

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 ▶ 氯气的实验室制法、蒸馏装置、海水提取溴

思路分析

使用热空气将溴蒸气吹出后使用二氧化硫吸收,将其转化为 HBr,再通入氯气将 HBr 氧化为溴单质,利用物质沸点的不同,采取蒸馏的方法将溴蒸出。

【解析】根据思路分析可知,A 正确;浓盐酸和二氧化锰制取氯气需要加热,B 错误;通入氯气时,导管应该是长进短出,短进长出会将 HBr 溶液压出,C 错误;蒸馏时,温度计水银球位置应该在蒸馏烧瓶支管口下沿处,D 错误。

2. B 考查点 ▶ 氯气的制法

【解析】 $\text{Cl}_2(\text{g})$ 与足量 $\text{H}_2(\text{g})$ 反应生成 $\text{HCl}(\text{g})$ 为放热反应, $\Delta H < 0$, A 错误;电解熔融状态的氯化钠生成钠和氯气: $2\text{NaCl}(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{Na} + \text{Cl}_2 \uparrow$, B 正确;电解饱和食盐水制取氯气的阴极反应: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$, C 错误;浓盐酸与二氧化锰在加热条件下的反应为 $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl}(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, D 错误。

3. D 考查点 ▶ 氯气的化学性质

【解析】高锰酸钾与浓盐酸反应生成氯气;a 处试纸变蓝,对应的离子方程式为 $\text{Cl}_2 + 2\text{I}^- \longrightarrow \text{I}_2 + 2\text{Cl}^-$,所以还原性: $\text{I}^- > \text{Cl}^-$, A 正确;b 处试纸变红,说明生成了 Fe^{3+} ,离子方程式为 $\text{Cl}_2 + 2\text{Fe}^{2+} \longrightarrow 2\text{Cl}^- + 2\text{Fe}^{3+}$, B 正确;c 处试纸褪色,是因为 Cl_2 与 H_2O 反应生成了具有漂白性的 HClO,使品红试纸褪色, C 正确;d 处红色褪去,是因为 Cl_2 与 NaOH 反应生成了 NaClO, NaClO 溶液具有漂白性, D 错误。

4. C 考查点 ▶ 氯气与水反应的实验探究

【解析】氯气溶于水,也可以使试管内液面上升,故试管内液面上升不能证明氯气和水发生了反应, A 错误;氯气与水反应的化学方程式为 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$,加入少量 CaCO_3 粉末会与 HCl 反应,使平衡右移, HClO 浓度增大,溶液漂白能力增强, B 错误;光照下发生反应 $2\text{HClO} \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{HCl} + \text{O}_2 \uparrow$,生成 HCl, HCl 浓度增大,溶液酸性增强, pH 下降, C 正确;滴加紫色石蕊溶液,溶液中的 HCl 使溶液先变红, HClO 具有强氧化性,再使溶液褪色,该漂白过程不可逆,加热后颜色不会恢复, D 错误。

刷提分

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: $2\text{Cl}_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$,可制备漂白粉,使用漂白粉时发生反应: $\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{HClO}$, C 正确;铁与盐酸反应生成 FeCl_2 溶液,向溶液中通入 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. B 考查点 ▶ NaClO 溶液的性质

【解析】观察钠元素的焰色不能透过蓝色钴玻璃, 它会过滤掉钠的焰色, A 错误; 将 NaClO 溶液滴到淀粉-KI 溶液中, I^- 被氧化为 I_2 , 溶液变蓝, 可以检验 NaClO 溶液的氧化性, B 正确; NaClO 溶液具有漂白性, 能使 pH 试纸褪色, C 错误; 少量 NaClO 溶液与 FeCl_2 溶液反应的离子方程式为 $2\text{Fe}^{2+} + \text{ClO}^- + 2\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$, 滴加硝酸酸化的硝酸银溶液可检验 Cl^- , 但 FeCl_2 溶液中也存在 Cl^- , 无法判断与硝酸银反应产生白色沉淀的氯离子是 FeCl_2 溶液中原有的还是次氯酸根离子被还原生成的, D 错误。

3. C 考查点 ▶ 物质制备的探究、氯气和碱溶液的反应

思路分析

步骤 I 中发生反应 $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- = \text{ClO}^- + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$, 温度过高时易发生 $3\text{Cl}_2 + 6\text{OH}^- = \text{ClO}_3^- + 5\text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$; 步骤 II 中发生反应 $\text{ClO}^- + \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{OH}^- = \text{Cl}^- + \text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$ (B 正确), 且将 NaClO 溶液逐滴滴加到尿素中, 可防止过量的 NaClO 溶液将 $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 氧化; 步骤 III 中分离出碳酸钠、水合肼; 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 , 将碳酸钠转化为亚硫酸钠。

【解析】步骤 I 反应时, 若产物中 $n(\text{NaClO}) : n(\text{NaClO}_3) = 5 : 1$, 假设产物中 $n(\text{NaClO}) = 5 \text{ mol}$, $n(\text{NaClO}_3) = 1 \text{ mol}$, 由离子方程式可知 $n(\text{NaCl}) = 5 \text{ mol} + 5 \text{ mol} = 10 \text{ mol}$, 则 $n(\text{NaCl}) : n(\text{NaClO}) = 10 : 5 = 2 : 1$, A 正确; $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 有强还原性, $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 能与 NaClO 反应生成 N_2 , 则步骤 II 中须将 NaClO 碱性溶液缓慢加入尿素中, 可防止过量的 NaClO 溶液将 $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 氧化, C 错误; 由 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{SO}_3$ 溶液的 pH 约为 9.5 可知, 步骤 IV 吸收 SO_2 的过程中应保持溶液的 pH 在 9.5 以上, 有利于 SO_2 的吸收和 Na_2SO_3 的生成, D 正确。

4. C 考查点 ▶ 含氯消毒液的反应过程分析

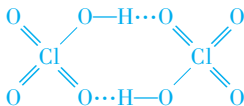
【解析】原“84”消毒液中, NaClO 的浓度约为 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, pH = 13, 结合图乙, HClO 的电离常数 $K_a = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{ClO}^-)}{c(\text{HClO})} = 10^{-7.5} \approx \frac{10^{-13} \times 1}{c(\text{HClO})}$, 则 $c(\text{HClO}) \approx 10^{-5.5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, A 错误; 根据图甲, AB 段为碱性环境, 存在大量 OH^- , Fe^{2+} 被氧化的反应为 $\text{ClO}^- + 2\text{Fe}^{2+} + 4\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{Cl}^-$, B 错误; C 点后溶液 pH < 7, 对应题图乙可知, 此时物质的量分数: $\text{HClO} > \text{ClO}^-$, 由于氧化性: $\text{HClO} > \text{ClO}^-$, 使得氧化还原反应 ($\text{HClO} + 2\text{Fe}^{2+} + 5\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{Cl}^- + 5\text{H}^+$) 速率加快, 导致 CD 段溶液 pH 下降较快, C 正确; 400 s 时, 溶液的酸性较强, 溶液中的 HClO 和 HCl 会发生归中反应, 使得溶液 pH 的下降变缓, D 错误。

5. (1) $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- = \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$

(2) BD

(3) H_2SO_4 可形成的分子间氢键数目比高氯酸多, 分子间作用力

较大, 沸点高于 HClO_4



(4) $4\text{Cl}_2 + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \longrightarrow \text{CCl}_3\text{CHO} + 5\text{HCl}$ 气体 D 通入紫色石蕊试液, 溶液变红, 通入硝酸酸化的硝酸银溶液, 生成白色沉淀, 则为 HCl

考查点 ▶ 氯及其化合物性质

【解析】(1) 常温下氯气与氢氧化钠反应生成氯化钠和次氯酸钠, 离子方程式为 $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 工业上制氯气采用电解饱和食盐水的方法, A 错误; Cl_2 与 NaOH 加热反应的化学方程式为 $3\text{Cl}_2 + 6\text{NaOH} \xrightarrow{\Delta} 5\text{NaCl} + \text{NaClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$, 物质 A 为 NaCl, 物质 B 为 NaClO_3 , 混合物 A、B 的物质的量之比可为 5:1, B 正确; 若 C 中的各原子最外层均达 8 电子稳定结构, 则 C 也可以为 SCl_2 , C 错误; ClO_2 中的 Cl 为 +4 价, 具有强氧化性, 可用作自来水的消毒剂, D 正确。

