

第四章 非金属及其化合物

第1节 氯及其化合物

刷基础

1. A 考查点 ▶ 氯及其化合物的转化关系

【解析】实验室利用浓盐酸的还原性制备 Cl_2 , A 错误; ClO_2 具有强氧化性, 是高效的水处理杀菌消毒剂, B 正确; 将 Cl_2 通入冷的石灰乳中发生反应: $2\text{Cl}_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, 可制备漂白粉, 使用漂白粉时发生反应: $\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + 2\text{HClO}$, C 正确; 铁与盐酸反应生成 FeCl_2 , 向 FeCl_2 溶液中通入 Cl_2 后, Fe^{2+} 转化为 Fe^{3+} , D 正确。

易错警示

向 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 溶液中通入少量 CO_2 , 生成 CaCO_3 , 通入过量 CO_2 , 生成 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$; 向 NaClO 溶液中, 无论通入多少 CO_2 , 都只生成 NaHCO_3 。

2. C 考查点 ▶ 实验装置分析、方程式的正误判断

【解析】甲为 Cl_2 制备装置, 离子方程式书写正确, A 不符合题意; 乙为 Cl_2O 制备装置, 反应过程中, 不生成其他气体, 即 Na_2CO_3

关键点

转化为 NaHCO_3 , 方程式书写正确, B 不符合题意; 丙中 Cl_2O 与 H_2O 反应生成 HClO , HClO 为弱酸, 不能拆成离子形式, C 符合题意; 丁为尾气吸收装置, 离子方程式书写正确, D 不符合题意。

3. C 考查点 ▶ 氯气的实验室制法、氯的含氧酸

【解析】由题图可知, a 为 Cl_2O , b 为 ClO_2 , c 为 HClO_4 , d 为氯化物(盐类), e 为氯酸盐。反应①中, $\text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2$, 可以是浓盐酸和二氧化锰在加热条件下反应生成氯气、二氧化锰、水, 离子方程式为 $\text{MnO}_2 + 2\text{Cl}^- + 4\text{H}^+ \xrightarrow{\Delta} \text{Cl}_2 \uparrow + \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$, A 错误; a 为 Cl_2O , 是次氯酸的酸酐, 属于酸性氧化物, b 为 ClO_2 , 是不成盐氧化物, B 错误; c 为高氯酸, 其中氯元素的化合价为 +7, 是氯的最高价含氧酸, 氯的非金属性强于硫, 则高氯酸酸性比硫酸强, 且氯元素处于最高价态易得电子, 故高氯酸是一种具有强酸性和强氧化性的无机酸, C 正确; 若 Cl_2 在加热条件下与强碱溶液反应生成的含氯化合物只有氯化物(d)和氯酸盐(e), 根据得失电子守恒可得出反应的离子方程式为 $3\text{Cl}_2 + 6\text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} 5\text{Cl}^- + \text{ClO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$, 则 $n(\text{d}) : n(\text{e}) = 5 : 1$, D 错误。

4. A 考查点 ▶ 海带提碘流程分析

【解析】操作①为灼烧, 玻璃棒的作用为搅拌, 操作②为溶解, 玻璃棒的作用为搅拌, 操作③为过滤, 玻璃棒的作用为引流, A 错误; 操作④中, H_2O_2 将 I^- 氧化成 I_2 , 反应的离子方程式为 $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{I}^- + 2\text{H}^+ = \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, B 正确; 操作⑤为萃取, 可以用苯或 CCl_4 萃取 I_2 , C 正确; 操作⑥的目的是分离 I_2 和有机溶剂, 可以用蒸

易错点

馏的方法, D 正确。

5. C 考查点 ▶ Cl_2 制备及性质探究

【解析】干燥的 Cl_2 不具备漂白性, 故红色干花不褪色, A 错误; Cl_2 溶于水后会形成 HClO , HClO 可以漂白指示剂, 湿润的蓝色石蕊试纸会出现先变红后褪色的现象, B 错误; Cl_2 具有氧化性, 可将 I^- 氧化成 I_2 , 使淀粉-KI 溶液变蓝, C 正确; 铁粉与 Cl_2 在加热的条件下反应生成 FeCl_3 , D 错误。

刷提分

1. B 考查点 ▶ 有关 Cl_2 性质的实验

【解析】向 NaI 、淀粉混合溶液中通入 Cl_2 , Cl_2 将 I^- 氧化为 I_2 , 溶液变为蓝色, A 正确; 向品红溶液中通入 Cl_2 , 品红褪色, 加热后不

易错点

能恢复红色, 氯水因具有强氧化性而具有漂白性, SO_2 则依靠与

有色物质结合而使其褪色,二者的漂白原理不同,B 错误;向 AgNO_3 溶液中通入 Cl_2 , Cl_2 与水反应生成的 Cl^- 与 Ag^+ 结合为 AgCl 沉淀,使澄清溶液变浑浊,C 正确;向 FeSO_4 、 KSCN 混合溶液中通入 Cl_2 , Cl_2 能将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ,溶液变为红色,D 正确。

2. C 考查点 ▶ 海水提溴、提镁流程分析

【解析】反应③的离子方程式为 $5\text{Br}^- + \text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ \longrightarrow 3\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$,氧化剂为 BrO_3^- ,还原剂为 Br^- ,二者的物质的量之比为 1:5,A 正确;反应②中,可用 SO_2 还原 Br_2 ,反应③中用 Cl_2 氧化 Br^- ,实现 Br_2 的富集,B 正确; $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 溶解后经一系列操作得到 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$,则为避免引入杂质离子,试剂 a 应选择盐酸,C 错误; SOCl_2 与 H_2O 反应生成 SO_2 和 HCl ,抑制 Mg^{2+} 水解,与 $\text{MgCl}_2 \cdot$

易错点

$6\text{H}_2\text{O}$ 混合加热可制得无水 MgCl_2 ,D 正确。

3. C 考查点 ▶ ClO_2 及 NaClO_2 的制备流程分析

【解析】氯碱工业中,为防止阴极产物 NaOH 与阳极产物 Cl_2 接触,应选用阳离子交换膜,A 错误; ClO_2 发生器中, SO_2 的作用是将 NaClO_3 还原为 ClO_2 ,空气的作用为稀释 ClO_2 ,防止发生爆炸,B 错误;根据质量守恒、得失电子守恒可写出电解反应的化学方程式: $\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{NaClO}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$,根据氯元素守恒可知,理论上制备的 $\text{NaClO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 与获取的 H_2 的物质的量之比为 1:3,C 正确;要得到更纯的 $\text{NaClO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 晶体,须进行重结晶操作,具

关键点

体操作为加热溶解、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥,D 错误。

4. D 考查点 ▶ Cl_2 与 NaOH 反应的计算

思路分析

可将吸收过程拆分成如下两个反应进行分析:

Cl_2 与 NaOH 反应生成 NaClO 、 NaCl 的反应为 $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ 。

Cl_2 与 NaOH 反应生成 NaClO_3 、 NaCl 的反应为 $3\text{Cl}_2 + 6\text{NaOH} \longrightarrow 5\text{NaCl} + \text{NaClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】当含氯产物只有 NaClO 、 NaCl 时,反应生成等物质的量的 NaClO 、 NaCl ,但 ClO^- 会发生水解反应,则吸收后的溶液中 $c(\text{ClO}^-) < c(\text{Cl}^-)$,A 错误;根据方程式判断,当含氯产物只有 NaClO_3 、 NaCl 时,氧化剂与还原剂的物质的量之比为 5:1;B 错误;当含氯产物为 NaClO 、 NaClO_3 、 NaCl 时,已知溶液中 $n(\text{Cl}^-)$,可以计算转移电子数,但不知道 NaClO 、 NaClO_3 的比例,无法求

易错点

得体系中的 Cl 原子总数,也就无法根据 Cl 原子守恒计算吸收的 $n(\text{Cl}_2)$,C 错误;根据两个方程式中 $n(\text{NaOH}) : n(\text{Cl}_2)$ 均为 2:1 可知,参加反应的 NaOH 与 Cl_2 的物质的量之比为 2:1,D 正确。

5. D 突破点 ▶ MnO_2 与浓盐酸反应的实验探究,物质氧化性、还原性的影响因素

【解析】若将该反应设计成原电池, MnO_2 在正极得电子被还原,电极反应式书写正确,A 正确;实验 I 中,增大了 $c(\text{H}^+)$,又有 Cl_2 产生,证明此时 MnO_2 的氧化性增强,反应继续进行,B 正确;实验 II 中,增大了 $c(\text{Cl}^-)$,又有 Cl_2 产生,证明此时 Cl^- 的还原性增强,反应继续进行,C 正确;还原性: $\text{I}^- > \text{Cl}^-$,则氧化 Cl^- 时所需

关键点

$c(\text{H}^+)$ 更大,pH 更小,D 错误。

6. (1) 饱和 NaCl 溶液

(2) $2\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

(3) 二价锰化合物在中性或弱酸性条件下只能被氧化成 MnO_2 ,在碱性条件下可以被氧化到更高价态(或 Mn^{2+} 的还原性随溶液碱性的增强而增强)

(4) ① $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ ② $4\text{MnO}_4^- + 4\text{OH}^- \longrightarrow 4\text{MnO}_4^{2-} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ NaClO ③ $3\text{ClO}^- + 2\text{MnO}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{MnO}_4^- + 3\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$

考查点 ▶ 氯气与二价锰化合物的反应探究

思路分析

在装置 A 中盐酸与 KMnO_4 发生反应制取 Cl_2 ，由于盐酸具有挥发性，为排除 HCl 的干扰，在装置 B 中盛有饱和 NaCl 溶液，除去 Cl_2 中的杂质 HCl ；在装置 C 中通过改变溶液的 pH，验证不同条件下 Cl_2 与 MnSO_4 的反应；装置 D 是尾气处理装置，目的是除去多余的 Cl_2 ，防止污染空气。

【解析】(2) 通入 Cl_2 前，Ⅱ、Ⅲ中 Mn^{2+} 与碱性溶液中 NaOH 电离产生的 OH^- 反应产生 $\text{Mn}(\text{OH})_2$ 白色沉淀，该沉淀不稳定，会被溶解在溶液中的氧气氧化为棕黑色的 MnO_2 ，则沉淀由白色变为棕黑色的化学方程式为 $2\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 = 2\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(4) ① Cl_2 与 NaOH 反应产生 NaCl 、 NaClO 和 H_2O ，使溶液碱性减弱，反应的化学方程式为 $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ 。

② 取Ⅲ中放置后的 1 mL 悬浊液，加入 4 mL 40% NaOH 溶液，溶液由紫色迅速变为绿色，是由于在浓碱条件下， MnO_4^- 分解生成 MnO_4^{2-} ，根据得失电子守恒，还有 O_2 生成，该反应的离子方程式为 $4\text{MnO}_4^- + 4\text{OH}^- = 4\text{MnO}_4^{2-} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ；溶液绿色缓慢加深，原因是 MnO_2 被 NaClO 氧化，可证明Ⅲ的悬浊液中氧化剂过量。

③ 取Ⅱ中放置后的 1 mL 悬浊液，加入 4 mL 水，溶液碱性减弱，溶液紫色缓慢加深，说明 ClO^- 将 MnO_2 氧化为 MnO_4^- ，发生的反应是 $3\text{ClO}^- + 2\text{MnO}_2 + 2\text{OH}^- = 2\text{MnO}_4^- + 3\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ 。

7. (1) 恒压滴液漏斗 B

(2) 除去氯气中的氯化氢气体 氯气溶于水发生反应 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{HClO}$ ，30% 硫酸中的 H^+ 可使平衡左移，减少氯气损失

(3) 冰水浴 $(\text{CNO})_3\text{H}_3 + 9\text{Cl}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = 3\text{NCl}_3 + 3\text{CO}_2 + 9\text{H}^+ + 9\text{Cl}^-$

(4) ① $\frac{0.71V}{m}$ ② AD

考查点 ▶ 氯气的实验室制备、含氯化合物的性质、碘量法测定有效氯含量

【解析】(1) 仪器 a 的名称为恒压滴液漏斗；装置 A 没有加热装置，不能选用 MnO_2 和浓盐酸反应，其余三种氧化剂均可以在常温下与浓盐酸反应制 Cl_2 。

