

专题4 非金属及其化合物

考点10 氯及其化合物

1. B 【解析】“84”消毒液的漂白原理与活性炭不同,消毒液是利用其强氧化性进行漂白,而活性炭是利用其物理吸附作用,A 错误;次氯酸盐和次氯酸都具有强氧化性,故二者都具有漂白性,B 正确;实验③中使湿润的淀粉-碘化钾试纸变蓝的刺激性气味的气体是 Cl_2 ,是由次氯酸钠和氯化钠在酸化条件下反应得到: $\text{Cl}^- + \text{ClO}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$,C 错误;由实验①②③可知,加少量酸可以增强“84”消毒液的漂白效果,但酸的浓度过大时会生成污染气体氯气,消毒液的有效利用率下降,D 错误。

2. D

思路分析

A 装置中 MnO_2 与浓盐酸共热制取 Cl_2 ,通过 D 装置中饱和食盐水除去 HCl 并将 Cl_2 与空气混合,在 B 装置中制备 Cl_2O ,利用 C 装置除去 Cl_2O 中的 Cl_2 ,最后利用 E 装置吸收 Cl_2O 制备次氯酸溶液($\text{Cl}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HClO}$),以此分析。

【解析】装置 A 中 MnO_2 与浓盐酸共热制取 Cl_2 ,反应的离子方程

式为 $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\Delta} \text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,A 正确;由已知②

可知, Cl_2O 浓度过高时易爆炸,因此实验中须控制氯气和空气的体积比为 1:3,防止 Cl_2O 浓度过高发生爆炸,B 正确; Cl_2O 和 Cl_2

在消毒时自身均被还原为 Cl^- ,则 87 g Cl_2O (即 1 mol Cl_2O)得到

4 mol 电子,消毒效率为 $\frac{4}{87} \text{ mol} \cdot \text{g}^{-1}$,71 g Cl_2 (即 1 mol Cl_2)得到

2 mol 电子,消毒效率为 $\frac{2}{71} \text{ mol} \cdot \text{g}^{-1}$,因此 Cl_2O 的消毒效率是等

质量 Cl_2 的 $\frac{\frac{4}{87}}{\frac{2}{71}} \approx 1.6$ 倍,C 正确;根据分析可知,各装置的连接

顺序为 $\text{A} \rightarrow \text{D} \rightarrow \text{B} \rightarrow \text{C} \rightarrow \text{E}$,D 错误。

3. A 【解析】漂白粉的主要成分为氯化钙和次氯酸钙,酸性条件

发生归中反应生成氯气: $\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\Delta}$

$2\text{CaSO}_4 \downarrow + 2\text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,A 正确;B 装置中氯气和 I^- 发生反应 $\text{Cl}_2 +$

$2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^- + \text{I}_2$,淀粉遇碘变蓝色, Cl_2 过量会发生反应 $5\text{Cl}_2 + \text{I}_2 +$

$6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HIO}_3 + 10\text{HCl}$,则溶液蓝色逐渐褪去,B 错误; SO_3^{2-} 和

Ba^{2+} 也可生成白色沉淀 BaSO_3 ,C 错误; I^- 、 Fe^{2+} 被 Cl_2 氧化生成碘

单质、铁离子,二者溶液均为黄色,不能判断哪种离子先被氧化,

则无法比较二者还原性强弱,D 错误。

4. (1) ①平衡压强,使浓盐酸顺利流下 ②除去氯气中的氯化氢

③提供碱性环境,确保 K_2FeO_4 稳定存在,提高产率



(2)不能 溶液中可能混有 KClO ,酸性环境下可与 Cl^- 反应产生 Cl_2

思路分析

由已知②可得,高铁酸钾(K_2FeO_4)只能在碱性溶液中稳定存在,因此在装置C中制备 K_2FeO_4 。利用 KMnO_4 与浓盐酸反应制得 Cl_2 ,将 Cl_2 通过饱和 NaCl 溶液除去从浓盐酸中挥发出来的 HCl 。由于在氢氧化钾溶液中制备 K_2FeO_4 ,因此 Cl_2 无需干燥。将除 HCl 后的 Cl_2 通入含有 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的 KOH 溶液中,最终制得高效水处理剂高铁酸钾(K_2FeO_4),据此分析。

【解析】(1)①装置A用于制取 Cl_2 ,为了防止蒸馏烧瓶内压强增大而使分液漏斗内液体无法滴落,通过橡胶管将分液漏斗与蒸馏烧瓶连通,平衡体系的压强,确保浓盐酸能顺利流下。

②由于盐酸具有挥发性,所得 Cl_2 中混有 HCl 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, HCl 会消耗 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 KOH ,用饱和 NaCl 溶液除去 HCl 。

③由已知信息②可知 K_2FeO_4 在酸性或中性环境下不稳定,在碱性环境中较稳定,可知装置C需要确保碱性环境,即需 KOH 溶液过量。

④在碱性条件下用 Cl_2 将 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 氧化生成 K_2FeO_4 ,反应的离子方程式为 $3\text{Cl}_2 + 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 10\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{FeO}_4^{2-} + 6\text{Cl}^- + 8\text{H}_2\text{O}$ 。

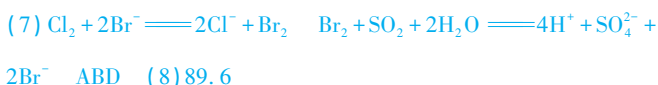
(2)若 Cl_2 过量,装置C中可能含有 KClO 等,酸性条件下 ClO^- 可与 Cl^- 反应产生 Cl_2 ,所以不能说明酸性条件下 FeO_4^{2-} 氧化性强于 Cl_2 。

5. D 【解析】步骤I中,先将海水酸化,再通入氯气将溴离子氧化为溴单质,是由于氯气和生成的溴单质都与水反应,加酸酸化可抑制氯气、溴单质与水反应,不仅节约氯气,提高氯气的利用率,还能得到更多溴单质,A正确;步骤II、III的目的是富集溴元素,在吹出塔和吸收塔中完成,B正确;步骤IV利用溴易挥发的性质,用水蒸气将液溴蒸气带出,C正确;步骤V通过蒸馏得到液溴,D错误。

6. (1) 坍塌



(3) $\text{a} \rightarrow \text{c} \rightarrow \text{b} \rightarrow \text{d}$ (4) $\frac{n}{m} \times 100\%$ (5) 蒸发 (6) 挥发性



思路分析 海带提碘的工艺流程

I. 向干海带灼烧后浸泡所得溶液中加入氧化剂,将碘离子氧化为碘单质,再用四氯化碳萃取后分液,得到含碘的四氯化碳溶液,最后反萃取得碘单质;

II. 海水通过蒸发浓缩得到浓缩海水,向浓缩的海水中通入氯气,氯气氧化溴离子得到溴单质,并用热空气吹出,用二氧化硫吸收 Br_2 ,反应生成氢溴酸和硫酸,向氢溴酸中通入氯气氧化得到溴单质,再蒸馏分离出溴单质。

【解析】(1) 灼烧固体需选用坩埚。

(2) 向含碘离子的溶液中加入氧化剂氯气,发生氧化还原反应生成碘单质,离子方程式为 $\text{Cl}_2 + 2\text{I}^- \longrightarrow 2\text{Cl}^- + \text{I}_2$;稀硫酸和 H_2O_2 溶液也能提取出碘,离子方程式为 $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{I}^- \longrightarrow \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(3) 先将混合物置于分液漏斗中,将分液漏斗下口朝上并振荡,充分混合,静置分层,下层液体下口放出,得到碘的四氯化碳溶液,上层液体上口倒出,其操作顺序: $\text{a} \rightarrow \text{c} \rightarrow \text{b} \rightarrow \text{d}$ 。

(4) 将 $m \text{ g}$ 干海带中得到的单质碘干燥、称量,其质量为 $n \text{ g}$,则海带中碘元素的含量为 $\frac{n}{m} \times 100\%$ 。

(5) 浓缩海水的方法是蒸发。

(6) 通入热空气吹出 Br_2 ,利用了 Br_2 的挥发性。

(7) 浓缩的海水中通入氯气,氯气氧化溴离子得到溴单质,离子方程式为 $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- \longrightarrow 2\text{Cl}^- + \text{Br}_2$;用热空气吹出 Br_2 ,并用二氧化硫来吸收,反应生成氢溴酸和硫酸,离子方程式为 $\text{Br}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Br}^-$ 。 NaOH 可与溴单质反应生成溴化钠、次溴酸钠和水,可吸收溴; Na_2SO_3 具有还原性,可被溴单质氧化,可以吸收溴;水与溴单质反应微弱,不能充分吸收 Br_2 ; FeCl_2 具有还原性,可被溴单质氧化,可以吸收溴,A、B、D 正确。

