



第2章 非金属及其化合物

第1节 氯及其化合物



基础过关练

1. D 必刷知识 ①氯及其化合物的性质

【解析】常温下干燥的氯气与铁不反应,但在加热条件下氯气与铁反应生成 FeCl_3 , **A 错误**;洁厕灵与“84”消毒液混合使用会发生反应: $\text{Cl}^- + \text{ClO}^- + 2\text{H}^+ = \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$,生成有毒气体氯气, **B 错误**;漂白粉在空气中久置变质,是因为其中的 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 与空气中的 CO_2 、 H_2O 反应生成 CaCO_3 、 HClO , HClO 见光或受热会分解,失去漂白性, **C 错误**;氯气可以使湿润的有色布条褪色,但是实际起漂白作用的物质是氯气和水反应生成的次氯酸,而不是氯气, **D 正确**。

2. A 必刷知识 ①氯气的性质、铁与水蒸气的反应

思路分析 由转化关系可推断出,红棕色粉末为氧化铁,铁分别与盐酸、氯气反应生成氯化亚铁和氯化铁, X 是 Fe , a 是 Cl_2 , b 是 FeCl_2 , c 是 FeCl_3 , d 是 Fe_2O_3 。

【解析】 Cl_2 无漂白性, **A 错误**; Fe 元素是人体必需的微量元素, **B 正确**;高温下, Fe 与水蒸气反应可生成 Fe_3O_4 和 H_2 , **C 正确**;苯酚遇 FeCl_3 的水溶液显紫色, **D 正确**。

3. C 必刷知识 ①卤素化合物

【解析】 Cs 在该化合物中为 +1 价, I 为 +1 价, Br 为 -1 价,则阴、阳离子个数比是 1 : 1, **A 正确**;苯与 IBr 在催化剂作用下发生亲电取代反应,可生成碘苯和 HBr , **B 正确**; CsIBr_2 中 I 显 +1 价、 Br 显 -1 价, I 的电负性小于 Br ,因此 I 很难得到电子变为 -1 价,离子晶体中离子所带电荷越多、半径越小,离子键越强,离子晶体越稳定, CsIBr_2 受热易分解,倾向于生成 CsBr , **C 错误**; IBr 与 KI 反应的化学方程式为 $\text{KI} + \text{IBr} = \text{KBr} + \text{I}_2$,淀粉- KI 试纸会变蓝色, **D 正确**。

4. A 必刷知识 ①氯及其化合物的转化关系

思路分析 由氯及其化合物的转化关系可知,反应①的化学方程式为 $4\text{HCl} + \text{Ca}(\text{ClO})_2 = 2\text{Cl}_2 \uparrow + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$,反应②的化学方程式为 $3\text{Cl}_2 + 6\text{KOH} \xrightarrow{\Delta} \text{KClO}_3 + 5\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】碱性条件下, ClO_3^- 、 ClO^- 的氧化性较弱,与 Cl^- 不能发生反应,可以大量共存, **A 正确**; KClO_3 在水溶液中电离出 K^+ 和 ClO_3^- ,不能电离产生 Cl^- , **B 错误**;反应①中 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 溶液和盐酸反应生成氯气、氯化钙和水,离子方程式为 $\text{ClO}^- + 2\text{H}^+ + \text{Cl}^- = \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, **C 错误**;反应②的化学方程式为 $3\text{Cl}_2 + 6\text{KOH} \xrightarrow{\Delta} \text{KClO}_3 + 5\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$,部分 Cl 元素由 0 价上升到 +5 价,部分 Cl 元素由 0 价下降到 -1 价,则氯气既作氧化剂,又作还原剂,结合反应可知,每有 0.3 mol Cl_2 作氧化剂,转移电子数为 $0.6N_A$, **D 错误**。

**5. D 必刷题型** ⊙ F 或 Cl 及其化合物的“价—类”二维图

思路分析 根据“价—类”二维图信息：①若为 F 元素，a 为 F_2 ，b 为 HF，e 为氟化物(盐)，c、d、f、g 均不存在。②若为 Cl 元素，a 为 Cl_2 ，b 为 HCl，c 为 ClO_2 ，d 为 HClO，e 为氯化物(盐)，f 为次氯酸盐，g 为氯酸盐。

【解析】若 a 为 F_2 ，与水反应生成 HF 和 O_2 ，不能实现 $a + H_2O \rightarrow b + d$ 的转化，**A 错误**；若存在 $a \rightarrow b \rightarrow e$ 的转化，可为含氯物质或含氟物质的转化，e 为氯化物(盐)或氟化物(盐)，其水溶液不一定呈中性，如 $AlCl_3$ 溶液呈酸性、NaF 溶液呈碱性，**B 错误**；若 b 存在分子间氢键，则 b 为 HF，其沸点不一定高于同周期其他元素的氢化物，如碳元素形成的氢化物(烃类)含较多碳原子时，常温下呈固态，沸点高于 HF，**C 错误**；若 c 可用作自来水消毒剂，则 c 为 ClO_2 ，f 为次氯酸盐，g 为氯酸盐，均能与 HCl 的浓溶液发生“归中反应”制得 a(Cl_2)，**D 正确**。

**进阶突破练****6. D 必刷知识** ⊙ 氯气的制备及性质

【解析】浓盐酸与二氧化锰反应制取氯气需要加热，**A 错误**；a 处花瓣褪色，鲜花花瓣中有水分，不能说明 Cl_2 具有漂白性，**B 错误**；加热 b 处，可见白烟，是由于 Na 和 Cl_2 反应生成了 NaCl 小颗粒，但 Na 与 Cl_2 的反应是放热反应，**C 错误**；d 处玻璃管膨大处起缓冲、防止液体冲出的作用，**D 正确**。

7. A 必刷知识 ⊙ 氯的氧化物、氯气的实验室制法

题图解读 装置 A 用于实验室制备氯气，B 和 C 是除杂装置，D 是制备 ClO_2 的发生装置，E 的作用是除去过量的氯气，F 是收集装置，G 是安全瓶，最后接尾气吸收装置。

【解析】F 为 ClO_2 收集装置， ClO_2 的密度比空气密度大，且易溶于水，应该用向上排空气法，所以应该选择②并从 d 口通入气体，**A 错误**；装置 A 是氯气的制备装置，烧瓶内发生反应的离子方程式： $MnO_2 + 4H^+ + 2Cl^- \xrightarrow{\Delta} Mn^{2+} + Cl_2 \uparrow + 2H_2O$ ，**B 正确**；装置 E 是为了除去过量的氯气， ClO_2 是一种易溶于水而难溶于有机溶剂的气体，根据相似相溶原理，可用 CCl_4 除去 Cl_2 ，**C 正确**； ClO_2 是一种高效、安全、绿色环保的广谱型消毒剂，**D 正确**。

关键点**8. C 必刷知识** ⊙ Cl_2 的制备与性质探究

【解析】次氯酸根离子和氯离子在酸性条件下发生归中反应，生成氯气，故 b 中的离子方程式为 $ClO^- + 2H^+ + Cl^- \rightarrow Cl_2 \uparrow + H_2O$ ，**A 错误**；氯气与水反应生成 HCl 和次氯酸，生成物有酸性，湿润的 pH 试纸变红，次氯酸有漂白性，所以湿润的 pH 试纸又褪色，**B 错误**；f 处溶液变红，是因为 Fe^{2+} 被氯气氧化为 Fe^{3+} ， Fe^{3+} 遇 KSCN 溶液变红，**C 正确**；g 处变为橙色，说明氧化性： $Cl_2 > Br_2$ ，h 处变为黄色，由于进入 h 的气体中含有 Cl_2 ，无法证明是 Br_2 将 I^- 氧化为 I_2 ，故无法说明 Br_2 和 I_2 的



氧化性强弱关系, **D** 错误。

9. B 必刷知识 ⊙ 碘及其化合物的转化

【解析】由题图可知,反应①为适量氯气与碘离子反应生成碘单质和氯离子,反应的离子方程式为 $2\text{I}^- + \text{Cl}_2 = \text{I}_2 + 2\text{Cl}^-$, **A** 正确;反应②为碘酸根离子与醋酸、碘离子反应生成醋酸根离子、碘单质和水,醋酸为弱酸,不能拆,反应的离子方程式为 $5\text{I}^- + \text{IO}_3^- + 6\text{CH}_3\text{COOH} = 6\text{CH}_3\text{COO}^- + 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$, **B** 错误;反应③为碘离子与足量氯气反应生成碘酸根离子、氯离子和氢离子,反应的离子方程式为 $\text{I}^- + 3\text{Cl}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{IO}_3^- + 6\text{Cl}^- + 6\text{H}^+$, **C** 正确;根据以上分析,结合氧化剂的氧化性强于氧化产物可知,氧化性的强弱顺序为 $\text{Cl}_2 > \text{IO}_3^- > \text{I}_2$, **D** 正确。

10. C 必刷知识 ⊙ 实验探究卤素的性质

【解析】氧化性:氧化剂>氧化产物,根据实验①可知氧化性: $\text{Cl}_2 > \text{I}_2$, 根据实验②可知氧化性: $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2$, 但不能确定 Br_2 、 I_2 的氧化性的强弱, **A** 错误;实验⑤中试管里有过量的氯水,乙中变蓝色说明氯水氧化 KI 生成 I_2 , 但无法确定 I_2 是否被氧化, **B** 错误;实验④中氯水过量,下层仍然呈红棕色,说明氯水不能氧化溴单质, **C** 正确;根据实验③、⑤可知,③中 I_2 被氧化,但无法确定产物, **D** 错误。