(3) H_2SO_4 和 HClO_4 都是分子晶体, 而 H_2SO_4 可形成的分子间氢键数目比 HClO_4 多, 分子间作用力较大, 沸点高于 HClO_4 , 故高氯酸比硫酸更易从体系中分离; HClO_4 在液态时通过氢键形成双

聚体 $(\text{HClO}_4)_2$ 的结构式:

$$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O}-\text{H} \cdots \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \\ \diagdown \quad \diagup \quad \diagdown \quad \diagup \quad \diagdown \quad \diagup \\ \text{Cl} \quad \quad \quad \text{Cl} \\ \diagup \quad \diagdown \quad \diagup \quad \diagdown \quad \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \cdots \text{H}-\text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \end{array}$$

(4) Cl_2 与 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 发生氧化反应, 羟基变为醛基, 发生取代反应, 甲基上的氢原子被氯原子取代, 由于 M 分子中只有一种化学环境的氢原子, 即甲基上三个氢原子全部被取代, 故 M 的结构简式为 CCl_3CHO , D 为 HCl, 总反应化学方程式为 $4\text{Cl}_2 + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \longrightarrow \text{CCl}_3\text{CHO} + 5\text{HCl}$; 证明 D 为 HCl 的方法是将气体 D 通入紫色石蕊试液, 溶液变红, 通入硝酸酸化的硝酸银溶液, 生成白色沉淀, 则为 HCl。

6. (1) $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl}(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 除去氯气中的 HCl

(2) D

(3) 吸收未反应完的 Cl_2 , 防止污染空气 $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$

(4) $2\text{CuCl}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CuO} + 2\text{Cl}_2$

(5) +6 1:6

考查点 ▶ 氯气的实验室制法、氧化还原方程式的书写

思路分析

装置 I 中二氧化锰和浓盐酸在加热条件下反应生成氯气, 浓盐酸具有挥发性, 制取的氯气中混有氯化氢, 用饱和食盐水可以除去杂质氯化氢, 干燥的氯气不具有漂白性, 潮湿的氯气具有漂白性, 氯气有毒, 要用氢氧化钠溶液进行尾气吸收。

【解析】(2) 进入装置 III 中的氯气携带有水蒸气, 导致未观察到“a 无明显变化”的预期现象, 应在通入装置 III 之前对氯气进行干燥, 可选用浓硫酸干燥氯气, 故选 D。

(3) 装置 V 中 NaOH 溶液用于吸收未反应完的氯气, 防止污染空气; 发生反应的离子方程式为 $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$ 。

(4) 由题图乙可知反应 II 中 CuCl_2 和 O_2 反应生成 CuO 和 Cl_2 , 化学方程式为 $2\text{CuCl}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CuO} + 2\text{Cl}_2$ 。

(5) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 中 O 为 -2 价, Cr 的化合价为 +6; 1 mol Fe^{2+} 失 1 mol 电子生成 Fe^{3+} , 1 mol $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 得 6 mol 电子转化为 2 mol Cr^{3+} ; 根据得

失电子守恒及元素守恒得： $6\text{Fe}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ \longrightarrow 6\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ ，氧化剂（ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ）和还原剂（ Fe^{2+} ）的物质的量之比为 1 : 6。

7. A 创新点 ▶ 类比法的应用

【解析】由于氯元素的非金属性强于溴元素的，故 BrCl 中 Br 为 +1 价， Cl 为 -1 价， BrCl 和氢氧化钠溶液反应，生成物应该是 NaBrO 和 NaCl ，A 错误； BrCl 和 ICl 中 Br 、 I 均为 +1 价， Br 非金属性强于 I ， Br 比 I 更难失电子，则 Br^+ 比 I^+ 更易得电子，因此 BrCl 的氧化性强于 ICl ，B 正确； BrCl 的性质与卤素类似， Br_2 、 Cl_2 可与 Mg 反应分别生成 MgBr_2 和 MgCl_2 ，则 BrCl 可与 Mg 反应生成 MgBr_2 和 MgCl_2 ，C 正确； Br_2 为非极性分子，四氯化碳也是非极性分子，而 BrCl 为极性分子，根据“相似相溶”原理，常温下， BrCl 在四氯化碳中的溶解度比 Br_2 小，D 正确。

第 2 节 硫及其化合物

刷 基础

1. D 考查点 ▶ 二氧化硫的制备及性质检验

【解析】亚硫酸钠与 75% 浓硫酸反应生成二氧化硫气体，可利用题图中固-液反应装置制备二氧化硫，A 正确；浓硫酸具有吸水性且不和 SO_2 反应，可以用浓硫酸干燥 SO_2 ，B 正确；二氧化硫的密度比空气的大，可利用题图中的向上排空气法收集，C 正确；溴水具有氧化性，二氧化硫被溴水氧化生成硫酸导致溴水褪色，体现二氧化硫的还原性，不能体现 SO_2 的漂白性，D 错误。

2. C 考查点 ▶ SO_2 、 Cl_2 的制备及漂白原理探究

【解析】装置甲中浓硫酸和亚硫酸钠反应可制备 SO_2 ， SO_2 具有漂白性，可以使品红溶液褪色，A 正确。装置乙中的 NaOH 溶液可以与 SO_2 和 Cl_2 反应，用于吸收过量的 SO_2 和 Cl_2 ，B 正确。在加热条件下 MnO_2 和浓盐酸的反应， $1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸为稀盐酸，C 错误。二氧化硫具有漂白性，可以使品红溶液褪色，褪色后的溶液加热时又恢复原来的红色；氯气和水反应生成的次氯酸具有漂白性，因而氯气通入品红溶液中也能使品红褪色，次氯酸的漂白作用不可逆，加热时不能恢复红色，D 正确。

3. C 考查点 ▶ 硫及其化合物的性质与转化

【解析】 Cu 与浓 H_2SO_4 发生氧化还原反应，生成硫酸铜、二氧化硫和水，A 正确； NaOH 溶液足量可保证二氧化硫被完全吸收且生成 Na_2SO_3 ，B 正确； S 和 Na_2SO_3 发生反应 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} \longrightarrow \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ，生成 $1\text{ mol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 时，转移 2 mol 电子，C 错误； Cl_2 具有强氧化性，能将 Na_2SO_3 氧化成 Na_2SO_4 ，D 正确。

4. C 考查点 ▶ 实验设计与评价

【解析】将 SO_2 分别通入品红的乙醇溶液和品红的水溶液，观察到品红的乙醇溶液不褪色，而品红的水溶液慢慢褪色，可以说明使品红褪色的不是 SO_2 ，而是 SO_2 与水反应后的产物，A 正确；将氧气通入 H_2S 的水溶液中，溶液变浑浊说明发生反应 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \longrightarrow 2\text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ，则氧化性： $\text{O}_2 > \text{S}$ ，氧的非金属性大于硫，B 正确；气体 X 可以是不具有强氧化性的氨气，向溶有 SO_2 的 BaCl_2 溶液中通入氨气，氨气与二氧化硫优先反应生成亚硫酸铵，然后亚硫酸铵与 BaCl_2 发生复分解反应生成 BaSO_3 白色沉淀，C 错误；白色沉淀可能是 BaSO_4 ，也可能是 AgCl ，故溶液中不一定含有 SO_4^{2-} ，也可能含有 Ag^+ ，D 正确。

易错警示 SO_2 通入 BaCl_2 溶液不能产生白色沉淀,再通入气体 X 能产生白色沉淀,可能是由 NH_3 中和酸后生成的 BaSO_3 ,也可能是由氧化性气体氧化 SO_2 产生的 BaSO_4 。

5. A 考查点 ▶ 含硫化合物之间的转化、电子转移计算

思路分析

$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 具有强氧化性,加入 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 将 Mn^{2+} 转化为 MnO_2 除去,同时 Fe^{2+} 转化为 Fe^{3+} ,“除锰”反应的离子方程式为 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{SO}_4^{2-} + \text{MnO}_2 \downarrow + 4\text{H}^+$,过滤,滤渣为 MnO_2 ,加入 ZnO 、 ZnCO_3 等调节 pH 分离出氢氧化铁,滤液中加入碳酸氢铵和氨水沉锌生成 ZnCO_3 。