(8) 题述流程中制取溴经 2 次氧化,根据离子反应: $2\text{Br}^- + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$,需氯气的物质的量为 $2 \times \frac{1}{2} \times \frac{5 \times 10^3 \text{ L} \times 64 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{80 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 4 \text{ mol}$,标准状况下体积为 $4 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 89.6 \text{ L}$ 。

考点 11 硫及其化合物

1. B **【解析】**硫为非金属单质且熔点低,为分子晶体,A 正确;硫微溶于酒精,易溶于 CS_2 ,因此过程①中 CS_2 不可用乙醇代替,B 错误;S 的熔点为 115.2°C , CS_2 的沸点为 46.2°C ,因此过程③的目的是使 CS_2 挥发,同时使硫从水中析出,C 正确;煅烧滤渣发生反应的化学方程式为 $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{煅烧}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$,根据得失电子守恒可知,生成 8 mol SO_2 ,转移 44 mol 电子,因此反应中每生

成 1 mol SO_2 , 转移电子的物质的量为 5.5 mol , D 正确。

2. D 【解析】浓硫酸具有脱水性, 使葡萄糖脱水生成 C, 浓硫酸遇水放出大量热, 加热条件下, 碳和浓硫酸反应生成 CO_2 、 SO_2 和 H_2O 。葡萄糖为固体, 若要使浓硫酸和葡萄糖混合, 应将 Y 形管向左倾斜, 将浓硫酸倒入含少量水的葡萄糖中, A 错误; CO_2 、 SO_2 均不和氯化钡溶液反应, 若装置 b 中出现白色沉淀, 则是 SO_2 、 O_2 和氯化钡反应生成的 BaSO_4 , B 错误; c 中的品红溶液不能完全吸收 SO_2 , SO_2 、 CO_2 均能使澄清石灰水变浑浊, 无法确定含 CO_2 , C 错误; 污染性尾气为 SO_2 , 可以用 NaOH 溶液吸收, D 正确。

3. A 【解析】铜与浓硫酸共热反应生成硫酸铜、二氧化硫和水 (常考点), 题给装置缺少加热装置, 不能用于制备二氧化硫, A 错误; 二氧化硫易溶于水, 将充满二氧化硫的烧瓶倒扣在水中, 二氧化硫溶解导致烧瓶中压强减小, 水会进入烧瓶中, 则题给装置能用于探究二氧化硫的溶解性, B 正确; 二氧化硫具有弱氧化性, 能与硫化钠溶液反应生成硫, 则题给装置能用于探究二氧化硫的氧化性, C 正确; 二氧化硫是酸性氧化物 (常考点), 能与氢氧化钠溶液反应生成亚硫酸钠和水, 则题给装置能吸收二氧化硫, 防止其污染空气, D 正确。

4. (1) ①提供反应物 H_2S ②浓硫酸具有强氧化性, 将 S^{2-} 或 H_2S 氧化, 不利于生成 H_2S ③ $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\text{S} = \text{Ca}(\text{HS})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

(2) ①水浴加热 ② $2\text{Ca}(\text{HS})_2 + \text{CaCN}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{SC}(\text{NH}_2)_2 + 3\text{CaS}$

③将气体通入滴有酚酞的蒸馏水中, 溶液由无色变为红色, 证明尾气的主要成分是氨气 (合理即可)

(3) ①硫脲加热易分解 ②61.1%

【解析】(1) ①装置 A 中反应物 FeS 与 30% 稀硫酸反应制取 H_2S 气体, 故装置 A 可为制备硫氢化钙悬浊液提供反应物 H_2S ; ②浓硫酸具有强氧化性, S^{2-} 或 H_2S 具有较强的还原性, 若硫酸浓度过大, 可能会发生氧化还原反应生成 S 或 SO_2 , 不利于生成 H_2S , 所以硫酸的浓度不宜过大; ③ H_2S 通入装置 B 的石灰乳中制备硫氢化钙悬浊液, 则反应的化学方程式为 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\text{S} = \text{Ca}(\text{HS})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) ①温度控制在 $(80 \pm 5)^\circ\text{C}$, 不超过 100°C , 采用的加热方式是水浴加热; ②用硫氢化钙悬浊液和氰氨化钙制备硫脲, 且产物只有两种, 根据元素守恒可知另一产物为 CaS ; ③由氰氨化钙 (CaCN_2) 的组成元素可推知无色、有刺激性气味的气体为 NH_3 , 检验氨气可将气体通入滴有酚酞的蒸馏水中, 溶液由无色变为红色或用湿润的红色石蕊试纸靠近气体, 试纸会变蓝等。

(3) ①由题干信息知, 温度过高时硫脲易分解, 故不用加热干燥, 采用离心脱水干燥; ②由制备过程中的关系式为 $4\text{FeS} \sim 4\text{H}_2\text{S} \sim$

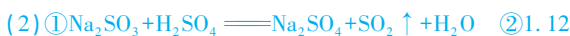
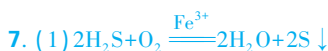
$2\text{Ca}(\text{HS})_2 \sim \text{SC}(\text{NH}_2)_2$, 可知 13.2 g FeS 理论上可以制备

$\text{SC}(\text{NH}_2)_2$ 的质量为 $\frac{13.2}{88} \times \frac{1}{4} \times 76 \text{ g} = 2.85 \text{ g}$, 硫脲的产率为

$$\frac{1.74 \text{ g}}{2.85 \text{ g}} \times 100\% \approx 61.1\%$$

5. C 【解析】已知: H_2SO_3 的 $K_{a1} = 1.5 \times 10^{-2}$, $K_{a2} = 1.0 \times 10^{-7}$, “吸收”后溶液的 pH 为 4.1, 溶液显酸性, 则反应生成亚硫酸氢钠, 离子方程式为 $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 2\text{HSO}_3^-$, A 正确; “结晶”后的母液中含有亚硫酸氢钠, 可循环使用, B 正确; 亚硫酸氢钠受热分解, 故不能高温干燥, C 错误; 亚硫酸氢钠容易被空气中氧气氧化为硫酸钠, 故“干燥”后的无水 NaHSO_3 产品中可能混有 Na_2SO_4 , D 正确。

6. A 【解析】根据题干流程图, 配平反应 $3\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 24\text{e}^- + 24\text{H}^+ \rightleftharpoons 6\text{HS}^- + 9\text{H}_2\text{O}$, $3\text{SO}_3^{2-} + 18\text{e}^- + 21\text{H}^+ \rightleftharpoons 3\text{HS}^- + 9\text{H}_2\text{O}$, 即 $x = 21$, $y = 24$, A 正确; SO_3^{2-} 与 SCN^- 反应: $\text{SO}_3^{2-} + \text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{CN}^-$ 中, 没有元素的化合价发生改变, 属于非氧化还原反应, B 错误; 由题干流程图可知, $\text{S}_3\text{O}_6^{2-}$ 失去 e^- 转化为 SO_3^{2-} , 硫元素化合价升高, C 错误; 由 A 项分析可知, 产生的 1.2 mol HS^- 中 0.4 mol 由 SO_3^{2-} 还原得到, 0.8 mol 由 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 还原得到, 故 SO_3^{2-} 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 共得到 $0.4 \text{ mol} \times 6 + 0.8 \text{ mol} \times 4 = 5.6 \text{ mol e}^-$, D 错误。



③ 干燥气体、混合气体并控制反应气体体积比 将 SO_3 冷凝成固体

【解析】由实验装置图可知, 装置 A 中 70% 的浓硫酸与亚硫酸钠固体反应制备二氧化硫 (常考点), 装置 B 中盛有浓硫酸, 用于干燥气体、混合气体、控制反应气体体积比 (易错点), 装置 C 中二氧化硫与空气中的氧气在五氧化二钒催化作用下共热发生反应生成三氧化硫, 装置 D 为冷凝收集三氧化硫装置, 装置 E 中盛有的氢氧化钠溶液用于吸收二氧化硫, 防止污染空气。

(1) 由图可知, 反应①为硫化氢与溶液中的铁离子反应生成亚铁离子、硫和氢离子, 反应②为酸性条件下氧气与亚铁离子、氢离子反应生成铁离子和水, 则总反应为在铁离子作催化剂条件下硫化氢与氧气反应生成硫和水, 反应的化学方程式为 $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{Fe}^{3+}} 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{S} \downarrow$ 。