11. C 必刷题型 ⊙ 探究 MnO_2 与 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 能否制备 Cl_2

【解析】已知 FeCl_3 的升华温度为 315°C , 则黄色气体可能由 FeCl_3 升华产生, I^- 可能被 FeCl_3 氧化生成 I_2 , 为保证实验严谨性, 应另设置加热 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 的对照实验, **A** 正确; $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 受热分解生成 FeCl_3 和 H_2O , FeCl_3 水解生成 HCl , 黄色气体中可能含有氯化氢、氯化铁和氯气, **B** 正确; FeCl_3 能与淀粉- KI 溶液中的 I^- 发生氧化还原反应生成 I_2 , 会干扰 Cl_2 的检验, 由于 Cl_2 能与 NaHCO_3 饱和溶液反应, 则试剂不能选择 NaHCO_3 饱和溶液, **C** 错误; 二氧化锰与 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 反应生成 Fe_2O_3 、 MnCl_2 、 Cl_2 及水, 化学方程式为 $3\text{MnO}_2 + 4\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{MnCl}_2 + 3\text{Cl}_2 \uparrow + 24\text{H}_2\text{O}$, 因此试管 A 中的固体产物可能有 Fe_2O_3 , **D** 正确。

12. B 必刷题型 ⊙ “R7 法”制备二氧化氯的流程及分析

思路分析 氯气与热氢氧化钠溶液反应生成氯化钠、氯酸钠和水: $3\text{Cl}_2 + 6\text{NaOH} \xrightarrow{\Delta} 5\text{NaCl} + \text{NaClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$, 向反应后的溶液中加入 H_2SO_4 生成 ClO_2 和 Cl_2 : $2\text{ClO}_3^- + 2\text{Cl}^- + 4\text{H}^+ = 2\text{ClO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \uparrow$; 反应②中 Cl_2 和 SO_2 反应生成 H_2SO_4 和 HCl : $\text{Cl}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$, 则 X 为 H_2SO_4 和 HCl 的混合物。

【解析】 ClO_2 中氯元素由 +4 价变为 -1 价时, 消毒效率为 $\frac{67.5}{5}$, Cl_2 中氯元素由 0 价变为 -1 价时, 消毒效率为 $\frac{71}{2}$, 则 ClO_2 和 Cl_2 的消毒效率之比为 $\frac{67.5}{5} : \frac{71}{2} = 27 : 71$, **A** 错误; 反应①中氯化钠和氯酸钠在酸性条件下发生氧化还原反应生成 ClO_2 、 H_2O 和 Cl_2 , 据得失电子守恒、电荷守恒配平离子



方程式为 $2\text{ClO}_3^- + 2\text{Cl}^- + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{ClO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \uparrow$, **B 正确**; 反应②为 $\text{Cl}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$, 反应①为 $2\text{ClO}_3^- + 2\text{Cl}^- + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{ClO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \uparrow$, 当反应①生成 1 mol Cl_2 时, 消耗 2 mol H_2SO_4 , 反应②消耗 1 mol Cl_2 时, 生成 1 mol H_2SO_4 , **C 错误**; 反应②中 S 元素化合价升高, 则 SO_2 作还原剂, 物质 X 为 H_2SO_4 和 HCl 的混合物, **D 错误**。

真题风向练

13. A 必刷知识 ⊙ 氯气的制备与性质检验实验

【解析】用浓盐酸与 MnO_2 反应制备 Cl_2 时需要加热, **A 错误**; 制备的 Cl_2 中混有 HCl 和 H_2O , 通过盛有饱和食盐水的洗气瓶除去混有的 HCl , 盛有无水 CaCl_2 的干燥管除去水蒸气, **B 正确**; Cl_2 的密度大于空气, 可利用向上排空气法收集, **C 正确**; H_2 在 Cl_2 中可以燃烧, 瓶口有白雾, 证明生成 HCl , 则 Cl_2 在反应中作氧化剂, 可验证 Cl_2 的氧化性, **D 正确**。

14. C 必刷知识 ⊙ 含碘物质之间的转化

思路分析 分析该“碘钟”反应的原理: ①在 Mn^{2+} 的催化下 H_2O_2 与 IO_3^- 反应生成 I_2 , 在淀粉指示剂的作用下溶液变蓝色; ②生成的 I_2 又会与 H_2O_2 反应生成 IO_3^- , 使溶液变回无色; ③生成的 I_2 可以与丙二酸反应, 溶液最终会变成蓝色。

【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**。

第 2 节 硫及其化合物



基础过关练

1. B 必刷知识 ⊙ 硫及其化合物的性质与用途

【解析】 SO_2 可用于漂白织物, 与其漂白性有关, 与其还原性无关, **A 错误**; 用硫处理洒落的汞单质, 汞和硫反应生成硫化汞, S 元素化合价降低, 体现了硫的氧化性, **B 正确**; BaSO_4 不会被胃酸溶解, 不会引起重金属离子中毒, 且 X 射线不能透过, 故可用作钡餐药剂, 与 BaSO_4 难溶于水无关, **C 错误**; 浓硫酸可使蓝色的 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 变白, 体现浓硫酸的吸水性, **D 错误**。



知识拓展 重要的硫酸盐

化学式	俗名	颜色	用途
$2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	熟石膏	无色或白色	制塑像、模型、粉笔、石膏绷带等
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	生石膏	白色或灰白色	水泥添加剂
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	绿矾	浅绿色	配制蓝黑墨水,医学上作补血剂
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	胆矾、蓝矾	蓝色	配制波尔多液、镀铜液
BaSO_4	重晶石	白色	制白色颜料,医疗上用作“钡餐”
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	芒硝	无色	造纸,制缓泻剂,合成洗涤剂
$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	明矾	无色	净水剂

2. B 必刷知识 ⊙ SO_2 的制备及性质

【解析】浓硫酸具有强氧化性,与铜共热反应生成 SO_2 , **A 正确**; SO_2 是酸性氧化物,因此不能用碱石灰干燥, **B 错误**; SO_2 具有漂白性,可使品红溶液褪色,故可用品红溶液检验 SO_2 的漂白性, **C 正确**; SO_2 是酸性氧化物,可用 NaOH 溶液吸收多余的 SO_2 ,倒置漏斗可以防倒吸, **D 正确**。

3. D 必刷知识 ⊙ 硫及其化合物的性质

【解析】 Fe_2O_3 为红棕色固体,故可作涂料, **A 错误**; S 具有还原性,能和硝酸钾等发生反应,可用于配制黑火药, **B 错误**; SO_3 为酸性氧化物,能和水反应生成硫酸,可用于制取硫酸, **C 错误**;浓 H_2SO_4 具有吸水性,能作干燥剂,可除去 H_2 中混有的 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, **D 正确**。

4. C 必刷题型 ⊙ 硫及其化合物的“价—类”二维图

思路分析 由硫及其部分化合物的“价—类”二维图可知, a 为 H_2S , b 为 S , c 为 SO_2 , d 为 SO_3 , e 为 H_2SO_3 , f 为 H_2SO_4 , g 为亚硫酸盐, h 为硫酸盐。

【解析】a 为 H_2S , f 为 H_2SO_4 , 浓 H_2SO_4 具有强氧化性,能和 H_2S 发生氧化还原反应生成 S 和 SO_2 , **A 错误**; S 单质微溶于酒精,易溶于二硫化碳,难溶于水,故附着有 S 单质的试管不能用酒精洗涤, **B 错误**; c 为 SO_2 ,具有漂白性,能够和有色物质结合形成无色物质,可漂白纸浆, **C 正确**; b 为 S , S 和氧气反应只能生成 SO_2 ,不能生成 SO_3 , **D 错误**。

5. B 必刷知识 ⊙ 二氧化硫的性质

【解析】饱和碳酸氢钠溶液能与二氧化硫反应生成二氧化碳,从而除去二氧化碳中少量的二氧化硫, **A 正确**;酸性高锰酸钾溶液能被二氧化硫还原而褪色,而二氧化碳不能和酸性高锰酸钾溶液反应,可以区分两者,澄清石灰水与二氧化碳和二氧化硫反应均生成白色沉淀,无法区分, **B 错误**;由 $K_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_3) < K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3)$ 可知碳酸的酸性比亚硫酸氢根离子强,因此亚硫酸根离子可以与碳酸发生反应生成碳酸氢根离子和亚硫酸氢根离子, **C 正确**;二氧化硫是极性分子,二氧化碳是非极性分子,由“相似相溶”原理可知二者溶解度的差异与分子的极性有关, **D 正确**。

**6. B 必刷题型** ① SO_2 的制备及性质探究

思路分析 甲为二氧化硫发生装置,乙为二氧化硫与硝酸钠的反应装置,反应生成 NO 进入丙,但是整个过程没有明显现象,因此只能通过向丙中通入氧气,看是否有红棕色气体生成,来确定乙中是否发生反应。

【解析】甲为二氧化硫的发生装置,化学方程式为 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) + \text{Na}_2\text{SO}_3 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, **A 正确**;由于生成的 NO 为无色无味气体,故该反应没有明显现象, **B 错误**;注入氧气产生红棕色气体,说明装置丙中有 NO ,进一步证明乙中发生反应, **C 正确**;丁是尾气处理装置,并且可以防止空气进入装置丙, **D 正确**。

