

第五章 化工生产中的重要非金属元素

第一节 硫及其化合物

课时 1 硫和二氧化硫

1. C 【解析】火山口附近和地壳的岩层中存在游离态的硫, A 错误; 硫的化学性质比较活泼, B 错误; 硫单质难溶于水, 微溶于酒精, 易溶于二硫化碳, C 正确; 加热时硫和铁反应生成黑色的 FeS , D 错误。

2. B 【解析】硫与变价金属反应时生成低价态的金属硫化物, 所以金属 Fe 和 Cu 在加热条件下与硫单质反应时, 只能生成 FeS 和 Cu_2S , 而不能生成 Fe_2S_3 和 CuS ; 钠在氧气中加热生成过氧化钠; Fe 与强氧化性的 Cl_2 反应只能生成 FeCl_3 , 而不能生成 FeCl_2 。综上所述, 不能由单质化合而成的有①④⑥, 选 B。

3. B 【解析】二氧化硫和三氧化硫均易溶于水, 且均能与水反应, A 错误; 二氧化硫和三氧化硫都与碱反应生成盐和水, 均属于酸性氧化物, B 正确; 三氧化硫与水反应生成 H_2SO_4 , C 错误; 三氧化硫不具有漂白性, D 错误。

4. D 【思路分析】 SO_2 和 O_2 在装置 a 中干燥并混合后, 通入装置 b 中发生催化氧化反应, 装置 c 冷凝并收集 SO_3 , 剩余气体继续通入硝酸钡溶液中。

【解析】浓硫酸具有吸水性, 且不与 SO_2 和 O_2 反应, 则装置 a 可干燥并混合 SO_2 和 O_2 , A 正确; SO_2 催化氧化生成 SO_3 的反应为可逆反应, 则装置 b 中流出的气体有 SO_2 、 SO_3 及 O_2 , B 正确; SO_3 无色, 其熔点为 16.8°C , 在装置 c 中冷凝, 则装置 c 中 U 形管内壁上有无色固体产生, C 正确; SO_2 通入硝酸钡溶液中 SO_2 与 H_2O 反应生成的 H_2SO_3 使溶液呈酸性, 此时 NO_3^- 具有强氧化性, 能将 +4 价 S 氧化至 +6 价, 也会生成硫酸钡, 则装置 d 中有白色的硫酸钡沉淀, 不能说明通入 d 的气体中含 SO_3 , D 错误。

5. (1) 产生黄色沉淀(或溶液出现乳白色浑浊) $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 3\text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$

(2) $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HBr}$ 1 : 2

(3) $2\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ 取少量反应后的溶液于试管中, 滴加几滴 KSCN 溶液, 若溶液变红, 则有 Fe^{3+} , 若溶液不变红, 则不含有 Fe^{3+}

(4) NaOH 溶液(合理即可) 防倒吸

【解析】A 装置中浓硫酸和 Na_2SO_3 固体反应制备 SO_2 ; 二氧化硫具有弱氧化性, 与氢硫酸反应生成硫单质; 二氧化硫具有还原性, 与溴水发生氧化还原反应生成硫酸和 HBr ; D 装置



中铁离子和二氧化硫反应生成亚铁离子;E 装置中用 NaOH 溶液除去尾气中的二氧化硫。

(1) 硫化氢和二氧化硫反应生成硫单质和水,B 装置中现象为溶液出现乳白色浑浊或产生黄色沉淀。

(2) C 装置中反应的化学方程式为 $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HBr}$, 其中 H_2SO_4 为氧化产物,HBr 为还原产物,氧化产物与还原产物的物质的量之比为 1 : 2。

(3) D 装置中黄色溶液变为浅绿色, Fe^{3+} 被 SO_2 还原为 Fe^{2+} , 故发生反应的离子方程式为 $2\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$; 可用 KSCN 溶液检验铁离子。

(4) 二氧化硫是大气污染物,可用碱溶液吸收,且由于在碱溶液中溶解度较大,要防倒吸。

6. D 【解析】 SO_2 具有漂白性,可以使品红溶液褪色,而 CO_2 没有漂白性,不能使品红溶液褪色,鉴别 SO_2 和 CO_2 可用品红溶液,A 正确; SO_2 具有还原性,酸性 KMnO_4 溶液可氧化 SO_2 生成 SO_4^{2-} ,而 CO_2 不和酸性 KMnO_4 溶液反应,故可用酸性 KMnO_4 溶液除去 CO_2 中的 SO_2 ,B 正确; SO_2 和 CO_2 均为酸性氧化物,与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应分别生成微溶的 CaSO_3 和难溶的 CaCO_3 ,使澄清石灰水变浑浊,若继续通入气体至过量,沉淀都可转化为易溶物,C 正确;碳酸氢钠溶液会与 SO_2 反应生成 CO_2 ,用澄清石灰水检验时无法证明 CO_2 是原气体中的,还是新生成的,D 错误。

7. B 【解析】亚硫酸钠和 70% 的 H_2SO_4 溶液反应生成硫酸钠、二氧化硫和水,A 正确;淀粉遇碘变蓝色, SO_2 与碘单质发生氧化还原反应 $\text{SO}_2 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI}$, I_2 转化为 I^- ,蓝色褪去,溶液褪色是由于 SO_2 的还原性,B 错误; SO_2 的密度大于空气,应用向上排空气法收集,C 正确; SO_2 有毒,为防止污染空气,常用碱液吸收,同时要防倒吸,题中所给装置能达到实验目的,D 正确。

8. B 【解析】 SO_2 与品红反应生成无色不稳定物质,遇热分解又生成 SO_2 和品红,恢复红色,A 正确;二氧化硫溶于水生成亚硫酸,会使紫色石蕊试液变红,不能使其褪色,B 错误;淀粉遇到碘单质变为蓝色,二氧化硫具有还原性,能将碘单质还原为碘离子: $\text{SO}_2 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI}$,从而使蓝色消失,c 棉球变为白色,C 正确;若将胶头滴管和培养皿中药品改为浓盐酸和 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 固体,反应生成氯气,潮湿的氯气因含有 HClO 而具有漂白性,a、b 棉球均会变白色,同时氯气具有强氧化性,能将碘单质氧化为 IO_3^- ,从而使 c 棉球也变白色,D 正确。

9. D 【解析】对比实验①②现象可知,二氧化硫分子不是使品红溶液褪色的微粒;实验③中,溶液中的 SO_3^{2-} 能使品红溶液褪色,加热后溶液未恢复红色,说明 SO_3^{2-} 与品红生成稳定的物质;实验④中,溶液中的 HSO_3^- 能使品红溶液褪色,加热后溶液慢慢出现浅红色,说明 HSO_3^- 与品红生成不稳定的物质。



二氧化硫与水反应生成的亚硫酸在溶液中电离出亚硫酸氢根离子,由分析可知,亚硫酸氢根离子与品红生成不稳定的物质,则实验②中,加热褪色的溶液,溶液会慢慢恢复红色,A正确;由分析可知,B、C正确,D错误。



(3) ①新制 H_2S 溶液 ②酸性高锰酸钾溶液 ③溶液由紫色变成无色 ④ $2\text{MnO}_4^- + 5\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$

(4) 溶液由蓝色变成无色 $\frac{640}{ab}$

【解析】(1) 较浓的硫酸和 Na_2SO_3 反应生成 SO_2 、 Na_2SO_4 和 H_2O 。

(2) 制取的 SO_2 气体中含有水蒸气,可用浓硫酸干燥, SO_2 密度大于空气,可用向上排空气法收集,并且 SO_2 是有毒气体,能与碱石灰反应,可用碱石灰进行尾气处理,装置连接顺序为 $b \rightarrow a \rightarrow f \rightarrow e \rightarrow g$ 。

(3) H_2S 和 SO_2 反应生成 S 单质,生成黄色沉淀,其中 H_2S 作还原剂, SO_2 作氧化剂,表现出氧化性; $\text{MnO}_4^- (\text{H}^+)$ 具有氧化性,二氧化硫能还原酸性高锰酸钾溶液而使其褪色,可选择酸性高锰酸钾溶液和 SO_2 反应以验证 SO_2 具有还原性,反应的离子方程式为 $2\text{MnO}_4^- + 5\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$,实验现象为溶液由紫色变成无色。