(2) ①由分析可知, 装置 A 中发生的反应为 70% 硫酸与亚硫酸钠固体反应生成硫酸钠、二氧化硫和水, 反应的化学方程式为 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$; ②由化学方程式可知, 6.3 g 亚硫酸钠与足量硫酸反应, 理论上可制得标准状况下二氧

化硫的体积为 $\frac{6.3 \text{ g}}{126 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.12 \text{ L}$; ③装置 D 为

冷凝收集三氧化硫装置,则冰水的作用是将三氧化硫冷凝成固体。

8. B 【解析】a、g 的焰色均为黄色,则为钠盐。单质 c 为硫单质,硫易溶于酒精而难溶于水,A 错误;b 为硫化氢气体,硫化氢气体和氯化钡溶液不反应,B 正确;d 为二氧化硫,二氧化硫具有漂白性,但是不能使指示剂褪色(易错点),C 错误;f 为硫酸,浓硫酸具有强氧化性,能将碘离子氧化为碘单质,不能用于制取 HI(知识点),D 错误。

考点 12 氮及其化合物

1. B 【解析】铜与浓硝酸反应生成硝酸铜、 NO_2 和水,硝酸既表现酸性又表现氧化性,A 错误; NO_2 溶于水生成硝酸,可使紫色石蕊试液变红,由于硝酸具有强氧化性,则棉花又褪色,B 正确;b 处观察到棉花变蓝,说明 I^- 被氧化为 I_2 , NO_2 具有氧化性,C 错误; NaOH 吸收 NO_2 和 NO 尾气时可能的反应有 $2\text{NO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaNO}_3 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NO} + \text{NO}_2 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$,二者均是氧化还原反应,D 错误。
2. B 【解析】装置①中高锰酸钾受热分解制备氧气,装置②中氯化铵与氢氧化钙共热反应制备氨气,装置③中氨气在催化剂作用下与氧气发生反应生成一氧化氮,装置④中生成的一氧化氮与过量的氧气反应生成二氧化氮,二氧化氮与水蒸气反应生成硝酸,硝酸与氨气反应生成硝酸铵,产生白烟,装置⑤中氮的氧化物与氧气溶于水反应生成硝酸,硝酸氧化铜生成 Cu^{2+} 。 NH_4NO_3 受热分解时产物复杂,不一定生成 NH_3 ,且可能发生爆炸,所以不能用 NH_4NO_3 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应制氨气,A 错误;③中气体颜色无明显变化,④中收集到红棕色气体,氨气在催化剂作用下与氧气发生反应生成一氧化氮,反应的化学方程式为 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$,B 正确;由分析可知,④中白烟的主要成分是硝酸铵,C 错误;分析可知,一段时间后,装置⑤中氮的氧化物与氧气溶于水反应生成硝酸,若硝酸少量,溶液中生成的是 CuSO_4 ,D 错误。

3. (1) 分液漏斗、球形冷凝管

(2) pH 计(或酸度计)

(3) Fe^{3+} 氧化 Cu(合理即可)

(4) 取适量反应后溶液于试管中,滴加 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液,出现蓝色沉淀 HNO_3 i

(5) (i) 催化 向“实验 II”体系中加入适量 FeSO_4 固体,振荡,溶液出现蓝色(合理即可) (ii) 反应③速率大于反应②

【解析】(1) 该溶液配制过程中用到的仪器有天平、药匙、量筒、烧杯、玻璃棒、100 mL 容量瓶和胶头滴管,用不到的仪器是分液漏

斗和球形冷凝管。

(2) 使用 pH 计可测量出溶液 pH 为 1.10, 用广泛 pH 试纸测得溶液的 pH 只能是整数。

(3) Fe^{3+} 、酸性条件下的 NO_3^- 均有强氧化性, 所以氧化 Cu 的为 Fe^{3+} 或 NO_3^- 。

(4) 取适量反应后的溶液滴加 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液, 出现蓝色沉淀, 则证明含 Fe^{2+} , 该测定方法灵敏高效。实验 I 探究出 Fe^{3+} 能氧化 Cu, 实验 II 作对照实验, 探究在无 Fe^{3+} 时同 pH 条件下 NO_3^- 能否氧化 Cu, 根据实验现象可知 NO_3^- 没有氧化 Cu, 所以 Fe^{3+} 氧化了 Cu, 假设 i 成立。

(5) (i) 结合反应②、③、④, 反应①可认为是酸性条件下 NO_3^- 氧化 Fe^{2+} 生成 Fe^{3+} , Fe^{3+} 再去氧化 Cu, Fe^{2+} 先参与反应, 然后又反应生成, Fe^{2+} 起催化作用, 能加快反应速率。向实验 II 中溶液加入 Fe^{2+} , 振荡, 溶液出现蓝色, 可以证明 Fe^{2+} 的催化作用。

(ii) 无论 Cu 过量多少, 始终都存在 Fe^{3+} 是因为 Fe^{3+} 的生成速率大于消耗速率, 反应③速率大于反应②。

4. D 【解析】氨催化氧化生成 N_2O , N 元素化合价由 -3 价升高为 +1 价、O 元素化合价由 0 价降低为 -2 价, 根据化合价升降守恒, 化学方程式为 $2\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} \text{N}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}$, A 正确; NO_2 溶于水生成硝酸和 NO, 反应的离子方程式为 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + \text{NO}$, B 正确; 根据图示, NaClO 溶液初始 pH 越小, HClO 浓度越大, NO 转化率越大, 可知 HClO 氧化 NO 的能力比 NaClO 强, C 正确; 向 NaClO 溶液中通入 NO 后, 发生反应 $3\text{NaClO} + 2\text{NO} + \text{H}_2\text{O} = 3\text{NaCl} + 2\text{HNO}_3$, 生成强酸 HNO_3 , 溶液的 pH 减小, D 错误。

5. C 【解析】B、C、D 具有相同的化学式和不同的结构, 互为同分异构体(知识点), A 正确; 过程 II 的化学方程式为 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + \text{NO} = \text{Cu}(\text{NH}_3)_2^+ + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4^+$, $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ 中 Cu 由 +2 价降低为 +1 价, 得电子, NO 中 N 由 +2 价降低为 0 价, 得电子, $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ 中的 1 个 N 由 -3 价升高为 0 价, 失电子, 得电子和失电子的原子个数比为 2:1, B 正确; 据图甲可得, 脱除 NO 的总反应式为 $4\text{NH}_3 + 4\text{NO} + \text{O}_2 = 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$, 1 mol O_2 反应转移 12 mol 电子, C 错误; 结合图甲中 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_2^+$ 与 O_2 进入沸石笼和图乙中物质 B 的结构可知, $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 的变化过程可表示为 $2\text{Cu}(\text{NH}_3)_2^+ + \text{O}_2 \rightarrow [(\text{NH}_3)_2\text{Cu}-\text{O}-\text{O}-\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$, D 正确。

6. (1) $-286 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(2) NO_3^- 在单原子铜上得到 (H_2 失去的) 电子被还原为 NO, NO 继续在单原子铂上得电子被还原为 N_2O , N_2O 从液体中逸出, 在铈表面被 H_2 还原为 N_2

(3) NO_3^- 更多转化为 NH_4^+ 留在溶液中, 不利于降低溶液中含氮量

(4) 原子利用效率最大化、催化活性更高、具有较高的稳定性

【解析】(1) ① $6\text{C}(\text{s}, \text{石墨}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_6(\text{g}) \quad \Delta H_1 = +82.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; ② $2\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{N}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = +163.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; ③ $12\text{C}(\text{s}, \text{石墨}) + 6\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}(\text{g}) \quad \Delta H_3 = -243 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。利用盖斯定律, 将反应 $③ \times \frac{1}{2} - ① - ② \times \frac{1}{2}$ 得 $\text{C}_6\text{H}_6(\text{g}) + \text{N}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$

$$\Delta H = -243 \times \frac{1}{2} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 82.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 163.2 \times \frac{1}{2} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -286 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}。$$

(3) Pt 颗粒增多的影响可结合 Pt 颗粒作用分析, 从图中可以看出, 有部分 NO_3^- 在 Pt 颗粒表面得电子转化为 NH_4^+ , 若导电基体上的 Pt 颗粒增多, 则会有更多的 NO_3^- 转化为 NH_4^+ , 并留在溶液中, 不利于降低溶液中含氮量。