【解析】 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 具有强氧化性,将 Mn^{2+} 氧化成 MnO_2 ,则“除锰”反应的离子方程式为 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{SO}_4^{2-} + \text{MnO}_2 \downarrow + 4\text{H}^+$,A 正确; $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 具有强氧化性,是因为含有一 O—O—键,反应时 O 得电子,化合价由 -1 价降低为 -2 价,硫元素化合价不变,B 错误;试剂 X 应为 ZnO 、 ZnCO_3 或 $\text{Zn}(\text{OH})_2$,不能使用金属 Zn,因为 Zn 可与 Fe^{3+} 反应生成 Fe^{2+} ,增大除杂难度,C 错误;加入 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 引入 Na^+ ,加入碳酸氢铵和氨水沉锌时引入 NH_4^+ ,沉锌时 Zn^{2+} 转化为 ZnCO_3 沉淀,所以滤液中一定大量存在的阳离子有 Na^+ 、 NH_4^+ ,只存在微量 Zn^{2+} ,D 错误。

刷 提分

1. A 考查点 ▶ 硫及其化合物的“价—类”二维图

【解析】根据硫及其化合物的“价—类”二维图,可知 X 是 SO_2 、Y 是 SO_3 、Z 是 H_2SO_4 、M 是 CuSO_4 。硫在氧气中燃烧只能生成二

关键点

氧化硫,A 错误;浓 H_2SO_4 与蔗糖脱水炭化后的碳发生反应生成二氧化硫、二氧化碳和水,体现浓硫酸的脱水性和强氧化性,B 正确; Hg 与 S 反应可生成硫化汞,C 正确; H_2S 与浓 H_2SO_4 反应可生成 SO_2 和水,D 正确。

2. C 考查点 ▶ 硫及其化合物的性质

【解析】硫化亚铁难溶于水,反应的离子方程式为 $\text{FeS} + \text{Hg}^{2+} \longrightarrow \text{HgS} + \text{Fe}^{2+}$,A 错误;黄铁矿在细菌作用下转化为强酸(H_2SO_4),同时 Fe^{2+} 也会被 O_2 氧化为 Fe^{3+} ,发生反应的离子方程式为 $4\text{FeS}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 15\text{O}_2 \xrightarrow{\text{细菌}} 4\text{Fe}^{3+} + 4\text{H}^+ + 8\text{SO}_4^{2-}$,B 错误;用硫代硫酸钠除去漂白废水中的余氯,发生反应的离子方程式为 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 4\text{Cl}_2 + 5\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{SO}_4^{2-} + 8\text{Cl}^- + 10\text{H}^+$,C 正确;半胱氨酸和足量烧碱溶液反应生成 $[\text{SCH}_2(\text{NH}_2)\text{CHCOO}]^{2-}$ 和水,D 错误。

3. A 考查点 ▶ 硫及其化合物之间的转化

【解析】二氧化硫与过量碳酸钠溶液反应生成亚硫酸钠,不能生

关键点

成亚硫酸氢钠,A 错误;二硫化铁在氧气中经高温煅烧生成二氧化硫,在加热条件下二氧化硫与氧气发生催化氧化反应生成三氧化硫,物质间的转化能实现,B 正确;亚硫酸钠固体与 70% 硫酸反应生成二氧化硫,二氧化硫与过氧化氢和氯化钡混合溶液反应生成硫酸钡沉淀,物质间的转化能实现,C 正确;浓硫酸与铜共热生成二氧化硫,二氧化硫与酸性高锰酸钾溶液反应生成硫酸,物质间的转化能实现,D 正确。

4. B 考查点 ▶ Na_2SO_3 溶液的性质探究实验评价

【解析】硝酸具有氧化性,足量的稀硝酸能氧化溶液中的亚硫酸

根离子,生成硫酸根离子,再滴加 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液生成硫酸钡沉淀,不能检验原溶液中是否含有硫酸根离子,A 不符合题意;亚硫酸根离子水解生成氢氧根离子,使得溶液显碱性,滴加酚酞溶液变红色,再滴加 BaCl_2 溶液至过量,钡离子和亚硫酸根离子反应生成沉淀,导致亚硫酸根离子浓度减小,其水解平衡逆向移动,氢氧根离子浓度减小,红色变浅,能达到实验目的,B 符合题意;溴水具有强氧化性,向溴水中滴加足量 Na_2SO_3 溶液,两者发生氧化还原反应使得溴水褪色,无法据此确定亚硫酸根离子是否具有漂白性,C 不符合题意;向 Na_2SO_3 溶液中先滴加几滴 Na_2S 溶液,再加入盐酸,两者在酸性条件下发生氧化还原反应生成硫单质黄色沉淀,亚硫酸根离子发生还原反应,体现氧化性,D 不符合题意。

5. (1) 排出装置内的空气,防止生成的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 被氧气氧化



(3) 过量的 NaBH_4 把 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 还原到更低价态,导致 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 的产率降低

(4) $28\sim 35\text{ }^\circ\text{C}$ 加热条件下,向其中缓慢通入 SO_2 至 Zn 粉完全溶解(或浊液变澄清),再向溶液中边搅拌边滴加 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaOH}$ 溶液至 pH 为 $8.2\sim 10.5$,过滤

考查点 ▶ 常见无机物的制备、实验方案的设计

思路分析

从题给信息: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 易被氧化,在碱性条件下较稳定,可知在碱性溶液中用 NaBH_4 还原 NaHSO_3 法制备 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 不宜在空气中进行,所以需要通入氮气排出装置内空气; Zn 还原法制备 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$: 先用锌还原亚硫酸生成 ZnS_2O_4 ,再加氢氧化钠溶液调节 pH 生成 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 沉淀和 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 。

【解析】(1) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 易被氧化,为防止生成物 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 被氧气氧化,实验前需打开 K 通入一段时间氮气排出装置内的空气。

(2) 在 $10\sim 35\text{ }^\circ\text{C}$ 下, NaHSO_3 和 NaBH_4 反应生成 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 和 NaBO_2 , 制备 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 的化学方程式为 $8\text{NaHSO}_3 + \text{NaBH}_4 \xrightarrow{10\sim 35\text{ }^\circ\text{C}} 4\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 + \text{NaBO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ 。

(3) NaBH_4 具有还原性,过量的 NaBH_4 把 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 还原到更低价态,所以 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 产率随 NaBH_4 碱性溶液与 NaHSO_3 酸性溶液加料质量比增大而下降。

(4) 根据水溶液中含有 +2 价锌元素的不同粒子的物质的量浓度的对数与溶液 pH 的关系可得完整的制备实验方案为向水中加入 Zn 粉,搅拌, $28\sim 35\text{ }^\circ\text{C}$ 加热条件下(温度适当升高是为了加快

关键点

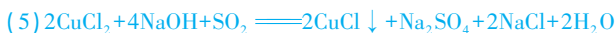
反应速率,又不宜过高的原因是防止 SO_2 的溶解度降低),向其中缓慢通入 SO_2 至 Zn 粉完全溶解(或浊液变澄清),再向溶液中边搅拌边滴加 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaOH}$ 溶液至 pH 为 $8.2\sim 10.5$,将 Zn^{2+} 完全转化为 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 沉淀过滤,将滤液蒸发浓缩,冷却结晶,过滤,用蒸馏水洗涤,再用乙醇洗涤(乙醇更容易挥发),低温烘干,得到 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

6. (1) 长颈漏斗



(3) 装置 b 中有淡黄色的固体生成

(4) 防止倒吸



(6) 还原性

(7) 无明显现象 产生白色沉淀

(8) 向盛有未经脱 O_2 处理的 BaCl_2 溶液的烧杯中缓慢通入纯净的 SO_2 气体(或向盛有 BaCl_2 溶液的烧杯中缓慢通入 SO_2 与 O_2 的混合气体或向实验 i 的混合体系中通入氧气等)

(9) 证明 O_2 可将 SO_2 (或 H_2SO_3) 氧化为 SO_4^{2-} (或硫酸)

创新点 ▶ 二氧化硫的性质探究

思路分析

图甲中装置 a 产生硫化氢气体,装置 c 产生二氧化硫气体,硫化氢和二氧化硫在装置 b 中发生反应生成硫单质和水。二氧化硫通入氯化铜溶液中,与氯化铜、氢氧化钠反应生成难溶的 CuCl ,使用氢氧化钠溶液吸收尾气二氧化硫,防止污染空气。

【解析】(1) 仪器 X 的名称为长颈漏斗。

(2) 装置 a 试管中 FeS (难溶于水) 和稀盐酸反应生成氯化亚铁和硫化氢,反应的离子方程式为 $\text{FeS} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{S} \uparrow$ 。