**进阶突破练****7. D 必刷知识** ① 含硫化合物之间的转化

【解析】工业制硫酸的流程为硫铁矿高温煅烧生成 SO_2 , SO_2 催化氧化为 SO_3 ,再经浓硫酸吸收生成发烟 H_2SO_4 , **A 错误**;工业尾气中的 SO_2 主要用 CaO 吸收, CaCl_2 不能直接吸收

关键点 SO_2 , **B 错误**;硫代硫酸钠与稀硫酸反应生成 S 沉淀和 SO_2 ,反应方程式为 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{S} \downarrow + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, **C 错误**;钙基固硫是用生石灰来除去生成的 SO_2 ,反应为 $2\text{CaO} + \text{O}_2 + 2\text{SO}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{CaSO}_4$, **D 正确**。

8. D 必刷知识 ② 二氧化硫及浓硫酸的性质

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

9. A 必刷知识 ③ 过二硫酸的结构与性质

【解析】 $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 具有强氧化性的原因是分子中存在过氧键, **A 错误**;分子中含有过氧键故不稳定,含有一 SO_3H 故具有强酸性, **B 正确**;电解 NH_4HSO_4 饱和溶液可制得 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$,反应中阳极发生氧化反应,失去电子得到 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$,电极反应式为 $2\text{HSO}_4^- - 2\text{e}^- \longrightarrow \text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{H}^+$, **C 正确**;分子中含有过氧键,具有强氧化性,故 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 可氧化 Fe^{2+} 、 I^- 等还原性微粒, **D 正确**。

10. A 必刷知识 ④ 含硫化合物之间的转化、硫酸的工业制法及其工艺特点

思路分析 工业制硫酸涉及下列反应:硫黄或黄铁矿在空气中燃烧生成二氧化硫,反应的化学方程式为 $\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{SO}_2$ 或 $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$,二氧化硫在催化剂作用和加热条件下反应生成三氧化硫,反应的化学方程式为 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{催化剂}} 2\text{SO}_3$;生产中用浓硫酸代替水吸收 SO_3 制得发烟硫酸 ($\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{SO}_3$),将发烟硫酸稀释后可制得稀硫酸。



【解析】硫黄和氧气反应只会生成 SO_2 , **A 错误**; 选择 $400 \sim 500\text{ }^\circ\text{C}$ 是因为此时催化剂催化活性较高, **B 正确**; 工业制硫酸用 98.3% 的浓硫酸吸收 SO_3 , 不能用水吸收, 是因为用水会生成酸雾, **C 正确**; 氨水作为一种碱性溶液可以和酸性氧化物 SO_2 反应, 工业上可用氨水处理尾气中的 SO_2 , **D 正确**。

11. B 必刷题型 ① 实验测定葡萄酒中 SO_2 含量

思路分析 葡萄酒中的二氧化硫溶于水, 溶液中存在化学平衡: $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$, 向葡萄酒中加入硫酸, 增大 $c(\text{H}^+)$, 平衡逆向移动, 抑制亚硫酸电离, 减小二氧化硫的溶解度; 通入氮气并加热是把溶解的二氧化硫吹出到 H_2O_2 溶液中, 发生反应: $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4$; 用 NaOH 标准溶液滴定产生的 H_2SO_4 , 进而可确定葡萄酒中 SO_2 的量; 根据最后的品红溶液不褪色可判断 SO_2 被完全吸收; 根据 H_2O_2 中 H_2SO_4 的量判断葡萄酒中 SO_2 的含量。

【解析】缓慢通入 N_2 的目的是尽可能地将双颈烧瓶中 SO_2 吹出, 使其进入 H_2O_2 溶液被氧化为 H_2SO_4 , **A 正确**; 冷凝管的作用是避免温度过高, 导致葡萄酒中的部分乙醇被吹入 H_2O_2 溶液, 进而被氧化为乙酸, 从而影响测定结果, **B 错误**; 根据反应: $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4$, $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$, 可得关系式: $\text{SO}_2 \sim \text{H}_2\text{SO}_4 \sim 2\text{NaOH}$, 根据滴定时消耗 NaOH 标准溶液的体积及浓度计算出 $n(\text{NaOH})$, 就可以得到一定体积的葡萄酒中 SO_2 的物质的量进而计算其含量, **C 正确**; SO_2 具有漂白性, 能够使品红溶液褪色, 若实验过程中看到品红溶液褪色, 说明在 H_2O_2 溶液中 SO_2 没有被完全氧化吸收, 则根据滴定时消耗 NaOH 标准溶液的量计算的 SO_2 的含量就会偏低, 即该测定 SO_2 含量的实验失败, **D 正确**。

12. C 必刷知识 ② 硫及其化合物的性质

【解析】蔗糖变黑炭化, 说明蔗糖失去 H 、 O , 体现浓硫酸的脱水性, 有刺激性气味的气体产生, 说明浓硫酸被还原为 SO_2 , 体现浓硫酸的强氧化性, **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: $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 2\text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$, 则氧化性: $\text{O}_2 > \text{S}$, 氧的非金属性强于硫, **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, 氨气与亚硫酸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 , 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, 该白色沉淀可能是由 Cl_2 等氧化 SO_2 后生成的 BaSO_4 , 也可能是由 NH_3 中和酸后生成的 BaSO_3 。

13. D 必刷知识 ③ Cu 与浓硫酸反应的实验探究

【解析】 Cu 与浓硫酸加热反应生成 SO_2 、 CuSO_4 和 H_2O , 浓硫酸在该实验中体现了强氧化性和强酸性, 该实验中不能体



现脱水性, **A 错误**; U 形管中品红试纸褪色体现二氧化硫的性质, 酸性高锰酸钾溶液褪色体现二氧化硫的还原性, **B 错误**; 蓝色石蕊试纸只变红不褪色, **C 错误**; 实验结束时熄灭酒精灯、拉高铜丝, 使反应停止, 打开止水夹、鼓入空气是为了将装置中的二氧化硫全部鼓入尾气处理装置中, **D 正确**。

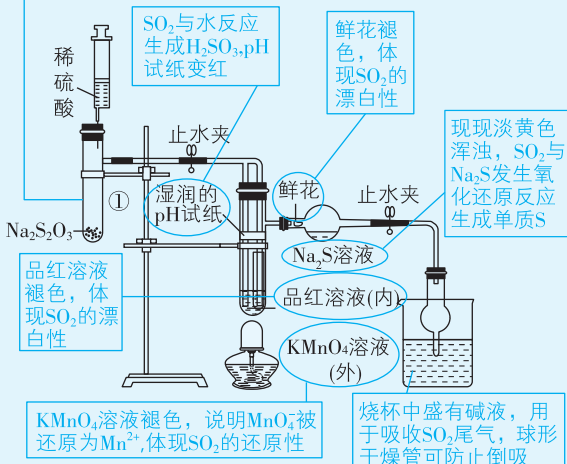
14. B 必刷知识 ⊙ 二氧化硫的性质、浓硫酸的强氧化性、元素非金属性强弱的比较方法等

【解析】若将 K_2S 固体加热至熔融状态, 然后进行导电性实验, 电流表指针发生偏转, 才能说明 K_2S 中含有离子键, **A 错误**; 酸性溶液使石蕊试液变红色, 石蕊溶液变红后没有褪色, 说明 SO_2 水溶液呈酸性, 品红溶液褪色, 说明 SO_2 具有漂白性, **B 正确**; 加入二氧化锰, 也可能是加热条件下二氧化锰氧化氯离子生成氯气, 不能说明浓硫酸具有强氧化性, **C 错误**; 硫化氢、氯化氢不是硫、氯对应的最高价氧化物的水化物, 故比较 $1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Na_2S 和 $NaCl$ 溶液的 pH 大小不能说明非金属性强弱, **D 错误**。

15. B 必刷题型 ⊙ SO_2 的制备及性质探究

题图解读

制备 SO_2 气体, 反应原理为 $Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + S \downarrow + SO_2 \uparrow + H_2O$



【解析】挤压注射器的活塞, 试管①中发生反应: $Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + S \downarrow + SO_2 \uparrow + H_2O$, 硫酸中元素化合价不变, 只体现硫酸的酸性, **A 正确**; 二氧化硫有漂白性, 但不能让 pH 试纸褪色, **B 错误**; 通过湿润的 pH 试纸的颜色变化可以证明 SO_2 水溶液显酸性, Na_2S 溶液出现淡黄色沉淀证明 SO_2 具有氧化性, $KMnO_4$ 溶液褪色证明二氧化硫具有还原性, 品红溶液褪色证明二氧化硫具有漂白性, **C 正确**; 点燃酒精灯进行加热, 褪色后的品红溶液又恢复红色, 证明 SO_2 使品红溶液褪色具有可逆性, **D 正确**。

16. (1) sp^3

(2) 硫粉微溶于乙醇, 在乙醇中有一定的溶解度, 从而增大反应物的接触面积, 加快反应速率

(3) 检验装置气密性 SO_2 、 CO_2

(4) ① $4SO_2 + 2Na_2S + Na_2CO_3 = 3Na_2S_2O_3 + CO_2$ ② Na_2CO_3

溶液呈碱性, 可以抑制 Na_2S 水解, 防止产生 H_2S 气体



③若通入 SO_2 过量,反应液呈酸性,生成的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 与酸反应损失产品

(5) 93

必刷题型 ⊙ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 的制取及含量测定

思路分析 方法一:利用归中反应 $\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_3 \xrightarrow{\Delta}$

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 直接将两种物质化合即可得到产物, 应注意 S 在水中溶解度较低, 故应在乙醇溶液中完成反应。