(2) 装置 B 是净化装置，30% 稀硫酸可以用于除去 Cl_2 中的 HCl 。

(3) 实验温度为 $17 \sim 20^\circ\text{C}$ ，比室温低，应用冰水浴；温度过高，pH 过低时生成 NCl_3 的离子方程式为 $(\text{CNO})_3\text{H}_3 + 9\text{Cl}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = 3\text{NCl}_3 + 3\text{CO}_2 + 9\text{H}^+ + 9\text{Cl}^-$ 。

(4) ① 根据题给方程式可得关系式： $(\text{CNO})_3\text{Cl}_2\text{Na} \sim \text{NaClO} + \text{HClO} \sim$

$2\text{I}_2 \sim 4\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ，则 m g 样品中 $n[(\text{CNO})_3\text{Cl}_2\text{Na}] = \frac{1}{4}n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \times$

$\frac{100 \text{ mL}}{25 \text{ mL}} = \frac{1}{4} \times 0.100 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V \times 10^{-3} \text{ L} \times \frac{100 \text{ mL}}{25 \text{ mL}} = V \times 10^{-4} \text{ mol}$ ，

有效氯为 $\frac{V \times 10^{-4} \text{ mol} \times 2 \times 35.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{m \text{ g}} \times 100\% = \frac{0.71V}{m}\%$ 。② 装

标准溶液的滴定管未用标准液润洗，会导致标准液浓度偏低，消耗标准液的体积偏大，结果偏高，A 正确；滴定管在滴定前无气泡，滴定后有气泡，导致消耗标准液的体积读数偏小，结果偏低，

B 错误;稀硫酸偏少,反应不充分,转化生成的 I_2 偏少,消耗标准液体积偏小,结果偏低,C 错误;滴定结束时仰视读数,终点读数偏大,导致消耗标准液的体积读数偏大,结果偏高,D 正确。

知识归纳

碘量法的原理及注意事项

(1) 原理:用于测定氧化剂含量的氧化还原滴定法,通常向体系中加入足量 KI ,被氧化剂氧化生成 I_2 后,用 $Na_2S_2O_3$ 溶液滴定到终点,通过物质的量关系测定氧化剂含量。

(2) 注意:①指示剂通常选用淀粉溶液,滴定终点溶液颜色由蓝色变为无色;②淀粉与碘单质结合后,不易解离,一般在临近预

关键点

估终点处才加淀粉溶液,防止终点延后。

第 2 节 硫及其化合物

刷基础

1. D 考查点 ▶ 自然界中的 S 循环

【解析】图中 H_2S 、 FeS_2 、 S 、 SO_2 、 $CaSO_4$ 中的 S 分别显 -2、-1、0、+4、+6 价,A 正确; H_2S 、 S 、 SO_2 、 H_2SO_4 、 $CaSO_4$ 分别属于氢化物、单质、氧化物、酸、盐,B 正确;化石燃料燃烧产生的 SO_2 可形成酸雨,植物吸收 SO_2 可消除酸雨,C 正确;工业制硫酸一般以硫黄或其他含硫矿物(如黄铁矿)为起始原料,D 错误。

2. C 考查点 ▶ 硫循环中反应的化学方程式正误判断

【解析】 CaS 与高温水蒸气反应生成 H_2S ,化学方程式为 $CaS + 2H_2O(g) \xrightarrow{\text{高温}} Ca(OH)_2 + H_2S$,A 错误; H_2S 与 O_2 发生置换反应,化学方程式为 $2H_2S + O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2H_2O + 2S \downarrow$,B 错误; H_2S 与 SO_2 反应生成 S ,化学方程式为 $2H_2S + SO_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 3S \downarrow + 2H_2O$,C 正确;单质硫在空气中燃烧只能生成 SO_2 ,化学方程式为 $S + O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} SO_2$,D 错误。

3. B 考查点 ▶ H_2O_2 的性质分析及转化

【解析】向酸性 $KMnO_4$ 溶液中滴加过量双氧水,溶液褪色是因为 H_2O_2 还原了 $KMnO_4$,体现了 H_2O_2 的还原性,A 错误;向 $FeSO_4$ 溶液中滴加双氧水,溶液先变黄,后产生气体,是因为依次发生反应 $2Fe^{2+} + H_2O_2 + 2H^+ \xrightarrow{\text{Fe}^{3+}} 2Fe^{3+} + 2H_2O$ 、 $2H_2O_2 \xrightarrow{\text{Fe}^{3+}} 2H_2O + O_2 \uparrow$,则该过程中 H_2O_2 既作氧化剂又作还原剂,B 正确; CrO_5 中,Cr 显 +6 价,即 CrO_5 中含 1 个 -2 价 O、4 个 -1 价 O,则

易错点

该反应中没有化合价的变化,为非氧化还原反应,C 错误;向含有酚酞的 $NaOH$ 溶液中加入 H_2O_2 ,溶液褪色是因为酚酞被氧化,体现 H_2O_2 氧化性,D 错误。

4. B 考查点 ▶ 工业制硫酸的流程分析

【解析】黄铁矿的主要成分是 FeS_2 ,A 正确; SO_2 的催化氧化为放热反应,温度过高会使平衡逆向移动,不利于提高 SO_2 的平衡转化率,选择 $400 \sim 500^\circ C$ 是因为 V_2O_5 作催化剂时,在该温度下催化活性较高,B 错误;用水吸收 SO_3 会生成酸雾,同时大量放热,工业制硫酸用 98.3% 的浓硫酸吸收,C 正确;可以用 98.3% 的浓硫酸除去 SO_2 气体中少量的 SO_3 杂质,D 正确。

5. C 考查点 ▶ SOCl_2 的性质探究

【解析】利用热水浴加热, SOCl_2 与 H_2O 反应速率加快, 气体扩散速率增大, 撤去热水浴, II 中溶液褪色变慢, A 正确; 装置 III 中产生的浅黄色沉淀为 S, Na_2S 中 S 元素化合价升高, 表现还原性, B 正确; 装置 IV 中含有 Cl^- , 在酸性条件下也能还原 MnO_4^- , 对 Fe^{2+} 的检验造成干扰, C 错误; 装置 II、III、IV 中的现象证明产物有 SO_2 , 实验完毕后取具支试管中液体于试管, 滴加 AgNO_3 溶液, 产生白色沉淀, 证明反应后溶液中含 Cl^- , 即反应中生成了 HCl , D 正确。

易错点

刷 提分

1. D 考查点 ▶ 含 S 化合物的转化关系及现象、离子方程式的正误判断

【解析】过量 SO_2 与 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Na_2S 溶液反应, 产生的淡黄

易错点

色沉淀是 S, 溶液中生成 HSO_3^- , 离子方程式为 $5\text{SO}_2 + 2\text{S}^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 3\text{S} \downarrow + 4\text{HSO}_3^-$, A 错误; 过量的 SO_2 通入 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FeCl}_3$ 溶液, Fe^{3+} 被还原为 Fe^{2+} , 溶液由棕黄色变浅绿色, 离子方程式为 $2\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$, B 错误; 过量的 SO_2 通入 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{BaCl}_2$ 溶液不反应, 无明显现象, C 错误; 过量的 SO_2 通入 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液 (含酚酞) 反应生成 CO_2 与 HSO_3^- , 最终溶液呈酸性, 溶液由红色变无色, 离子方程式书写无误, D 正确。

2. C 考查点 ▶ 第 VIA 族元素的“价—类”二维图像分析

【解析】电解 a 即电解水制 H_2 、 O_2 时, 若加入 NaCl , Cl^- 会优先于 OH^- 放电, 导致阳极产物变为 Cl_2 , A 错误; 工业制硫酸时, S 单质不能一步直接转化为 SO_3 , B 错误; 若元素为 Se 时, -2 价 Se 和 +4 价 Se 的价态均较低, 可以被氧化, C 正确; 若元素为 S, SO_2

关键点

转化为 H_2SO_4 可以有多种路径, 如加入 H_2O_2 、先氧化后水化或先水化后氧化, D 错误。

3. C 考查点 ▶ SO_2 的制备及性质分析

思路分析

将甲中 Y 形试管向左倾斜使反应发生, 一段时间后, 乙中无明显现象; 将丙中 Y 形试管向左倾斜使反应发生, 一段时间后, 乙中有沉淀产生——甲中产生的气体为 SO_2 , SO_2 不能与 BaCl_2 溶液反应产生沉淀; 当丙中生成碱性气体如 NH_3 时, 乙中会产生 BaSO_3 沉淀; 当丙中生成氧化性气体如 Cl_2 、 O_2 、 NO_2 等时, 乙中会产生 BaSO_4 沉淀。

关键点

【解析】酸性环境下, NO_3^- 能将 SO_3^{2-} 氧化为 SO_4^{2-} , 不管 Na_2SO_3 是否变质, 都会生成 BaSO_4 沉淀, A 错误; 98.3% 的浓硫酸中含水量较少, 电离出的 H^+ 浓度较低, 与 Na_2SO_3 反应的速率较慢, B 错误; CO_2 不能与 BaCl_2 溶液反应产生沉淀, 但当丙中生成碱性气体如 NH_3 时, 乙中会产生 BaCO_3 沉淀, C 正确; MnO_2 和浓盐酸制 Cl_2 的反应需要加热, 该装置中无加热装置, 无法制 Cl_2 , D 错误。

知识归纳

(1) 实验室制备 SO_2 的常见方法

- ① Cu 与浓硫酸加热: $2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) + \text{Cu} \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;
 ② Na_2SO_3 与 70% 的浓硫酸反应: $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) + \text{Na}_2\text{SO}_3 \xrightarrow{\quad} \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

注意:该方法中,不使用更稀的硫酸是因为 SO_2 在水中的溶解度较大,逸出困难;不使用更浓的硫酸是因为浓硫酸中含水量较少,电离出的 H^+ 浓度较低,与 Na_2SO_3 反应的速率慢。

(2) 常见气体与钡盐溶液反应情况分析

常见气体	通入 BaCl_2 溶液是否产生沉淀	通入 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液是否产生沉淀
CO_2	×	×
SO_2	×	√(产生 BaSO_4 沉淀)
SO_3	√(产生 BaSO_4 沉淀)	√(产生 BaSO_4 沉淀)
$\text{CO}_2 + \text{NH}_3$	√(产生 BaCO_3 沉淀)	√(产生 BaCO_3 沉淀)
$\text{SO}_2 + \text{NH}_3$	√(产生 BaSO_3 沉淀)	√(产生 BaSO_3 沉淀, SO_2 多时还可能会产生 BaSO_4 沉淀)
SO_2 + 氧化性气体(如 Cl_2 、 O_2 、 NO_2 等)	√(产生 BaSO_4 沉淀)	√(产生 BaSO_4 沉淀)

4. D 考查点 ▶ 焦亚硫酸钠的性质探究

【解析】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 溶于水发生反应 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaHSO}_3$, 向甲中滴加石蕊溶液,溶液显红色,说明溶液显酸性,即 HSO_3^- 的电离程度大于水解程度,A 正确; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 溶液能使含碘的淀粉

关键点

溶液褪色,即 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 溶液具有还原性, Br_2 的氧化性强于 I_2 ,则 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 溶液也能还原溴水使其褪色,B 正确;丙中滴加 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液产生白色沉淀,过滤后将固体加入足量盐酸中未完全溶解,说明产生的白色沉淀中有 BaSO_3 和 BaSO_4 ,证明原固体样品已部分被氧化,C 正确;向 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 溶液中滴加 70% 浓硫酸,生成刺激性气味的气体即 SO_2 ,该反应中没有化合价的变化,为非氧化还原反应,D 错误。

5. D 突破点 ▶ 多硫酸的转化实验

思路分析

液体 A 与足量 BaCl_2 溶液反应,生成白色沉淀 D,则 A 为 H_2SO_4 ,D 为 BaSO_4 ;气体 B 与足量溴水反应后,再与足量 BaCl_2 溶液反应,生成白色沉淀 F,则 F 也为 BaSO_4 ,B 为 SO_2 ;黄色固体 C 为 S,与铁粉在加热条件反应生成的黑色固体 E 为 FeS 。