(3) 装置 a 制备的 H_2S 气体进入装置 b,装置 c 制备的 SO_2 气体也进入装置 b,二者发生反应: $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 3\text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$,装置 b 中有淡黄色的固体生成,该现象说明 SO_2 具有氧化性(SO_2 中 S 的化合价降低)。

(4) 尾气被氢氧化钠溶液吸收,可能产生倒吸,图乙中仪器 a 是球形干燥管,作用是防止倒吸。

(5) 已知反应物是 SO_2 、 NaOH 和 CuCl_2 ,生成物为 CuCl ,铜元素化合价降低被还原,则硫元素化合价升高被氧化为硫酸根离子,铜元素化合价由 +2 价变成 +1 价, S 元素化合价由 +4 价升高到 +6 价,根据得失电子守恒、原子守恒,可得三颈烧瓶中发生反应的化学方程式为 $2\text{CuCl}_2 + 4\text{NaOH} + \text{SO}_2 = 2\text{CuCl} \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(6) 在该反应中 S 元素化合价由 +4 价升高到 +6 价, SO_2 是还原剂,体现了还原性。

(7) 设计实验验证假设 I,根据结论“假设 I 成立”,说明实验 ii

关键点

的现象为“有白色沉淀生成”,其原因是酸性条件下 NO_3^- 将 H_2SO_3 氧化为 H_2SO_4 ,继而生成 BaSO_4 白色沉淀;实验 i 作为实验 ii 的对照实验,现象则为“没有明显现象”,其原因是酸性: $\text{H}_2\text{SO}_3 < \text{HCl}$,所以不会生成 BaSO_3 沉淀。

(8) 验证假设 II 溶解在水中的氧气作氧化剂,溶解在水中的氧气为实验变量,则实验 iv 的目的是证明氧气可将二氧化硫(或亚硫酸)氧化为硫酸根离子(或硫酸)。

第 3 节 氮及其化合物

刷基础

1. D 考查点 ▶ 氮气的实验室制法、性质探究

【解析】该装置试管口应略向下倾斜,防止冷凝水倒流使试管炸裂,A 错误;无水氯化钙会与氨气反应生成 $\text{CaCl}_2 \cdot 8\text{NH}_3$,不能用于干燥氨气,B 错误;氨气的密度比空气小,导管应短进长出,C 错误;向硝酸银溶液中逐滴加入氨水,直至最初产生的沉淀恰好溶解,即可制得银氨溶液,D 正确。

2. B 考查点 ▶ 含氮化合物,涉及键角判断、氧化还原反应、配位键

【解析】 NH_3 和 NH_4^+ 的中心原子均为 sp^3 杂化,但 NH_3 中 N 原子

存在一个孤电子对, NH_3 的空间结构为三角锥形, 而 NH_4^+ 中 N 原子无孤电子对, NH_4^+ 的空间结构为正四面体形, 孤电子对与成键电子对之间的斥力较大, 所以 NH_3 中的键角小于 NH_4^+ 中的键角, A 错误; 强碱性条件下, NaClO 和 NH_3 反应生成火箭燃料 N_2H_4 (肼), 反应的化学方程式为 $\text{NaClO} + 2\text{NH}_3 \longrightarrow \text{NaCl} + \text{N}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$, 故 1 mol NaClO 与足量 NH_3 反应可得到 1 mol N_2H_4 , B 正确; $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 中含有的 σ 键包括 N 原子与 Ag^+ 之间形成的配位键和氨分子中的 N—H 共价键, 则 1 mol $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 中共有 8 mol σ 键, C 错误; 尿素在高温条件下分解生成 NH_3 和 CO_2 , 汽车尾气中的氮氧化合物与 NH_3 反应生成氮气, 从而净化汽车尾气, 氧化产物为 N_2 , D 错误。

3. D 考查点 ▶ 氮及其化合物

【解析】氨气用作工业还原剂是由于氨气中 N 元素化合价为 -3, 具有还原性, 易被氧化, 而不是因为 NH_3 为极性分子, A 不符合题意; 氮气与氢气反应生成氨气, 可以用于工业合成氨气, 与氮气化学性质稳定无关, B 不符合题意; NH_3 中心 N 原子有一个孤电子对, 可与 Ag^+ 形成配位键, 因此往硝酸银溶液中加入氨水可制备 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ 溶液, C 不符合题意; $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 可在一定条件下缓慢水解, 可作缓释氮肥, D 符合题意。

4. C 考查点 ▶ 氮及其化合物的转化

【解析】过程 I 的化学方程式为 $4\text{NH}_3 + \text{COCl}_2 \longrightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$, A 正确; 根据 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 中氮元素为 -3 价, N_2H_4 中氮元素为 -2 价, 氮元素化合价升高, 可知试剂 A 具有氧化性, 若试剂 A 是 NaClO , 则其还原产物为 NaCl , B 正确; $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{HNO}_2 \longrightarrow \text{HN}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$, HN_3 中 N 为 $-\frac{1}{3}$ 价, 每生成 3 mol HN_3 , 转移 10 mol 电子, C 错误; 根据 NH_2OH 中氮为 -1 价, NH_3 中氮为 -3 价, 可知反应 IV 氮的化合价升高, 试剂 B 具有氧化性, D 正确。

5. D 考查点 ▶ 氮及其化合物的转化

【解析】氮的固定是指由游离态的氮转化为氮的化合物的过程,

关键点

题图中属于“固氮”的是“反应 c”和“反应 k”, A 错误; 没有元素化合价变化的反应属于非氧化还原反应, 则转化过程中发生非氧化还原反应的过程为“反应 a”和“反应 l”, B 错误; “反应 h”发生反应 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$, HNO_3 为氧化产物, NO 为还原产物, 氧化产物与还原产物的物质的量之比为 2:1, C 错误; NO_2 能与 NaOH 发生反应: $2\text{NO}_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{NaNO}_2 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, 故工业上可以用氢氧化钠溶液吸收 NO_2 , D 正确。

6. C 考查点 ▶ 氨气的实验室制法、物质制备的探究实验

思路分析

装置①中加热氯化铵和氢氧化钙固体混合物制取氨气, 然后经过装置②中的干燥装置除去氨气中的水蒸气, 氨气和钠在装置③中发生反应生成氨基钠, 反应为 $2\text{NH}_3 + 2\text{Na} \xrightarrow{\Delta} 2\text{NaNH}_2 + \text{H}_2$, 装置④为冷凝回流装置, 装置⑤吸收多余的氨气, 并作为干燥装置, 对氢气进行干燥, 同时防止空气中水分进入装置③中, 最后点燃氢气进行尾气处理。

【解析】装置①中用氯化铵和氢氧化钙制取氨气, A 正确; 实验时应先点燃装置①的酒精灯生成 NH_3 以排出装置中的空气, 再点燃装置③中的酒精灯让 Na 与 NH_3 反应, B 正确; 装置⑤中的固

体为 P_2O_5 , 吸收多余的氨气, 并作为干燥装置, 防止空气中水分进入装置③中, C 错误; 装置④中冷却水从冷凝管的下口 (a 处) 进, D 正确。

刷提分

1. A 考查点 ▶ 含氮物质之间的转化

【解析】二氧化氮和水反应生成硝酸和 NO, A 正确; 铵根离子与二氧化硫不能发生氧化还原反应, B 错误; 氯气具有氧化性, 二者反应时联氨被氧化, 氮元素的化合价应升高, 不能生成氨气, C 错误; NH_3 和 O_2 在加热和催化剂作用下才能反应生成 NO, 在题给条件下不能反应, D 错误。

2. C 考查点 ▶ 基于 LDH 催化合成 NH_3

【解析】根据题图, 可以写出该反应的化学方程式: $2N_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{光照}]{LDH} 4NH_3 + 3O_2$, $N \equiv N$ 键和 $O=O$ 键是非极性键, 故该过程有非极性键的断裂与生成, A 错误; 根据反应可知氮元素从 0 价降低到 -3 价, 氧元素从 -2 价升高到 0 价, 则氮气是氧化剂, 水是还原剂, 氧化剂与还原剂的物质的量之比为 1 : 3, B 错误; 固氮是将游离态的氮转化为化合态的氮, 则此过程属于氮的固定, C 正确; NH_3 可以制冷是因为液氨汽化时要吸收热量, 可降低环境温度, D 错误。