方法二: A 装置中用亚硫酸钠和 70% 的硫酸反应生成硫酸钠、二氧化硫和水, 装置 B 是缓冲装置, 可以通过装置 B 观察 SO_2 生成速率, SO_2 通入装置 C 的混合溶液中, 加热、搅拌, 至溶液 pH 约为 8 时, 发生反应: $\text{SO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{CO}_2$, $2\text{Na}_2\text{S} + 3\text{SO}_2 = 2\text{Na}_2\text{SO}_3 + 3\text{S} \downarrow$; 亚硫酸钠和硫发生反应: $\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, C 中的溶液 pH 约为 8 时, 停止通入 SO_2 气体, 得到产品混合溶液, 产品混合溶液经蒸发浓缩、冷却结晶、减压过滤、洗涤、低温干燥, 得到 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 产品。

【解析】 (1) $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 中心硫原子的成键电子对数为 4, 无孤电子对, 则中心 S 原子的杂化方式为 sp^3 。

(2) 反应速率与固体物质的接触面积有关, 硫粉在乙醇中有一定的溶解度, 从而增大反应物的接触面积, 加快反应速率。

(3) 组装好仪器后, 首先需要检验装置气密性, 可将 B 中左侧导管没入水中, 关闭分液漏斗活塞, 微热烧瓶, 在 B 中有气泡冒出, 移走酒精灯后一段时间, 导管倒吸形成一段水柱; 反应尾气主要为未反应完的二氧化硫和反应生成的二氧化碳。

(4) ①二氧化硫气体均匀通入硫化钠和碳酸钠的混合溶液中, 最终生成硫代硫酸钠和二氧化碳, 配平可得化学方程式。

③产物在中性和碱性环境中稳定, 若通入 SO_2 过量, 反应液呈酸性, 生成的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 与酸反应损失产品。

(5) 根据离子方程式: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{I}^- + 14\text{H}^+ = 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{I}_2 + 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ 可得关系式: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \sim 3\text{I}_2 \sim 6\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 则有 $n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 6 n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$,

$n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = \frac{0.2940 \text{ g}}{294 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.001 \text{ mol}$, 则 $m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot$

$5\text{H}_2\text{O}) = 6 \times 0.001 \text{ mol} \times 248 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times \frac{100 \text{ mL}}{20.00 \text{ mL}} = 7.44 \text{ g}$, 故

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 的纯度为 $\frac{7.44 \text{ g}}{8.0000 \text{ g}} \times 100\% = 93\%$ 。

17. (1) $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaNO}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{N}_2 \uparrow + \text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$

(2) $\text{Zn} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) = \text{ZnSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

(3) 蒸馏烧瓶 排出装置中空气, 防止发生爆炸

(4) $\text{H}_2 + \text{CuO} \xrightarrow{\Delta} \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ 11.0

(5) 防止空气中的水蒸气进入装置 G, 避免对实验产生干扰

$5\text{SO}_2 + 2\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$

必刷题型 ⊙ 锌与浓硫酸反应产物的探究



思路分析 装置 A 制备 N_2 , 氯化铵和亚硝酸钠在加热条件下反应生成氮气、氯化钠和水; 锌粉和浓硫酸反应生成的气体能使品红溶液褪色, 该气体为 SO_2 , 即锌粉和浓硫酸反应生成二氧化硫、硫酸锌和水, 硫酸变稀后与锌反应产生氢气; 装置 D 中装有足量氢氧化钠溶液除去二氧化硫, 装置 E 中浓硫酸干燥氢气, 装置 F 中氢气和氧化铜反应生成铜和水。

【解析】(3) 仪器 b 的名称是蒸馏烧瓶, 装置 F 用于验证生成物中是否含有氢气, 但加热或点燃混有空气的氢气可能会发生爆炸, 所以在使用装置 F 的酒精灯加热前应通一段时间的 N_2 , 排出装置中的空气, 防止发生爆炸。

(4) 装置 F 中黑色固体变成红色, 则装置 F 中发生反应的化学方程式为 $H_2 + CuO \xrightarrow{\Delta} Cu + H_2O$ 。由题意知, 装置 F 中生成 5.4 g H_2O , 消耗 $n(H_2) = n(H_2O) = \frac{5.4 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.3 \text{ mol}$, 装置 B 中发生的反应为 $Zn + 2H_2SO_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} ZnSO_4 + SO_2 \uparrow + 2H_2O$ 、 $Zn + H_2SO_4 \xrightarrow{\Delta} ZnSO_4 + H_2 \uparrow$, 生成 19.2 g SO_2 消耗 $n_1(Zn) = n(SO_2) = \frac{19.2 \text{ g}}{64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.3 \text{ mol}$, 生成 0.3 mol H_2 时消耗 $n_2(Zn) = n(H_2) = 0.3 \text{ mol}$, 所以装置 B 中消耗 $n(Zn) = 0.6 \text{ mol}$, $m(Zn) = 65 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.6 \text{ mol} = 39.0 \text{ g}$, 剩余锌的质量为 $50.0 \text{ g} - 39.0 \text{ g} = 11.0 \text{ g}$ 。

(5) 装置 G 中浓硫酸用于吸收装置 F 中反应生成的水, 装置 H 中碱石灰具有吸水性, 可防止空气中的水蒸气进入装置 G, 干扰实验, 影响实验数据; SO_2 具有还原性, 与酸性高锰酸钾溶液反应生成锰离子、硫酸根离子、氢离子, 反应的离子方程式为 $5SO_2 + 2MnO_4^- + 2H_2O \xrightarrow{\Delta} 2Mn^{2+} + 5SO_4^{2-} + 4H^+$ 。

真题风向练

18. A 必刷知识 ⊙ SO_2 的性质及转化

【解析】过量 SO_2 与 Na_2S 反应的产物应是 S 和 $NaHSO_3$, 化学方程式为 $5SO_2 + 2Na_2S + 2H_2O \xrightarrow{\Delta} 3S \downarrow + 4NaHSO_3$, A 错误。

知识总结 SO_2 的性质: ①酸性氧化物的性质, 当 SO_2 过量时, 反应的产物为酸式盐, 如 A、D 选项; ②弱氧化性, 氧化 S^{2-} (或 H_2S 、 HS^-) 生成 S 单质, 如 A 选项; ③还原性, 如 B、C 选项; ④漂白性, 使品红溶液等褪色。

第 3 节 氮及其化合物



基础过关练

1. D 必刷知识 ⊙ 海洋中氮循环分析、含氮物质间相互转化

【解析】固氮是人为条件下或自然环境中将大气中游离态的氮转化为氮的化合物的过程, ①中是 N_2 溶于水的过程, 不属于固氮反应, A 错误; 反硝化过程中氮元素的化合价降低, 被还原, B 错误; 转化关系图中 NO_3^- 增多, 反硝化作用增强, 海洋中氮气含量增加, 会引起铵根离子的含量变化 (反应②),



故向海洋中排放含 NO_3^- 的废水会影响海洋中 NH_4^+ 的含量, **C 错误**;由题图可以看出海洋中氮循环起始于 N_2 向 NH_4^+ 的转化,该过程中氮的化合价降低,被还原, **D 正确**。

2. D 必刷知识 ⊙ NH_3 的制备、收集和检验

【解析】实验室将浓氨水加到氧化钙、碱石灰或氢氧化钠固体中制备 NH_3 ,该装置能达到实验目的, **不选 A**;碱石灰能干燥氨气,该装置能达到实验目的, **不选 B**;氨气密度比空气小,极易溶于水,用向下排空气法收集,该装置能达到实验目的, **不选 C**;浓硫酸是难挥发性酸,该操作不能观察到明显的实验现象,因此不能检验 NH_3 是否已收集满, **选 D**。

易错警示 应使用具有挥发性的盐酸、硝酸或湿润的红色石蕊试纸检验氨气。

3. A 必刷知识 ⊙ 氮的固定、铵盐的性质

【解析】硝酸铵在敲碎、研细时容易发生分解反应,分解产生的气体急剧膨胀,可能会引发爆炸, **A 错误**;氨气与硝酸反应可以得到硝酸铵,由于氮的固定是将游离态的氮转化为氮的化合物,所以该反应不属于氮的固定, **B 正确**;草木灰的主要成分为 K_2CO_3 ,和 NH_4NO_3 混合时, CO_3^{2-} 和 NH_4^+ 在溶液中会发生互促水解,释放出氨气,导致氮肥流失,因此不能将草木灰与硝酸铵混合使用, **C 正确**;硝酸铵溶于水吸收热量,因此医用硝酸铵速冷冰袋是利用硝酸铵溶于水吸热的性质, **D 正确**。

4. B 必刷知识 ⊙ 氮氧化物的性质

【解析】从题图中可以看出,水进入试管的体积约为试管容积的三分之二,表明 NO_2 易溶于水,不能用排水法收集, **A 正确**; NO_2 呈红棕色,而试管中剩余气体呈无色,所以试管中剩余气体不是 NO_2 , **B 错误**; NO_2 与 H_2O 反应生成 HNO_3 和 NO , **C 正确**;试管中剩余气体为 NO ,通入一定量的 O_2 ,发生反应: $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$,生成的 NO_2 和水反应,所以试管中的液面上升, **D 正确**。

5. A 必刷知识 ⊙ 含氮物质的转化

思路分析 R 为红棕色气体,则 R 为 NO_2 ;E、G、Q、R 均为气体,结合题图可知,E、G、Q、R、T 均为含氮物质,则可推断出 E 为 NH_3 、G 为 N_2 、Q 为 NO 、T 为 HNO_3 。