【解析】S 为弱氧化剂,E 为 FeS ,A 错误;白色沉淀 F 为 BaSO_4 ,

$$n = \frac{2.33 \text{ g}}{233 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.01 \text{ mol}, \text{B 错误; 白色沉淀 D 为 } \text{BaSO}_4, n =$$

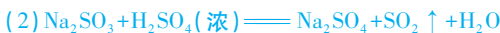
$$\frac{2.33 \text{ g}}{233 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.01 \text{ mol}, \text{黄色固体 C 为 S}, n = \frac{0.96 \text{ g}}{32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} =$$

0.03 mol, 根据质量守恒,该多硫酸分解生成 0.01 mol H_2SO_4 、

易错点

0.01 mol SO_2 、0.03 mol S,则该多硫酸的化学式为 $\text{H}_2\text{S}_5\text{O}_6$,C 错误;反应①的离子方程式为 $\text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Br}^-$,D 正确。

6. (1) 吸收 B 中产生的 SO_2 尾气, 防止污染环境



(3) 平衡装置内压强(或观察 SO_2 的生成速率)



(5) 趁热过滤 乙醇

(6) 当滴入最后半滴硫代硫酸钠溶液后, 溶液蓝色褪去且半分钟内不恢复至原色

(7) $\frac{15cV}{m} \times 100\%$

考查点 ▶ 硫代硫酸钠制备实验分析、滴定计算

【解析】(1) SO_2 是酸性氧化物且有毒, NaOH 溶液可与之反应, 起到尾气处理作用, 防止其污染环境。

(3) 装置 C 装有饱和 NaHSO_3 溶液, SO_2 在饱和 NaHSO_3 溶液中溶解度很小, 该装置可用于观察 SO_2 的生成速率, 同时长颈漏斗可起到平衡压强作用。

(5) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 易溶于水, 反应混合液用活性炭脱色后, 可趁热过滤, 以减少 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 遇冷析出造成的损失; 由题干可知, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 难溶于乙醇, 可用乙醇洗涤, 能降低溶解损耗, 同时快速带走固体表面的水。

(7) 滴定过程中, 依次发生反应 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{I}^- + 14\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{I}_2 + 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \longrightarrow 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$, 根据方程式中物质的化学计量数可得关系式: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \sim 3\text{I}_2 \sim 6\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, 三组平行实验中, 第 1 次实验数据偏差较大, 应舍去, 取第 2、3 次实验数据平均值 V (样品) =

$$\frac{24.78 \text{ mL} + 24.82 \text{ mL}}{2} = 24.80 \text{ mL}, \text{ 每次消耗 } n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) =$$

$$cV \times 10^{-3} \text{ mol}, \text{ 则每次消耗 } n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 6n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) =$$

$$6cV \times 10^{-3} \text{ mol}, 250 \text{ mL 溶液中共含 } n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \frac{250 \text{ mL}}{24.80 \text{ mL}} \times$$

易错点

$$6cV \times 10^{-3} \text{ mol}, \text{ 则样品中 } m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \frac{250 \text{ mL}}{24.80 \text{ mL}} \times 6cV \times$$

$$10^{-3} \text{ mol} \times 248 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 15cV \text{ g}, \text{ 纯度} = \frac{15cV \text{ g}}{m \text{ g}} \times 100\% = \frac{15cV}{m} \times$$

$$100\%。$$

7. (1) 检测气体流速 酸性高锰酸钾溶液或双氧水(合理即可)
(孟氏)洗瓶



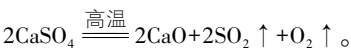
(3) $\text{I}_3^- + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{I}^- + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ 滴入最后半滴 BaCl_2 标准液, 溶液由橙黄色变为橙红色, 且半分钟内不恢复原色

$$\frac{25x}{cV - 25x} \quad \text{AD}$$

创新点 ▶ 结合电解池装置考查煤中 S 含量的测定实验

【解析】(1) 浮子流量计可以检测气体流速; 仪器 a 的作用是除去空气中的 SO_2 、 H_2S 、 HCHO , 可盛放的试剂为酸性高锰酸钾溶液或双氧水等; 仪器 b 的名称为(孟氏)洗瓶。

(2) 根据质量守恒、得失电子守恒可写出反应的化学方程式为



(3) 根据质量守恒、得失电子守恒可写出反应的离子方程式为 $\text{I}_3^- + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{I}^- + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ 。用 BaCl_2 溶液滴定到终点时, 过量的 Ba^{2+} 遇到钼试剂生成橙红色配合物, 则终点现象为滴入最后半滴 BaCl_2 标准液, 溶液由橙黄色变为橙红色, 且半分钟内不恢复原色; 电解过程中 SO_2 转化为 SO_4^{2-} , S 由 +4 价变为 +6 价, 库仑测硫仪显示电解过程中转移电子 $x \text{ mol}$, 则反应生成的

$$n(\text{SO}_2) = \frac{x}{2} \text{ mol}; \text{ 电解后, 取 } 25 \text{ mL 电解液, 用 } \text{BaCl}_2 \text{ 溶液滴定的}$$

到终点,消耗 V mL BaCl_2 溶液,则每 25 mL 电解液中 $n(\text{SO}_4^{2-}) =$

关键点

$n(\text{Ba}^{2+}) = cV \times 10^{-3} \text{ mol}$, 样品中共含 $n(\text{SO}_4^{2-}) = cV \times 10^{-3} \text{ mol} \times$

$\frac{500 \text{ mL}}{25 \text{ mL}}$, 即含 $n(\text{SO}_3) = cV \times 10^{-3} \text{ mol} \times \frac{500 \text{ mL}}{25 \text{ mL}} - \frac{x}{2} \text{ mol}$, 则 $\frac{n(\text{SO}_2)}{n(\text{SO}_3)} =$

$\frac{\frac{x}{2} \text{ mol}}{cV \times 10^{-3} \text{ mol} \times \frac{500 \text{ mL}}{25 \text{ mL}} - \frac{x}{2} \text{ mol}} = \frac{25x}{cV - 25x}; \frac{c(\text{I}_3^-)}{c(\text{I}^-)}$ 未回到原定值即读

测硫仪数据,会导致测得转移电子的物质的量偏少,即测得 x 偏

小,导致 $\frac{n(\text{SO}_2)}{n(\text{SO}_3)}$ 偏低,A 符合题意;燃烧舟内壁有 SO_3 残留,会导

致消耗 BaCl_2 溶液体积偏小,即测得 V 偏小,导致 $\frac{n(\text{SO}_2)}{n(\text{SO}_3)}$ 偏高,B

不符合题意;滴定终点时俯视读数,会导致测得 V 偏小,导致

$\frac{n(\text{SO}_2)}{n(\text{SO}_3)}$ 偏高,C 不符合题意;滴定前尖嘴内有气泡,终点时无气

泡,会导致测得 V 偏大,导致 $\frac{n(\text{SO}_2)}{n(\text{SO}_3)}$ 偏低,D 符合题意。

第3节 氮及其化合物

刷基础

1. C 考查点 ▶ 氮的固定、氮的实验室制法、侯氏制碱法、工业制硝酸

【解析】自然固氮、人工固氮都是将 N_2 转化为含氮化合物,但不一定是 NH_3 , A 错误;实验室制备 NH_3 的原理为 $2\text{NH}_4\text{Cl} +$

$\text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$, B 错误;以 H_2O 、 NH_3 、 CO_2 、

NaCl 为原料制备 NaHCO_3 和 NH_4Cl ,反应的化学方程式为 $\text{NH}_3 +$

$\text{CO}_2 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$, C 正确;工业制硝酸过程中的物质转化为 $\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$, D 错误。

2. B 考查点 ▶ 含 N 化合物的结构特点、喷泉实验、氢键

【解析】 NH_3 中, $\text{H}-\text{N}-\text{H}$ 键角为 107° , NH_4^+ 中, $\text{H}-\text{N}-\text{H}$ 键角为 $109^\circ 28'$, A 错误;氨水中存在四种氢键,分别为 $\text{N}-\text{H} \cdots \text{N}$ 、

易错点

$\text{N}-\text{H} \cdots \text{O}$ 、 $\text{O}-\text{H} \cdots \text{N}$ 、 $\text{O}-\text{H} \cdots \text{O}$, B 正确; NH_3 通常用排空气法收

集,该方法收集到的气体中存在少量杂质(空气),圆底烧瓶中剩

余少量气体,不是因 NH_3 的溶解已达到饱和,而是 NH_3 中含有

少量的空气, C 错误;圆底烧瓶中溶液呈碱性,滴加盐酸,溶液碱

性减弱或变为中性甚至酸性,溶液红色变浅直至消失, D 错误。

3. D 考查点 ▶ 实验装置分析

【解析】碱石灰的成分为 CaO 和 NaOH ,能吸收 Cl_2 ,不能用于干燥 Cl_2 , A 错误;加热 NH_4Cl 固体生成的 NH_3 、 HCl ,在试管口又化

合成 NH_4Cl ,制备 NH_3 需加热 NH_4Cl 和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的混合固体,

B 错误; NH_3 密度小于空气,应该选用短进长出的方法收集, C 错

误;加入 95%乙醇后,能减小溶剂的极性,促进 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot$

H_2O 的析出, D 正确。

4. A 考查点 ▶ 合成氨和工业制硝酸工艺流程分析

【解析】合成塔中的反应为放热反应,选择高温条件是为了提高

易错点

催化剂活性和反应速率,但会导致平衡转化率降低, A 错误;氧

化炉中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;氧化炉、吸收塔中,均需要氧化剂,可选用空气或 O_2 ,充

足的 O_2 可以提高 NO 的利用率, C 正确;吸收塔产生的尾气中可

能含有未反应的 NO_2 ,可以用碱液(如 NaOH 溶液)吸收,生成硝酸盐和亚硝酸盐, D 正确。

5. C 考查点 ▶ Cu 与硝酸、硫酸反应的实验分析

思路分析

Cu 与稀硝酸反应的离子方程式为 $3\text{Cu} + 8\text{H}^+ +$

关键点

$2\text{NO}_3^- \longrightarrow 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$, 根据方程式可知, 反应中消耗 H^+ 的物质的量大于 NO_3^- , 即加入过量 Cu 片, 反应停止是由于溶液中 H^+ 不够, 继续补加 H^+ , 反应仍能继续进行。

【解析】稀硝酸被 Cu 还原为 NO, A 错误; 稀硝酸具有强氧化性, 稀硫酸不具有强氧化性, 由分析可知, Cu 片继续溶解, 是因为稀硫酸提供了 H^+ , B 错误; 实验③发生反应的化学方程式为 $3\text{Cu} + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 4\text{CuSO}_4 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$, C 正确; Cu 在常温下, 不与稀硫酸反应, D 错误。

6. D 考查点 ▶ 大气中氮循环转化关系图

【解析】图中所有有 $h\nu$ 参与的反应均有化合价的变化, 伴随电子转移, A 正确; 由图可知, NO_2 可以经过反应③一步转化为 HNO_3 ,

关键点

也可以经过反应④分两步转化为 HNO_3 , B 正确; NH_3 分子可以与 HNO_3 反应转化为 NH_4NO_3 , 产生 NO_3^- , 由此推测气溶胶中可能含有 NH_3 , C 正确; 根据 N 化合价变化, 产生 1 mol 含氮化合物, 反应①转移 1 mol e^- , 反应②转移 2 mol e^- , 反应③转移 1 mol e^- , D 错误。

刷 提分

1. D 考查点 ▶ NH_3 催化氧化装置分析

【解析】装置①为 O_2 制备装置, 可以用 KClO_3 代替 KMnO_4 , 装置②为 NH_3 制备装置, 需加入的药品为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 NH_4Cl , A 错误; ③中 NH_3 发生催化氧化反应, 生成 NO, B 错误; ③④中没有 Cl,

易错点

根据元素守恒判断, ④中白烟的主要成分是 NH_4NO_3 , C 错误; 装置⑤中 NO_2 溶于水生成 HNO_3 , 与 Cu 反应生成 Cu^{2+} , 溶液可能变蓝, D 正确。