3. D 考查点 ▶ 氨的性质及用途、硝酸的强氧化性、人工固氮

【解析】根据题图, a 为氨气, b 为氮气, c 为 NO, d 为 NO_2 或 N_2O_4 , e 为硝酸, f 为 $NH_3 \cdot H_2O$, g 为铵盐。a 为氨气, 液氨可以用作制冷剂, g 为铵盐, 是农业上常用的化肥, A 正确; 氮气 → 氨气、氮气 → NO 的转化均为游离态的氮元素转化为化合态的氮元素, 都属于氮的固定, B 正确; 工业上利用氮气制备硝酸, 第一步: 氮气在高温、高压、催化剂存在的条件下与氢气反应生成氨气, 第二步: 氨气在催化剂、加热条件下与氧气反应生成 NO, 第三步: NO 与氧气反应生成二氧化氮, 第四步: 二氧化氮与水反应生成硝酸, C 正确; 足量稀硝酸与铜反应生成 NO 气体, 且没有说明是标准状况, 不能根据标准状况下的气体摩尔体积计算气体体积, D 错误。

4. D 考查点 ▶ 氮及其化合物的性质及检验

【解析】红棕色的溴蒸气也能与碘化钾溶液反应生成使淀粉溶液变蓝的单质碘, 则溶液变蓝不能说明红棕色气体为二氧化氮, A 错误; 酸性条件下硝酸根离子也能与溶液中的亚铁离子反应生成铁离子、一氧化氮和水, 则溶液变黄色且试管上部产生红棕色气体不能说明溶液中含有亚硝酸根离子, B 错误; 金属氮化物如氮化镁与水反应也能生成使湿润的红色石蕊试纸变蓝的氨气, 则产生的气体能使湿润的红色石蕊试纸变蓝不能说明该固体为铵盐, C 错误; 将干燥的氨气通过灼热的氧化铜, 固体由黑色变成红色, 说明氨气将氧化铜还原为铜, 反应中氨气作还原剂, 表现还原性, D 正确。

关键点

则产生的气体能使湿润的红色石蕊试纸变蓝不能说明该固体为铵盐, C 错误; 将干燥的氨气通过灼热的氧化铜, 固体由黑色变成红色, 说明氨气将氧化铜还原为铜, 反应中氨气作还原剂, 表现还原性, D 正确。

5. D 考查点 ▶ 物质制备的探究

【解析】纯化的过程需要严格控制水分, 所以 $CaCl_2$ 、浓硫酸和 P_2O_5 都是用于干燥空气的, A 正确; 高于 $100^\circ C$ 磷酸会发生分子间脱水, 生成物有 $H_4P_2O_7$ 、 $H_5P_3O_{10}$ 等, B 正确; 没有让大量空气直接进入, 而是让少量空气从毛细管进入, 避免压强过大, 从而

达到减压蒸馏的目的,C 正确;水的沸点低于磷酸沸点,先蒸出的是水,蒸馏烧瓶中的液体是水,磷酸在圆底烧瓶中,D 错误。

6. D 考查点 ▶ 氮及其化合物的性质

【解析】Cu 与过量的稀硝酸反应一段时间后,溶液的溶质为 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、 HNO_3 、 HNO_2 ,以此分析。加入 NaOH , OH^- 与 H^+ 反应生成 H_2O , H^+ 浓度减小,从而使得反应 $\text{HNO}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_2^-$ 正向进行, $c(\text{NO}_2^-)$ 增大,则 $[\text{Cu}(\text{NO}_2)_4]^{2-}$ 浓度增大,溶液变为浅绿色,A 正确;酸性高锰酸钾溶液具有强氧化性, HNO_2 具有还原性,能使高锰酸钾溶液褪色,B 正确;充分加热后冷却,溶液中 HNO_2 已受热分解,故高锰酸钾不会被还原,溶液紫红色不褪去,C 正确;由于溶液中有 HNO_3 ,则可能是稀 HNO_3 氧化 I^- 生成 I_2 ,淀粉遇 I_2 变蓝,故无法判断 HNO_2 是否有氧化性,D 错误。

7. (1) ① $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{微生物}} 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ② $\text{Mg}^{2+} + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{HPO}_4^{2-} + 5\text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \downarrow$
③ pH 过大,“沉淀”步骤中会生成 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 或 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀,导致氨氮去除率下降

(2) ① 降低 ② $\frac{1}{12} \text{ mol}$

(3) 电极 A 为阳极,发生氧化反应: $\text{Cl}^- + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$,阳极产生的 ClO^- 将 NH_3 或 NH_4^+ 氧化生成 N_2 ,进而去除氨氮, ClO^- 被还原为 Cl^- 循环利用

突破点 ▶ 氨氮废水的处理

思路分析

处理氨氮废水时,沉淀法中的“氧化”指在废水池的底部吹入大量热空气,把废水中的一水合氨分解挥发后转变成氨气,通入空气的同时加入微生物,把 NH_3 氧化为 N_2 ,剩余的一水合氨通过和 MgCl_2 及 Na_2HPO_4 反应产生 $\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 沉淀而除去。

【解析】(1) ① NH_3 被氧化为 N_2 的过程中,通入空气提供氧气,微生物起催化剂作用,反应的化学方程式为 $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{微生物}} 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ 。②“沉淀”中将“氧化”步骤后剩余的 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 转化为 $\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 沉淀,根据质量守恒可写出发生反应的离子方程式。③若调节 pH 过大,溶液中 OH^- 浓度过大,使得“沉淀”步骤中生成 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 或 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀,导致氨氮去除率下降。

(2) ①硝化过程溶液中反应为 $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{微生物}} \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$,反应过程中溶液 pH 降低。②反硝化过程溶液中反应为 $6\text{NO}_3^- + 5\text{CH}_3\text{OH} + 6\text{H}^+ \xrightarrow{\text{微生物}} 3\text{N}_2 \uparrow + 5\text{CO}_2 \uparrow + 13\text{H}_2\text{O}$,因此整个过程中 $n(\text{NH}_4^+) : n(\text{CH}_3\text{OH}) = 6:5$,每处理含 0.10 mol NH_4^+ 的酸性废水,理论上消耗 CH_3OH 的物质的量为 $\frac{1}{12} \text{ mol}$ 。

(3) 由题图乙可知,电极 B 上 H_2O 发生还原反应生成 OH^- 和 H_2 ,因此电极 B 为阴极,电极 A 为阳极,阳极发生氧化反应: $\text{Cl}^- + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$,阳极产生的 ClO^- 将 NH_3 或 NH_4^+ 氧化生成 N_2 ,进而去除氨氮, ClO^- 被还原为 Cl^- 循环利用。

8. C 创新点 ▶ 液氨与 Li 的反应装置设计与评价

思路分析

利用 Li 和液氨的反应: $\text{Li} + n\text{NH}_3 \longrightarrow \text{Li}^+ + [\text{e}(\text{NH}_3)_n]^-$ 来制备 $[\text{e}(\text{NH}_3)_n]^-$ 。碱石灰可以吸收浓氨水中的水分,同时吸水过程大量放热,使浓氨水受热分解产生氨气;利用集气瓶收集氨气;干燥后的氨气进入双颈烧瓶,在冷却体系中发生反应生成 $[\text{e}(\text{NH}_3)_n]^-$;最后的球形干燥管中可装 P_2O_5 ,用来吸收过量的氨气,同时防止空气中的水分进入反应体系引发副反应。

【解析】由思路分析可知,“试剂 A”和“试剂 B”均可以是碱石灰,A 正确;实验过程中可以通过调节分液漏斗的旋塞,控制滴加浓氨水的速率,从而控制产生氨气的速率,B 正确;液氨的沸点为 $-33.5\text{ }^\circ\text{C}$,冰水混合物的温度是 $0\text{ }^\circ\text{C}$,不能使其液化,C 错误;锂容易被空气中的 O_2 氧化,使锂片表面有 Li_2O 覆盖, Li_2O 会阻碍 Li 和液氨的接触,所以必须打磨除去表面的氧化膜,D 正确。

第 4 节 无机非金属材料

刷基础

1. D 考查点 ▶ 含硅的无机非金属材料

【解析】甲烷运载火箭中液氧作助燃剂,甲烷作燃料,A 错误; Si_3N_4 耐高温,说明熔、沸点很高,为共价晶体,B 错误;硅树脂主要由聚硅氧烷组成,其主链由硅氧原子交替组成,硅原子上带有有机基团支链,形成热固性树脂,属于有机硅材料,C 错误;磁铁的主要成分是 Fe_3O_4 ,D 正确。