(4) 单原子铂催化剂相比 Pt 颗粒催化剂, 与微粒的接触面积大, 利用率高, 则其优点有原子利用效率最大化、催化活性更高、具有较高的稳定性等。

考点 13 硅、硼、磷及其化合物

1. A 【解析】高纯硅具有半导体性能, 可以制成光伏电站、人造卫星和电动汽车等的硅太阳能电池, 太阳能电池可以将太阳能转化为电能, A 正确; 由粗硅制备单晶硅的过程一般为 $\text{Si} \xrightarrow{\text{HCl}} \text{SiHCl}_3 \xrightarrow{\text{H}_2} \text{Si}$, 涉及的两个反应都是氧化还原反应, B 错误; Si 元素化合价升高, Si 为还原剂, C 错误; 硅不能与盐酸反应, D 错误。

2. B 【解析】钢化玻璃与普通玻璃的成分相同(只是制造工艺不同), 主要成分是硅酸钠、硅酸钙和二氧化硅, A 错误; 砖瓦和水泥都是硅酸盐制品, B 正确; 高岭土 $[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$ 应该表示为 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, C 错误; 铜绿是碱式碳酸铜, 可以与盐酸反应生成氯化铜、二氧化碳和水, 故溶于盐酸, D 错误。

知识小结 硅及其化合物性质的“反常”

(1) 碳族元素的主要化合价一般是+2、+4价,而硅常见的是+4价。

(2) 硅元素的还原性比碳强,而碳在高温下却能从 SiO_2 中还原出硅。

(3) 非金属单质与强碱反应一般不生成氢气,而硅却能与强碱溶液反应产生氢气。

(4) 非金属单质一般不与非氧化性酸反应,而硅不但能与氢氟酸反应: $\text{Si}+4\text{HF}=\text{SiF}_4\uparrow+2\text{H}_2\uparrow$ 。

(5) SiO_2 是 H_2SiO_3 的酸酐,但它不溶于水,不能直接与水化合制备 H_2SiO_3 。

(6) 非金属氧化物的熔、沸点一般较低,但 SiO_2 的熔、沸点却很高。

(7) 酸性氧化物一般不与酸反应,但 SiO_2 却能与氢氟酸反应: $\text{SiO}_2+4\text{HF}=\text{SiF}_4\uparrow+2\text{H}_2\text{O}$ 。

(8) 无机酸一般易溶于水,而 H_2SiO_3 却难溶于水。

(9) 因 H_2CO_3 的酸性强于 H_2SiO_3 ,所以在 Na_2SiO_3 溶液中通入 CO_2 能发生反应: $\text{Na}_2\text{SiO}_3+\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}=\text{H}_2\text{SiO}_3\downarrow+\text{Na}_2\text{CO}_3$,但反应 $\text{Na}_2\text{CO}_3+\text{SiO}_2\xrightarrow{\text{高温}}\text{Na}_2\text{SiO}_3+\text{CO}_2\uparrow$ 也能发生。

(10) Na_2SiO_3 的水溶液俗称水玻璃,但它与玻璃的成分不相同,又称为泡花碱,但它却是盐溶液(存放的试剂瓶不能用玻璃塞),并不是碱溶液。

3. A 【解析】工业上以二氧化硅为原料制备高纯硅时,首先用焦炭还原二氧化硅得到粗硅,然后粗硅与 HCl 反应得到 SiHCl_3 ,再用氢气还原 SiHCl_3 得到高纯硅, HCl 可由 H_2 和 Cl_2 制得,需要用到焦炭、氢气、氯气等原料,A正确;工业上制备硫酸的基本原理包括 $4\text{FeS}_2+11\text{O}_2\xrightarrow{\text{高温}}2\text{Fe}_2\text{O}_3+8\text{SO}_2$ (沸腾炉)、 $2\text{SO}_2+\text{O}_2\xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}}2\text{SO}_3$ (接触室)、 $\text{SO}_3+\text{H}_2\text{O}=\text{H}_2\text{SO}_4$ (吸收塔),为防止产生酸雾,选用98.3%的浓硫酸吸收三氧化硫,B错误;水泥的原料是黏土和石灰石,玻璃的原料是纯碱、石灰石和石英砂,均用到石灰石,C错误;工业上制取钠单质普遍采用电解熔融的氯化钠,氢氧化钠的成本较高,不适用于工业制备钠单质,D错误。

4. C 【解析】焦炭与石英砂发生反应 $\text{SiO}_2+2\text{C}\xrightarrow{\text{高温}}\text{Si}+2\text{CO}\uparrow$,焦炭被氧化成 CO ,A错误;“高温氮化”时发生反应 $3\text{Si}+2\text{N}_2\xrightarrow{\text{高温}}\text{Si}_3\text{N}_4$,反应中N的化合价降低,被还原,故 N_2 是氧化剂,B错误;原料气中含有 N_2 和少量的 O_2 ,高温条件下,氧气能与Si反应生成 SiO_2 ,”操作X”的目的是除去氧气,可将原料气通过灼热的铜粉,C正确;粗硅中含少量杂质(Fe 、 Cu 的单质及其化合物),杂

质进入 Si_3N_4 中,用稀酸 Y 除去,但 Cu 与稀硫酸不反应,故应该用稀硝酸除去产物中的杂质,D 错误。

易错警示

石英砂的主要成分为 SiO_2 , SiO_2 与焦炭在高温下发生反应的产物是 CO 而不是 CO_2 。

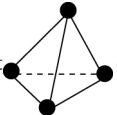
5. C

思路分析

向硼镁矿(主要成分为 $2\text{MgO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 含 SiO_2 、 CaCO_3 、铁和铝的氧化物等杂质)中加硫酸浸取,生成 MgSO_4 、 H_3BO_3 、 CaSO_4 、 FeSO_4 、 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, SiO_2 和硫酸不反应且不溶于硫酸, CaSO_4 微溶于水,所以滤渣 1 是 SiO_2 、 CaSO_4 ; 滤液 1 中加入 H_2O_2 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 用 MgO [或 MgCO_3 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$] 调节 pH, 将 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 并除去, 滤液 2 降温结晶得硼酸晶体, 过滤后的母液经蒸发浓缩、趁热过滤得 $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】滤渣 1 的主要成分为 SiO_2 、 CaSO_4 , A 正确; 试剂 a 可以是 MgO , 调节溶液 pH, 同时不引入杂质离子, B 正确; 加入试剂 a 调节溶液的 pH, 使 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 均转化为沉淀, 所以滤渣 2 含 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$, C 错误; 母液经系列操作分离出晶体后, 为避免晶体损耗, 同时洗掉表面的杂质离子, 应选用乙醇洗涤干燥, 得到 $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, D 正确。

6. C 【解析】由白磷制备 PH_3 , 首先发生反应 $\text{P}_4 + 3\text{NaOH}(\text{浓}) + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{PH}_3 \uparrow + 3\text{NaH}_2\text{PO}_2$ (关键点), 然后 NaH_2PO_2 与硫酸发生复分解反应, 生成 H_3PO_2 和 Na_2SO_4 , 最后 H_3PO_2 分解生成 PH_3 和 H_3PO_4 。 NaH_2PO_2 与硫酸发生复分解反应生成 H_3PO_2 和 Na_2SO_4 , 不属于氧化还原反应, A 错误; 次磷酸的分子式为 H_3PO_2 , 与过量 NaOH 反应时, 只生成 NaH_2PO_2 , 则其属于一元酸, B 错误; 由题给信息可知, 白磷与浓 NaOH 溶液生成 PH_3 和 NaH_2PO_2 , 则反应的化学方程式为 $\text{P}_4 + 3\text{NaOH}(\text{浓}) + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta}$

$\text{PH}_3 \uparrow + 3\text{NaH}_2\text{PO}_2$, C 正确; P_4 分子的结构是 , 分子中含

有 6 个 P—P 键, 则 1 mol P_4 分子中 P—P 键数目为 $6N_A$, D 错误。

7. A 【解析】题述反应 H_2PO_2^- 中 P 元素的化合价从 +1 价升高到 +5 价, 被氧化, 氧化产物为 H_3PO_4 , A 正确; 该反应中, 氧化剂为 Ag^+ , 还原剂为 H_2PO_2^- , 氧化剂与还原剂的物质的量之比为 4:1, B 错误; NaH_2PO_2 中含有离子键、极性共价键, 但是没有非极性共价键, C 错误; NaH_2PO_2 为正盐, 说明 H_3PO_2 为一元酸, H_3PO_2 与 NaOH 反应只能生成 NaH_2PO_2 一种盐, D 错误。