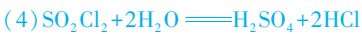
(4) 测定空气中 SO_2 含量的反应为 $\text{SO}_2 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI}$,当反应恰好完全时,溶液由蓝色变成无色, $n(\text{SO}_2) = n(\text{I}_2) = 0.1 \text{ L} \times 0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.01 \text{ mol}$, $m(\text{SO}_2) = 0.01 \text{ mol} \times 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.64 \text{ g} = 640 \text{ mg}$, $b \text{ min}$ 内通入空气的体积为 $ab \text{ L}$,则空气样品中 SO_2 的含量是

$$\frac{640 \text{ mg}}{ab \text{ L}} = \frac{640}{ab} \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}。$$

11. (1) 圆底烧瓶 平衡压强,使液体顺利流下

(2) 浓硫酸 ad

(3) a(或 bc 或 dc)



(5) 冷凝 SO_2Cl_2 ,便于收集,同时防止 SO_2Cl_2 高温分解

【解析】 SO_2 和 Cl_2 在活性炭催化下制取硫酰氯,甲装置中 70% 硫酸和亚硫酸钠反应生成 SO_2 ,乙装置中盛放浓硫酸干燥 SO_2 ,己装置中浓盐酸和高锰酸钾反应生成氯气,戊装置可以除去氯气中的氯化氢,丁装置中盛放浓硫酸干燥氯气, SO_2 和 Cl_2 在丙装置中反应得到硫酰氯。

(1) 由题图可知,仪器 C 的名称为圆底烧瓶;仪器 A 上有一个连通上下的管,可以保持漏斗中的压强和烧瓶中的压强相等,故其优势在于平衡压强,使液体顺利流下。



(2) 由分析可知,装置乙中试剂的名称为浓硫酸;装置己中 KMnO_4 具有强氧化性,可以和浓盐酸反应生成氯气,氯酸钾中的氯酸根离子和漂白粉中的次氯酸根离子具有强氧化性,可以和浓盐酸反应生成氯气,而二氧化锰和浓盐酸反应制备氯气需要加热,浓硝酸与浓盐酸不反应,故能替代装置己中 KMnO_4 的是 ad。

(3) 根据题给信息可知, SO_2Cl_2 遇水迅速反应生成两种强酸,且反应过程中使用了有毒的氯气和二氧化硫,则反应过程中要进行尾气处理,且要防止水蒸气进入反应装置丙中,则改进方法是在丙装置的 c 处连接 a 或 bc、dc。

(4) 由分析可知,乙和丁都起到干燥的作用,根据题给信息可知, SO_2Cl_2 遇水迅速反应生成两种强酸,则若缺少装置乙和丁,会降低硫酰氯的产率,原因是 $\text{SO}_2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$ 。

(5) 根据题给信息可知, SO_2Cl_2 高温条件下不稳定,故由仪器 B 的 a 端通入冷却水,作用是冷凝 SO_2Cl_2 ,便于收集,同时防止 SO_2Cl_2 高温分解。

课时 2 硫酸 不同价态含硫物质的转化

1. B 【解析】硫黄是单质硫,颜色为黄色,A 不符合题意;胆矾为五水合硫酸铜,颜色为蓝色,B 符合题意;石膏为硫酸钙结晶水合物,颜色为白色,C 不符合题意;芒硝为 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$,颜色为白色,D 不符合题意。

2. D 【解析】浓硫酸具有脱水性,能使棉花炭化,A 错误;浓硫酸在加热条件下可与碳反应放出二氧化硫、二氧化碳气体,B 错误;浓硫酸可与氨气反应生成硫酸铵,则不能用于干燥氨气,C 错误;浓硫酸具有强氧化性,在常温下可使铁、铝等金属表面生成一层致密的薄膜而钝化,D 正确。

3. C 【解析】沸腾炉中通入足量空气的目的是使黄铁矿充分反应,黄铁矿被氧化生成氧化铁和二氧化硫,A 错误;接触室内二氧化硫和氧气发生反应生成三氧化硫,该反应为可逆反应,化学方程式为 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{催化剂}} 2\text{SO}_3$,B 错误;尾气中的二氧化硫和三氧化硫都是酸性氧化物,都能与氢氧化钙反应,所以吸收塔排放的尾气可用石灰乳来吸收,C 正确;三氧化硫与水反应放出大量的热,用蒸馏水吸收三氧化硫会形成酸雾,降低吸收效率,所以吸收塔内的 98.3% 浓硫酸不能替换为蒸馏水,D 错误。

4. C 【解析】硫元素在自然界中有游离态和化合态两种存在形态,A 正确;在缺氧的条件下可实现过程⑤的转化,B 正确;过程①②中硫元素均被氧化,C 错误; SO_4^{2-} 中 S 为 +6 价,若生物体有机硫中硫元素为 -2 价,则过程③中 S 的化合价降低,发生还原反应,D 正确。

**5. B 【思路分析】**图中 Cu 与浓硫酸在加热条件下反应生成硫酸

铜、二氧化硫和水,反应的化学方程式为 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,品红溶液用于检验二氧化硫的漂白性,浸有氢氧化钠溶液的棉团用于吸收反应生成的多余的二氧化硫,以免污染空气。

【解析】SO₂ 使品红溶液褪色是因为它与有色物质结合生成了无色物质而具有漂白性,该无色物质不稳定,加热时分解,所以加热褪色的品红溶液可观察到溶液恢复红色,A 正确;SO₂ 能和氢氧化钠反应生成盐和水,SO₂ 属于酸性氧化物,用浸有氢氧化钠溶液的棉团吸收尾气,利用了 SO₂ 作为酸性氧化物的性质,不是还原性,B 错误;反应后的试管中有硫酸铜和较浓的硫酸,充分冷却后将试管里的物质慢慢倒入盛有足量冷水的烧杯中,可观察到溶液呈蓝色(含 Cu²⁺),C 正确;该实验中反应的化学方程式为 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,反应物中硫元素化合价为+6,生成物中的为+6、+4,转化为二氧化硫的硫酸表现氧化性,转化为硫酸铜的硫酸表现酸性,D 正确。

6. (1) 搅拌,加快溶解(2) Na₂SO₄ Na₂CO₃ NaOH(3) BaCO₃ CaCO₃(4) 防止引入 K⁺

(5) 不可以 确保钡离子被碳酸根离子除尽

(6) $\text{MgCl}_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NaCl}$

【解析】粗盐中的 MgCl₂、CaCl₂、Na₂SO₄ 都易溶于水,要想将杂质除去必须将 MgCl₂、CaCl₂ 和 Na₂SO₄ 转化为沉淀,连同泥沙一起过滤除去。粗盐提纯的第①步是溶解;第②步加过量 BaCl₂ 溶液,与 Na₂SO₄ 发生反应,生成 BaSO₄ 沉淀和 NaCl;第③步加过量 NaOH 溶液,与 MgCl₂ 发生反应,生成 Mg(OH)₂ 沉淀和氯化钠;第④步加过量 Na₂CO₃ 溶液,与 CaCl₂ 和过量的 BaCl₂ 发生反应,生成 CaCO₃ 沉淀、BaCO₃ 沉淀和氯化钠;第⑤步过滤除去生成的沉淀及泥沙;第⑥步加适量盐酸,与过量的 NaOH 和过量的 Na₂CO₃ 发生反应;第⑦步蒸发、结晶、烘干,得到精盐。

(1) 溶解时要用玻璃棒搅拌,以加快粗盐溶解。

(2) 根据以上分析可知,第②步操作的目的是除去粗盐中的 Na₂SO₄,第⑥步操作的目的是除去滤液中的 NaOH 和 Na₂CO₃。

(3) 根据以上分析可知,第⑤步过滤操作中得到沉淀的成分:泥沙、BaSO₄、Mg(OH)₂、CaCO₃、BaCO₃。

(4) 为防止引入新杂质 KCl,在第③步操作中,选择除杂试剂时不能用 KOH 代替 NaOH。

(5) 为了确保过量的钡离子被碳酸根离子除尽,过量 BaCl₂



溶液和过量 Na_2CO_3 溶液滴加顺序不可以调换。

(6) 根据以上分析可知,第③步反应的化学方程式为 $\text{MgCl}_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NaCl}$ 。