【解析】由思路分析可知,E、G、Q、R、T 所含同种元素的化合价依次升高, **A 正确**;E 为 NH_3 , NH_3 不是电解质, **B 错误**;E 为 NH_3 , NH_3 极易溶于水,不能用排水法收集, **C 错误**;铜和浓硝酸反应的还原产物是二氧化氮,铜和稀硝酸反应的还原产物是一氧化氮, **D 错误**。

6. B 必刷知识 ⊙ NH_3 的制备与用途

【解析】实验室制氨气不能用氢氧化钠代替熟石灰,因为氢氧化钠易吸水结块,且加热时对玻璃的腐蚀性较强, **A 错误**;根据得失电子守恒、元素守恒可推出物质 A 为尿素,是一种高效氮肥, **B 正确**;过程Ⅲ中反应的化学方程式为 $2\text{NH}_3 + \text{NaClO} = \text{N}_2\text{H}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$,氧化剂(NaClO)与还原剂(NH_3)的物质的量



之比为 1:2, **C 错误**; 过程 IV 中反应的离子方程式为 $\text{Na}^+ + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{NaHCO}_3 \downarrow$, **D 错误**。

7. D 必刷题型 ①氮及其化合物的“价—类”二维图

思路分析 结合氮及其化合物的“价—类”二维图可知, N 元素显 -3 价的氢化物是 NH_3 (a), N 元素显 0 价的单质是 N_2 (b), N 元素显 +2 价的氧化物是 NO (c), N 元素显 +4 价的氧化物是 NO_2 (d) 或 N_2O_4 (d), N 元素显 +5 价的酸是 HNO_3 (e), N 元素显 -3 价的碱是 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (f)。

【解析】工业制备硝酸是将氨气催化氧化得 NO 后再进一步制备硝酸, 而不是用氮气制备 NO , 转化路线应为 $\text{b} \rightarrow \text{a} \rightarrow \text{c} \rightarrow \text{d} \rightarrow \text{e}$, **A 错误**; 能用铁制品盛装 HNO_3 的浓溶液是因为铁和浓硝酸在常温下发生钝化, 生成致密的氧化膜, 阻止反应进一步进行, **B 错误**; NO_2 能与水发生反应, 生成 NO 和 HNO_3 , 不能用排水法收集, **C 错误**; 浓氨水中存在平衡 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$, 生石灰与 H_2O 反应, 一方面消耗 H_2O 生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $c(\text{OH}^-)$ 增大, 促进平衡正向移动, 另一方面放热, 促进 NH_3 逸出, 故实验室可用生石灰与浓氨水制取 NH_3 , **D 正确**。



进阶突破练

8. A 必刷题型 ①合成氨以及氮氧化制硝酸的流程

思路分析 氮气和氢气在合成塔中生成氨气, 氨分离器用来分离氨气, 氨气在氧化炉中氧化生成一氧化氮, 进一步氧化生成二氧化氮, 吸收塔中氮氧化物与氧气、水反应生成硝酸, 通入过量的氧气(A)可以提高硝酸的产率。

【解析】氨分离器将氨气分离出来, NH_3 浓度减小, 反应速率减小, **A 错误**; 吸收塔中氮氧化物与氧气、水反应生成硝酸, 通入过量的氧气可以提高硝酸的产率, **B 正确**; 常温下, 铝能与浓硝酸发生钝化, 可以使用铝作为罐体材料盛装大量浓硝酸, **C 正确**; 氮氧化物具有氧化性, 氨气具有还原性, 两者可以发生归中反应生成氮气, 故可以用 NH_3 对硝酸生产尾气中的氮氧化物进行处理, **D 正确**。

9. B 必刷题型 ①探究木炭与浓硝酸的反应

【解析】假设木炭不与浓硝酸反应, 浓硝酸受热易分解生成 NO_2 、 O_2 和 H_2O , 烧瓶中产生红棕色气体, NO_2 不能使澄清石灰水变浑浊, NO_2 及 NO_2 与 H_2O 反应生成的 NO 可被酸性 KMnO_4 溶液氧化, 故甲中木炭不与浓硝酸发生反应也会出现题述现象, **A 错误**; KMnO_4 具有强氧化性, 由“酸性 KMnO_4 溶液颜色变浅”推知, 通入丙中的气体含有还原性气体, 如 NO 等, **B 正确**; 若甲中产生 CO_2 和大量 NO_2 , NO_2 和 H_2O 反应生成 HNO_3 和 NO , HNO_3 的酸性强于 H_2CO_3 , 故乙中不会变浑浊, **C 错误**; 浓硝酸与木炭反应生成 NO_2 、 CO_2 和 H_2O , 硝酸只表现氧化性, **D 错误**。

10. C 必刷知识 ①实验方案的设计与评价

【解析】浓硝酸受热分解也会产生红棕色气体 NO_2 , 无法证

关键点

明铁和浓硝酸发生反应生成了 NO_2 , **A 错误**; 有机物中卤素

易错点



原子的检验,应先加氢氧化钠溶液,加热,发生水解反应后再加入足量稀硝酸酸化,最后加入硝酸银溶液,产生对应颜色的沉淀,证明有机物中含有对应的卤素原子,**B 错误**;过量铜与混酸发生反应: $3\text{Cu}+8\text{H}^{+}+2\text{NO}_3^{-}\rightleftharpoons 3\text{Cu}^{2+}+2\text{NO}\uparrow+4\text{H}_2\text{O}$,混酸中 $n(\text{H}^{+}):n(\text{NO}_3^{-})=5:1$, NO_3^{-} 不足, NO_3^{-} 全部转化为 NO 气体,反应结束后溶液中溶质为 CuSO_4 和 H_2SO_4 ,**C 正确**;酸性: $\text{HCO}_3^{-}>\text{Al}(\text{OH})_3$,故可发生反应: $\text{HCO}_3^{-}+[\text{Al}(\text{OH})_4]^{-}\rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow+\text{CO}_3^{2-}+\text{H}_2\text{O}$,属于“强酸制弱酸”反应,不是双水解反应,**D 错误**。

11. C 必刷题型 ⊙ 探究氮的氧化物的性质

思路分析 装置 I 中铜与浓硝酸反应生成红棕色的 NO_2 气体,装置 II 是收集 NO_2 气体的装置, NO_2 通入装置 III 中,与水反应生成硝酸和 NO ,硝酸与铜片反应使铜片溶解并生成 NO ,溶液显蓝色, NO 通过盛有浓硫酸的装置 IV,浓硫酸干燥 NO ,装置 V 中 Na_2O_2 与水反应生成 O_2 , NO 与 O_2 反应生成红棕色的 NO_2 。

【解析】铜与浓硝酸反应生成红棕色气体 NO_2 ,体现浓硝酸的强氧化性,**A 正确**;将装置 II 浸入热水中,气体颜色变深,说明 $2\text{NO}_2(\text{g})\rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ 平衡逆向移动,该反应是放热反应,**B 正确**; NO_2 溶于水生成硝酸,装置 III 中的溶液变蓝,说明硝酸氧化了金属铜,**C 错误**;向装置 V 中加入蒸馏水, Na_2O_2 与水反应生成 O_2 , O_2 与无色气体 NO 反应生成红棕色气体 NO_2 ,**D 正确**。

12. A 必刷题型 ⊙ 利用新型装置制备硝酸

【解析】浓硝酸见光易分解: $4\text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{光照}} 4\text{NO}_2\uparrow+\text{O}_2\uparrow+2\text{H}_2\text{O}$,故应用棕色玻璃细口瓶盛装,**A 错误**;该实验利用难挥发性酸制备易挥发性酸的原理, KCl 和浓硫酸在加热的条件下可生成 HCl , HCl 和 HNO_3 都是挥发性酸,但 HCl 沸点过低,无法被冷凝收集,故不可制备 HCl ,**B 正确**; KNO_3 和浓硫酸在加热的条件下生成 HNO_3 ,曲颈甑可代替冷凝管起冷却作用,硝酸沸点低,用流水冷却可促进硝酸蒸气冷凝,避免形成酸雾,**C 正确**;浓硝酸受热易分解,分解生成的 NO_2 溶解在硝酸中,使其呈现黄色,**D 正确**。

13. C 必刷题型 ⊙ 制备氮化锂

题图解读

NH_4Cl 与 NaNO_2 发生价态归中反应生成 N_2 :
 $\text{NaNO}_2+\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{NaCl}+\text{N}_2\uparrow+2\text{H}_2\text{O}$

阻挡空气中水蒸气进入装置 C,引起 Li_3N 水解

关键信息: Li_3N 遇水蒸气剧烈反应生成氢氧化锂和氨气



B 盛有浓硫酸,用于干燥 N_2

主反应: 加热条件下, Li 与 N_2 反应生成 Li_3N :
 $6\text{Li}+\text{N}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{Li}_3\text{N}$

D



【解析】该实验可制备氮化锂,装置 A 的目的是制备氮气,装置 A 中发生反应: $\text{NaNO}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{NaCl} + \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,**A 正确**;实验中先点燃 A 处酒精灯,利用装置 A 生成的氮气排尽装置内的空气,防止装置内空气将锂氧化,再点燃 C 处酒精灯,**B 正确**;若制备纯净干燥的氯气,需要除去氯气中的氯化氢气体(盛有饱和 NaCl 溶液的洗气瓶),以及干燥氯气(盛有浓 H_2SO_4 的洗气瓶),除了装置 A 和 B 外,还需要增加一个干燥装置,**C 错误**;装置 D 的作用是吸收空气中的水蒸气,防止空气中的水蒸气进入装置 C 与 Li_3N 反应,**D 正确**。