8. A 【解析】由 H_3PO_3 的结构式可以看出,其分子中含有 2 个 $-\text{OH}$,则其为二元酸,磷的含氧酸都为弱酸, H_3PO_3 能将 AgNO_3 还原,则其具有还原性,所以 H_3PO_3 是具有还原性的二元弱酸,A 错误; H_3PO_3 为二元弱酸,则它与 NaOH 反应只生成 Na_2HPO_3 和 NaH_2PO_3 两种盐,B 正确; H_3PO_3 和 AgNO_3 溶液反应,生成黑色金属银沉淀,在试管口有红棕色气体 (NO_2) 生成,则试管内生成 NO , H_3PO_3 表现出还原性,被氧化为 H_3PO_4 ,化学方程式为 $2\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{AgNO}_3 \longrightarrow \text{Ag} \downarrow + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_3\text{PO}_4$,C 正确; Na_2HPO_3 为强碱弱酸盐,在水溶液中发生水解使溶液呈碱性,离子方程式为 $\text{HPO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_3^- + \text{OH}^-$,D 正确。

9. A

思路分析

含砷废水中加入 FeS 沉砷,滤渣为 As_2S_3 、 FeS ,滤渣中加入氢氧化钠溶液,生成 Na_3AsO_3 和 $\text{Na}_3\text{As}_3\text{S}_3$,过滤除去 FeS ;滤液中加入 NaClO ,氧化 Na_3AsO_3 和 $\text{Na}_3\text{As}_3\text{S}_3$ 生成 Na_3AsO_4 ,同时得到 S , Na_3AsO_4 酸化得到 H_3AsO_4 , H_3AsO_4 被二氧化硫还原为 As_2O_3 。

【解析】“沉砷”过程,不可以用过量的 Na_2S 代替 FeS , Na_2S 易溶于水, S^{2-} 浓度增大, $\text{As}_2\text{S}_3(\text{s}) + 3\text{S}^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{AsS}_3^{3-}(\text{aq})$ 平衡正向移动,不利于“沉砷”,A 错误;根据分析可知,浸渣的主要成分为 FeS ,B 正确;还原过程中, H_3AsO_4 与二氧化硫反应生成 As_2O_3 ,化学方程式为 $2\text{SO}_2 + 2\text{H}_3\text{AsO}_4 \longrightarrow \text{As}_2\text{O}_3 + 2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$,C 正确; H_3AsO_4 在酸性条件下有强氧化性,能被 SO_2 、 HI 等还原, HI 被氧化生成碘单质,使淀粉溶液变蓝,故可以用 HI 、淀粉溶液检验溶液中是否仍存在砷酸,D 正确。

考点 14 元素化合物综合

1. A 【解析】明矾净水的基本原理是明矾在水中能电离出铝离子,铝离子水解产生氢氧化铝胶体,胶体能吸附水中悬浮杂质,且明矾不具有氧化性,A 没有关联;小苏打为 NaHCO_3 ,受热分解出 CO_2 气体,可以用作膨松剂烘焙面包,B 有关联;碳酸钠为强碱弱酸盐,溶液中水解显碱性,加热促进盐类的水解,油脂可以在碱性环境下水解,所以可以用热的纯碱溶液洗去油污,C 有关联;厨余垃圾中所含的 N 、 P 等元素是植物生长需要的元素,所以可以用厨余垃圾制肥料,D 有关联。

2. A 【解析】铝用于制作门窗框架,利用了其硬度大、密度小、抗腐蚀等性质,而不是利用它的还原性,A 错误;氧化钙易吸水,并与水反应生成氢氧化钙,可吸收气体或密闭环境中的水分,所以可用作干燥剂,B 正确;维生素 C 具有还原性,且对人体无害,可用作食品抗氧化剂,C 正确;过氧化钠可吸收人体呼出的二氧化碳和水蒸气生成氧气,可作潜水艇中的供氧剂,D 正确。

3. B 【解析】氮化硅为共价晶体,熔、沸点很高,硬度很大,性质稳定,耐高温,抗氧化,可用于制作高温结构陶瓷,A 正确;氯化铁具有氧化性,能与 Cu 单质反应,因此用于刻蚀铜制电路板,与溶液显酸性无关,B 错误;硬铝合金具有高强度、低密度的特点,可用于制造飞机外壳,C 正确;聚乳酸具有生物相容性,同时可水解成乳酸,容易降解,因此可用作手术缝合线,D 正确。

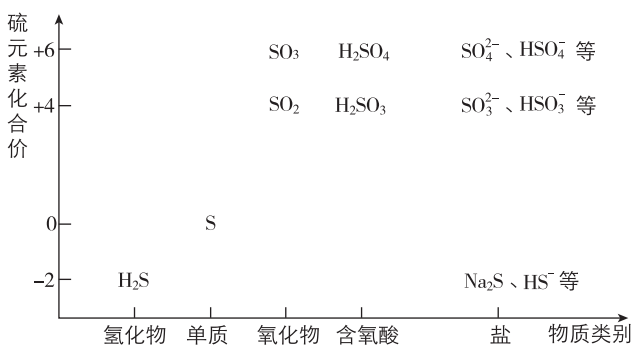
4. B 【解析】由图可知 a 为 NH_3 、b 为 N_2 、c 为 NO 、d 为 NO_2 (或 N_2O_4)、e 为 HNO_3 及硝酸盐;a' 为 HCl 、b' 为 Cl_2 、c' 为 HClO 及次氯酸盐、d' 为 HClO_3 及氯酸盐、e' 为 HClO_4 及高氯酸盐。 $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{放电或高温}} 2\text{NO}$ 为化合反应,A 正确;工业上制硝酸的过程为 N_2 与 H_2 合成氨气,氨气催化氧化生成 NO , NO 和 O_2 反应生成 NO_2 , NO_2 和水反应生成 HNO_3 ,即 $\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$,B 错误;浓氨水具有挥发性,挥发出的氨气和氯气发生反应 $3\text{Cl}_2 + 8\text{NH}_3 = \text{N}_2 + 6\text{NH}_4\text{Cl}$,有 NH_4Cl 生成,产生白烟,故工业上利用浓氨水检验氯气是否泄漏,C 正确;一定条件下,向 HClO 及次氯酸盐或 HClO_3 及氯酸盐中加入浓盐酸均能发生归中反应产生氯气,D 正确。

5. D 【解析】结合图示中元素的化合价与常温下 d 为气体可知该元素为 C 元素,a 为 CH_4 、b 为 C、c 为 CO 、d 为 CO_2 、e 为 H_2CO_3 , Na_2CO_3 或 NaHCO_3 。a 为 CH_4 ,碳元素化合价可升高,氢元素化合价可降低,则物质 a 既可被氧化,也可被还原,故 A 正确;甲烷高温分解生成碳单质,碳单质燃烧生成二氧化碳,二氧化碳溶于水生成碳酸,碳酸与适量的 NaOH 反应生成 Na_2CO_3 或 NaHCO_3 ,故 B 正确; CO 能被灼热的氧化铜氧化生成二氧化碳,可通过灼热的氧化铜除去 CO_2 中混有的少量 CO ,故 C 正确;f 可能为 Na_2CO_3 或 NaHCO_3 ,向足量 f 溶液中加入少量稀盐酸, NaHCO_3 和盐酸反应一定有二氧化碳产生,故 D 错误。

6. D 【解析】由价类二维图,可确定 a 为 H_2S 、b 为 S、c 为 SO_2 、d 为 H_2SO_3 、e 为 H_2SO_4 、f 为 R_2SO_3 或 RHSO_3 、g 为 R_2SO_4 或 RHSO_4 (假设 R 显+1 价)。 H_2S 与 SO_2 、 H_2SO_3 、 H_2SO_4 (浓) 都能发生氧化还原反应,A 正确;d 为 H_2SO_3 ,久置于空气中会被氧气氧化生成 H_2SO_4 ,溶液的酸性增强,B 正确;若 g 为 RHSO_4 、f 为 R_2SO_3 或 RHSO_3 ,则盐 g 与盐 f 之间发生复分解反应,C 正确;铜与浓硫酸共热产生的气体为 SO_2 ,通入 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液中,会生成 BaSO_4 白色沉淀,D 错误。

归纳总结

硫元素的价类二维图

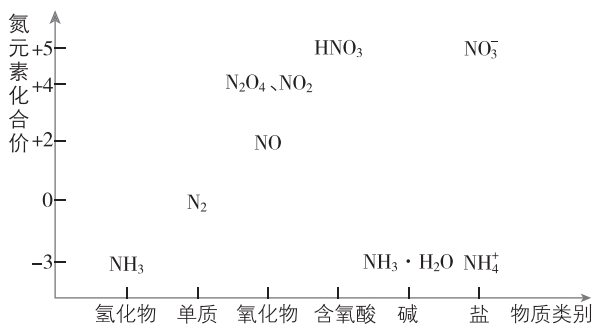


7. B 【解析】通常条件下,Z 是无色液体,则 Z 为水; A 与 X 反应可以生成氢化物 B,A 为正盐,X 为强碱,可确定 A 为铵盐,B 为氨气;Y 为氧气,C 为氮气,D 为一氧化氮,E 为二氧化氮或 N_2O_4 ,F 为硝酸,X 为强碱,所以 G 为硝酸盐。铵盐与草木灰混合会释放出氨气,导致肥效降低,则铵盐不适合与草木灰混合使用,A 正确;氨气属于非电解质,其水溶液显弱碱性,B 错误; N_2 难溶于水且密度与空气接近,一般采用排水法收集,C 正确;一氧化氮被氧气氧化生成二氧化氮,颜色会由无色变为红棕色,用于检验一氧化氮,D 正确。