7. B 【解析】浓硫酸使蔗糖炭化,浓硫酸与生成的 C 反应产生 SO_2 和 CO_2 , CO_2 也能使湿润的石蕊试纸变红,不能说明 SO_2 属于酸性氧化物, A 错误;浸有酸性 KMnO_4 溶液的滤纸条褪色, SO_2 将紫色的 MnO_4^- 还原为无色的 Mn^{2+} , 说明 SO_2 具有还原性, B 正确; SO_2 也能使澄清石灰水变浑浊, C 错误;该实验体现了浓硫酸的脱水性和强氧化性, D 错误。

8. D 【解析】标准状况下, 11.2 L SO_2 的物质的量为 0.5 mol, 1 个 SO_2 分子中含有 3 个原子, 则 0.5 mol SO_2 中原子总数为 $1.5N_A$, A 错误;未指明溶液体积, 故无法计算, B 错误;反应①的化学方程式为 $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \longrightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$, 则每消耗 3.4 g (即 0.1 mol) H_2S , 生成 0.15 mol 硫单质, 生成物中硫原子数目为 $0.15N_A$, C 错误;反应②的离子方程式为 $3\text{S} + 6\text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{SO}_3^{2-} + 2\text{S}^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$, 其中还原产物为 S^{2-} , 则每生成 1 mol 还原产物, 转移电子数目为 $2N_A$, D 正确。

9. D 【解析】锌与浓 H_2SO_4 发生反应 $\text{Zn} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \longrightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, 随着反应进行, H_2SO_4 浓度变小, 若锌还有剩余, 会发生反应 $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$, 根据题意, H_2SO_4 的总物质的量为 $0.1 \text{ L} \times 18 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.8 \text{ mol}$, 将反应后的溶液稀释至 1 L, 测得溶液 $c(\text{H}^+) = 0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则剩余硫酸的物质的量为 0.3 mol, 消耗硫酸的物质的量为 1.5 mol。设产生 SO_2 的物质的量为 $x \text{ mol}$, 生成 H_2 的物质的量为 $y \text{ mol}$, SO_2 和 H_2 的总物质的量为 $\frac{26.88}{22.4} \text{ mol} = 1.2 \text{ mol}$, 故 $x + y = 1.2$, $2x + y = 1.5$, 解得 $x = 0.3$, $y = 0.9$, 即生成 0.3 mol SO_2 、0.9 mol H_2 。根据生成 0.3 mol SO_2 、0.9 mol H_2 , 消耗 Zn 的物质的量为 $0.3 \text{ mol} + 0.9 \text{ mol} = 1.2 \text{ mol}$, 质量为 $1.2 \text{ mol} \times 65 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 78 \text{ g}$, A 正确;反应中每生成 1 个 SO_2 转移 2 个电子, 每生成 1 个 H_2 转移 2 个电子, 转移电子的物质的量为 $(0.3 \times 2 + 0.9 \times 2) \text{ mol} = 2.4 \text{ mol}$, B 正确;根据分析, 生成的气体 A 为 SO_2 和 H_2 的混合物, C 正确;反应生成 0.3 mol SO_2 、0.9 mol H_2 , 故气体 A 中 H_2 和 SO_2 的体积之比为 3 : 1, D 错误。

10. D 【解析】根据反应 $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$ 可知, 每生成 8 mol SO_2 , 消耗 11 mol O_2 , 转移 44 mol 电子, 则每生成 1 mol SO_2 , 转移 5.5 mol 电子, A 正确;焦硫酸钠 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$) 溶于水后生成硫酸氢钠, 溶液呈酸性, B 正确;质量分数为 98% 的浓硫酸的物质的量浓度 $c = \frac{1000\rho w}{M} =$



$\frac{1\ 000 \times 1.84 \times 98\%}{98} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 18.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, C 正确; 浓硫酸

吸收 SO_3 生成焦硫酸, 硫酸和焦硫酸是不同物质, 属于化学变化, D 错误。

- 11. B** 【解析】加入铜片的实验中, 生成的气体能使酸性 KMnO_4 溶液和品红溶液褪色、不可燃, 则该气体具有还原性、漂白性, 该气体是 SO_2 , A 正确; 加入铝片的实验中, 气体能使酸性 KMnO_4 溶液褪色、能与 CuSO_4 溶液产生黑色沉淀, 则气体中含有 H_2S , 硫化氢具有可燃性, 但具有可燃性的气体不一定是硫化氢, 燃烧现象无法证明气体中一定含有 H_2S , B 错误; 加入锌片的实验中, 气体能使酸性 KMnO_4 溶液和品红溶液褪色, 则气体中含 SO_2 , 但 SO_2 不可燃, 而锌片与浓硫酸反应生成的气体具有可燃性, 则还含有其他气体, C 正确; Cu 、 Zn 、 Al 的活动性不同, 反应产物也不同, 可知金属与浓硫酸反应的还原产物与金属活动性强弱有关, D 正确。



(2) ①平衡压强; 饱和 NaHSO_3 溶液可以减少 SO_2 的溶解量

② $\text{OH}^- + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{HSO}_3^-$ ③8:1



(3) ①1:1 ②酸性条件下 H_2O_2 直接与 Fe^{2+} 反应, 导致溶液中羟基自由基($\cdot\text{OH}$)浓度减小, 使得 TOC 去除率下降

【思路分析】 Cu 与浓硫酸共热反应制备 SO_2 , 图乙 C 装置中 NaBH_4 (H 为 -1 价) 还原 SO_2 制备 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$, B 装置可以平衡气压, 作安全瓶, 剩余的二氧化硫被 D 装置吸收, 防止污染空气。

【解析】(1) 选用 Cu 与浓硫酸共热反应制备 SO_2 , 则选择装置 III。

(2) ①装置 B 中有连通外界的玻璃管, 起到平衡压强、防止装置中气压过大而引发安全问题的作用, 同时 SO_2 不与 NaHSO_3 溶液反应, 且在其中溶解度很小, 则装置 B 的作用为平衡压强, 饱和 NaHSO_3 溶液可以减少 SO_2 的溶解量; ②装置 C 中 NaOH 溶液与 SO_2 反应生成 NaHSO_3 , 其离子方程式为 $\text{OH}^- + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{HSO}_3^-$; ③方程式配平为 $\text{NaBH}_4 + 8\text{NaHSO}_3 \rightleftharpoons 4\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 + \text{NaBO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$, 又因为 $n(\text{NaOH}) = n(\text{NaHSO}_3)$, 为使生成的 NaHSO_3 尽可能完全被还原, 则 NaBH_4 应过量, 应控制 $n(\text{NaOH}) : n(\text{NaBH}_4) < 8 : 1$; ④加热 NaHSO_3 固体脱水制备 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, 根据原子守恒可得反应的化学方程式为 $2\text{NaHSO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O}$ 。

(3) ①由图丙可知, TOC 的去除率最大时, $n(\text{H}_2\text{O}_2) : n(\text{Fe}^{2+}) = 1 : 1$; ② $\text{pH} = 4.5$, 即溶液呈酸性, 其他条件一定时, 当 H_2O_2 的加入量大于 $40 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, H_2O_2 直接与 Fe^{2+}

发生氧化还原反应,导致溶液中羟基自由基($\cdot\text{OH}$)浓度减小,TOC 去除率下降。

第二节 氮及其化合物

课时 1 氮气与氮的氧化物

1. D 【解析】 N_2 是一种无色、无味且难溶于水的气体, A 错误;氮气和氧气发生氧化还原反应生成 NO , 而后 NO 被氧化成 NO_2 , 二者无法直接生成 NO_2 , B 错误;在 N_2 与 Mg 反应生成 Mg_3N_2 的过程中, 氮元素的化合价降低, N_2 作氧化剂, C 错误; N_2 与 H_2 合成 NH_3 , 是将游离态的氮转化为化合态, 属于氮的固定, D 正确。