14. C 必刷题型 ⊙ NaClO 氧化尿素制备水合肼的实验原理分析

思路分析 由流程可知,步骤 I 中发生反应: $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{ClO}^- + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$,步骤 II 中发生反应: $\text{ClO}^- + \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Cl}^- + \text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$,且应将 NaClO 溶液逐滴滴加到尿素水溶液中,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,再经系列步骤获得水合肼。

【解析】步骤 I 中发生反应: $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{ClO}^- + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$,氯气发生“歧化反应”,变价的只有氯元素,**A 正确**;步骤 I 制备 NaClO 溶液时,测得产物中 NaClO 与 NaClO_3 的物质的量之比为 5 : 1,设 NaClO 与 NaClO_3 的物质的量分别为 5 mol、1 mol,可知 Cl 元素失去电子的物质的量为 $5 \text{ mol} \times (1-0) + 1 \text{ mol} \times (5-0) = 10 \text{ mol}$,由得失电子守恒可知 Cl 元素得到电子的物质的量为 10 mol,由元素守恒可知生成 $n(\text{NaCl}) = 10 \text{ mol}$,氧化剂对应生成还原产物(NaCl),还原剂对应生成氧化产物(NaClO 、 NaClO_3),故参与反应的氧化剂与还原剂的物质的量之比为 $10 \text{ mol} : (5 \text{ mol} + 1 \text{ mol}) = 5 : 3$,**B 正确**; $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 具有强还原性,步骤 II 中若将尿素水溶液逐滴滴入 NaClO 碱性溶液中,会导致过量的 NaClO 溶液将 $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 氧化,因此步骤 II 中应将 NaClO 碱性溶液逐滴滴入尿素水溶液中,**C 错误**;根据实验流程,结合守恒规律配平,生成水合肼反应的离子方程式为 $\text{ClO}^- + \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Cl}^- + \text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$,**D 正确**。

15. (1) 三颈烧瓶

(2) 在装置 A、B 间放置盛有浓硫酸的洗气瓶

(3) 向少量氨基磺酸溶液中加入足量浓 NaOH 溶液,加热,产生使湿润的红色石蕊试纸变蓝的气体,则证明溶于水有 NH_4^+ 产生

(4) c

(5) 氨基磺酸分子中的氨基和磺酸基反应生成 $^+\text{H}_3\text{NSO}_3^-$,类似氨基酸形成内盐,熔点较高,而硫酸为分子晶体,熔点较低

(6) 77.6% 甲基橙

必刷题型 ⊙ 物质制备实验,涉及仪器名称、装置优化、铵根离子的检验、反应原理分析、氧化还原滴定原理的应用



思路分析 由装置 A 制备二氧化硫,经过干燥后在装置 C 中和 NH_2OH 反应制备氨基磺酸,由于二氧化硫有毒,会污染环境,同时产品遇水会发生反应,故装置的最后部分要用装有碱石灰的干燥管进行处理。

【解析】(1)由题图可知,仪器 X 的名称是三颈烧瓶。

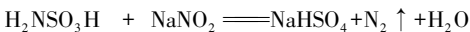
(2)由于 NH_2OH 室温下同时吸收 CO_2 和水蒸气时迅速分解,则制备时要防水,改进的办法是在装置 A、B 间放置盛有浓硫酸的洗气瓶,由于单向阀具有单向截止的作用,可用于防倒吸,故不能在 B、C 之间安置盛有浓硫酸的洗气瓶。

(3)铵根离子遇到氢氧根离子在加热时会生成氨气,则证明氨基磺酸溶于水有 NH_4^+ 生成的方法为向少量氨基磺酸溶液中加入足量浓 NaOH 溶液,加热,产生使湿润的红色石蕊试纸变蓝的气体。

(4)制备二氧化硫时利用了强酸制备弱酸的原理,所用硫酸浓度不能太大,否则氢离子浓度低,反应速率慢,通常是用 70% 左右的硫酸, **a 错误**; NH_2OH 沸点为 70°C ,性质不稳定,加热时爆炸,则装置 C 不可以采用热水浴, **b 错误**;氨基磺酸是一种一元固体强酸,不溶于乙醇,实验完毕后,大部分氨基磺酸以固体形式存在,所以可以采用过滤装置分离 C 中混合物, **c 正确**。

(5)氨基磺酸分子中的氨基和磺酸基反应生成 $^+\text{H}_3\text{NSO}_3^-$,类似氨基酸形成内盐,熔点较高,而硫酸为分子晶体,熔点较低。

(6)设 25.00 mL 待测液中氨基磺酸的物质的量为 x mol:



1

1

 x mol $0.080 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.025 \text{ L}$

求得 $x = 0.002$,则氨基磺酸粗品的纯度为

$$\frac{0.002 \text{ mol} \times \frac{250 \text{ mL}}{25 \text{ mL}} \times 97 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{2.500 \text{ g}} \times 100\% = 77.6\%。$$

结合信息可知,氨基磺酸中混有硫酸氢铵,二者均能与氢氧化钠溶液反应,以酚酞为指示剂,用 NaOH 标准溶液进行酸碱中和滴定能测定产品中氨基磺酸的纯度,测定结果会比“ NaNO_2 法”高;若滴定时,只需消耗其中的氨基磺酸,硫酸氢铵剩余下来,则测定的纯度更准确,此时溶液显酸性,故指示剂应该选择甲基橙。

真题风向练

16. C 必刷题型 ①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。

17. B 必刷题型 ①以 NH_3 为氮源催化氧化制备 HNO_3 的反应原理

【解析】第Ⅱ步中, $2n \text{ mol NO}$ 和 $n \text{ mol O}_2$ 充分反应,生成 $2n \text{ mol NO}_2$,由于存在平衡 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$,故所得产物分子数小于 $2nN_A$,B 错误;第Ⅲ步中若通入适量 O_2 ,可发生总反应: $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$,能实现 NO_2 完全转化为 HNO_3 ,C 正确;工业上将第Ⅲ步产生气体(NO)再通入第Ⅱ步进行循环利用,D 正确。

第4节 硅及其重要化合物 无机非金属材料



基础过关练

1. A 必刷知识 ①传统文化中的化学知识,涉及物质成分的判断

【解析】西周原始瓷青釉划花双系罐的主要成分为硅酸盐,属于传统无机非金属材料,A 正确;蓝印花布是一种棉织物,主要成分是纤维素,属于有机高分子材料,B 错误;玉屏箫笛由竹子制成,主要成分是纤维素,属于有机高分子材料,C 错误;苗族银饰主要由金属材料(银)制成,D 错误。

2. D 必刷知识 ②硅的单质及化合物的性质与应用

【解析】硅胶具有吸水性,食品袋里放入硅胶,用作干燥剂,不能用作抗氧化剂,A 错误;石墨烯-硅太阳能电池光电转换效率不可能达到 100%,B 错误;可穿戴式智能测温设备的测温芯片主要成分是硅单质,C 错误;有机硅橡胶是一种重要的合成橡胶,属于高分子材料,通过聚合(缩聚)反应制得,D 正确。

3. B 必刷知识 ③无机非金属材料及其应用

【解析】硅酸盐材料为传统无机非金属材料,高温结构陶瓷主要有氧化铝陶瓷、氮化硅陶瓷、氮化硼陶瓷等,A 错误;富勒烯是由碳原子构成的一系列笼形分子的总称,属于无机非金属材料,B 正确;光纤的主要成分是二氧化硅,C 错误;太阳能电池帆板的主要材料是硅单质,不是二氧化硅,D 错误。

4. B 必刷知识 ④文物成分判断

【解析】陶瓷的主要成分是硅酸盐,硅酸盐属于盐,A、D 不符合题意;玛瑙的主要成分是二氧化硅,二氧化硅属于氧化物,B 符合题意;铜编钟属于合金制品,合金属于混合物,C 不符合题意。



进阶突破练

5. A 必刷题型 ①用石英砂和原料气制备 Si_3N_4 操作流程分析

【解析】焦炭与石英砂发生反应: $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 2\text{CO} \uparrow$,焦炭被氧化成 CO ,氧化产物为 CO ,A 错误;“高温氮化”是 Si 与氮气反应,反应的化学方程式为 $3\text{Si} + 2\text{N}_2 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si}_3\text{N}_4$,B 正确;原料气中含有 N_2 和少量的 O_2 ，“操作 X”的目的为除去 O_2 ,氧气能与 Cu 反应生成 CuO , N_2 不与 Cu 反应,通过灼热的铜粉可以达到目的,C 正确;制得的 Si_3N_4 中含有少量 Fe 、 Cu 及其化合物, Fe 、 Cu 及其化合物与稀硝酸反应,得到可溶于水的 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 和 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$,过滤得到 Si_3N_4 ,D 正确。