2. A 考查点 ▶ 氧化还原反应的概念判断、硅的制备

【解析】粗硅 $\rightarrow \text{SiHCl}_3$ 的转化中,硅化合价升高,硅元素被氧化, $\text{SiHCl}_3 \rightarrow$ 高纯硅的转化中,硅化合价降低,硅元素被还原,A 错误; SiO_2 与碳在高温下反应生成硅和一氧化碳,化学方程式为

易错点

$\text{SiO}_2 + 2\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 2\text{CO} \uparrow$, B 正确;晶体硅中每个硅原子与 4 个硅原子形成 4 个 $\text{Si}-\text{Si}$ 键,每个 $\text{Si}-\text{Si}$ 键为两个 Si 原子共有,则每个硅原子均摊到的 $\text{Si}-\text{Si}$ 键的数目为 $4 \times \frac{1}{2} = 2$,故 1 mol Si 含 $\text{Si}-\text{Si}$ 键的数目约为 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$, C 正确; SiHCl_3 遇水易发生水解,遇氧气易发生反应,同时 H_2 与 O_2 在高温下易发生爆炸,所以原料气 HCl 和 H_2 应充分去除 O_2 , D 正确。

3. D 考查点 ▶ 含 Si 物质的转化

【解析】根据 Si 的“价一类”二维图,a、b、c、d、e 分别为 SiH_4 、Si、 SiO_2 、 H_2SiO_3 、 Na_2SiO_3 。 SiO_2 是光导纤维的主要成分,是现代信息技术的基础材料,A 正确;工业制取单质 b 时发生反应 $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 2\text{CO} \uparrow$,产生氧化产物 CO , B 正确;碳酸的酸性强于硅酸,根据较强酸制较弱酸原则,向溶液中通入 CO_2 ,可以实现 $\text{e} \rightarrow \text{d}$ 的转化,C 正确;非金属性越强,对应气态氢化物越稳定,由于非金属性: $\text{Si} < \text{C}$,故稳定性: $\text{SiH}_4 < \text{CH}_4$, D 错误。

4. C 考查点 ▶ 含水铝硅酸盐晶体的性质及应用

【解析】沸石具有复杂的结构,有许多笼状空穴和通道,常用于分离、提纯气体或液体混合物,还可作干燥剂、离子交换剂、催化剂及催化剂载体等,并且沸石有多孔结构,可用于防止溶液暴沸,A 正确;沸石可以灵活地吸水和脱水,具备优异的再生性能,可反复使用,B 正确;由题给条件可以制得 A 型沸石,但不是纯净的 A 型沸石,会含有较多的杂质,C 错误;沸石是一种具有多孔结构的铝硅酸盐,有许多笼状孔穴和通道,能让直径比孔穴小的分子通过而将直径比孔穴大的分子留在外面,故又称“分子筛”,D 正确。

热点 2 物质转化过程分析

刷热点

1. C 考查点 物质的转化、次氯酸的性质、硝酸的强氧化性、含硫化合物之间的转化

【解析】 FeS_2 与氧气反应生成氧化铁和 SO_2 , 不能直接得到 SO_3 , A 错误; CuO 难溶于水, 不能与水反应生成 $\text{Cu}(\text{OH})_2$, B 错误; 浓 HNO_3 与 Cu 反应生成硝酸铜、 H_2O 和 NO_2 , NO_2 与水反应生成 HNO_3 和 NO , C 正确; HClO 经光照分解生成 HCl 和 O_2 , D 错误。

2. A 考查点 氨气的实验室制法、过氧化钠的制备、盐类的水解、卤代烃的水解反应

【解析】 NH_4Cl 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 固体混合加热生成 NH_3 , NH_3 与氧化铜在加热条件下反应生成 N_2 , A 符合题意; 钠在氧气中加热, 反应生成过氧化钠, 且过氧化钠与三氧化硫反应生成的是硫酸钠, 不是亚硫酸钠, B 不符合题意; 氯化镁溶液在加热蒸干过程中, Mg^{2+} 水解: $\text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl}$, HCl 挥发, 会促进 Mg^{2+} 的水解, 最终得到 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀, 而不是无水氯化镁, 为抑制 Mg^{2+} 的水解, 蒸干操作应在 HCl 氛围下进行, C 不符合题意; $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$ 在 NaOH 水溶液中加热发生水解反应: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl} + \text{NaOH} \xrightarrow[\Delta]{\text{水}} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{NaCl}$, 生成乙醇而不是乙烯, D 不符合题意。

3. A 考查点 强酸制弱酸原理的应用、一氧化氮的化学性质、铁与水蒸气的反应、醛类的银镜反应

【解析】 Fe_2O_3 和 Al 发生铝热反应生成 Fe , Fe 在高温下和水蒸气反应生成 Fe_3O_4 , A 正确; NH_3 和 O_2 发生催化氧化反应生成 NO , NO 不和水反应, B 错误; 蔗糖不是还原糖, 不能和 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 发生银镜反应生成 Ag , C 错误; 由于碳酸的酸性弱于盐酸, 故 CO_2 不和 CaCl_2 溶液反应, D 错误。

4. 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。

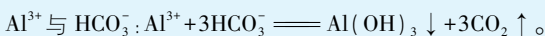
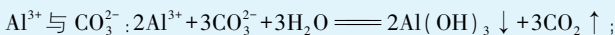
【解析】若 R 为氧化物,则 R 为 Al_2O_3 , Al_2O_3 高温下可以与熔融烧碱(NaOH)发生反应,故 R 不能用作熔融烧碱的坩埚材料,A 错误; Al^{3+} 和过量的氨水反应只能生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$,不能生成 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$,B 错误; HCO_3^- 和 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 会发生较强酸制较弱酸的反应,反应的离子方程式为 $\text{HCO}_3^- + [\text{Al}(\text{OH})_4]^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3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

易错点

较弱酸的反应,反应的离子方程式为 $\text{HCO}_3^- + [\text{Al}(\text{OH})_4]^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$,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 $3[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{Al}^{3+} \rightleftharpoons 4\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$,D 正确。

知识归纳

双水解反应:



↑

泡沫灭火器原理

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

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

5. 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 时, 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 时, Cl_2 的量不会影响产物,只能生成 FeCl_3 ,D 错误。

6. C 考查点 ▶ 利用类比推理思路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,后分解转化为灰色的 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,现象为先生成白色沉淀后白色沉淀溶解,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 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$,

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。

关键点

7. 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,均可一步转化,A 不符合题意; SiO_2 不溶于 H_2O 也不能与 H_2O 反应,不能一步转化为 H_2SiO_3 ,B

易错点

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 共热生成 Cl_2 , 均可一步转化, D 不符合题意。

8. 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含有 SO_2 , 可能含有 H_2S , 或者二者同时存在, 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, 固体中只含有 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 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 , 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。

9. B 创新点 ▶ 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

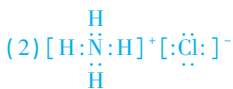
关键点

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。

10. (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



(5) 2

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, 根据得失电子守恒和元素守恒判断, 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 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。

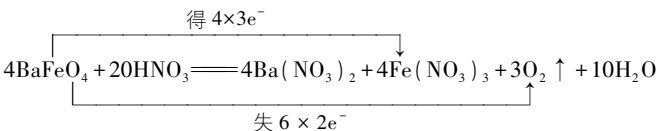
【解析】(1) 由上述分析可知, A 的化学式为 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; I 的化学式为 BaFeO_4 。

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

(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. A 考查点 ▶ V_2O_5 的制备工艺流程分析

思路分析

钒渣(主要成分为 FeV_2O_4 , 杂质为 Al_2O_3), “焙烧”过程中 FeV_2O_4 中 Fe 元素由+2 价升高为+3 价, 转化为 Fe_2O_3 , Al_2O_3 转化为 NaAlO_2 , “焙烧”的产物之一为 NaVO_3 (V 由+3 价升高到+5 价); 加水“浸取”, Fe_2O_3 作为滤渣经过滤除去, NaAlO_2 遇水转化为 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$; 过滤后向滤液中加入硫酸“调 pH”, 将 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 转化为 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀, 再次过滤后向滤液中加入 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ “沉钒”后得到 NH_4VO_3 沉淀, 焙烧得到 V_2O_5 产品。