2. B 【解析】 N_2 不属于氧化物, A 错误; NO 属于氧化物, 不溶于水, 易与氧气反应生成 NO_2 , NO 中 N 元素处于中间价态, 因此既有氧化性, 又有还原性, B 正确; NO_2 易溶于水, 且不与 O_2 反应, C 错误; NH_3 不是氧化物, 极易溶于水, D 错误。

3. D 【思路分析】结合转化关系可知, 路线①是 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{高温、高压}]{\text{催化剂}} 2\text{NH}_3$, 路线②是 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$; 路线③是 $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$; 路线④是 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$; 路线⑤是 $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{放电或高温}} 2\text{NO}$ 。

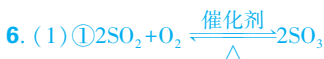
【解析】由图可知, 路线①是氮气和氢气合成氨的反应, 为氮的固定; ⑤是氮气和氧气在放电或高温条件下反应生成一氧化氮, 属于氮的固定, A 正确。由思路分析中的方程式可知, 路线①②③④是工业生产硝酸的主要途径, 路线⑤③④是“雷雨发庄稼”的主要物质变化, B、C 正确。路线④可以是二氧化氮和水反应, 二氧化氮既是氧化剂又是还原剂, 不需要另外加氧化剂, D 错误。

4. D 【解析】 NO_2 与水发生氧化还原反应生成硝酸和 NO , 故 NO_2 不是酸性氧化物, A 错误; 二氧化氮与水反应生成 NO , 且 NO 难溶于水, 故不能用水除去 NO_2 中的 NO 杂质, B 错误; 同素异形体的研究对象是单质, 而 NO 与 NO_2 是化合物, C 错误; 该反应中 N 元素的化合价由 +4 价变为 +5 价和 +2 价, 生成硝酸的二氧化氮是还原剂, 生成 NO 的二氧化氮是氧化剂, 根据得失电子守恒, 氧化剂和还原剂的物质的量之比是 1:2, D 正确。

5. D 【解析】二氧化氮与氧气不反应, A 错误; NO_2 和溴蒸气均具有强氧化性, 都能使湿润的淀粉-KI 试纸变蓝, 现象相同, 不能鉴别, B 错误; 少量 Na_2O_2 加到稀硫酸中发生反应生成硫酸钠、氧气、水, 该反应中过氧化钠是氧化剂、还原剂, 不能说明稀硫酸具有氧化性, C 错误; 将混合气体依次通入盛有水和浓 H_2SO_4 的洗气瓶中, 二氧化氮和水反应生成硝酸和



NO 而被除去,之后通过浓硫酸吸收气体中水蒸气得到 NO, D 正确。



【解析】(1) 若 A 在常温下为固体单质, B 是能使品红溶液褪色的有刺激性气味的无色气体, 则 A 为硫, B 为二氧化硫, C 为三氧化硫, D 为硫酸。①二氧化硫和氧气反应生成三氧化硫, 化学方程式为 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{催化剂}} 2\text{SO}_3$ 。②浓硫酸和铜在

加热条件下反应可生成硫酸铜、二氧化硫和水, 化学方程式为 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (合理即可)。

(2) 若 A 在常温下为气体单质, C 为红棕色气体, 则 C 为二氧化氮, A 为氮气, B 为一氧化氮, D 为硝酸。①A 为 N_2 , C 为 NO_2 。②铜和浓硝酸反应生成硝酸铜、二氧化氮和水, 离子方程式为 $\text{Cu} + 4\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- \xrightarrow{\quad} \text{Cu}^{2+} + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

7. D 【解析】设试管的高度为 h , ①根据反应 $\text{Cl}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\quad} 2\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ 可知, Cl_2 与 SO_2 恰好完全反应, 液体充满试管, 所以试管内水面上升的高度 $h_1 = h$; ②根据反应 $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\quad} 4\text{HNO}_3$ 可知, O_2 剩余, 参加反应的 O_2 的体积为 O_2 总体积的 $\frac{3}{4}$, NO 全部参加反应, 所以混合气体减少的体积为试管容积的 $\frac{7}{8}$, 试管内水面上升的高度 $h_2 = \frac{7}{8}h$; ③根据反应 $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\quad} 4\text{HNO}_3$ 可知: O_2 剩余, 参加反应的 O_2 的体积为 O_2 总体积的 $\frac{1}{4}$, NO_2 全部参加反应, 所以混合气体减少的体积为试管容积的 $\frac{5}{8}$, 试管内水面上升的高度 $h_3 = \frac{5}{8}h$; ④ NH_3 极易溶于水, 氮气难溶于水, 所以试管内水面上升的高度 $h_4 = \frac{1}{2}h$ 。根据以上分析可知, $h_1 > h_2 > h_3 > h_4$, 即 D 符合题意。

8. C 【解析】NO 为无色气体, 不溶于水也不与水反应, 则第一次振荡注射器, 气体颜色无明显变化, A 正确; 吸入空气后, 发生反应: $2\text{NO} + \text{O}_2 \xrightarrow{\quad} 2\text{NO}_2$, 则气体颜色变为红棕色, B 正确; 由题干信息可知, 吸入的 15 mL 空气中含有 3 mL O_2 , 根据反应: $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\quad} 4\text{HNO}_3$, 反应消耗掉 3 mL O_2 和 4 mL NO, 故气体体积等于 $(20 + 15 - 3 - 4)$ mL = 28 mL, C 错误; 由 C 选项分析可知, 第二次振荡注射器后生成的硝酸的

物质的量为 $\frac{4 \times 10^{-3} \text{ L}}{V_{\text{m}} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{4}{V_{\text{m}}} \times 10^{-3} \text{ mol}$, 所得硝酸溶液的体积



为 $5 \times 10^{-3} \text{ L}$, 则所得硝酸的浓度为 $\frac{4}{5V_m} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, D 正确。

9. (1) ①下 ②两气体混合后, 颜色由红棕色变为无色(合理即可) ③NO 氧化 ④ $\text{NO}_2 + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{NO} + \text{SO}_3$

(2) ① $4\text{Mg} + 2\text{NO}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 4\text{MgO} + \text{N}_2$

② i. NaOH 溶液 ii. 吸收 NO_2 , 避免污染环境 收集 N_2
iii. badc

【解析】(1) ① NO_2 呈红棕色, SO_2 为无色, 故下瓶颜色深。② NO_2 有强氧化性, 能被 SO_2 还原成 NO , 故现象为两气体混合后, 颜色由红棕色变为无色。③ NO 遇空气生成红棕色气体 NO_2 : $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$, “有红棕色气体产生”说明 SO_2 和 NO_2 反应的产物中有 NO , 体现了 NO_2 的氧化性。④由题给现象可知, NO_2 和 SO_2 反应的化学方程式为 $\text{NO}_2 + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{NO} + \text{SO}_3$ 。

(2) ①类比 Mg 与 CO_2 的反应, Mg 与 NO_2 发生置换反应的化学方程式为 $4\text{Mg} + 2\text{NO}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 4\text{MgO} + \text{N}_2$ 。②由装置可知, 该实验利用 N_2 难溶于水的性质检验其存在, 由于空气中也存在 N_2 和其他难溶于水的气体, 因此在实验开始前, 需排出装置内空气, 为避免有毒气体 NO_2 排入空气中, 使用碱石灰等物质吸收尾气。反应后硬质玻璃管中产生的气体可能含有 NO_2 , 其与水反应生成难溶于水的 NO , 影响 N_2 的检验, 所以应使用装置 A 将 NO_2 除去。i. 装置 A 的作用是除去 NO_2 , 可选用 NaOH 溶液。ii. 干燥管的作用是吸收 NO_2 , 防止其扩散到空气中; 装置 B 的作用是收集 N_2 , 验证猜想。iii. 实验开始时正确的操作步骤: b(打开弹簧夹) \rightarrow a(通入 NO_2 , 排尽装置中的空气) \rightarrow d(当硬质玻璃管充满红棕色气体后, 关闭弹簧夹) \rightarrow c(点燃酒精灯, 进行实验)。

