水中的一些不溶性杂质, 达到净水的目的, D 项不符合题意。

3. B 命题点 ▶ 实验方案设计、硫酸亚铁的性质

【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,而酚酞试液的 pH 变色范围为 8.2~10.0,所以无法使用酚酞试液检验 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。

4. (1) ① Fe_2O_3 ② 初期盐酸过量, Fe_2O_3 不断被溶解使铁的浸出率上升,一段时间后盐酸的量不足,溶液 pH 增大使部分 Fe^{3+} 水解成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀,使铁的浸出率下降

(2) 随 pH 增大,溶液中 $c(\text{H}^+)$ 减小, $\text{R}_3\text{NH} \cdot \text{HSO}_4$ 更多转化为 $(\text{R}_3\text{NH})_2\text{SO}_4$, 萃取反应的反应物浓度增大,生成物浓度减小,萃取平衡正向移动

命题点 ▶ 铁及其化合物的性质、化学平衡的移动

【解析】(1) ① 由图可知, Fe 的浸出率比 Nd 浸出率低很多,因此大多数 Fe 元素在浸取过程中以 Fe_2O_3 形式存在,则含铁滤渣的主要成分是未反应的 Fe_2O_3 。② 浸出初期, Fe_2O_3 可与盐酸反应得到含 Fe^{3+} 的溶液,同时 Nd_2O_3 也会与盐酸反应,随着反应的进行,溶液中 $c(\text{H}^+)$ 减小,一部分此前进入溶液的 Fe 元素由 Fe^{3+} 水解为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀,故 Fe 的浸出率在浸出初期先上升再下降。(2) 萃取过程中,萃取剂发挥作用的形态是 $(\text{R}_3\text{NH})_2\text{SO}_4$,随着水层的 pH 增大,水层中 $c(\text{H}^+)$ 减小, $\text{R}_3\text{NH} \cdot \text{HSO}_4$ 转化为 $(\text{R}_3\text{NH})_2\text{SO}_4$,萃取反应的反应物浓度增大,生成物中 H^+ 的浓度减小,促使萃取反应平衡正向移动,因此有机层中 Fe 元素的含量迅速增多。

刷借鉴

5. B **命题点** ▶ “价—类”二维图

【解析】若 a 在沸水中可生成 e,则 a 为 Mg, $\text{a} \rightarrow \text{f}$ 的反应也可以是 Mg 与酸发生置换反应,A 错误;根据存在 $\text{e} \rightarrow \text{d}$ 的转化可知,a 为 Fe, $\text{e} \rightarrow \text{d}$ 的转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ (白色) 转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (红褐色),存在物质颜色变化,B 正确;若 c 为 AlCl_3 ,加热其饱和溶液,不会形成能产生丁达尔效应的红棕色分散系,C 错误;若 b、d 分别为 Fe_2O_3 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,均可与 HCl 反应生成 FeCl_3 ,而 Fe 元素位于周期表 d 区,D 错误。

6. B **命题点** ▶ 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。

7. C **命题点** ▶ 工艺流程分析,涉及试剂用量、离子方程式判断等

思路分析

浸铜:“浸铜”时反应为 $\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons$

$\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$, 反应后溶液中的主要离子为 Cu^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 H^+ ; …

…………… B 错误

脱氯:由题给信息可知,“脱氯”步骤仅 Cu 元素化合价发生改变,反应为 $\text{Cu} + \text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightleftharpoons 2\text{CuCl}$, 此反应需 Cu 参与,故“浸铜”时 Cu 应有剩余, H_2O_2 应适量; …… A 错误、C 正确

脱氯液:“脱氯”后脱氯液中金属离子主要为 Zn^{2+} , 电解时, Zn^{2+} 得电子生成 Zn, 是还原反应, 则在阴极得到 Zn。 ……

…………… D 错误

8. (1) $5s^2$ (2) Ca^{2+} 、 Mg^{2+}

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

(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

命题点 ▶ 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

思路分析

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 $K_{sp}(\text{SrSO}_4) > K_{sp}(\text{BaSO}_4)$, 所以加入 BaCl_2 溶液后, 发生反应 $\text{SrSO}_4 + \text{Ba}^{2+} \rightleftharpoons \text{BaSO}_4 + \text{Sr}^{2+}$, 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 $c(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{K_{sp}(\text{BaSO}_4)}{c(\text{Ba}^{2+})} =$

$\frac{10^{-9.97}}{0.01} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-7.97} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 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。