2. B 考查点 ▶ 硝酸制备创新装置分析

【解析】先鼓入适量氧气, 加热, 再鼓入空气吹入 NH_3 , 有利于 NH_3 的催化氧化, 提高 NH_3 的利用率, A 正确; 无水氯化钙的主要作用是吸收未反应的 NH_3 , 防止 NH_3 进入右侧, 碱石灰不能吸收未反应的 NH_3 , B 错误; 催化剂上, NH_3 转化为 NO, NO 遇过量 O_2 转化为 NO_2 , 停止加热后, 打开旋塞 K 并加入水, NO_2 转化为 HNO_3 , C 正确; 本实验采用加热棒进行加热, 无明火加热、相对密闭, 从而提高了实验的安全性, D 正确。

易错点

3. D 考查点 ▶ 工业制备 PH_3 的流程分析

【解析】黄磷与过量烧碱反应, 生成 NaH_2PO_2 , 即 NaH_2PO_2 不能

关键点

继续电离出 H^+ , 则该盐属于正盐, A 正确; 元素的非金属性越强, 其简单氢化物的还原性越弱, 非金属性: $\text{P} < \text{N}$, 则还原性: $\text{PH}_3 > \text{NH}_3$, B 正确; 根据质量守恒、得失电子守恒, 黄磷和烧碱溶液反应的化学方程式为 $\text{P}_4 + 3\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{PH}_3 \uparrow + 3\text{NaH}_2\text{PO}_2$, C 正确; 根据质量守恒、得失电子守恒, 次磷酸分解的化学方程式为 $2\text{H}_3\text{PO}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{PH}_3 \uparrow + \text{H}_3\text{PO}_4$, 则 1 mol P_4 参加反应, 在步骤 I 中生成 1 mol PH_3 、3 mol NaH_2PO_2 , 步骤 II 中转化成 3 mol H_3PO_2 , 步骤 III 中转化成 1.5 mol PH_3 和 1.5 mol H_3PO_4 , 即共生成 2.5 mol PH_3 , D 错误。

4. D 突破点 ▶ 硝酸钠的制备流程分析、涉及守恒关系的计算

【解析】 NO_2 与水或碱的反应均为氧化还原反应, 故 NO_2 不属于酸性氧化物, A 错误; 反应①中, NO_2 发生歧化反应, 被氧化的 N 与被还原的 N 物质的量之比为 1:1, 反应②中, NO 和 NO_2 发生归中反应, 被氧化的 N 与被还原的 N 物质的量之比为 1:1, 则同时发生反应①和②时, 被氧化的 N 与被还原的 N 的物质的量之比、质量之比均为 1:1, B 错误; “转化器”中, 部分生成的 NaNO_3 是复分解反应的产物, 部分是氧化产物, C 错误; 根据加入体系的

关键点

反应物中 Na、N 的守恒关系判断, $a+b+e=2c$, 根据 NO、NO₂ 失电子数等于 O₂ 得电子数判断, $3a+b=4d$, 联立两方程可得 $a+c=\frac{e+4d}{2}$, D 正确。

5. (1) U 形(干燥)管 $\text{Cu}+4\text{HNO}_3(\text{浓})=\text{Cu}(\text{NO}_3)_2+2\text{NO}_2\uparrow+2\text{H}_2\text{O}$

(2) 将 NO₂ 与 H₂O 反应生成的 HNO₃ 也转化为 NO

(3) C

(4) 提高氮原子的利用率 $3\text{MnO}_4^-+5\text{NO}+4\text{H}^+=3\text{Mn}^{2+}+5\text{NO}_3^-+2\text{H}_2\text{O}$

(5) B

考查点 ▶ 氮氧化物的反应及分析

【解析】(1) 装置 C 为 U 形干燥管(U 形管); 装置 A 中浓硝酸与 Cu 反应的化学方程式为 $\text{Cu}+4\text{HNO}_3(\text{浓})=\text{Cu}(\text{NO}_3)_2+2\text{H}_2\text{O}+2\text{NO}_2\uparrow$ 。

(2) 装置 A 中生成的 NO₂ 与装置 B 中的 H₂O 反应生成 HNO₃, 装置 B 中的 Cu 粉可以将生成的 HNO₃ 继续转化为 NO。

(3) 实验开始前需要通 N₂ 排尽装置中的空气, 实验结束后也需要通 N₂ 将装置中的氮氧化物完全排出, A 正确; 固体 CaCl₂ 不与 NO 反应, 可用于吸收 NO 中的水蒸气, B 正确; NO 不能与 NaOH 溶液反应, 无法达到尾气处理的目的, C 错误。

(4) Cu 与反应生成的稀硝酸反应时, 消耗 H⁺ 的物质的量超过消

关键点

耗 NO₃⁻ 的物质的量, 向装置 B 中加入稀硫酸, 可以提高 N 原子的利用率; 根据质量守恒关系和得失电子守恒关系可推出装置 E 中的离子方程式为 $3\text{MnO}_4^-+5\text{NO}+4\text{H}^+=3\text{Mn}^{2+}+5\text{NO}_3^-+2\text{H}_2\text{O}$ 。

(5) 若是因为溶解了生成的气体导致该溶液呈绿色, 加热该绿色溶液, NO₂ 气体逸出, 可通过颜色的变化判断两位同学的观点哪种合理, A 不符合题意; 加水稀释绿色溶液, 虽然溶液浓度降低, 但 NO₂ 气体未逸出, 通过颜色的变化无法判断两位同学的观点哪种合理, B 符合题意; 通入 N₂, 可将体系中的 NO₂ 吹出, 可通过颜色的变化判断两位同学的观点哪种合理, C 不符合题意; 向 Cu(NO₃)₂ 溶液中通入浓硝酸与铜反应产生的气体, 可通过溶液颜色变化来判断两位同学的观点哪种合理, D 不符合题意。

6. (1) ① $\text{MnO}_2+4\text{HCl}(\text{浓})\xrightarrow{\Delta}\text{MnCl}_2+\text{Cl}_2\uparrow+2\text{H}_2\text{O}$ ②(球形)干燥管 ③ $a\rightarrow d\rightarrow c$ $j\leftarrow i\leftarrow b$ ④无尾气处理装置 ⑤取少量岩脑砂于试管中, 加少量蒸馏水溶解, 再加入适量浓 NaOH 溶液并加热, 若产生使湿润的红色石蕊试纸变蓝的气体, 则含有 NH₄⁺

(2) ①浓硫酸 ②防止装置 K 中的水蒸气进入装置 I, 影响实验

结果 ③ $\frac{28V}{24.5}:\frac{35.5b}{36.5}$

考查点 ▶ NH₄Cl 的制备及元素定量测定

【解析】(1) ①装置 B 为固液混合加热制 Cl₂, 应选用浓盐酸和 MnO₂ 反应, 反应的化学方程式为 $\text{MnO}_2+4\text{HCl}(\text{浓})\xrightarrow{\Delta}\text{MnCl}_2+\text{Cl}_2\uparrow+2\text{H}_2\text{O}$; ②装置 C 是球形干燥管; ③为了使气体混合更充

关键点

分, NH₃ 密度小, 从 e 口进, Cl₂ 密度大, 从 f 口进, 二者形成逆流, 用装置 A 制备 NH₃, 装置 C 干燥 NH₃, 用装置 B 制备 Cl₂, 装置 F 除去 Cl₂ 中的 HCl, 装置 E 除去 H₂O, 则装置连接顺序为 $a\rightarrow d\rightarrow c\rightarrow ef\leftarrow h\leftarrow g\leftarrow j\leftarrow i\leftarrow b$; ④NH₃ 和 Cl₂ 均会污染空气, 该装置还存在的不足之处是缺少尾气处理装置。

(2) ①氯化铵与足量 CuO 混合加热后, 生成的气体含 N₂、HCl、H₂O, 为测定 N、Cl 质量比, 应该用装置 H 吸收水蒸气, 装置 I 吸收 HCl, 装置 M、K 排水收集 N₂, 则 H 中所装试剂为浓硫酸; ②装置 J 的目的是防止 M 中水蒸气进入 I 中, 导致测得 HCl 含量偏大; ③装置 I 增重 b g, 则 $m(\text{Cl})=\frac{b\times 35.5}{36.5}g=\frac{35.5b}{36.5}g$, 装置 K 测

得气体体积为 V L, 则 $m(\text{N}) = \frac{V \times 28}{24.5} \text{ g} = \frac{28V}{24.5} \text{ g}$, 故 $m(\text{N}) :$

$$m(\text{Cl}) = \frac{28V}{24.5} : \frac{35.5b}{36.5}^{\circ}$$

7. D 创新点 ▶ 结合反应机理图考查氮氧化物、硫氧化物处理的物质转化关系

【解析】 NO 、 NO_2 、 SO_2 混合气体中通入 O_3 后, NO 被氧化为 NO_2 参与后面的循环, A 正确; NO_2 、 SO_2 都能被碱性溶液吸收, 更有利于燃煤空气污染物的处理, B 正确; 根据图中信息, 催化循环过程中分别发生反应 $2\text{NO}_2 + 2\text{I}^- \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{NO}_2^- + \text{I}_2$ 、 $\text{SO}_3^{2-} + \text{I}_2 + 2\text{OH}^- \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{I}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$, 则理论上当 SO_2 与 NO_x 物质的量之比为 $1:2$ 时, 物质的利用率最高, C 正确; 溶液环境为碱性, 离子方程式为 $\text{SO}_3^{2-} + \text{I}_2 + 2\text{OH}^- \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{I}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$, D 错误。

第4节 无机非金属材料

刷基础

1. B 考点 ▶ 新型无机非金属材料、物理变化与化学变化

【解析】 氮化镓是一种新型无机非金属材料, 在光电器件领域有广泛应用, A 正确; 甘油作冷却剂与其良好的导热性和高比热容有关, 与吸水性无关, B 错误; 电激发氧气发光没有新物质生成, 是物理变化, C 正确; 聚四氟乙烯具有很强的耐酸碱特性, 化学性质稳定, 可用于制作全息投影仪的光敏胶片, D 正确。

2. C 考点 ▶ 硅单质的制备流程分析

思路分析

“Y 是电解饱和食盐水的产物, 同时又是还原 SiHCl_3 的还原剂, Y 在 Z 中燃烧产生苍白色火焰, Y 与 Z 点燃后可与 Si 反应制备 SiHCl_3 ”——电解饱和食盐水生成 NaOH 、 H_2 、 Cl_2 , 根据 Y 具有还原性可推出, Y 为 H_2 , Z 为 Cl_2 , X 为 NaOH 。

【解析】 由分析可知, Y、Z 分别为 H_2 、 Cl_2 , A 正确; 高温下, 焦炭和

易错点

石英反应得到粗硅、 CO , 化学方程式为 $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 2\text{CO} \uparrow$, B 正确; SiHCl_3 完全水解的产物为 H_2SiO_3 、 H_2 、 HCl , 可知反应前, Si 为 +4 价, Cl 为 -1 价, 根据化合物中各元素正、负化合价代数和为 0 推出, H 为 -1 价, 该反应为归中反应, C 错误; H_2 与 SiHCl_3 制备多晶硅的反应为 $\text{SiHCl}_3 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 3\text{HCl}$, 属于置换反应, D 正确。

3. D 考点 ▶ 制备铬酸钡的流程分析

思路分析

废液中加入过氧化氢氧化 Cr^{3+} , 氨水调节 pH 得到氢氧化铝胶体和铬酸根离子, 加酸调节 pH 使得胶体转化为溶液, 再加入氯化钡溶液生成铬酸钡沉淀。

【解析】 “氧化”过程发生反应的离子方程式为 $2\text{Cr}^{3+} + 10\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{CrO}_4^{2-} + 10\text{NH}_4^+ + 8\text{H}_2\text{O}$, 故氧化剂 (H_2O_2)、还原剂 (Cr^{3+}) 的物质的量之比为 $3:2$, A 错误; HCl 为强酸, 不易控制 pH 在 3 到 3.7, 且易使铬酸根离子转化为重铬酸根离子, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 具有强氧化性, 可与 Cl^- 发生氧化还原反应, B 错误; 铬酸钡为沉淀, 应通过过滤分离铬酸钡, C 错误; $\text{Al}(\text{OH})_3$ 为胶体, 溶液和胶体不能通过过滤分离, 所以不能直接用过滤操作分离 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 CrO_4^{2-} , D 正确。