8. A 【解析】由图示可知,X 为 NH_3 ,Q 是 NO,Z 是 NO_2 或 N_2O_4 ,P 是 N_2O_5 ,Y 是 HNO_3 ,W 是 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。Q 是 NO,Z 是 NO_2 或 N_2O_4 ,两者都不属于酸性氧化物,属于不成盐氧化物,A 错误;Q 是 NO,氮元素由游离态转化为化合态为氮的固定,将 N_2 转化为 NO 的过程属于氮的固定,B 正确;X 为 NH_3 ,将浓氨水滴入生石灰中,生石灰吸收水生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$,放热且 OH^- 浓度增大,可生成 NH_3 ,C 正确;二氧化氮溶于水时生成硝酸和一氧化氮,工业上利用这一原理生产硝酸,D 正确。

归纳总结

氮元素的价类二维图



9. A 【解析】一水合氨是弱碱,氢氧化铝与弱碱不反应, MgCl_2 溶液与过量的氨水反应生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀, AlCl_3 溶液与过量的氨水反应生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀,A 正确;Na 在空气中燃烧生成 Na_2O_2 ,Li 的金属性弱于 Na,Li 在空气中燃烧只生成 Li_2O ,B 错误;Fe 在潮湿的空气中被腐蚀最终生成氧化物,而 Cu 在潮湿的空气中被腐蚀最终生成碱式碳酸铜,属于盐,C 错误; NaCl 固体与浓 H_2SO_4 加热可制 HCl,HI 的还原性较强,会被浓硫酸氧化,故 NaI 固体与浓 H_2SO_4 加热得不到 HI,D 错误。

10. A 【解析】 N_2H_4 溶于水的电离方程式为 $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{H}_5^+ + \text{OH}^-$ 、 $\text{N}_2\text{H}_5^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{H}_6^{2+} + \text{OH}^-$,则 N_2H_4 能与 HCl 反应生成 $\text{N}_2\text{H}_6\text{Cl}_2$,A 正确; I_2 的氧化性较弱,因此 Fe 与 I_2 加热反应生成 FeI_2 ,B 错误;二氧化硫具有还原性,过氧化钠具有强氧化性,因此 $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{SO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_4$,C 错误; CuSO_4 与少量的氨水反应生成 $\text{Cu}(\text{OH})_2$, CuSO_4 与过量的氨水反应生成

$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, D 错误。

11. C

思路分析

用碘酸钾溶液进行滴定时, KIO_3 与 I^- 生成 I_2 , 可观察到 CCl_4 层呈紫色, 继续滴加, 溶液颜色逐渐变浅, 至紫色褪去, 是因为碘单质、碘酸根离子、氢离子和氯离子发生反应生成氯化碘: $2\text{I}_2 + \text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 5\text{Cl}^- \rightleftharpoons 5\text{ICl} + 3\text{H}_2\text{O}$, 此时 CCl_4 层呈淡黄色。

【解析】 滴定终点时的操作为当滴入最后半滴标准液时, 溶液恰好由紫色变为淡黄色, 且半分钟不变色, A 正确; 根据分析可知, 滴定结束后 CCl_4 中主要的溶质为 ICl , B 正确; 过量的碘化钾溶液滴定碘酸钾溶液时, 先生成 ICl , CCl_4 层的颜色先变成淡黄色, IO_3^- 消耗完后继续加入 KI , I^- 和 ICl 发生归中反应生成 I_2 , I_2 使 CCl_4 层颜色变紫色, C 错误; 紫色褪去反应的离子方程式为 $2\text{I}_2 + \text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 5\text{Cl}^- \rightleftharpoons 5\text{ICl} + 3\text{H}_2\text{O}$, D 正确。

12. B **【解析】** BrCl 中 Br 原子与 Cl 原子形成的共价键, 属于共价化合物, A 正确; BrCl 中 Br 显 +1 价, Cl 显 -1 价, BrCl 与水发生反应 $\text{BrCl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HBrO} + \text{HCl}$, B 错误; $\text{HOBr} + \text{Cl} \longrightarrow \text{BrCl} + \text{OH}$, 通过循环大气中 OH 自由基的浓度升高, C 正确; 由反应 $3\text{Br} + \text{O}_3 \rightleftharpoons 3\text{BrO}$ 可知, BrCl 的排放会使臭氧减少, 造成臭氧空洞, 由反应 $\text{Br} + \text{Hg}^0 \longrightarrow \text{Hg}^{\text{II}}$ 可知, BrCl 的排放会造成水中汞含量超标, D 正确。

13. B **【解析】** 由题意可知, 在含钒催化剂的作用下, NO 可被 NH_3 还原为 N_2 , 结合题图可知 $\text{V}^{4+}-\text{OH}$ 先生成后消耗, 为该反应的中间体, A 正确; 该反应中 NH_3 为还原剂, 氧化剂为 NO 和 O_2 , B 错误; 箭头进入为反应物, 有 NH_3 、 NO 和 O_2 , 箭头出去为生成物, 有 N_2 和 H_2O , 则总反应的化学方程式为 $4\text{NH}_3 + 4\text{NO} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$, C 正确; 根据总反应的化学方程式可知, 关系式: $\text{N}_2 \sim 3\text{e}^-$, 每生成标准状况下 22.4 L (即 1 mol) N_2 , 转移电子总数为 $3N_A$, D 正确。

14. C

思路分析

由图可知, CuFeS_2 与 H^+ 、 Fe^{3+} 反应生成 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 和 H_2S_n , Fe^{3+} 与 H_2S_n 反应生成 H^+ 、 Fe^{2+} 和 S_8 , 在微生物作用下, Fe^{2+} 与 O_2 反应转化为 Fe^{3+} , S_8 在微生物作用下与 O_2 和 H_2O 反应生成 SO_4^{2-} 和 H^+ , 反应釜中 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 和 H_2SO_4 可循环利用。

【解析】 在浸出过程中有微生物参与, 若温度过高, 微生物的活性降低或失去活性, 会导致浸出率降低, A 错误; 未写明标准状

况下,无法计算 22.4 L 氧气的物质的量和反应 I、II 转移电子的物质的量,B 错误;由分析可知,反应釜中硫酸铁和硫酸可循环利用,C 正确;由得失电子数目守恒可知, S_8 转化为 1 mol 硫酸根离子时,消耗氧气的物质的量为 $\frac{1 \text{ mol} \times 6}{4} = 1.5 \text{ mol}$,D 错误。

- 15. C 【解析】**由流程图可知,消碳再生过程反应物为 C/ CH_x 和 H_2O (水蒸气),生成物有 CO_2 和 H_2 ,涉及的反应之一为 $C + 2H_2O \xrightarrow{\text{一定条件}} CO_2 + 2H_2$,A 正确;合适的催化剂改变反应历程,降低活化能,从而改变反应速率,B 正确;1 mol CH_4 催化裂解生成 1 mol C 和 2 mol H_2 ,由 A 项可知,消碳再生过程消耗 1 mol C 生成 2 mol H_2 ,因此每消耗 1 mol CH_4 最多产生 4 mol H_2 ,C 错误;催化裂解过程产生 CH_x ,消碳再生过程消耗 CH_x ,则 CH_x 是中间产物,D 正确。

归纳总结

针对化学反应循环转化类型题目,以下口诀有助于迅速判断各过程中的各组分:

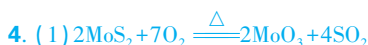
只进不出反应物,只出不进生成物;