10. A 【解析】氧化炉中发生反应的化学方程式为 $4\text{NH}_3 +$

$5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$, A 正确; 再氧化时生成的 NO 被氧

气氧化为 NO_2 , 氢氧化钠溶液中发生反应 $2\text{NaOH} + \text{NO}_2 +$

$\text{NO} \rightleftharpoons 2\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 、 $2\text{NaOH} + 2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{NaNO}_2 + \text{NaNO}_3 +$

H_2O , 若再氧化时氧气用量过多, NO 全部被氧化为二氧化

氮, 会使生成的 NaNO_2 减少, 降低了亚硝酸钠的产率, B 错

误; 硝酸钠的溶解度随温度升高变化不大, 亚硝酸钠的溶解

度随温度升高变化明显, 可采用蒸发浓缩、冷却结晶、过滤

的方式得到亚硝酸钠晶体, C 错误; 母液中含有硝酸钠和亚

硝酸钠, N_2 保护条件下, 将母液低温蒸干得到二者混合物,

D 错误。

课时 2 氨和铵盐

1. A 【解析】氨气极易溶于水, 溶解的 NH_3 部分与水反应生成



弱碱 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, A 正确; 氨气的密度比空气小, 实验室常用向下排空气法收集氨气, B 错误; 氨水为混合物, 不属于电解质, C 错误; NH_3 和铵盐中 N 均为 -3 价, 转化为 N_2 , 化合价升高被氧化, D 错误。

2. B 【解析】加热该氮肥生成两种气体, 其中一种能使澄清石灰水变浑浊, 说明这种气体可能为 CO_2 或 SO_2 ; 另取少量该氮肥样品溶于水, 并加入少量 BaCl_2 溶液, 有白色沉淀生成, 再加入适量稀盐酸, 沉淀溶解, 则该氮肥中可能含 CO_3^{2-} 或 SO_3^{2-} 等, 结合选项可知, 该氮肥的主要成分可能是 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 。故选 B。

3. A 【解析】铵盐分解不一定产生氨气, 如 NH_4NO_3 在较高温度下分解可能生成 N_2 、 O_2 和 H_2O , A 正确; 在加热的条件下氯化铵与碳酸氢钠均分解, 不能加热除去氯化铵中的碳酸氢钠, B 错误; 盛有硫酸亚铁铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2]$ 溶液的试管中, 滴加少量 NaOH 溶液, 氢氧根离子与亚铁离子生成氢氧化亚铁沉淀, 没有氨气生成, 所以在试管口用湿润的红色石蕊试纸检验, 试纸不变蓝, C 错误; 铵盐都易溶于水, 其水溶液不一定只能与碱反应, 不能与酸反应, 例如碳酸铵溶液能和盐酸反应, D 错误。

4. A 【解析】浓氨水与碱石灰反应生成氨, 碱石灰溶于水放热, 且 OH^- 浓度增大有利于氨的逸出, A 正确; 氨气属于碱性化合物, 与浓硫酸反应生成铵盐, 故不能用浓硫酸干燥, B 错误; 丙装置体系密闭, 收集氨气时空气无法排出, C 错误; 氨气极易溶于水, 漏斗口不能没入水面, 会引起倒吸, D 错误。

5. C 【解析】反应开始后, 烧瓶内迅速形成喷泉, 说明产生了很大的气压差, 氨气极易溶于水, 酚酞遇碱变红, 说明氨水呈碱性, A 正确; CO_2 易溶于浓氢氧化钠溶液, 选用浓氢氧化钠溶液, CO_2 也能做喷泉实验, B 正确; 氨气是碱性气体, 氨气易与酸反应, 烧杯中换成酸溶液也能形成喷泉, C 错误; 标准状况下, 若烧瓶内充满氨气, 氨气全部溶于水, 氨气体积等于烧瓶容积等于溶液体积, 设烧瓶容积为 $V \text{ L}$, 则氨气体积和溶液体积均为 $V \text{ L}$, 氨气物质的量为 $\frac{V}{22.4} \text{ mol}$, 所得氨水的浓度是 $\frac{1}{22.4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, D 正确。

6. B 【解析】加热时氨气逸出, ②中溶液颜色变为无色, 冷却后氨气溶解, ②中溶液变为红色, A 错误; ②③中都包括溶液变色的过程, 其变色原理不同, ②中溶液褪色是因为氨气逸出, 溶液的碱性减弱, ③中溶液变红是因为二氧化硫与品红生成的无色物质受热分解, B 正确; 二氧化硫与品红化合生成无色物质而具有漂白性, 受热又恢复红色, 所以加热时, ③



中溶液变红,冷却后又变为无色,C 错误;加热时,①上部汇集了固体 NH_4Cl ,是由于 NH_4Cl 不稳定,受热易分解,分解生成的氨气和 HCl 遇冷重新反应生成 NH_4Cl ,该过程是化学变化,碘升华属于物理变化,D 错误。

7. B 【解析】因氨气极易溶于水,故胶头滴管中可以是水,水呈中性,A 项错误;通过捂热烧瓶赶出烧瓶中的二氧化碳而使碱溶液与 CO_2 反应,导致烧瓶内压强减小,引发喷泉,B 项正确; HCl 与 NH_3 发生反应: $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$,反应生成 NH_4Cl 固体,产生的是白烟而非白雾,C 项错误;通入的 Cl_2 与挥发出的 NH_3 发生反应: $8\text{NH}_3 + 3\text{Cl}_2 = 6\text{NH}_4\text{Cl} + \text{N}_2$,气体体积减小,烧瓶内可能产生喷泉,D 项错误。

8. BD 【解析】生石灰与水反应放热,且增大了 OH^- 浓度,利于氨的逸出,故可用浓氨水和生石灰制备 NH_3 ,用浓盐酸和浓硫酸制备 HCl 是利用了浓硫酸高沸点、难挥发、具有吸水性,且吸水放热,使 HCl 挥发,A 正确; NH_3 能与 CaCl_2 反应,所以不能用无水 CaCl_2 干燥 NH_3 ,B 错误;实验中同时打开止水夹 a、c、d, NH_3 与 HCl 反应生成 NH_4Cl 固体,使两烧瓶内气体压强都减小,从而形成喷泉,盛 NH_3 的烧瓶内形成蓝色喷泉,盛 HCl 气体的烧瓶内形成红色喷泉,C 正确;喷泉结束后,将烧瓶内溶液混合后,两溶质发生反应生成 NH_4Cl ,但蒸干过程中 NH_4Cl 会分解,得不到 NH_4Cl 固体,D 错误。

9. C 【解析】氨气能使湿润的 pH 试纸变蓝,则 NH_4Cl 发生了分解反应生成氨气和 HCl ,A 正确;先观察到黄色 \rightarrow 蓝色,最后试纸变红色,可知氨气扩散速率比氯化氢气体快,B 正确;II 中饱和 NH_4Cl 溶液使试纸变橙黄色($\text{pH} \approx 5$),而 I 中试纸最终变为红色($\text{pH} \approx 2$),说明 I 中试纸变成红色,是由于氯化铵分解生成 HCl ,C 错误;氯化铵受热分解生成的 NH_3 和 HCl ,在试管中部遇冷又化合生成氯化铵,则不宜用加热 NH_4Cl 固体的方法制备 NH_3 ,D 正确。

10. (1) ① A 或 B $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{NH}_3 \uparrow + \text{CaCl}_2 +$

$2\text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (合理即可)

② $\text{d} \rightarrow \text{c} \rightarrow \text{f} \rightarrow \text{e} \rightarrow \text{d} \rightarrow \text{c} \rightarrow \text{i}$

(2) ① 红棕色慢慢变浅

② $8\text{NH}_3 + 6\text{NO}_2 \xrightarrow[\text{一定温度}]{\text{催化剂}} 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$