【解析】“焙烧”时, FeV_2O_4 和 O_2 发生氧化还原反应生成 Fe_2O_3 和 NaVO_3 , 铁元素由+2 价升高至+3 价、V 元素由+3 价升高至+5 价, $1 \text{ mol FeV}_2\text{O}_4$ 失去 5 mol 电子, 1 mol O_2 得 4 mol 电子, 根据得失电子守恒可得关系式: $4\text{FeV}_2\text{O}_4 \sim 5\text{O}_2$, O_2 是氧化剂, FeV_2O_4 是还原剂, $n(\text{氧化剂}) : n(\text{还原剂}) = 5 : 4$, A 错误; “调 pH”的目的是将溶液中的铝元素转化为 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 而除去, B 正确; VO_3^- 的氧化性较强, VO_3^- 会把 Cl^- 氧化为有毒气体 Cl_2 , 故不选用盐酸“调 pH”, C 正确; “沉钒”后得到 NH_4VO_3 的饱和溶液, $c(\text{VO}_3^-) \cdot c(\text{NH}_4^+) = K_{\text{sp}}(\text{NH}_4\text{VO}_3)$, D 正确。

2. C 考点 ▶ 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。

3. B 考点 ▶ 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 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$; 向滤液中加入 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。

4. 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 $\text{HAuCl}_4 = \text{H}^+ + \text{AuCl}_4^-$,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

刷本源

1. C 命题点 ▶ Cl_2 的制备实验装置与实验原理

【解析】实验室使用 MnO_2 与浓盐酸在加热条件下制取 Cl_2 , A 错误;饱和 NaCl 溶液可除去 Cl_2 中的 HCl,但气体通入洗气瓶应长管进短管出, B 错误; Cl_2 密度比空气大,所以采用向上排空气法收集, C 正确;处理尾气中的 Cl_2 应使用 NaOH 溶液, D 错误。

2. C 命题点 ▶ SO_2 的制备和性质探究

【解析】60%硫酸和 NaHSO_3 反应可制备 SO_2 , A 正确; SO_2 溶于水后得到 SO_2 水溶液, B 正确; SO_2 在饱和 NaHSO_3 溶液中的溶解度很小,饱和 NaHSO_3 溶液不能用来吸收 SO_2 , C 错误;干燥的 pH 试纸可用于检验 SO_2 水溶液的酸性, D 正确。

考点拓展

SO_2 虽具有漂白性,但不能使紫色石蕊溶液、pH 试纸褪色,能使品红溶液褪色,加热后又恢复原色;能使酸性 KMnO_4 溶液、溴水褪色,体现的是 SO_2 的还原性而不是漂白性。

3. B 命题点 ▶ 氮及其化合物间的转化

【解析】稀硝酸与 Cu 反应生成的 NO 易与 O_2 反应生成 NO_2 , A 正确;工业制硝酸过程中 N_2 先与 H_2 反应生成 NH_3 ,然后 NH_3 催化氧化生成 NO, NO 继续被 O_2 氧化为 NO_2 ,最后 NO_2 再与 H_2O 反应制得 HNO_3 , B 错误;汽车尾气中的 NO 和 CO 在催化条件下可转化为 CO_2 和 N_2 , C 正确;实验室加热 NH_4Cl (固体铵盐) 和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (强碱) 的混合物可以制备少量 NH_3 , D 正确。

4. A **命题点** ▶ 氮及其化合物的转化、性质、用途等

【解析】人工固氮是将 N_2 转化为 NH_3 ，自然固氮是 N_2 在自然条件下通过一系列反应转化为含氮化合物，A 错误；侯氏制碱法发生的反应为 $NaCl + CO_2 + NH_3 + H_2O = NH_4Cl + NaHCO_3 \downarrow$ ，B 正确；工业上由 NH_3 制备 HNO_3 的过程为 $NH_3 \rightarrow NO \rightarrow NO_2 \rightarrow HNO_3$ ，C 正确； N_2 及 N 的化合物的相互转化形成了自然界中的“氮循环”，D 正确。

5. D **命题点** ▶ 离子反应、物质分离与提纯、晶胞计算等知识

【解析】由题给条件结合氧化还原反应规律可知，常温下 $NaOH$ 溶液与 I_2 反应的离子方程式为 $3I_2 + 6OH^- = 5I^- + IO_3^- + 3H_2O$ ，A 错误；水溶液和 CCl_4 互不相溶，分离二者的方法通常为分液，B 错误；由均摊法可知，1 个晶胞中 I^- 的个数为 $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ，C 错误；碘单质受热易升华，因此可以用升华的方法对回收的粗碘进行纯化，D 正确。

6. (1) ①氧化 S^{2-} 生成 S，促进酸浸反应正向进行

②否 pH=0 时， $c(H^+) = 1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$

$$c(S^{2-}) = \frac{K_{a1}(H_2S) \cdot K_{a2}(H_2S) \cdot c(H_2S)}{c^2(H^+)} = \frac{1.0 \times 10^{-7} \times 1.2 \times 10^{-13} \times 10^{-2}}{1^2} \text{ mol} \cdot L^{-1} = 1.2 \times 10^{-22} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$c(Cd^{2+}) = \frac{K_{sp}(CdS)}{c(S^{2-})} = \frac{8.0 \times 10^{-27}}{1.2 \times 10^{-22}} \text{ mol} \cdot L^{-1} \approx 6.67 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot L^{-1} > 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

，则 Cd^{2+} 未沉淀完全

③ZnO

(2) Cl^- 负电

(3) ① $2H_3AsO_3 + 3ZnS + 6H^+ = As_2S_3 + 3Zn^{2+} + 6H_2O$

②随着反应的进行，溶液 pH 增大，溶液中 H_2S 浓度减小，促进 $As_2S_3 + 6H_2O \rightleftharpoons 2H_3AsO_3 + 3H_2S$ 平衡正向移动， As_2S_3 重新溶解，砷回收率下降

命题点 ▶ 由闪锌矿制备 ZnS 的流程分析、 K_{sp} 相关计算、晶胞掺杂等

思路分析

闪锌矿中含 ZnS 、 FeS 、 CdS 等，加入 H_2SO_4 、 O_2 酸浸后， ZnS 、 FeS 、 CdS 分别转化为 Zn^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cd^{2+} ，经过除铁、除镉除去 Fe^{3+} 与 Cd^{2+} ，调 pH、沉锌后获得 ZnS 。

【解析】(1) ①酸浸时，若不通入 O_2 ，会发生反应： $ZnS + H_2SO_4 \rightleftharpoons ZnSO_4 + H_2S$ ，通入 O_2 可以氧化 S^{2-} 生成 S，促进酸浸反应正向进行，提高 Zn^{2+} 浸出率；③由②知，除镉时溶液酸性较强，故应在不引入新杂质的同时消耗溶液中的 H^+ ，加入的氧化物为 ZnO 。

(2) 晶胞掺杂过程中，应由半径相近的微粒进行替换，则区域 A

关键点

中，由 Cl^- 替换 S^{2-} ，区域 B 中，由 Cu^+ 替换 Zn^{2+} ，按照均摊法，区域 B 中含 Zn^{2+} ：3 个、 Cu^+ ：1 个、 S^{2-} ： $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ 个， $(+2) \times 3 + (+1) \times 1 + (-2) \times 4 = -1$ ，则区域 B 带负电。

(3) ①根据质量守恒、电荷守恒和题给信息“酸性废液”，可写出反应的离子方程式： $2H_3AsO_3 + 3ZnS + 6H^+ = As_2S_3 + 3Zn^{2+} + 6H_2O$ 。

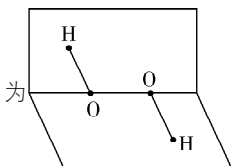
快解

Cu^+ 比 Zn^{2+} 少一个单位正电荷，区域 B 替换后，所含正电荷总数少 1，负电荷总数不变，因此区域 B 带负电。

刷借鉴

7. 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 $\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$, 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。

8. 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 $3\text{Br}_2 + 6\text{NaOH} \longrightarrow 5\text{NaBr} + \text{NaBrO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$, 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。

9. 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

关键点

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; $\text{Si}(\text{s}) + 3\text{HCl}(\text{g}) \xrightarrow{300\text{ }^\circ\text{C}} \text{SiHCl}_3(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$, 反应后气体分子数减小, 生成 $\text{SiHCl}_3(\text{g})$ 的反应为熵减过程, D 正确。

知识归纳 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	$6N_A$	$2N_A$	$4N_A$	$1.5N_A$	$2N_A$