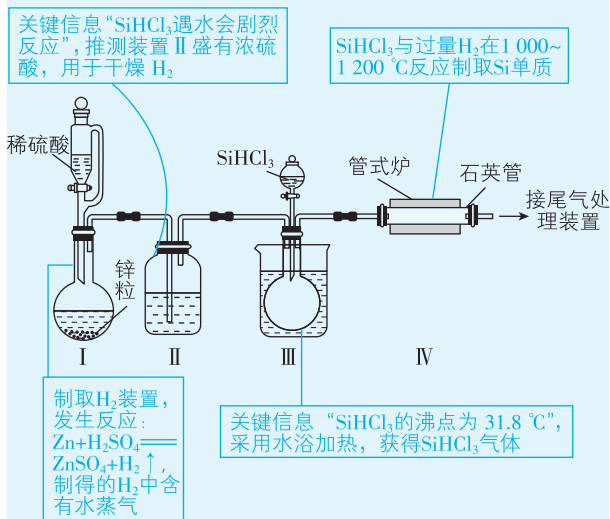
易错警示

用焦炭还原 SiO_2 ,产物是 CO 而不是 CO_2 。



6. B 必刷题型 ① 实验室模拟工业制备高纯硅

题图解读



【解析】为防止氢气和氧气的混合气体加热时发生爆炸，应该先用氢气排出装置内的空气，再加热石英管，即实验开始时先打开装置Ⅰ中恒压滴液漏斗的活塞，待空气全部排出后再加热装置Ⅳ中的石英管，**A 错误**； SiHCl_3 、 SiCl_4 的沸点相差较大，可通过蒸馏提纯 SiHCl_3 ，**B 正确**；锌与浓硫酸反应生成二氧化硫，无氢气生成，不可替换， SiHCl_3 的沸点为 $31.8\text{ }^\circ\text{C}$ ，装置Ⅲ的加热方式为水浴，**C 错误**；尾气中有 HCl ，无水 CaCl_2 不能吸收 HCl ，同时 SiHCl_3 遇水会剧烈反应，为防止空气中水蒸气进入石英管，应连接一个干燥装置兼顾吸收尾气，可以采用装有碱石灰的干燥器，**D 错误**。

7. D 必刷知识 ① 硅单质的提纯

【解析】混有杂质硼的硅晶棒熔点低于纯硅（类似合金与成分金属的关系），**A 正确**；为避免高温下硅与氧气反应，熔炼前，石英保温管中应排尽空气后充入氩气，**B 正确**；熔炼时，若加热环移动速度过快可能导致硅晶棒未充分熔融，杂质硼分离不彻底，**C 正确**；相同温度下杂质硼在熔融态的硅晶棒中含量更高，熔炼时，加热环自左向右缓慢移动对其进行加热熔炼，熔融态的硅在左侧再凝区凝固，将杂质排入熔融态的液体中，故熔炼后，硅晶棒纯度左端高于右端，**D 错误**。

8. (1) 球形冷凝管 (2) C B A



(5) 少部分吸附在 $\text{Si}(\text{NH})_2$ 表面的正己烷在 $\text{Si}(\text{NH})_2$ 生成 Si_3N_4 的过程中随着高温加热转变为碳杂质

$$(6) 3.55(a-b) \times 10^{-2}$$

必刷题型 ② 采用氨解法制备氮化硅

【解析】(2) 装置 C 制取氨气；装置 B 中可以加碱石灰，用来干燥氨气； NH_3 通过装置 A 中的液体石蜡，通过观察气泡来判断 NH_3 的通入速率； NH_3 通入装置 D 中与 SiCl_4 反应制取 $\text{Si}(\text{NH})_2$ 。

(4) 仪器 X 的主要作用为冷凝回流，**A 正确**；制备 $\text{Si}(\text{NH})_2$ 的同时会生成 NH_4Cl ， NH_4Cl 可溶于液氨，采用液氨多次洗涤 $\text{Si}(\text{NH})_2$ 的方法可去除杂质 NH_4Cl ，**B 正确**；冰水混合物温



度无法达到 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, **C 错误**; F 中所装的液体为浓硫酸, 可防止空气中的水蒸气进入 E 中与 $\text{Si}(\text{NH})_2$ 反应, 同时吸收少量未分解的氨气, 防止污染空气, D 装置球形冷凝管上方需要连接干燥管, 防止空气中的水蒸气进入三颈烧瓶, 使 SiCl_4 水解, 使 $\text{Si}(\text{NH})_2$ 与水反应, **D 正确**。

(6) 根据关系式 $\text{Cl}^- \sim \text{AgNO}_3 \sim \text{AgCl}$ 可知, 样品中 $n(\text{Cl}^-) = n(\text{AgNO}_3) = 0.001\text{ }0\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times (a-b) \times 10^{-3}\text{ L} = (a-b) \times 10^{-6}\text{ mol}$, $m(\text{Cl}^-) = (a-b) \times 10^{-6}\text{ mol} \times 35.5\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 3.55(a-b) \times 10^{-5}\text{ g} = 3.55(a-b) \times 10^{-2}\text{ mg}$, 故样品中杂质 Cl^- 含量的表达式为 $\frac{3.55(a-b) \times 10^{-2}\text{ mg}}{1.000\text{ g}} = 3.55(a-b) \times 10^{-2}\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

真题风向练

9. (1) 连接装置, 检查装置的气密性 球形冷凝管下端无液体滴下 缺少 H_2 的尾气处理装置, C、D 之间缺少干燥装置



$$(3) \text{灼烧} \quad \text{冷却} \quad \text{AC} \quad \frac{135.5m_2}{60m_1} \times 100\%$$

必刷题型 ①实验制备 SiHCl_3 粗品及纯度测定

【解析】(1) 本实验中产品易水解, 实验时需隔绝空气, 故连接实验装置后, 先检查装置的气密性, 然后添加药品, 再通入一段时间的 HCl 排尽装置中的空气后开始实验; 管式炉内反应生成的气态 SiHCl_3 会在球形冷凝管中冷凝成液体滴入蒸馏烧瓶中, 当球形冷凝管下端没有液体滴下时, 表示反应结束。本实验需保证收集装置处于无水条件下, 则需要在 C、D 之间加一个干燥装置, 同时 H_2 属于易燃易爆气体, 需要进行尾气处理。

(2) 根据电负性顺序可知, SiHCl_3 中 Si 元素显+4 价, H 元素显-1 价, 该反应可看作 SiHCl_3 先与水反应生成 H_2SiO_3 、 HCl 、 H_2 后, H_2SiO_3 、 HCl 再与 NaOH 反应, 则化学方程式为 $\text{SiHCl}_3 + 5\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + 3\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2 \uparrow$ 。

(3) 样品纯度测定的原理为样品经水解、干燥等预处理过程得硅酸水合物, 在坩埚(A) 中灼烧后生成 SiO_2 , 为防止灼烧后的 SiO_2 吸水影响纯度计算, 故需要在干燥器(C) 中冷却, 再称量。根据关系式: $\text{SiHCl}_3 \sim \text{SiO}_2$, 可计算样品纯度为

$$\frac{\left(\frac{m_2}{60} \times 135.5\right)\text{ g}}{m_1\text{ g}} \times 100\% = \frac{135.5m_2}{60m_1} \times 100\%。$$

第2章 ▶ 真题综合训练

1. **A 必刷考点** ①物质转化与工业生产

【解析】工业合成氨: 由 N_2 和 H_2 在高温、高压和催化剂存在下直接合成 NH_3 , 原料中包含 N_2 , **A 符合题意**; 湿法炼铜: 由 Fe 与 CuSO_4 溶液反应生成 Cu 和 FeSO_4 溶液, **B 不符合题意**; 高炉炼铁: 由焦炭、含铁矿石(赤铁矿、磁铁矿等)等进行反应, **C 不符合题意**; 接触法制硫酸的原料是硫黄或硫铁矿, **D 不符合题意**。

2. **B 必刷知识** ①物质性质

【解析】 Na_2CS_3 中 S 显-2 价, 还原性较强, 能被氧化, **A 错误**;



S 元素和 O 元素同主族,所以 Na_2CS_3 与 Na_2CO_3 的性质相似, Na_2CS_3 溶液呈碱性,**B 正确**;该反应是气体分子数增大的反应,是熵增反应,**C 错误**;键长: $\text{C}=\text{O}<\text{C}=\text{S}$,键能: $\text{C}=\text{O}>\text{C}=\text{S}$,所以热稳定性: $\text{CS}_2<\text{CO}_2$,**D 错误**。

关键点

易错警示 分子的稳定性强弱取决于共价键键能的大小,而不是相对分子质量的大小。

3. D 必刷考点 ① 溴的性质

【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。

4. B 必刷题型 ① 离子方程式的正误判断

【解析】还原性: $\text{Fe}^{2+}<\text{I}^-$,则等物质的量的 FeI_2 与 Cl_2 在溶液中反应时只有 I^- 被氧化,离子方程式为 $2\text{I}^-+\text{Cl}_2 \longrightarrow \text{I}_2+2\text{Cl}^-$,**A 错误**;酸性: $\text{H}_2\text{CO}_3>\text{HClO}>\text{HCO}_3^-$,因此向 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 溶液中通入足量 CO_2 ,生成 HClO 和 HCO_3^- ,**B 正确**;铜与稀硝酸反应,还原产物应为 NO ,离子方程式为 $3\text{Cu}+8\text{H}^++2\text{NO}_3^- \longrightarrow 3\text{Cu}^{2+}+2\text{NO}\uparrow+4\text{H}_2\text{O}$,**C 错误**;向硫化钠溶液中通入足量 SO_2 ,则 S^{2-} 会与 SO_2 发生归中反应,离子方程式为 $2\text{S}^{2-}+5\text{SO}_2+2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{S}\downarrow+4\text{HSO}_3^-$,**D 错误**。