4. (1) 酒精喷灯 在锌表面产生少量铜, 形成原电池, 加快反应速率



入前面的反应装置中

(4) 将装置内残留的 HCl 和 SiCl_4 气体排出

(5) 60%

考查点 ▶ 氮化硅的制备实验, 涉及元素化合物性质、实验装置及作用分析、产率计算等

【解析】(1) 仪器 A 的名称为酒精喷灯; 甲装置为制取 H_2 的装置, 在稀硫酸中添加少量 CuSO_4 溶液, 可以在锌表面产生少量铜, 形成原电池, 从而加快反应速率。

(2) NH_4Cl 和 NaNO_2 的浓溶液在 85°C 发生归中反应生成 N_2 , 根据得失电子守恒、质量守恒关系可写出反应的离子方程式为 $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- \xrightarrow{85^\circ\text{C}} \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$; 反应温度为 85°C , 可以采用水浴加热的方式。

(3) N_2 、 H_2 、 SiCl_4 在高温条件下反应生成 Si_3N_4 , 根据得失电子守恒、质量守恒可写出反应的化学方程式为 $2\text{N}_2 + 6\text{H}_2 + 3\text{SiCl}_4 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si}_3\text{N}_4 + 12\text{HCl}$; SiCl_4 极易水解, 则戊装置中的浓硫酸可以防止己

关键点

中的水蒸气进入前面的反应装置中, 导致产率降低。

(4) 实验结束时, 停止加热丁装置, 再通入一段时间的 N_2 是为了将装置内残留的 HCl 和 SiCl_4 气体排出, 使其充分被 NaOH 溶液吸收, 防止污染空气。

(5) 硬质玻璃管质量增加 2.8 g , 即反应生成的 $n(\text{Si}_3\text{N}_4) = \frac{2.8\text{ g}}{140\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.02\text{ mol}$, 根据(3)中反应方程式化学计量数比判断, 反应实际消耗的 $n(\text{SiCl}_4) = 0.02\text{ mol} \times 3 = 0.06\text{ mol}$, 反应生成的 $n(\text{HCl}) = 0.02\text{ mol} \times 12 = 0.24\text{ mol}$, $m(\text{HCl}) = 0.24\text{ mol} \times 36.5\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 8.76\text{ g}$, 则被 NaOH 溶液吸收的 $m(\text{SiCl}_4) = 15.56\text{ g} - 8.76\text{ g} = 6.8\text{ g}$, $n(\text{SiCl}_4) = \frac{6.8\text{ g}}{170\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.04\text{ mol}$, 若 SiCl_4 全部转化为 Si_3N_4 , 则 Si_3N_4 的物质的量为 $\frac{0.04\text{ mol}}{3} + 0.02\text{ mol}$, 则反应

中, Si_3N_4 的产率为 $\frac{\text{实际生成的 } n(\text{Si}_3\text{N}_4)}{\text{理论生成的 } n(\text{Si}_3\text{N}_4)} \times 100\% = \frac{0.02\text{ mol}}{\frac{0.04\text{ mol}}{3} + 0.02\text{ mol}} \times 100\%$

关键点

$100\% = 60\%$ 。

热点 2 常见元素及其化合物的转化

刷热点

1. D **考查点** ▶ 工业制备中的物质转化关系

【解析】工业制取漂白粉需将 Cl_2 通入石灰乳中, A 错误; 直接蒸干 MgCl_2 溶液, 会增大 Mg^{2+} 的水解程度, 水解生成的 HCl 易挥发, 进一步促进 Mg^{2+} 的水解, 最终生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$, 得不到纯净的无水 MgCl_2 , 获得无水 MgCl_2 的方法是在干燥 HCl 气流中蒸干,

易错点

B 错误; 工业制纯碱时, 将 NH_3 、 CO_2 通入饱和食盐水中, 会生成 NaHCO_3 , NaHCO_3 受热后才分解生成 Na_2CO_3 , C 错误; BaSO_4 在水中存在沉淀溶解平衡, 加饱和 Na_2CO_3 溶液会发生沉淀转化生成 BaCO_3 , BaCO_3 加盐酸后生成 BaCl_2 溶液, D 正确。

2. B **考查点** ▶ 常见物质的转化关系

【解析】短周期元素的金属单质中, Be 、 Al 与 O_2 反应后生成的是两性氧化物, 且 BeO 、 MgO 和 Al_2O_3 不能与水反应, A 错误; 金属 Na 、 Na_2O_2 暴露在空气中, 吸收水蒸气、 CO_2 , 最终均会转化为 Na_2CO_3 , B 正确; $\text{FeCl}_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$ 以及 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和 FeCl_3 相互转化过程中没有化合价的变化, 不是氧化还原反应, C 错误; 硫黄在空气中燃烧只能生成 SO_2 , 不能直接生成 SO_3 , D 错误。

易错点

3. D **考查点** ▶ 微粒所带的电荷与化合价之间的关系

思路分析

M 带 1 个单位负电荷, Al 显 +3 价, 则 M 为 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$; Q 带 3 个单位正电荷, Al 显 +3 价, 则 Q 为 Al^{3+} ; R 不带电, Al 显 +3 价, 则 R 可能为 Al_2O_3 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 等。

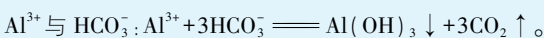
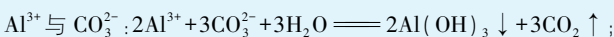
【解析】若 R 为氧化物, 则 R 为 Al_2O_3 , Al_2O_3 高温下可以与熔融烧碱 (NaOH) 发生反应, 不能用作熔融烧碱的坩埚材料, A 错误; Al^{3+} 和过量的氨水反应只能生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$, 不能生成 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$, B 错误; HCO_3^- 和 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 会发生较强酸制较弱酸的反应, 反应的离子方程式为 $\text{HCO}_3^- + [\text{Al}(\text{OH})_4]^- \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$, 没有气体生成, C 错误; $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 和 Al^{3+} 发生相互促进的水解反应生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$, 反应的离子方程式为 $3[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{Al}^{3+} \longrightarrow 4\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$, D 正确。

易错点

弱酸的反应, 反应的离子方程式为 $\text{HCO}_3^- + [\text{Al}(\text{OH})_4]^- \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$, 没有气体生成, C 错误; $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 和 Al^{3+} 发生相互促进的水解反应生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$, 反应的离子方程式为 $3[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{Al}^{3+} \longrightarrow 4\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$, D 正确。

知识归纳

(1) 双水解反应:



↑

泡沫灭火器原理

(2) 较强酸制较弱酸反应: $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{HCO}_3^- \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 。

注意: $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 与 CO_3^{2-} 不发生反应, 可以大量共存。

4. B 考查点 ▶ 常见化合物的转化关系

【解析】若 A、B、C 均为焰色试验呈黄色的化合物, 即三者均含

易错点

Na 元素, 则 X 为 CO_2 或 SO_2 、A 为 NaOH、B 为 Na_2CO_3 或 Na_2SO_3 、C 为 NaHCO_3 或 NaHSO_3 , 均符合图示转化关系, A 错误; 若 X 为 O_2 , 则 A 为 NH_3 、B 为 N_2 、C 为 NO 时, 符合图示转化关系, B 正确; 若 X 为 KOH 溶液、A 为 Al, KOH 的量不会影响产物, 只能生成 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$, C 错误; 若 X 为 Cl_2 、A 为 Fe, Cl_2 的量不会影响产物, 只能生成 FeCl_3 , D 错误。

5. C 考查点 ▶ 利用类比推理分析化合物的性质及转化关系

【解析】 AgNO_3 溶液和过量 NaOH 溶液反应, 先生成 AgOH 白色沉淀, 后分解转化为深棕色的 Ag_2O , 而 AgNO_3 溶液和过量氨水反应, 先生成沉淀, 后转化为银氨溶液, 现象为沉淀溶解, ①错误; 少量 CO_2 通入 BaCl_2 溶液不发生反应, 没有白色沉淀产生, ②错误; 乙醇与足量酸性高锰酸钾溶液反应生成乙酸, 乙二醇与足量酸性高锰酸钾溶液反应, 先生成乙二酸 ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) ,

易错点

后继续被氧化生成 CO_2 , ③错误; MnO_2 一定条件下能氧化 HCl 生成 Cl_2 , HBr 还原性强于 HCl, 则 HBr 一定条件下能被 MnO_2 氧化为 Br_2 , ④正确; C 与 SiO_2 反应置换出 Si 时, C 为还原剂, 元素非金属性越强, 其单质的氧化性越强, 则该反应不能证明非

关键点

金属性: $\text{C} > \text{Si}$, ⑤错误; Na_2CO_3 与少量盐酸的反应为放热反应, NaHCO_3 与少量盐酸的反应为吸热反应, ⑥错误; 答案选 C。

6. B 考查点 ▶ 元素化合物的转化关系

【解析】 FeCl_3 溶液中加入 Fe 粉生成 FeCl_2 , FeCl_2 溶液中加入碱溶液生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 被氧化生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶于盐酸生成 FeCl_3 溶液, A 不符合题意; SiO_2 不溶于 H_2O 也不

易错点

能与 H_2O 反应,不能一步转化为 H_2SiO_3 ,题给物质均含有 Si 元素,经过多个步骤可以满足图中转化关系,B 符合题意; Na 与 H_2O 反应生成 NaOH , NaOH 溶液中通入少量 CO_2 生成 Na_2CO_3 , Na_2CO_3 与盐酸反应生成 NaCl ,电解熔融 NaCl 生成 Na ,C 不符合题意; Cl_2 溶于石灰水或石灰乳生成 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 溶液中通入 CO_2 生成 HClO , HClO 分解生成 HCl ,浓盐酸与 MnO_2 在加热条件下反应生成 Cl_2 ,D 不符合题意。

7. C 考查点 ▶ 固体成分推断

思路分析

根据焰色试验可知 X 一定含 Na 元素,但无法确定是否含有 K 元素;样品 X 能全部溶于水,可排除 CaCO_3 存在;加入足量盐酸产生的浅黄色沉淀为 S 单质;刺激性气味气体中可能是 SO_2 ,可能是 H_2S 还可能是 SO_2 和 H_2S ,当然也可能含有 CO_2 。

【解析】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 与盐酸反应生成 S 和 SO_2 ,反应的离子方程式为

关键点

$\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{S} \downarrow + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$,由思路分析可知,固体中可能只含有 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$,可能同时含有 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 、 Na_2SO_3 或同时含有 K_2S 、 Na_2SO_3 、 KOH ,还存在多种组合,均可满足所有实验现象,A、B 正确,C 错误;溶液 3 中,可能含有未逸出的 SO_2 ,加入 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液,可能会产生白色沉淀,D 正确。

8. B 突破点 ▶ 从电势-pH 图的角度分析物质的性质及变化关系

【解析】AB 线左右两侧分别为 Ce^{3+} 、 $\text{Ce}(\text{OH})_3$,表示的转化关系为 Ce^{3+} 的水解过程,反应的离子方程式为 $\text{Ce}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ce}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{H}^+$,A 正确;根据流程中的信息可推出,氧化步骤

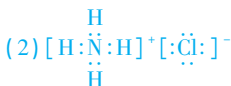
关键点

中,需加入合适的氧化剂,使 Ce^{3+} 转化为 $\text{Ce}(\text{OH})_4$,而其他稀土离子(RE^{3+})不能被氧化,因此选择电势较低的 O_2 更为合适,B 错误;根据图中信息可推出,在 $\text{pH} = 1 \sim 14$ 范围内,pH 越小, $\text{Ce}(\text{OH})_4$ 的电势越大, $\text{Ce}(\text{OH})_4$ 的氧化性就越强,C 正确;调 pH 步骤需要将 Ce^{3+} 氧化,并得到 $\text{Ce}(\text{OH})_4$ 和 $\text{RE}(\text{OH})_3$ 的沉淀,由 $\text{pH} = 6$ 时 $\text{Ce}(\text{OH})_3$ 开始沉淀可推知, $\text{RE}(\text{OH})_3$ 也在 pH 约为 6 时沉淀(稀土元素的性质相似),则将 pH 调至 $8 \sim 9$,既可使 $\text{RE}(\text{OH})_3$ 沉淀相对完全,又不会很大程度上降低氧化剂的氧化效果,D 正确。