先进后出催化剂,先出后进中间产物。

考点 15 工艺流程题

- 1. B 【解析】**由题图可知,氧化时, Fe^{3+} 被氧化为 FeO_4^{2-} ,根据得失电子守恒可得反应: $3NaClO + 2Fe(NO_3)_3 + 10NaOH = 2Na_2FeO_4 \downarrow + 3NaCl + 6NaNO_3 + 5H_2O$,A 正确;由反应③可知高铁酸钠与 KOH 溶液混合生成高铁酸钾沉淀,即 Na_2FeO_4 转化为 K_2FeO_4 ,则 $K_{sp}(K_2FeO_4) < K_{sp}(Na_2FeO_4)$,B 错误;因高铁酸钾在碱性环境下稳定,且在醇中的溶解度小,因此可用 CH_3COOK 溶液、异丙醇作洗涤剂,C 正确; K_2FeO_4 具有强氧化性,可起到杀菌消毒作用,D 正确。
- 2. C 【解析】**“浸取”时为避免反应剧烈使物料从反应器溢出,应分批加入稀硫酸,A 正确; H_3BO_3 的溶解度随温度的升高显著增大,“热过滤”的目的是防止温度降低 H_3BO_3 从溶液中析出,B 正确;“除杂”时需向“浸出液”中依次加入 H_2O_2 和 MgO (或 $MgCO_3$), H_2O_2 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ,氧化镁(或 $MgCO_3$) 调节溶液的 pH,使铝离子和铁离子完全水解生成氢氧化物沉淀,以除去 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 等杂质离子,不能使用 NaOH 溶液,防止生成氢氧化镁沉淀,C 错误;“母液”中主要含硫酸根离子和镁离子,则溶质主要是硫酸镁,D 正确。
- 3. B 【解析】**废铁屑加入盐酸酸溶,碳、二氧化硅不反应, Fe_2O_3 转化为 Fe^{3+} , Fe^{3+} 与 Fe 反应生成 Fe^{2+} ,Fe 溶于盐酸生成 Fe^{2+} ,且铁和铁离子生成亚铁离子,故“过滤”所得滤液中大量存在的离子有 Fe^{2+} 、 H^+ 、 Cl^- ,A 错误;氯气具有氧化性,且不引入新杂质,故“氧化”时可使用新制氯水作氧化剂,B 正确;铁离子水解生成氢

氧化铁,加热水解被促进,且蒸干无法得到结晶水合物故不能将“氧化”后的溶液蒸干来获得 $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, C 错误; SOCl_2 与水反应生成 SO_2 和 HCl , D 错误。



(2) 可使 Mo 元素被充分氧化

(3) SiO_2 防止 SiO_2 溶解生成 SiO_3^{2-} , 使产品不纯

(4) 浓氨水

(5) 降温至 10°C 以下结晶

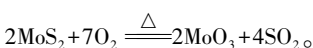
(6) $1.8N_A$

(7) KI 当滴入最后半滴 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 溶液时,锥形瓶内生成亮黄

色沉淀,且半分钟内不消失 $\frac{m-cV \times 10^{-2} (M-180)}{180m} M \times 100\%$

【解析】辉钼矿(主要成分为 MoS_2 , 含有 FeS 、 CuS 、 SiO_2 等杂质)在空气中焙烧产生 MoO_3 、 MoO_2 、 MoO_4^{2-} 和 SO_2 气体。将焙烧后固体用稀盐酸进行酸浸 1 后过滤,所得滤渣为 H_2MoO_4 和 SiO_2 , 加适量 NaOH 溶液将 H_2MoO_4 转化为 Na_2MoO_4 , 滤出 SiO_2 , 经蒸发浓缩、降温至 10°C 以下结晶、过滤、洗涤、干燥可得 $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 。将焙烧后固体用稀硝酸进行酸浸 2 后过滤,所得滤渣为 H_2MoO_4 和 SiO_2 , 加入浓氨水氨浸,可得 $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$, 所得滤液 2 中主要含 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 和少量 H_2MoO_4 等,进行离子交换后,加入浓氨水,进行反萃取洗脱得到 $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ 加热分解为 MoO_3 , 经氢气还原可得 Mo 粉,据此解答。

(1) MoS_2 和 O_2 反应生成 MoO_3 和 SO_2 , 反应的化学方程式为



(2) 由已知信息③判断焙烧产物中还会存在 MoO_2 , 稀硝酸具有强氧化性,可使 Mo 元素被进一步充分氧化,提高利用率。

(3) 由分析可知滤渣为 SiO_2 , 为避免 SiO_2 溶于 NaOH 溶液引入 SiO_3^{2-} 杂质离子,需加入适量 NaOH 溶液。

(4) 滤液 2 中含有少量的 H_2MoO_4 , 为提高产率,用阴离子交换树脂提取 MoO_4^{2-} , 由萃取反应 $2\text{R}-\text{OH} + \text{MeMoO}_4 \rightleftharpoons \text{R}_2\text{MoO}_4 + \text{Me}(\text{OH})_2$ 可知,反萃取时需要使反应逆向移动,需要较大浓度的 OH^- , 且由流程可知洗脱液中含 $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$, 故试剂 X 为浓氨水。

(5) 由溶解度曲线可知,应降温至 10°C 以下可结晶析出 $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, 故获得 $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 的操作为蒸发浓缩、降温至 10°C 以下结晶、过滤、洗涤。

(6) 由图乙可知,阳极反应: $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$, 阴极反应: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$, 然后发生 $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- = \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $9\text{ClO}^- + \text{MoS}_2 + 6\text{OH}^- = \text{MoO}_4^{2-} + 9\text{Cl}^- + 2\text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$, 可得关系式: $18\text{Cl}^- \sim 9\text{Cl}_2 \sim 9\text{ClO}^- \sim \text{MoO}_4^{2-} \sim 18\text{e}^-$, 即每生成 0.1 mol

Na_2MoO_4 时,外电路转移的电子数为 $1.8N_A$ 。

(7) 指示剂与标准液生成的沉淀应颜色明显,且与滴定主要反应产物相比 K_{sp} 更大,应选 KI 溶液为指示剂,当加入最后半滴指示剂时,锥形瓶内产生亮黄色沉淀,且 30 秒内不消失。20.00 mL

Na_2MoO_4 溶液中: $\frac{\text{Na}_2\text{MoO}_4}{cV \times 10^{-3} \text{ mol}} \sim \frac{\text{Pb}(\text{NO}_3)_2}{cV \times 10^{-3} \text{ mol}}, 200 \text{ mL } \text{Na}_2\text{MoO}_4$ 溶

$$\text{液 中 } n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m - cV \times 10^{-3} \text{ mol} \times 10 \times (M - 180) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}},$$

$$\text{则 } n(\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{1}{10} n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m - cV \times 10^{-2} (M - 180)}{18 \times 10} \text{ mol},$$

$$w(\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{m \text{ g}} \times$$

$$100\% = \frac{\frac{m - cV \times 10^{-2} (M - 180)}{18 \times 10} \times M}{m} \times 100\% = \frac{m - cV \times 10^{-2} (M - 180)}{180m}$$

$$M \times 100\%。$$

5. D 【解析】焙烧时铼与 O_2 反应生成铼的氧化物,细磨后加入氨水,铼的氧化物与氨水反应得到 NH_4ReO_4 , Pt 和氧化铝进入浸出渣 1 中,若用氢氧化钠溶液代替氨水,则 Al_2O_3 能与氢氧化钠溶液反应,浸出渣 1 中只含有 Pt,成分发生变化, A 错误;铼(Re)被称为“类锰元素”,与锰的价层电子排布相同,故 Re_2O_7 和 Mn_2O_7 都属于酸性氧化物, B 错误;在 800°C 下通入氢气还原 NH_4ReO_4 制备铼粉,氢气不仅作还原剂,还可以带走生成的水蒸气和氨气, C 错误;浸出渣 1 加硫酸溶解氧化铝,浸出渣 2 为 Pt,用于制备海绵 Pt,用 $\text{HCl}-\text{NaClO}_3$ 作浸出液溶解 Pt 可形成配合物,反应的离子方程式可能为 $3\text{Pt} + 16\text{Cl}^- + 2\text{ClO}_3^- + 12\text{H}^+ \longrightarrow 3[\text{PtCl}_6]^{2-} + 6\text{H}_2\text{O}$, D 正确。

6. C 【解析】 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{HCO}_3$ 溶液的 pH 约为 8, HCO_3^- 的水解程度大于 NH_4^+ , 所以 $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) < c(\text{H}_2\text{CO}_3)$, A 正确; $K_{sp}(\text{FePO}_4) = 1.3 \times 10^{-22}$, “除磷”后的滤液中 $c(\text{Fe}^{3+}) = 1 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 所以 $c(\text{PO}_4^{3-}) = \frac{K_{sp}(\text{FePO}_4)}{c(\text{Fe}^{3+})} = 1.3 \times 10^{-20} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, B 正确;“聚沉”过程中加入 MgO , “沉铈”过程中加入过量的 NH_4HCO_3 溶液,所得滤液中大量存在的阳离子有 Mg^{2+} 、 NH_4^+ , 但是由于 H^+ 和 $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3$ 反应,没有大量的 H^+ , C 错误;“沉铈”时加入过量 NH_4HCO_3 溶液,故滤液呈碱性, $c(\text{H}^+) < c(\text{OH}^-)$, 则有 $c(\text{H}^+) < c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) + c(\text{OH}^-)$, D 正确。