③ Z 中 NaOH 溶液产生倒吸现象

④ 反应后气体体积减小,Y 管中压强小于外界大气压

【解析】(1) ① 实验室可以用加热固体氯化铵和氢氧化钙的方法制备氨气,反应物均为固体,反应条件为加热,所以选择 A 为发生装置,反应的化学方程式为 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,也可以选择装置 B 用加热浓氨水的方法



法制备氨气,反应的化学方程式为 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$;②实验室制备的氨气中含有水蒸气,氨气为碱性气体,应选择盛有碱石灰的干燥管干燥气体,氨气极易溶于水,密度小于空气,所以应选择向下排空气法收集气体,尾气可以用水吸收,注意防止水蒸气进入集气瓶和倒吸的发生,所以正确的连接顺序为发生装置→d→c→f→e→d→c→i。

(2)打开 K_1 ,推动注射器活塞,使 X 中的气体缓慢充入 Y 管中,则氨气与二氧化氮发生归中反应生成无色的氮气,所以现象为气体颜色慢慢变浅,反应的化学方程式为 $8\text{NH}_3 + 6\text{NO}_2 \xrightarrow[\text{一定温度}]{\text{催化剂}} 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$,根据反应方程式及装置恢复至室温后气态水凝集可判断反应后气体体积减小,Y 管内压强降低,所以打开 K_2 后,在大气压的作用下 Z 中 NaOH 溶液发生倒吸。

课时3 硝酸 酸雨及防治

1. D 【解析】浓硝酸使紫色石蕊溶液先变红,表现出酸性,后褪色,表现出强氧化性,A 正确;不能用稀硝酸与 Zn 反应制氢气,是因为硝酸具有强氧化性,被锌还原生成氮氧化物而不能生成 H_2 ,B 正确;要用棕色瓶盛装浓硝酸,是因为浓硝酸具有不稳定性,见光易分解,C 正确;能使滴有酚酞的氢氧化钠溶液红色褪去,是稀硝酸与氢氧化钠发生了酸碱中和反应,表现出酸性,D 错误。

2. A 【解析】由图可知,在催化转化中, O_2 在催化剂表面将 NO 氧化为 NO_2 ,A 正确; N_2 为还原产物,B 错误;汽车尾气中的 CO_2 、 N_2 不是污染物,C 错误; $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ 反应中,氢元素始终为+1价,则 NH_3 中的氢元素未被氧化,D 错误。

3. A 【解析】据图像分析,A 为氨气、B 为氮气、C 为一氧化氮、D 为二氧化氮、E 为硝酸、F 为硝酸盐、G 为一水合氨、H 为铵盐。氮气与氧气在放电或高温条件下反应只能生成一氧化氮,不能直接生成二氧化氮,A 错误;雷雨天空空气中氮气和氧气在闪电下反应生成一氧化氮,一氧化氮与氧气反应生成二氧化氮,二氧化氮和水反应生成硝酸和一氧化氮,硝酸与某些碱性物质反应生成硝酸盐,物质间的转化关系为 $\text{N}_2 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{硝酸盐}$,B 正确; $\text{A} \rightarrow \text{C}$ 的反应为催化剂作用下氨气与氧气共热发生反应生成一氧化氮和水,该反应是工业制硝酸的基础反应,C 正确;由图可知,图中 $\text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2$ 、 $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}$ 、 $\text{N}_2 \rightarrow \text{NO}$ 、 $\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2$ 、 $\text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$ 这 5 个转化反应中氮元素的化合价均发生变化,均是通过氧化还原反应实现的,D 正确。

4. C 【解析】用过量的铜分别与浓硝酸、稀硝酸反应,发生的



反应分别为 $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{浓}) = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3(\text{稀}) = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ 。由题干可知,铜过量,加入的酸可以反应完,因此根据反应可知,当加入的酸的物质的量相同时,生成气体的物质的量:浓硝酸>稀硝酸,A 错误;实验②是铜片与稀硝酸反应,生成 NO,NO 为无色气体,实验前原试管中充满 N_2 ,此时 NO 不会被氧化,不能生成 NO_2 ,B 错误;实验②反应完全后,向左侧试管中加入适量稀硫酸,补充 H^+ ,与溶液中剩余的 NO_3^- 一起与铜片反应,铜片继续溶解,C 正确;将实验中所用铜片换成铁片,常温下,铁片遇浓硝酸“钝化”,实验现象改变,D 错误。

5. D 【解析】“氧化”时, NH_3 在 Pt 催化、 $840 \sim 880^\circ\text{C}$ 条件下与氧气反应转化为 NO,结合得失电子守恒、元素守恒,化学方程式为 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[840 \sim 880^\circ\text{C}]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$,A 正确;“热交换”过程中 NO 会被 O_2 氧化为 NO_2 ,B 正确;“气液分离”时,得到少量稀硝酸的反应为 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{NO}$,C 正确;若有 1 mol N_2 完全转化为 HNO_3 ,还需消耗 3 mol H_2 ,共失去 16 mol e^- ,根据得失电子守恒,理论上共需要消耗 4 mol O_2 ,D 错误。

6. B 【解析】注射器 4 中稀硝酸与铜反应: $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3(\text{稀}) = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$,生成硝酸铜、NO 和水,连通注射器 2、4,则注射器 2 中充满 NO。注射器 4 中的反应为稀硝酸与铜反应,生成硝酸铜、一氧化氮和水,硝酸体现出氧化性和酸性,A 正确;注射器 2 中充满 NO,与注射器 1 中空气中氧气反应生成红棕色 NO_2 气体,颜色改变,B 错误;连通注射器 1、2,生成 NO_2 气体,注射器 3 中 NaOH 溶液与 NO_2 反应: $2\text{NO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaNO}_3 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$,可进行尾气的吸收处理,C 正确;注射器 4 中物质若换成浓氨水和碱石灰,两者发生反应生成 NH_3 ,可进行 NH_3 与空气和水反应的性质探究,D 正确。

7. B 【解析】由题图可知, $\text{NO}_x \rightarrow \text{N}_2$,N 元素化合价降低,被还原,A 正确;未知 x 的数值,无法确定转移电子数,则不能计算出需要消耗氨气的体积,B 错误;空气中 NO_x 会造成酸雨等,则 NO_x 的含量高低是检验空气质量的标准之一,C 正确;如果把 NO_x 看成 NO, $\text{NO} \rightarrow \text{N}_2$,N 元素化合价降低了 2, $\text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2$,N 元素化合价升高了 3,由得失电子守恒和原子守恒,可知发生的反应为 $6\text{NO} + 4\text{NH}_3 \xrightarrow{\text{Pt-Rh 催化剂}} 5\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$,D 正确。

8. C 【思路分析】0.6 mol Cu 与浓硝酸恰好完全反应生成一氧化氮、二氧化氮、四氧化二氮,这些氧化物恰好溶解在 NaOH 溶液中得到 NaNO_3 和 NaNO_2 的混合溶液。硝酸铜的物质的量为 0.6 mol,所以硝酸铜中硝酸根离子的物质的量为 1.2 mol。

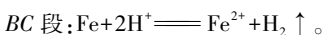
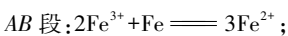
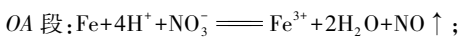


氢氧化钠的物质的量为 1 mol , NaNO_3 和 NaNO_2 的混合溶液中 $n(\text{Na}^+) = 1 \text{ mol}$ 且钠元素与氮元素物质的量相等, 所以 $n(\text{N}) = 1 \text{ mol}$ 。原浓硝酸中 HNO_3 的物质的量为 $1.2 \text{ mol} + 1 \text{ mol} = 2.2 \text{ mol}$ 。