考点拓展

电势-pH 图可用于预测在特定电位和 pH 的水溶液体系中,某种元素稳定存在的形态和条件。通常,平行于 x 轴的线两侧物质发生转化时,只有电子的得失;平行于 y 轴的线两侧物质发生转化时,只有 H^+ 或 OH^- 的得失;既不平行于 x 轴,也不平行于 y 轴的线两侧的物质发生转化时,同时有电子、 H^+ 或 OH^- 的得失。

9. (1) $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ BaFeO₄



(3) 将湿润的红色石蕊试纸放在盛有 B 的集气瓶口,若试纸变蓝则说明 B 为氨气



考查点 ▶ 元素化合物推断及转化

思路分析

复盐 A 与 NaOH 溶液反应生成无色气体 B, 则该气体为 NH_3 , 复盐 A 中含有 NH_4^+ ; NH_3 与浓盐酸反应生成的白色固体 E 为 NH_4Cl 。

复盐 A 与 NaOH 溶液反应生成白色沉淀 D, D 在湿空气中转化为红褐色固体 G, 则 D 为 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 、G 为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 复盐 A 中含有 Fe^{2+} ; G 与 Cl_2 、浓 NaOH 溶液反应生成紫红色溶液 H, 1 mol G 转化成 H 时失去 3 mol 电子, 且 H 是一种绿色净水剂和消毒剂, 则 H 为 Na_2FeO_4 ; H 与 BaCl_2 溶液反应生成紫红色固体 I, 则 I 为 BaFeO_4 ; I 与稀硝酸反应生成无色气体 J, J 是空气的主要成分之一, 根据元素守恒判断, J 为 O_2 。

复盐 A 与 NaOH 溶液反应生成无色溶液 C, 加入 BaCl_2 溶液、稀硝酸后, 生成白色固体 F, 则 F 为 BaSO_4 , 即复盐 A 中含 SO_4^{2-} 或 SO_3^{2-} , 但由于 Fe^{2+} 的存在, SO_3^{2-} 不能大量存在, 则复盐 A 中的阴离子为 SO_4^{2-} 。

A 中含两种阳离子和一种阴离子, 三种离子的物质的量之比为 2:1:2, 根据化合物中各元素正、负化合价代数和为 0 可推出 A 中 $n(\text{NH}_4^+) : n(\text{Fe}^{2+}) : n(\text{SO}_4^{2-}) = 2:1:2$; 根据质量关系计算, 当

关键点

复盐 A 为 1 mol 时, 含 $n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{392 \text{ g} - 18 \times 2 \text{ g} - 56 \text{ g} - 96 \times 2 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} =$

6 mol, 则复盐 A 的化学式为 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。

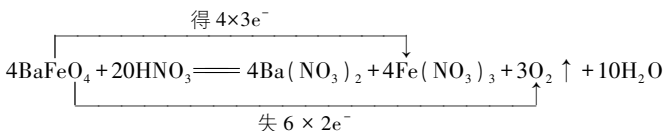
【解析】(1) 由上述分析可知, A 的化学式为 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; I 的化学式为 BaFeO_4 。

(2) NH_4Cl 的电子式为 $[\text{H}:\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{N}}}:\text{H}]^+[:\ddot{\text{Cl}}:]^-$ 。

(3) 检验 NH_3 的操作为将湿润的红色石蕊试纸放在盛有 B 的集气瓶口, 若试纸变蓝则说明 B 为氨气。

(4) 反应④为制备 Na_2FeO_4 的反应, 根据质量守恒、得失电子守恒、电荷守恒可推出反应的离子方程式为 $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 10\text{OH}^- + 3\text{Cl}_2 = 2\text{FeO}_4^{2-} + 6\text{Cl}^- + 8\text{H}_2\text{O}$ 。

(5) 根据分析, BaFeO_4 与稀硝酸反应生成 O_2 , 用双线桥法表示转移电子数:



即每生成 3 mol O_2 , 转移 12 mol 电子, 则标准状况下, 反应⑥生成 11.2 L (即 0.5 mol) O_2 时转移电子的物质的量为 2 mol。

突破 2 微工艺流程

刷 难关

1. B 考查点 ▶ 水合肼的制备流程分析

【解析】 Cl_2 与 NaOH 溶液反应时, 会同时发生反应 $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- = \text{ClO}^- + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ 、 $3\text{Cl}_2 + 6\text{OH}^- = \text{ClO}_3^- + 5\text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$, 设产物中 $n(\text{NaClO}) = 5 \text{ mol}$, $n(\text{NaClO}_3) = 1 \text{ mol}$, 则根据方程式化学计量数关系可推出还应该生成 $n(\text{NaCl}) = 5 \text{ mol} + 5 \text{ mol} = 10 \text{ mol}$, 即 $n(\text{NaCl}) : n(\text{NaClO}) = 2:1$, A 正确; $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 有强还原性, 应

易错点

将 NaClO 溶液逐滴滴加到尿素中, 防止过量的 NaClO 溶液将 $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 氧化, B 错误; 步骤 II 为 NaClO 氧化尿素制备 $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的步骤, 根据得失电子守恒、质量守恒和电荷守恒可写出反应的离子方程式为 $\text{ClO}^- + \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{OH}^- = \text{Cl}^- + \text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$, C 正确; 步骤 IV 向碳酸钠溶液中通入 SO_2 , 反应过程中控制溶液为碱性, 有利于吸收 SO_2 , D 正确。

2. C 考查点 ▶ 从废线路板中提取铜的流程分析

【解析】“机械粉碎”能增大反应物接触面积, 加快反应速率, 使

反应更充分,但不能把合金变为纯金属,A 错误;加入稀盐酸“酸

易错点

溶”,Fe 转化为 Fe^{2+} ,B 错误;由已知信息可知“碱溶”时生成 SnO_3^{2-} ,根据得失电子守恒、电荷守恒和质量守恒可写出反应的离子方程式为 $\text{Sn} + 2\text{OH}^- + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SnO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$,C 正确;“电解精炼”时粗铜在阳极发生氧化反应,逐渐溶解,D 错误。

3. C 考查点 ▶ 从含金属钌单质的废料中分离提纯金属钌的工艺流程分析

【解析】“沉钌”工序后进行固液分离,需进行的操作是过滤,A 正确;“碱浸氧化”工序中 Ru 被氧化为 RuO_4^- 、 ClO^- 被还原为 Cl^- ,根据得失电子守恒、电荷守恒和质量守恒可写出反应的离子方程式为 $\text{Ru} + 3\text{ClO}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons 3\text{Cl}^- + \text{RuO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$,B 正确;“沉钌”时,Ru 的化合价降低,则 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 作还原剂,发生氧化反

关键点

应,C 错误; H_2 、CO 为常见的气体还原剂,一定条件下可将金属氧化物还原为单质,D 正确。

4. B 考查点 ▶ 以低品位锰矿为原料制备 Mn_3O_4 的流程分析

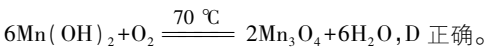
思路分析

锰矿粉中含 MnCO_3 、 Mn_2O_3 、 MnOOH 及少量 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 SiO_2 ,加入 NH_4HSO_4 、 H_2O_2 溶浸后, SiO_2 以滤渣 1 的形式分离出体系,含 Mn 物质转化为 Mn^{2+} , Fe_2O_3 、

关键点

Al_2O_3 转化为 Al^{3+} 、 Fe^{3+} ;加入 $\text{Mn}(\text{OH})_2$ 调节 pH, Al^{3+} 、 Fe^{3+} 转化为 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀,二者以滤渣 2 的形式分离出体系。

【解析】 H_2SO_4 也能提供 H^+ 、 SO_4^{2-} ,可用稀硫酸代替“溶浸”中的 NH_4HSO_4 ,A 正确; H_2O_2 的主要作用是将+3 价 Mn 还原为+2 价,作还原剂,B 错误;“沉锰”步骤所得母液的阳离子主要为 NH_4^+ 、阴离子主要为 SO_4^{2-} ,即母液主要成分为 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$,C 正确;“氧化”过程中, $\text{Mn}(\text{OH})_2$ 被空气中的 O_2 氧化为 Mn_3O_4 ,同时生成 H_2O ,根据得失电子守恒和质量守恒可写出反应的化学方程式为



5. C 考查点 ▶ 钛酸钡粉体的制备流程分析

【解析】 TiCl_4 水解显酸性,向 TiCl_4 中先加入 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$,可抑制其水解,防止生成 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 导致产率降低,A 正确;根据已知信息②,得到溶液 1 的反应的化学方程式为 $\text{TiCl}_4 + 2\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 6\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons (\text{NH}_4)_2\text{TiO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2 + 4\text{NH}_4\text{Cl} + 5\text{H}_2\text{O}$,B 正确;由已知信息②可知,加入过量氨水,可能会生成 $\text{TiO}(\text{OH})_2$,不利

关键点

于提高 $\text{BaTiO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 的产率,C 错误;隔绝空气煅烧 $\text{BaTiO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$,反应的化学方程式为 $\text{BaTiO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{煅烧}} \text{BaTiO}_3 + 2\text{CO} \uparrow + 2\text{CO}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O} \uparrow$,气体 A 是 CO、 CO_2 和 H_2O 的混合物,D 正确。

6. B 考查点 ▶ 以硼镁矿为原料生产硼酸及轻质氧化镁的工艺流程分析

思路分析

硼镁矿(含 $\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 SiO_2 及少量 Fe_2O_3 、 Al_2O_3) 中加入 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液溶浸,生成的气体为 NH_3 ,用 NH_4HCO_3 溶液吸收得到 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 溶液;滤渣 1 为难溶于 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液的 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 ;调节滤液 pH =

关键点

3.5,促进 H_3BO_3 的解离平衡逆向移动,得到 H_3BO_3 ;滤液中主要含有 MgSO_4 ,加入 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 溶液,得到 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3$ 和含有 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的母液。

【解析】由分析可知,“溶浸”产生的气体为 NH_3 ,经 NH_4HCO_3 溶液“吸收”生成 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$,A 正确;滤渣 1 的主要成分为 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 ,B 错误;在“过滤 2”前将溶液 pH 调节至 3.5,可以促进 H_3BO_3 的解离平衡逆向移动,促进硼酸析出,C 正确;母液的主要成分为 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$,可返回“溶浸”工序循环使用,D 正确。

7. C 考查点 ▶ 以铝土矿为原料制备 GaN 的流程分析

思路分析

铝土矿主要成分为 Al_2O_3 、 Ga_2O_3 、 Fe_2O_3 ,加入 NaOH 溶液“碱溶”, Fe_2O_3 以滤渣 1 的形式分离出体系, Al_2O_3 、 Ga_2O_3 分别转化为 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 、 $[\text{Ga}(\text{OH})_4]^-$;结合流程中的物质转化,第②步中, $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 转化为 $\text{Al}(\text{OH})_3$,第③步中, $[\text{Ga}(\text{OH})_4]^-$ 转化为 $\text{Ga}(\text{OH})_3$ 。

【解析】粉碎铝土矿、搅拌,可以增大反应物接触面积,提高反应速率,使反应更充分,A 正确;根据强酸制弱酸的规律,加酸时,

关键点

先生成酸性更弱的,由于通入 CO_2 时,先生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$,通入过量 CO_2 后生成 $\text{Ga}(\text{OH})_3$,故 $\text{Ga}(\text{OH})_3$ 的酸性比 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 强,B 正确;生成 GaN 的反应为可逆反应,1 mol Ga 不能完全反应,转移电子数小于 $3N_A$,C 错误;滤渣 1 是 Fe_2O_3 , $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 与适量 CO_2 反应生成滤渣 2 的离子方程式可能为 $2[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{CO}_2 = 2\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$,D 正确。