7. B 【解析】碲化铜渣主要含 Cu_2Te , 还含 Pb、Bi、Sb 等杂质,加入稀硫酸和氯酸钠氧化浸出,将 Cu_2Te 氧化、过滤后得到 TeO_2 , 得到的 TeO_2 加入氢氧化钠溶液碱浸得到 TeO_3^{2-} , 再加入双氧水氧化得到 Na_2TeO_4 , 最后在盐酸的作用下被 SO_2 还原为 Te 单质。 Cu_2Te 中 Te 为 -2 价, TeO_2 和 TeO_3^{2-} 中 Te 为 +4 价, Na_2TeO_4 中

Te 为 +6 价,体现 Te 元素的三种价态,A 正确;“碱性浸出”过程中 Na_2S 作为反应物,将重金属离子以硫化物形式沉淀而除去,B 错误; Cu_2Te 与 NaClO_3 和 H_2SO_4 反应,调节 NaClO_3 的用量和 H_2SO_4 的浓度,可提高 Te 在“酸性氧化浸出”时的浸出率,C 正确;“氧化沉碲”后分离出 Na_2TeO_4 固体,涉及过滤操作,D 正确。

8. (1) 将浓硫酸沿烧杯内壁慢慢注入水中,并用玻璃棒不断搅拌,冷却后再慢慢注入 H_2O_2 中,并不断搅拌

(2) Fe^{2+} 的价层电子排布式为 $3d^6$,易失去 1 个电子使 3d 能级达到半充满的稳定结构

(3) $\text{Fe}(\text{OH})_3$

(4) $2\text{Sc}^{3+} + 3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons \text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \downarrow + 6\text{H}^+$

(5) $\text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{Sc}_2\text{O}_3 + 12\text{CO}_2$

【解析】(1) 不同的液体混合时,一般是先加密度较小、易挥发的,后加密度大、难挥发的,若混合时放热,则最后加受热易分解的。因此应将浓硫酸沿烧杯内壁慢慢注入水中,并用玻璃棒不断搅拌,冷却后再慢慢注入 H_2O_2 中,并不断搅拌。

(2) Fe^{2+} 易被氧化为 Fe^{3+} 的原因是 Fe^{2+} 的价层电子排布式为 $3d^6$,易失去 1 个电子使 3d 能级达到半充满的稳定结构。

(3) 废酸中含钪、钛、铁、锰等离子,洗涤“油相”已除去大量的钛离子。根据 $K_{\text{sp}}[\text{Mn}(\text{OH})_2] = 1.9 \times 10^{-13}$ 、 $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 2.6 \times 10^{-39}$ 、 $K_{\text{sp}}[\text{Sc}(\text{OH})_3] = 9.0 \times 10^{-31}$,可以求出锰离子沉淀完全时 pH 约为 10,钪离子沉淀完全的 pH 约为 6,而铁离子沉淀完全的 pH 约为 3,所以先加入氨水调节 pH=3,过滤,滤渣的主要成分是 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。

(4) “沉钪”得到草酸钪的离子方程式为 $2\text{Sc}^{3+} + 3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons \text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \downarrow + 6\text{H}^+$ 。

(5) 设起始时 $\text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 的物质的量为 1 mol,质量为 462 g,由图可知,250 °C 时,减少的质量为 $462 \text{ g} \times 19.5\% \approx 90 \text{ g}$,

$\frac{90 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 5 \text{ mol}$,即晶体失去 5 个结晶水,故 250 °C 时晶体的

主要成分是 $\text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。250~550 °C 减少的质量为 $462 \text{ g} \times 3.9\% \approx 18 \text{ g}$,可知 550 °C 时晶体的主要成分是 $\text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ 。

850 °C 时剩余固体的质量为 $462 \text{ g} \times (1 - 19.5\% - 3.9\% - 46.8\%) \approx 138 \text{ g}$,除去钪元素质量后剩余质量为 $138 \text{ g} - 2 \text{ mol} \times 45 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} =$

48 g,应为氧元素的质量, $\frac{48 \text{ g}}{16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 3 \text{ mol}$,则 850 °C 时晶体的

化学式为 Sc_2O_3 ,故 550~850 °C 发生反应的化学方程式为

$2\text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{Sc}_2\text{O}_3 + 12\text{CO}_2$ 。

9. (1) $3d^8$ 大于

(2) $3\text{NiS} + \text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 3\text{Ni}^{2+} + 3\text{S} + \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$ 取反应后少量滤液于试管中,滴加 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液,若无蓝色沉淀产生,说明 NaClO_3 已足量

(3) CaSO_4 、 SiO_2 、 S (4) 99.7%

(5) $\text{NiCO}_3 \cdot 2\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

(6) 冷却至 $30.8 \sim 53.8\text{ }^\circ\text{C}$ 时结晶

【解析】(1) Ni 失去 2 个电子后,价层电子只剩 3d 轨道的 8 个电子,价层电子排布式为 3d^8 ;因 Fe^{2+} 再失去一个电子后 3d 能级为半充满状态,能量更低,更稳定,因此 Fe^{2+} 更容易失去一个电子,失去时所需要吸收的能量也更少。

(2) “酸溶”过程中, NiS 被 NaClO_3 氧化为 S 沉淀,发生反应的离子方程式为 $3\text{NiS} + \text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 3\text{Ni}^{2+} + 3\text{S} + \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$;要证明氯酸钠已足量,只需证明溶液中已经没有亚铁离子,因此可取反应后少量滤液于试管中,滴加 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液,若无蓝色沉淀产生,说明 NaClO_3 已足量。

(3) 镍矿渣主要含 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 、 NiS ,还含 FeO 、 Fe_2O_3 、 MgO 、 CaO 和 SiO_2 ,向其中加入硫酸, $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 与硫酸反应生成 NiSO_4 , NiS 与硫酸和氯酸钠共同反应生成 NiSO_4 和 S , FeO 与硫酸和氯酸钠共同反应生成 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, Fe_2O_3 与硫酸反应生成 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, MgO 与硫酸反应生成 MgSO_4 , CaO 与硫酸反应生成微溶的 CaSO_4 , SiO_2 与硫酸不反应,则过滤得到的滤渣 1 含 SiO_2 、 CaSO_4 、 S 。

(4) 当滤液 2 中 $c(\text{Mg}^{2+}) = 1.5 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, $c^2(\text{F}^-) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{MgF}_2)}{c(\text{Mg}^{2+})} = \frac{7.5 \times 10^{-11}}{1.5 \times 10^{-6}} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^2 = 5 \times 10^{-5} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^2$,此时溶

液中 $c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{CaF}_2)}{c^2(\text{F}^-)} = \frac{1.5 \times 10^{-10}}{5 \times 10^{-5}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 3 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,除钙率为 $\frac{1.0 \times 10^{-3} - 3 \times 10^{-6}}{1.0 \times 10^{-3}} \times 100\% = 99.7\%$ 。

(5) $750\text{ }^\circ\text{C}$ 以上残留固体为 NiO ,则 NiO 质量为 2.25 g ,则 $n(\text{NiO}) = 0.03\text{ mol}$, $500 \sim 750\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下加热,收集到的气体产物只有一种,说明发生反应 $\text{NiCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{NiO} + \text{CO}_2 \uparrow$,该阶段固体质量减少 $(2.69 - 2.25)\text{ g} = 0.44\text{ g}$,说明反应生成二氧化碳的质量为 0.44 g ,则 $n(\text{NiCO}_3) = n(\text{CO}_2) = 0.01\text{ mol}$;根据镍元素守恒, $n[\text{Ni}(\text{OH})_2] = 0.03\text{ mol} - 0.01\text{ mol} = 0.02\text{ mol}$,则 $n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{3.41\text{ g} - 0.02\text{ mol} \times 93\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} - 0.01\text{ mol} \times 119\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{18\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} =$

0.02 mol ,该样品的化学式为 $\text{NiCO}_3 \cdot 2\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(6) 从溶液中获得晶体的操作一般是蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥,依据表中数据可知: $30.8 \sim 53.8\text{ }^\circ\text{C}$ 晶体以 $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 形式存在,因此冷却结晶时应控制温度在 $30.8 \sim 53.8\text{ }^\circ\text{C}$ 。