10. C 命题点 ▶ 碘钟反应、氧化还原反应

【解析】 淀粉遇碘变蓝, 溶液由无色变为蓝色, 说明生成了 I_2 , A 正确; 溶液由蓝色变为无色, 说明反应生成的 I_2 又转化为化合态, B 正确; 溶液颜色在无色和蓝色之间来回振荡, 是 I 元素在化合态和单质之间不断转化, H_2O_2 没有起到漂白作用, C 错误; 淀粉作为检验碘单质存在的指示剂, D 正确。

快解

H_2O_2 的漂白性是永久性漂白,不会出现颜色在无色和蓝色之间来回振荡的情况,C 错误。

11. 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。

12. 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 $3\text{FeS}_2 + 8\text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 6\text{SO}_2$, 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。

13. (1) 难挥发性

(2) ① $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ ②该反应放热, 且正反应

的气体分子数减少, y 点的温度大于 x 点的温度, 为使两点的 NO 的转化率相同, 需增大压强, 故 y 点的容积小于 x 点的容积

命题点 ▶ 化学反应原理综合, 涉及含氮物质的转化、电极反应式书写、影响化学平衡的因素、键能等

【解析】(1) 浓硫酸难挥发, 产物 HNO_3 易挥发, 有利于复分解反应进行, 该反应体现了浓硫酸的难挥发性和酸性。

(2) ①第 I 步反应为氨气的催化氧化反应, 化学方程式为 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ 。

14. (1) $\begin{matrix} 1s \\ \uparrow\downarrow \end{matrix}$

(2) 快速冷却 (3) 先出现白色沉淀, 后白色沉淀消失

(4) $\text{BeA}_2(\text{HA})_2 + 6\text{NaOH} \rightleftharpoons \text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] + 4\text{NaA} + 2\text{H}_2\text{O}$

反萃取分液(或反萃取)

(5) 增强导电性

(6) $\text{Be}_4\text{O}(\text{CH}_3\text{COO})_6$ (或 $\text{Be}_4\text{O}_{13}\text{C}_{12}\text{H}_{18}$)

命题点 ▶ 工艺流程分析, 涉及轨道表示式、铝的化合物的性质、物质循环利用、电解原理的应用、物质结构等

思路分析

热熔冷却: 使 $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$ 形成玻璃态, 为后续步骤作准备。

酸浸过滤: 加入稀硫酸, Be 和 Al 分别以 Be^{2+} 和 Al^{3+} 的形式进入溶液, 而原料中的硅酸根离子形成 H_2SiO_3 沉淀。过滤得到的“滤渣”为 H_2SiO_3 , “滤液 1”中主要含有 Be^{2+} 、 Al^{3+} 、 H^+ 、 SO_4^{2-} 。

萃取分液: 由已知信息可知, Be^{2+} 能与 HA 反应而被萃取到含 HA 的煤油中, 而 Al^{3+} 留在水相中。分液后, “水相 1”为含有 Al^{3+} 的酸性溶液, “有机相”中溶质主要为 $\text{BeA}_2(\text{HA})_2$ 。

反萃取分液: 加入过量 NaOH, 使有机相中的 Be 元素转化为 $[\text{Be}(\text{OH})_4]^{2-}$, 分液得到含 NaA 的煤油和含 $[\text{Be}(\text{OH})_4]^{2-}$ 的“水相 2”。

加热过滤: 加热可促进 $[\text{Be}(\text{OH})_4]^{2-}$ 的水解反应:

$[\text{Be}(\text{OH})_4]^{2-} \xrightarrow{\Delta} \text{Be}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{OH}^-$, 使 Be 元素转化为 $\text{Be}(\text{OH})_2$ 沉淀, 过滤后得到 $\text{Be}(\text{OH})_2$ 。

最终, $\text{Be}(\text{OH})_2$ 经一系列步骤转化为 Be。

【解析】(1) 基态 Be 原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2$, 形成 Be^{2+} 时失去 2s 能级上的 2 个电子, 因此基态 Be^{2+} 的电子排布式为 $1s^2$,

轨道表示式为 $\begin{array}{|c|} \hline 1s \\ \hline \uparrow\downarrow \\ \hline \end{array}$ 。

(2) 冷却过程中, $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$ 可能形成晶体, 形成晶体是一个缓慢冷却凝固的过程, 要得到玻璃态的产物, 应尽量避免其形成晶体, 所以应采用快速冷却的方式。

(3) 由流程分析可知“水相 1”中含有 Al^{3+} 和 H^+ , 若将少量该溶液逐滴加入过量的 NaOH 溶液中, 发生的是中和反应以及 Al^{3+} 与过量的 OH^- 生成 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 的反应, 因此滴入“水相 1”


易错点

的溶液处先出现 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 白色沉淀, 后 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 溶于过量的 NaOH, 白色沉淀消失。

(4) 由题意可知, 加入过量的 NaOH 反萃取时, 有机相中的 Be 元素转化为 $\text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4]$, 同时生成 NaA, 则反应的化学方程式为 $\text{BeA}_2(\text{HA})_2 + 6\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] + 4\text{NaA} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。“水相 2”中除含有 $\text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4]$ 外还含有过量的 NaOH, 且加热时 $\text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4]$ 水解又有 NaOH 生成, 则“滤液 2”中含有 NaOH, 可进入“反萃取分液”步骤再利用。

(5) 根据对角线规则, Be 与 Al 是化学性质相似的元素, AlCl_3 是共价化合物, 则 BeCl_2 的化学键中离子键百分数也较小, BeCl_2 在熔融状态下导电能力较差, 因此较难直接电解熔融氯化铍得到 Be, 加入适量的 NaCl 的主要作用是增强导电性。

(6) 用黑球表示 O, 白球表示 Be, 每个 Be 的配位环境相同, 则

Be 和 O 构成的正四面体的结构可表示为 , Be 与 Be 间通过 CH_3COO^- 相连, 则正四面体的每条棱上都有一个

CH_3COO^- , 共 6 个 CH_3COO^- , 所以该配合物的化学式为 $\text{Be}_4\text{O}(\text{CH}_3\text{COO})_6$ 。

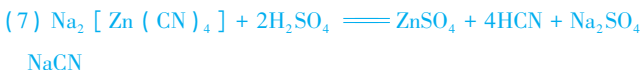
15. (1) CuSO_4



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

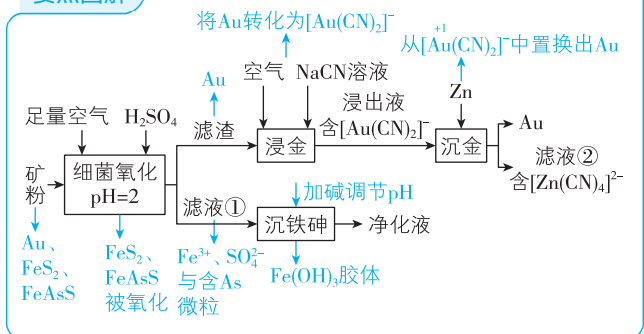
(5) 形成配合物, 促进金的氧化

(6) 还原剂 (或置换 Au)



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

要点图解



【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。

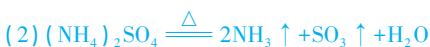
(4) 细菌需要一定的活性温度, A 错误; “焙烧氧化”需要在高温下进行, 同时会生成污染性气体 SO_2 等, 而“细菌氧化”只需要保证细菌的活性温度, 通常不超过 100°C , 且 S 元素转化为硫酸盐, 减少了有害气体的产生, B、C 正确; 该过程用到酸的同时也会有砷元素浸出, 因此必然会产生需要处理的废液, D 错误。

(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。

16. (1) 增大矿石的接触面积, 提高反应速率



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

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

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

命题点 ▶ 工艺流程分析,涉及化学方程式书写、图像分析、操作目的、原因分析等

思路分析

原料:黄铜矿(主要成分为 CuFeS_2 ,含有 SiO_2

等杂质)

除杂元素: Fe 、 S 、 Si 、 O

目标产物: Cu

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

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

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

浸铜:加水浸铜, CuSO_4 进入滤液 C, SiO_2 进入滤渣 D;

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

电解:粗铜电解得到纯铜,粗铜中含有 Fe 杂质,经酸浸可以除去 Fe ,若粗铜未经酸浸处理,会残留较多 Fe ,在电解时,阳极会发生反应 $\text{Fe} - 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+}$,溶液中的 Fe^{2+} 易被空气中 O_2 氧化为 Fe^{3+} , Fe^{3+} 在阴极发生反应 $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+}$,则消耗相同电量时,会降低得到纯铜的量。……………第(5)问