8. B 考查点 ▶ 以含钴废料为原料制备 CoCO_3 的流程分析

思路分析

“氧化性: $\text{Co}^{3+} > \text{H}_2\text{O}_2 > \text{Cl}_2$ ”—— Co^{3+} 可以氧化

关键点

Cl^- 生成 Cl_2 , Co^{3+} 可以氧化 H_2O_2 生成 O_2 。

含钴废料(主要成分为 CoO 、 Co_2O_3 ,含少量 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 SiO_2 等杂质),加入硫酸、 SO_2 酸浸后, SiO_2 不反应,以滤渣 I 形式分离出体系;滤液中含有 Co^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Al^{3+} 等,加 NaClO_3 溶液氧化后, Fe^{2+} 转化为 Fe^{3+} ,调节 pH 生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$;滤液中加入 NH_4HCO_3 溶液、氨水,经一系列操作得到纯净的 CoCO_3 。

【解析】根据已知信息②中氧化性大小顺序判断, Co^{3+} 可以氧化 Cl^- 生成 Cl_2 ,则“酸浸”时不可用盐酸代替硫酸,A 错误;硫酸可溶解金属氧化物, H_2O_2 能将 Co^{3+} 还原为 Co^{2+} ,则“酸浸”和“氧化”两步可合并,可使用稀硫酸和 H_2O_2 ,B 正确;由分析知,“滤渣 II”中含有 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$,C 错误;“沉钴”工序中,加入 NH_4HCO_3 溶液、氨水,反应生成 CoCO_3 ,根据质量守恒、电荷守恒,反应的离子方程式为 $\text{Co}^{2+} + \text{HCO}_3^- + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{CoCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$,D 错误。

9. B 突破点 ▶ 流程分析与热重曲线的结合

思路分析

向铜阳极泥中加入硫酸和 H_2O_2 ,Cu 转化为 Cu^{2+} ,浸渣 1 中含 Au、Ag;浸渣 1 中加入盐酸和 H_2O_2 ,Ag 转化为 AgCl 进入浸渣 2。

【解析】温度过高会加快 H_2O_2 分解,导致浸取 1 速率降低,A 错误;由思路分析可知,浸渣 2 的主要成分是 AgCl ,B 正确;由于 $\text{HAuCl}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{AuCl}_4^-$,故 HAuCl_4 为强酸,与 Zn 反应时,

易错点

H^+ 、 AuCl_4^- 均得电子,根据得失电子守恒,1 mol HAuCl_4 被还原为 Au , H^+ 得 1 mol 电子, AuCl_4^- 得 3 mol 电子,则需要 2 mol Zn ,C 错误;

样品中 $n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \frac{2.50 \text{ g}}{250 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.01 \text{ mol}$,加热过程中,Cu 不会损失,即 0.72 g 固体中含 0.01 mol Cu,质量为

关键点

$0.01 \text{ mol} \times 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.64 \text{ g}$,剩下的是 O 的质量,即 $0.72 \text{ g} -$

$0.64 \text{ g} = 0.08 \text{ g}$, $n(\text{O}) = \frac{0.08 \text{ g}}{16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.005 \text{ mol}$,则 $n(\text{Cu}) :$

$n(\text{O}) = 0.01 \text{ mol} : 0.005 \text{ mol} = 2 : 1$,最终分解产物为 Cu_2O ,

D 错误。

全章真题训练

刷真题

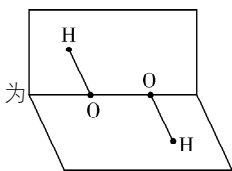
刷小题

1. D 命题点 ▶ 氯气、氨气的实验室制法和收集装置等

【解析】制取 NH_3 的原理: $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaO} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \uparrow + \text{Ca}(\text{OH})_2$,反应消耗水、生成碱且放热,使氨气易于逸出,A 正确;饱和食盐水可降低 Cl_2 的溶解度,而 HCl 极易溶于水,可用饱和食盐水吸收 Cl_2 中混有的 HCl ,B 正确; Cl_2 密度比空气大,可用向上排空气法收集,C 正确; NH_3 极易溶于水,且溶解迅速,尾气处理应采用防倒吸装置,D 错误。

2. A 命题点 ▶ 物质结构与性质,涉及电子式、分子的极性、化学键的变化等

【解析】 $\text{H}:\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{F}}:$ 中各原子均达到稳定结构,A 正确; H_2O_2 的结构



为 ,其正、负电中心不重合,是极性分子,

B 错误;反应①中有 $\text{F}-\text{F}$ 非极性键的断裂,但生成物中只含极性键,故没有非极性键的形成,C 错误;F 的非金属性非常强,在

关键点

HOF 中 F 为 -1 价,H 为 +1 价、O 为 0 价,故在反应②中,H、F 元素的化合价均没有发生变化,HF 既不是还原产物也不是氧化产物,D 错误。

3. D 命题点 ▶ 氧化还原反应规律

【解析】因氧化性: $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2$,故 Cl_2 可将 Br^- 氧化为 Br_2 ,A 正确; Br_2 具有氧化性, SO_2 具有还原性,二者反应时 Br_2 被还原为 Br^- ,B 正确;根据同一反应中氧化剂的氧化性大于氧化产物的氧化性,可得氧化性: $\text{Br}_2 > \text{Fe}^{3+}$,C 正确;根据题意, Br_2 发生歧化反应生成 NaBr 和 NaBrO_3 ,反应的化学方程式为 $3\text{Br}_2 + 6\text{NaOH} \rightleftharpoons 5\text{NaBr} + \text{NaBrO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$,即 3 mol Br_2 参与反应转移 5 mol 电子,D 错误。

易错警示

歧化反应中,某反应物既作氧化剂又作还原剂,反应物中某元素一部分得电子被还原,另一部分失电子被氧化。

4. C 命题点 ▶ 铜与稀硝酸反应过程中的现象分析

思路分析

- ①铜与稀硝酸反应生成硝酸铜、NO 和 H_2O , NO 被空气中的氧气氧化为 NO_2 , 导致瓶中气体呈红棕色, B 错误;
- ②铜与稀硝酸的反应放热,随着反应进行,装置中温度升高,反应速率加快,生成的 NO_2 增多,气体颜色逐渐变深;
- ③ NO_2 可与 H_2O 反应生成 HNO_3 和 NO, 导致颜色变浅, C 正确;
- ④锥形瓶中 NO 逐渐增多,压强增大,锥形瓶中液面下降,长颈漏斗中液面上升,最终固(铜丝)液(稀 HNO_3) 分离,反应停止, D 错误。

【解析】开始时温度较低,铜丝与稀 HNO_3 反应缓慢,且铜在稀硝酸中不会发生钝化, A 错误。

5. B 命题点 ▶ 工业制取硫酸、平衡转化率等

思路分析

黄铁矿和空气中的 O_2 在加热条件下反应生成 SO_2 和 Fe_3O_4 等, SO_2 和空气中的 O_2 在 $400 \sim 500\text{ }^\circ\text{C}$ 、常压、催化剂的作用下反应生成 SO_3 , 用 98.3% 的浓硫酸吸收 SO_3 得到发烟硫酸。

【解析】黄铁矿中的 FeS_2 和空气中的 O_2 在加热条件下反应生成 SO_2 和 Fe_3O_4 , 化学方程式为 $3FeS_2 + 8O_2 \xrightarrow{\Delta} Fe_3O_4 + 6SO_2$, A 正确; SO_2 与 O_2 反应生成 SO_3 是气体体积减小的放热反应, II 中的反应条件综合考虑了 SO_2 平衡转化率、反应速率和生产成本等, 催化剂是为了提高反应速率, 不能提高 SO_2 平衡转化率, B 错误; 将黄铁矿换成硫黄, 不会生成 Fe_3O_4 等, 即可以减少废渣产生, C 正确; 生产过程中产生的尾气为 SO_2 和 SO_3 , 可以用碱液吸收, D 正确。

6. B 命题点 ▶ 以粗硅为原料制备高纯硅的工艺流程分析

【解析】 SiO_2 与 C 反应生成 CO_2 所需温度更高, 故工业制粗硅的过程中生成 CO, A 正确; Si 晶体中, 1 个 Si 与其周围 4 个 Si 形成

易错点

4 个 Si—Si 键, 每个 Si—Si 键都被两个 Si 共用, 则属于 1 个 Si 的

Si—Si 键数目为 $\frac{1}{2} \times 4 = 2$, 所以 1 mol Si 含 Si—Si 键的数目约为

$2 \times 6.02 \times 10^{23}$, B 错误; Si、 H_2 与 O_2 在加热时容易反应, 生成副产物或引起爆炸, $SiHCl_3$ 易水解, 则原料气中应充分去除水和氧气, C 正确; $Si(s) + 3HCl(g) \xrightarrow{300\text{ }^\circ\text{C}} SiHCl_3(g) + H_2(g)$, 反应后气体分子数减小, 生成 $SiHCl_3(g)$ 的反应为熵减过程, D 正确。

考点拓展

常见物质所含化学键的数目清单

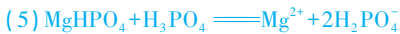
1 mol 物质	P_4	Si	SiO_2	石墨	金刚石
化学键	P—P	Si—Si	Si—O	C—C	C—C
共价键数目	$6N_A$	$2N_A$	$4N_A$	$1.5N_A$	$2N_A$

刷大题

7. (1) 适当升高温度 充分搅拌



(4) pH 较大时, 沉镁 I 主要生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (生成物碱式碳酸镁中 y 值较大), 煅烧时没有 CO_2 气体生成, 使得 MgO 结构不疏松, 密度较大, 不能得到轻质 MgO



命题点 ▶ 工艺流程分析, 涉及方程式的书写、 K_{sp} 的相关计算、实验条件的控制、氧化还原反应的判断等

思路分析

原料: 电解锰工业废盐 (含 Mg^{2+} 、 Mn^{2+} 、 NH_4^+ 的硫酸盐)

除杂离子: Mg^{2+} 、 NH_4^+

目标产物: $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

沉锰 I: 加入 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 和 O_2 , Mn^{2+} 转化为 $\text{Mn}(\text{OH})_2$ 后被氧化为 Mn_3O_4 , 过滤获得 Mn_3O_4 , 滤液中含有未沉淀的 Mn^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 、 SO_4^{2-} 。

沉锰 II: 向滤液中加入 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$, 将未沉淀的 Mn^{2+} 转化为 MnO_2 , 滤液中含有 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 、 SO_4^{2-} 。

沉镁 I: 向滤液中加入 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 和 NH_4HCO_3 调节 pH, 使得部分 Mg^{2+} 转化为 $x\text{MgCO}_3 \cdot y\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$, 滤液中含有未沉淀的 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 、 SO_4^{2-} 。

煅烧: $x\text{MgCO}_3 \cdot y\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ 经煅烧获得轻质 MgO 。

沉镁 II: 加入 H_3PO_4 , Mg^{2+} 转化为 $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 滤液中含有 NH_4^+ 、 SO_4^{2-} 。

结晶: 向滤液 (含有 NH_4^+ 、 SO_4^{2-}) 中加入 H_2SO_4 调节 $\text{pH} = 6.0$, 促使 NH_4^+ 和 SO_4^{2-} 结合为 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 结晶析出。

..... 第(6)问

焙烧: Mn_3O_4 、 MnO_2 与 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 混合焙烧最终获得 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, Mn 的化合价降低。

【解析】 (1) 废盐溶解时, 升高温度、充分搅拌均可提高溶解速率, 但高温下 NH_4^+ 易水解生成 NH_3 逸出, 故升高温度要适当。

(2) $\text{Mn}(\text{OH})_2$ 被氧化成 Mn_3O_4 , Mn 元素化合价由 +2 升高为平均价态 $+\frac{8}{3}$, 氧气中氧元素化合价由 0 降低为 -2, 根据得失电子