【解析】氮的氧化物和 NaOH 溶液反应生成硝酸钠和亚硝酸钠, NO 中氮元素化合价升高, 所以作还原剂, A 正确; 若浓硝酸体积为 200 mL , 则其物质的量浓度为 $\frac{2.2 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 11 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, B 正确; 由得失电子守恒可知, 0.6 mol Cu 失去的电子数等于 HNO_3 转化为 NaNO_2 得到的电子数, $0.6 \text{ mol} \times 2 = n(\text{NaNO}_2) \times (5-3)$, $n(\text{NaNO}_2) = 0.6 \text{ mol}$, $n(\text{NaOH}) = n(\text{NaNO}_2) + n(\text{NaNO}_3)$, 则 $n(\text{NaNO}_3) = 1 \text{ mol} - 0.6 \text{ mol} = 0.4 \text{ mol}$, C 错误; 0.9 mol 氮的化合物生成的钠盐的物质的量为 1 mol , 则混合气体中四氧化二氮的物质的量是 $1 \text{ mol} - 0.9 \text{ mol} = 0.1 \text{ mol}$, D 正确。

9. D 【解析】沉淀为氢氧化铝和氢氧化镁, 沉淀质量等于原铝镁合金的质量与沉淀中氢氧根离子的质量之和, 所以沉淀中氢氧根离子的物质的量为 $\frac{b-a}{17} \text{ mol}$, 消耗 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaOH}$ 溶液 $V \text{ mL}$, 则有 $\frac{b-a}{17} = cV \times 10^{-3}$, 即 $a + 17cV \times 10^{-3} = b$, A 错误; 沉淀中氢氧根离子的物质的量等于 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 所带电荷的物质的量, 也等于合金失去电子的物质的量, 即等于反应过程中转移电子的物质的量, $n(e^-) = n(\text{OH}^-) = \frac{b-a}{17} \text{ mol}$, 根据得失电子守恒, 生成 NO 时, HNO_3 中 $+5$ 价的 N 元素转变为 $+2$ 价, 因此生成 NO 的物质的量为 $\frac{b-a}{17} \text{ mol} \times \frac{1}{3} = \frac{b-a}{51} \text{ mol}$, 所以生成标准状况下 NO 气体的体积为 $\frac{22.4 \times (b-a)}{51} \text{ L}$, B、C 错误; 与合金反应的硝酸起酸的作用和氧化剂的作用, 起酸作用的硝酸(生成硝酸盐)的物质的量等于反应后硝酸钠的物质的量, 为 $\frac{cV}{1000} \text{ mol}$, 作为氧化剂的硝酸的物质的量等于生成的 NO 的物质的量, 为 $\frac{b-a}{51} \text{ mol}$, 所以与合金反应的硝酸的物质的量为 $\left(\frac{b-a}{51} + \frac{cV}{1000} \right) \text{ mol}$, D 正确。

10. C 【思路分析】氧化能力: $\text{NO}_3^-(\text{H}^+) > \text{Fe}^{3+} > \text{H}^+$, 图中各阶段反应如下。



【解析】由思路分析可知, OA 段产生的气体是 NO , A 错误; AB 段发生反应: $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} \longrightarrow 3\text{Fe}^{2+}$, A 点溶液中铁以 Fe^{3+} 形式存在, NO_3^- 恰好完全反应, A 点溶液中溶质为 H_2SO_4 、 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, B 错误; 由 $\text{Fe} + \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$



和消耗 11.2 g Fe 恰好完全反应可知,原溶液中 $n(\text{NO}_3^-) =$

$$n(\text{Fe}) = \frac{11.2 \text{ g}}{56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.2 \text{ mol}, \text{C 正确}; \text{消耗 } 22.4 \text{ g Fe 时, 溶}$$

液中溶质为 FeSO_4 , 根据 Fe 元素守恒可知 $n(\text{FeSO}_4) =$

$$n(\text{Fe}) = \frac{22.4 \text{ g}}{56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.4 \text{ mol}, \text{根据硫酸根离子守恒可知,}$$

原溶液中 $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{FeSO}_4) = 0.4 \text{ mol}$, 则原混合溶液中

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 的物质的量浓度为 } \frac{0.4 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{D 错误。}$$

11. (1) 增大铜粉与氧气接触面积, 使反应迅速、充分

(2) N_2 排出 D 中的空气 $\text{K}_3 \quad \text{K}_1, \text{K}_2$



(4) 向下调节量气管或及时关闭 K_3

(5) 0.072

(6) 有 E 装置中生成 0.007 2 mol 硝酸时产生的 NO 约为 80.6 mL, 而试管中原有 50 mL N_2 , 二者之和小于 139.00 mL, 说明 D 中生成 NO_2 的同时有 NO 生成

【思路分析】验证 Cu 与浓 HNO_3 反应会产生 NO 的实验过程, 先将打气球中的 CO_2 、 O_2 和 H_2O 除尽 (NaOH 用来吸收 CO_2 , 浓硫酸用来吸收水蒸气, 铜粉用来除去 O_2)。从 D 至 E 在反应之前都必须充满 N_2 。浓 HNO_3 与 Cu 反应产生 NO_2 气体, 反应结束后再向 D 中加满 CCl_4 的目的是将产生的 NO_2 全部挤入 E 中与水反应, 产生的 NO 体积通过量气装置测量, 然后计算出铜和浓硝酸反应是否生成 NO。

【解析】(1) 将铜粉分散在玻璃绒中, 增大铜粉与氧气接触面积, 使反应迅速、充分。

(2) 在铜和浓硝酸反应前, 挤压打气球, 经 A 中氢氧化钠除二氧化碳、B 中浓硫酸干燥气体、C 中铜和氧气反应除去空气中的氧气后, 进入 D 中的气体主要成分是 N_2 , 通入氮气排出装置内的空气, 防止 NO 被氧气氧化为 NO_2 , 干扰实验; 进行此步操作时应关闭 K_3 , 打开 K_1 、 K_2 。

(3) D 中一定发生铜和浓硝酸反应生成硝酸铜、二氧化氮、水, 离子方程式为 $\text{Cu} + 2\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(4) 若 E 中出现倒吸, 可以向下调节 F 中量气管, 使 E 中的压强减小, 防止液体进入 D, 或直接关闭 K_3 , 不让液体进入 D 装置。

(5) $\text{NaOH} + \text{HNO}_3 \longrightarrow \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, $n(\text{HNO}_3) = n(\text{NaOH}) = 0.100 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.018 \text{ L} = 0.001 8 \text{ mol}$, 则 E 容器中所得到硝酸的物质的量浓度为 $\frac{0.001 8 \text{ mol}}{0.025 \text{ L}} = 0.072 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(6) E 容器中所得到硝酸的物质的量浓度为 $0.072 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $n(\text{HNO}_3) = 0.007 2 \text{ mol}$, 根据 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$, E 装置中生成 0.007 2 mol 硝酸时产生的 NO 为 $0.003 6 \text{ mol} \times$



$22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \approx 80.6 \text{ mL}$, 而试管中原有 50 mL N_2 , 二者之和小于 139.00 mL , 说明 D 中生成 NO_2 的同时有 NO 生成。

12. (1) 第二周期第 V A 族

(2) 检查气密性 (3) ACD



(5) B

【思路分析】按照实验操作步骤, 首先铜与浓硝酸反应生成硝酸铜和 NO_2 气体, 使活塞后移至 40 mL 处, 然后取下橡胶塞, 将注射器内液体排入废液缸; 吸入 8 mL 蒸馏水, 再塞紧橡胶塞, NO_2 与水反应, 生成硝酸与 NO , 使注射器内气体颜色由红棕色变为无色, 活塞前移; 又取下橡胶塞, 吸取少量空气, 氧气与 NO 反应生成 NO_2 , 气体变为红棕色, 轻摇注射器, NO_2 与水反应生成 HNO_3 与 NO , 红棕色褪去。

【解析】(1) N 的原子序数为 7, 在元素周期表的位置为第二周期第 V A 族。

(2) 在装入铜片与浓硝酸之前, 对注射器需进行的操作是检查气密性。

(3) 加热绿色溶液, 气体的溶解度减小, 如果溶液变为蓝色, 则乙同学观点正确, A 正确; 加水稀释绿色溶液, 由于硝酸铜浓度变小, 溶液的颜色会变化, 而且加水后溶解在溶液中气体的浓度变小, 溶液的颜色也可能发生变化, 故不能进行判断, B 错误; 向该绿色溶液中通入氮气可以带走二氧化氮气体, 如果溶液变为蓝色, 则乙同学观点正确, C 正确; 向饱和硝酸铜溶液中通入 NO_2 气体, 进行对比实验, 可以证明该溶液的颜色是否为溶解了 NO_2 气体所致, D 正确。