5. D 必刷题型 ① 元素及其化合物的转化

【解析】 Cl_2 和水反应不能得到 NaClO ,**A 错误**; SO_2 和水反应不能直接得到 H_2SO_4 ,还需要加入氧化剂 O_2 ,反应为 $2\text{SO}_2+\text{O}_2+2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4$,**B 错误**; Fe_2O_3 和水不反应,不能得到 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,**C 错误**; CO_2 可与 H_2O 直接反应生成 H_2CO_3 , H_2CO_3 和 CaCO_3 反应生成 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 分解产生 CO_2 ,**D 正确**。

关键点

6. C 必刷知识 ① 制取气体的发生与收集装置

【解析】饱和 Na_2SO_3 溶液和浓硫酸反应可以制 SO_2 ,使用固液不加热制气装置, SO_2 密度比空气大,用向上排空气法收集,**A 不符合题意**; MnO_2 和浓盐酸加热反应可以制 Cl_2 ,使用固液加热制气装置, Cl_2 密度比空气大,用向上排空气法收集,**B 不符合题意**;固体 NH_4Cl 与熟石灰加热可以制 NH_3 ,需要使用固固加热制气装置,图中装置不合理,**C 符合题意**;石灰石(主要成分为 CaCO_3)和稀盐酸反应可以制 CO_2 ,使用固液不加热制气装置, CO_2 密度比空气大,用向上排空气法收集,**D 不符合题意**。



7. B 必刷题型 ⊙ 物质的推断、复分解反应等

思路分析 e 和 g 为无色气体, f 为白色沉淀, 四种溶液中两两之间反应可以同时生成气体和沉淀的只有 AlCl_3 和 Na_2CO_3 , 则 f 为 $\text{Al}(\text{OH})_3$, g 为 CO_2 , b 和 c 反应得到 $\text{Al}(\text{OH})_3$, 则 c 为 AlCl_3 , d 为 Na_2CO_3 , b 为 $\text{Ba}(\text{OH})_2$, a 为 NH_4NO_3 , e 为 NH_3 。

【解析】 NH_4NO_3 溶液呈弱酸性, A 错误; $\text{Al}(\text{OH})_3$ 可以溶于过量的 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液中生成 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$, B 正确; AlCl_3 溶液中通入过量 NH_3 会生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀, 不能得到无色溶液, C 错误; $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液和 Na_2CO_3 溶液反应生成 BaCO_3 沉淀, BaCO_3 可以溶于稀硝酸, D 错误。

8. C 必刷知识 ⊙ 非金属元素化合物的性质

【解析】 Cl_2 通入淀粉-KI 溶液中, 溶液变蓝, 是因为 Cl_2 可将 I^- 氧化为 I_2 而使淀粉溶液变蓝, A 正确; 苯酚钠溶液可以和 CO_2 反应生成碳酸氢钠和苯酚, 室温下苯酚在水中溶解度小, 从而出现浑浊, 可判断酸性: 碳酸 > 苯酚, B 正确; SO_2 使品红溶液褪色体现了 SO_2 的漂白性, C 错误; 溶液变红说明氨水显碱性, 实质是氨气溶于水生成的一水合氨发生电离: $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$, 产生的 OH^- 使酚酞变红, D 正确。

9. D 必刷考点 ⊙ 硫及其化合物的性质与转化

思路分析 根据 G、J 常温常压下为无色气体, 且 J 具有漂白性可知 J 为 SO_2 , 则 G 为 H_2S , H 为 S, K 为 SO_3 , M 为 NaHSO_3 , N 为 Na_2SO_3 , L 为 Na_2SO_4 。

【解析】 H_2S 为弱酸, SO_3 为酸性氧化物, 二者均可与 NaOH 溶液反应, A 正确; S 单质中 S 元素的化合价为 0, Na_2SO_3 中 S 元素的化合价为 +4, S 元素的化合价均处于中间价态, 则二者均既有氧化性又有还原性, B 正确; NaHSO_3 溶液中 HSO_3^-

易错点

可电离出 H^+ 、 SO_3^{2-} , Na_2SO_3 溶液中 SO_3^{2-} 可水解出 HSO_3^- , 溶液中的水可电离出 H^+ 、 OH^- , 故二者溶液中均含有 Na^+ 、 H^+ 、 OH^- 、 HSO_3^- 、 SO_3^{2-} , C 正确; SO_2 与 H_2S 发生反应: $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \xrightarrow{\text{关键点}}$

$3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$, 该反应的 H_2S 中 S 元素的化合价由 -2 升高至 0, 则 1 mol H_2S 参与反应转移电子数为 $2N_A$, D 错误。

10. (1) $2\text{SO}_2 + 2\text{CaCO}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{CaSO}_4 + 2\text{CO}_2$

(2) ①BCD ②A 分子中羟基较少, 形成的分子间氢键较少

(3) 取少量 A, 加入足量 NaOH 溶液, 加热充分反应, 加入足量稀盐酸, 再加入少量 BaCl_2 溶液, 有白色沉淀产生, 说明 A

中含有 S 元素 $\text{HOSO}_2\text{OCH}_3 + 2\text{NaOH} \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$, $\text{HCl} + \text{NaOH} \xrightarrow{\quad} \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \xrightarrow{\quad} \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$

必刷题型 ⊙ 煅烧含硫矿物生成二氧化硫的工艺流程

【解析】(1) 高温条件下, SO_2 能与 CaCO_3 反应生成 CaSO_3 和 CO_2 , 且 CaSO_3 易被空气中的氧气氧化为 CaSO_4 , 因此反应的化学方程式为 $2\text{SO}_2 + 2\text{CaCO}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{CaSO}_4 + 2\text{CO}_2$ 。

(2) ①S 的电负性大于 C, 所以在有机物中, S 与 C 形成共价

关键点



键时 S 一般显负价, **A 错误**; 化合物 A 为等物质的量的 SO_3 与 CH_3OH 发生已知信息反应的产物, 因此化合物 A 的结构简式为 $\text{HOSO}_2\text{OCH}_3$, 属于无机酸酯, 其中与 S 原子相连的羟基能电离出 H^+ , 因此化合物 A 具有酸性, **B、C 正确**; 用浓 H_2SO_4 可吸收 SO_3 , 所得产物为发烟硫酸, **D 正确**。

(3) 由(2)中分析可知, 在形成化合物 A 的过程中, S 元素的化合价不变, 因此化合物 A 中含有 +6 价的 S 元素, 可将其转化为硫酸盐再检验 S 元素, 因此可向化合物 A 中加入过量的 NaOH 溶液并加热, 使其完全水解生成 Na_2SO_4 , 再加入稀盐酸酸化, 加入 BaCl_2 溶液即可检验 S 元素。所涉及反应的化学方程式为 $\text{HOSO}_2\text{OCH}_3 + 2\text{NaOH} \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$, $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$ 。

11. (1) 直形冷凝管 除去杂质 Cl_2 $\text{Br}_2 + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 2\text{KBr} + 2\text{CO}_2 \uparrow$

(2) 蒸发皿 $2\text{MnO}_4^- + 10\text{I}^- + 16\text{H}^+ \xrightarrow{\Delta} 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{I}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$

(3) 液封或水封 除去杂质 HBr

(4) $\frac{m \times 294 \times 3}{6 \times 119 \times 4}$ (5) 玻璃棒引流

必刷题型 ◎ 实验综合, 涉及实验仪器、试剂的作用, 化学方程式、离子方程式的书写, 化学计算, 实验操作等

【解析】(1) 仪器 C 为直形冷凝管, 用于冷凝蒸气; 市售的溴中含有少量的 Cl_2 , 圆底烧瓶 B 中发生的反应为 CaBr_2 还原溴中含有的少量 Cl_2 , 即 CaBr_2 溶液的作用为除去杂质 Cl_2 ; 水浴加热时, Br_2 、 I_2 蒸发进入装置 D 中, 分别与 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 发生氧化还原反应: $\text{Br}_2 + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 2\text{KBr} + 2\text{CO}_2 \uparrow$ 、 $\text{I}_2 + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 2\text{KI} + 2\text{CO}_2 \uparrow$ 。

(2) 将 D 中溶液转移至蒸发皿中, 边加热边向其中滴加酸化的 KMnO_4 溶液至出现红棕色气体 (Br_2), 即说明 KMnO_4 已将 KI 全部氧化, 发生反应的离子方程式为 $2\text{MnO}_4^- + 10\text{I}^- + 16\text{H}^+ \xrightarrow{\Delta} 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{I}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$; KBr 几乎未被氧化, 继续加热将溶液蒸干所得固体 R 的主要成分为 KBr 。

(3) 酸性条件下, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 氧化固体 R 即 KBr 中的 Br^- 为 Br_2 , 同时 KBr 与滴加的浓硫酸反应生成少量 HBr , Br_2 易挥发且密度比水大, HBr 极易溶于水, 故 D 中冷的蒸馏水起到液封(或水封)的作用, 可减少溴的挥发, 同时可以吸收挥发的 HBr 。

(4) 根据得失电子守恒可得关系式 $6\text{KBr} \sim 6\text{e}^- \sim \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 则

关键点

理论上需要 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的质量为 $\frac{294 \times m}{6 \times 119} \text{ g}$, 考虑 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的

需不足, 按 $\frac{3}{4}$ 计算, 故需称取的 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的质量为

$\frac{m \times 294 \times 3}{4 \times 6 \times 119} \text{ g}$ 。

(5) 趁热过滤的具体操作: 漏斗下端管口紧靠烧杯内壁, 转移溶液时用玻璃棒引流, 然后滤液沿烧杯内壁流下。