守恒、原子守恒可得化学方程式为 $6\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\quad} 2\text{Mn}_3\text{O}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$ 。根据题目信息可知, $K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2] > K_{\text{sp}}[\text{Mn}(\text{OH})_2]$, 故当 Mg^{2+} 开始沉淀时, Mn^{2+} 已生成沉淀, 则溶液中 $\frac{c(\text{Mg}^{2+})}{c(\text{Mn}^{2+})} = \frac{c(\text{Mg}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-)}{c(\text{Mn}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-)} = \frac{K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2]}{K_{\text{sp}}[\text{Mn}(\text{OH})_2]} = \frac{10^{-11.25}}{10^{-12.72}} = 10^{1.47}$,

关键点

$c(\text{Mg}^{2+}) = 10^{-0.68} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $c(\text{Mn}^{2+}) = 10^{-2.15} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(3) 根据题给信息可知, $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 中含有过氧键, 在加热水解过程中过氧键断裂, 与水反应生成 H_2O_2 和 NH_4HSO_4 , H_2O_2 不稳定, 分

易错点

解生成 O_2 。

(4) 根据 MgCO_3 和 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的 K_{sp} 可知, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 更难溶, 当 pH 较大时, 溶液中 $c(\text{OH}^-)$ 较大, 主要生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$, 煅烧时没有 CO_2 气体生成, 不能得到疏松的轻质 MgO 。

(5) 根据题图可知, $\text{pH} = 8.0$ 时, P 元素主要以 HPO_4^{2-} 形式存在, 已知加 H_3PO_4 至 $\text{pH} = 8.0$ 时, Mg^{2+} 沉淀完全, 此时存在形式为

MgHPO_4 , $\text{pH}=4.0$ 时, P 元素主要以 H_2PO_4^- 形式存在, 沉淀完全溶解, Mg 元素主要以 Mg^{2+} 形式存在, 则沉淀溶解的离子方程式为 $\text{MgHPO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + 2\text{H}_2\text{PO}_4^-$ 。

(7) Mn_3O_4 中 Mn 元素的平均价态为 $+\frac{8}{3}$, MnO_2 中 Mn 元素为 $+4$ 价,

关键点

$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 中 Mn 元素为 $+2$ 价, 故在焙烧中 Mn 元素化合价降低, Mn 发生还原反应。

8. (1) 圆底烧瓶 $\text{H}_2\text{S} + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI} + \text{S}$ (2) c

(3) $\text{I}_2 + \text{I}^- \rightleftharpoons \text{I}_3^-$ (4) NaOH

(5) 先停止加热, 再停止通入 N_2 (6) $\frac{117 \times 1.7 \times 57\%}{128 \times 1} \times 100\%$

(7) 棕色试剂瓶中, 且瓶口密封

命题点 物质的制备实验, 涉及仪器名称、化学方程式书写、产率计算、试剂选择、实验操作顺序、试剂保存等

【解析】(1) 由实验目的可知反应生成 HI , 结合得失电子守恒及元素守恒知, 步骤 i 中 H_2S 与 I_2 反应生成 HI 和 S , 即反应的化学方程式为 $\text{H}_2\text{S} + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI} + \text{S}$, 经过滤分离得到固体产物 S 和滤液。

(2) 该步骤中产物分离前先静置, 快速搅拌与固液分离无关, a

易错点

错误; 该步骤中的装置未加热, 不涉及防暴沸, b 错误; 由 (1) 分析知, 反应中有 S 生成, 快速搅拌可防止 I_2 被固体产物 S 包覆, 阻碍 H_2S 与 I_2 反应, c 正确。

(3) 反应生成的 I^- 可以和未参与反应的 I_2 反应生成易溶于水的 I_3^- , 促进碘单质的溶解, 反应的离子方程式为 $\text{I}_2 + \text{I}^- \rightleftharpoons \text{I}_3^-$ 。

(4) 步骤 ii 中通入的 N_2 可将步骤 i 中过量的 H_2S 从反应体系中带出, H_2S 为酸性气体, 可选择碱性试剂 NaOH 溶液吸收。

(5) 停止加热后, 持续通入 N_2 , 可维持无氧环境, 防止产物 HI 被

关键点

氧化, 待装置冷却后再停止通入 N_2 。

(6) 实际生成的 $n_{\text{实际}}(\text{HI}) = \frac{117 \text{ mL} \times 1.7 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 57\%}{128 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$, 依据碘

元素守恒分析, $n(\text{I}_2) = \frac{127 \text{ g}}{2 \times 127 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.5 \text{ mol}$, $\text{I}_2 \sim 2\text{HI}$, 则 HI

的理论产量 $n_{\text{理论}}(\text{HI}) = 1 \text{ mol}$ 。 HI 的产率为 $\frac{n_{\text{实际}}(\text{HI})}{n_{\text{理论}}(\text{HI})} \times 100\% =$

$$\frac{\frac{117 \text{ mL} \times 1.7 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 57\%}{128 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}{1 \text{ mol}} \times 100\% = \frac{117 \times 1.7 \times 57\%}{128 \times 1} \times 100\%。$$

(7) 棕色试剂瓶能有效阻挡可见光, 减少光对氢碘酸的作用, 延缓其分解反应; 试剂瓶瓶口密封良好, 可减少氢碘酸与空气的接触。

9. (1) CuSO_4

(2) $4\text{FeS}_2 + 15\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{细菌}} 4\text{Fe}^{3+} + 8\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$

(3) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (或 FeAsO_4) (4) BC

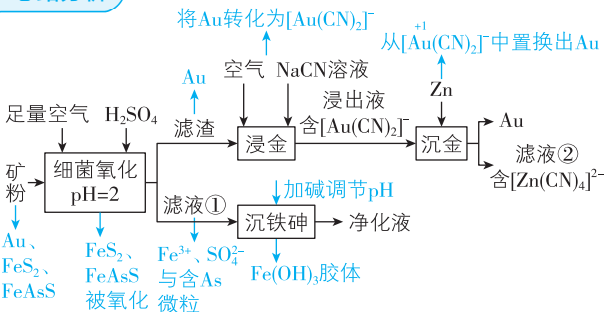
(5) 形成配合物, 促进金的氧化

(6) 还原剂 (或置换 Au)

(7) $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4] + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{ZnSO}_4 + 4\text{HCN} + \text{Na}_2\text{SO}_4$ NaCN

命题点 工艺流程分析, 涉及陌生反应方程式书写、元素化合物性质、配合物等

思路分析



【解析】(1) 结合古代“湿法炼铜”与胆矾可知“胆水”主要溶质为 CuSO_4 。

(2) FeS_2 中 Fe 呈 +2 价, S 呈 -1 价, 结合题给信息“金属硫化物在‘细菌氧化’时转化为硫酸盐”可知, 足量 O_2 与 FeS_2 反应时, Fe 元素被氧化为 Fe^{3+} , S 元素被氧化为 SO_4^{2-} , 根据得失电子守恒、电荷守恒及质量守恒得反应的离子方程式为 $4\text{FeS}_2 + 15\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{细菌}} 4\text{Fe}^{3+} + 8\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ 。

(3) 滤液①中含有 Fe^{3+} , Fe^{3+} 易水解, 加碱调节 pH 可生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体可起絮凝作用, 促进了含 As 微粒的沉降, 达到了净水的目的。

(4) 细菌需要一定的活性温度, A 错误; “焙烧氧化”需要在高温下进行, 同时会生成污染性气体 SO_2 等, 而“细菌氧化”只需要保证细菌的活性温度, 通常不超过 100°C , 且 S 元素转化为硫酸盐, 减少了有害气体的产生, B、C 正确; 该过程用到酸的同时也会有砷元素浸出, 因此必然会产生需要处理的废液, D 错误。

(5) “真金不怕火炼”表明 Au 难被 O_2 氧化, 但 Au 可以在 NaCN 溶液中被 O_2 氧化, 是因为形成 $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ 配离子, 促进氧化反应正向进行。

(6) “沉金”过程中, Zn 作还原剂, 置换出 $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ 中的 Au。

(7) 由题给流程图知, 滤液②中阴离子为 $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$, 阳离子为加入 NaCN 时引入的 Na^+ , 则溶质主要为 $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4]$, 已知滤液②经 H_2SO_4 酸化, $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$ 转化为 ZnSO_4 和 HCN, 结合元素守恒可得反应的化学方程式为 $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4] + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + 4\text{HCN} + \text{Na}_2\text{SO}_4$; 用碱(氢氧化钠)中和 HCN 可生成 NaCN, 可在“浸金”时使用, 实现循环利用。

10. (1) 四 VIII

(2) $\text{SiCl}_4 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{H}_4\text{SiO}_4 + 4\text{HCl}$ [或 $\text{SiCl}_4 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SiO}_3 + 4\text{HCl}$ 或 $\text{SiCl}_4 + (2+n)\text{H}_2\text{O} = \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} + 4\text{HCl}$]

(3) 焰色试验

(4) 5.9×10^{-7} $6\text{Co}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{850^\circ\text{C}} 2\text{Co}_3\text{O}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$

(5) abd

命题点 无机工艺流程分析, 涉及元素周期表、无机物的性质与鉴别、溶解平衡的有关计算、化学方程式的书写、物质结构与性质的关系等

思路分析

500 $^\circ\text{C}$ 焙烧: LiCoO_2 发生自身氧化还原反应, Co 元素化合价由 +3 价降为 +2 价生成 CoCl_2 , 同时一部分 O 元素由 -2 价升为 0 价生成 O_2 , 同时还生成 LiCl 和 SiO_2 ;

水浸过滤: 滤液 1 含 LiCl 和 CoCl_2 , 滤饼 1 主要成分为 SiO_2 ;

沉钴过滤: 滤液 2 含 LiCl 、 NaCl , 滤饼 2 主要成分为 $\text{Co}(\text{OH})_2$;

沉锂过滤: 滤饼 3 主要成分为 Li_2CO_3 ;

850 $^\circ\text{C}$ 煅烧: $\text{Co}(\text{OH})_2$ 被空气中的 O_2 氧化为 Co_3O_4 。

【解析】(1) Co 为 27 号元素, 位于元素周期表第四周期第 VIII 族。

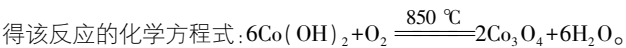
(2) SiCl_4 易水解, 水解时生成大量烟雾, “烟”可能为固体 H_4SiO_4 或 H_2SiO_3 , “雾”应为 HCl 与空气中的水蒸气混合形成的液滴, 所以 SiCl_4 水解的化学方程式为 $\text{SiCl}_4 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{H}_4\text{SiO}_4 + 4\text{HCl}$ 或 $\text{SiCl}_4 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SiO}_3 + 4\text{HCl}$ 或 $\text{SiCl}_4 +$



(3) Li_2CO_3 和 Na_2CO_3 所含金属元素不同, 可通过焰色试验鉴别, 其中 Li 元素焰色为紫红色, Na 元素焰色为黄色。

(4) 当 $\text{pH} = 10.0$ 时, $c(\text{OH}^-) = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $c(\text{Co}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}[\text{Co}(\text{OH})_2]}{c^2(\text{OH}^-)} = \frac{5.9 \times 10^{-15}}{(1.0 \times 10^{-4})^2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 5.9 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;

“850 °C 煅烧”时, Co 元素的平均化合价由 +2 价升为 $+\frac{8}{3}$ 价, O 元素的化合价由 0 价降为 -2 价, 根据得失电子守恒和原子守恒可得该反应的化学方程式:



(5) 因为电负性: $\text{Si} < \text{C} < \text{Cl}$, 所以 Si—Cl 键的极性强于 C—Cl 键的极性, 因此 SiCl_4 中 Si 原子的正电性强于 CCl_4 中 C 原子的正电性, 使 Si 原子比 C 原子更易受到水电离出的 OH^- 的吸引, a 正确; Si 的原子半径大于 C 的原子半径, 则键长: Si—Cl 键 > C—Cl 键, Si—Cl 键的键能更小而更容易断裂, b 正确、c 错误; SiCl_4 与 CCl_4 的中心原子均采用 sp^3 杂化, C 原子没有空的价层轨道, 而 Si 原子有空的 3d 轨道可以接受水电离出的 OH^- 的孤电子对, d 正确。