(4) 由思路分析可知, 步骤三先发生 NO 与 O_2 的反应生成 NO_2 , 然后 NO_2 与水反应生成硝酸和 NO , 如此循环反应, 涉及反应的化学方程式: $2\text{NO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{NO}_2, 3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 。

(5) 实验结束后吸入足量空气, 充分反应, 将废气、废液注入废液缸, 注射器内含有的废物为硝酸, 硝酸能与 NaOH 溶液反应, 且澄清石灰水中 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的浓度偏低, 浓氨水易挥发, 故最好选 B。

第三节 无机非金属材料

1. D 【解析】石墨烯属于新型无机非金属材料, A 不符合题意; 碳化硅陶瓷属于新型无机非金属材料, B 不符合题意; 光导纤维的主要成分为二氧化硅, 为新型无机非金属材料, C 不符合题意; 清雍正款五彩龙凤纹盘为陶瓷制品, 主要成分为硅酸盐, 属于传统硅酸盐材料, D 符合题意。

2. C 【解析】石墨烯与金刚石均为碳元素组成的单质, 互为同素异形体, 同位素是质子数相同、中子数不同的同一元素的



不同原子,A 错误; Si_3N_4 中 Si 和 N 通过共价键结合,属于共价化合物,B 错误;新型陶瓷材料如碳化硅、氮化硅等属于无机非金属材料,C 正确;硅酸盐以氧化物形式表示时,顺序为活泼金属氧化物 \rightarrow 较活泼金属氧化物 $\rightarrow\text{SiO}_2\rightarrow\text{H}_2\text{O}$,可知高岭土可表示为 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,D 错误。

3. B 【解析】黏土烧制过程发生了复杂的物理、化学变化,A 正确;沙子的主要成分为二氧化硅,二氧化硅是氧化物,不属于硅酸盐,B 错误;由“浇水转锈(主要为青色),与造砖同法”可知,C 正确;黏土是制作砖瓦和陶瓷的主要原料,D 正确。

4. D 【解析】二氧化硅中 1 个 Si 原子形成 4 个硅氧键,1 mol SiO_2 中有 $4N_A$ 个硅氧键,A 错误; SiO_2 可以和 HF 反应, CO_2 不与酸反应,B 错误;二氧化硅用于制作光导纤维与其硬度无关,C 错误;碳酸的酸性强于硅酸,二氧化硅不能与碳酸钠溶液反应,但高温时,能够与碳酸钠固体反应生成硅酸钠和二氧化碳,D 正确。

5. A 【解析】二氧化硅制备高纯硅,先利用碳还原二氧化硅生成粗硅,粗硅再和氯化氢反应生成三氯硅烷,最后三氯硅烷被氢气还原生成高纯硅,A 正确;Si 与氧气反应生成二氧化硅,二氧化硅不与盐酸反应,B 错误; SiO_2 不溶于水,不能和水反应生成硅酸,C、D 错误。

6. (1) $\text{SiO}_2 + 4\text{HF} \longrightarrow \text{SiF}_4 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

(2) ① $\text{SiHCl}_3 + \text{H}_2 \xrightarrow{1\ 100\ ^\circ\text{C}} \text{Si} + 3\text{HCl}$ ② SiO_2

(3) ①除去石英砂中的 NaCl 杂质 ②增大反应物之间的接触面积,增大反应速率,提高生产效率 ③不能 二氧化硅能与 NaOH 溶液反应

【解析】(1) 氢氟酸与二氧化硅反应,生成四氟化硅气体和水,依据元素守恒,可得出该反应的化学方程式。

(2) ①反应 II 中,1 100 $^\circ\text{C}$ 条件下, H_2 还原 SiHCl_3 ,生成 Si 和 HCl。② H_2 与 O_2 混合加热易发生爆炸,且 Si 是亲氧元素,在高温下能与 O_2 反应生成 SiO_2 ,则在有氧环境下,除了有不安全因素外,还可能使产品中混有杂质 SiO_2 。

(3) ① SiO_2 不溶于水,NaCl 易溶于水,故洗涤石英砂的目的是除去石英砂中的 NaCl 杂质。②固体与溶液反应时,接触面积越大,反应速率越快,转化率越大,则将洗净的石英砂研磨成粉末,目的是增大反应物之间的接触面积,增大反应速率,提高生产效率。③ SiO_2 、 Al_2O_3 都能溶于强碱,则在题述流程中,不能将盐酸改为 NaOH 溶液。

7. A 【思路分析】二氧化硅和焦炭在 1 800~2 000 $^\circ\text{C}$ 下反应生成粗硅和一氧化碳,粗硅和氯化氢在 300 $^\circ\text{C}$ 下反应生成 SiHCl_3 和氢气, SiHCl_3 和氢气在 1 100 $^\circ\text{C}$ 下反应生成高纯硅和氯化



氢,反应的化学方程式分别为 $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \xrightarrow{1\,800 \sim 2\,000\text{ }^\circ\text{C}} \text{Si} + 2\text{CO} \uparrow$ 、 $\text{Si} + 3\text{HCl} \xrightarrow{300\text{ }^\circ\text{C}} \text{SiHCl}_3 + \text{H}_2$ 、 $\text{SiHCl}_3 + \text{H}_2 \xrightarrow{1\,100\text{ }^\circ\text{C}} \text{Si} + 3\text{HCl}$ 。

【解析】二氧化硅中每个 Si 原子形成四个 Si—O 键,不存在 Si=O,A 错误;Si 在周期表中处于金属与非金属的分界处,导电性介于导体和绝缘体之间,可作半导体材料,B 正确;生成 SiHCl_3 的反应为 $\text{Si} + 3\text{HCl} \xrightarrow{300\text{ }^\circ\text{C}} \text{SiHCl}_3 + \text{H}_2$,氧化剂(HCl)与还原剂(Si)的物质的量之比为 3:1,C 正确;结合反应的化学方程式知,该工业流程中可以循环利用的气体有 HCl、 H_2 ,D 正确。

8. A **【解析】**焦炭与石英砂发生反应 $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 2\text{CO} \uparrow$,氧化产物是 CO,不是 CO_2 ,A 错误;“高温氮化”时 Si 与氮气反应生成 Si_3N_4 ,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 ,氧气能与 Cu 在加热条件下反应生成 CuO, N_2 不与 Cu 或 CuO 反应,将原料气通过灼热的铜粉可以得到纯净氮气,C 正确;粗硅中含有少量 Fe、Cu 的单质及化合物,即 Si_3N_4 中含有少量 Fe、Cu 的单质及化合物,可以与稀硝酸反应得到易溶于水的 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 和 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$,“稀酸 Y”可以选用稀硝酸,D 正确。

9. (1) 圆底烧瓶 d e b c

(2) $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{NaHSO}_4 + \text{HCl} \uparrow$

(3) 无水氯化钙 排尽装置内的空气,防止三氯硅烷被氧化、防止生成的氢气与空气混合反应而爆炸

(4) d

(5) 冷却生成的 SiHCl_3 ,使其液化,以便收集

(6) E 中会产生倒吸;D、E 之间缺少一个干燥装置;缺少 H_2 的处理装置

【思路分析】I. NaCl 固体与浓硫酸混合加热制取 HCl,用浓硫酸干燥氯化氢,用向上排空气法收集氯化氢气体(第二个装置中氯气长进短出),用氢氧化钠溶液吸收多余的氯化氢气体防止污染,尾气吸收装置与收集装置间加干燥装置。

II. A 中反应生成氯化氢,通过 B 中无水氯化钙干燥后,氯化氢进入 C 中和硅反应生成三氯硅烷,三氯硅烷在 D 中冷凝收集,尾气使用碱液吸收防止污染。

【解析】(1)盛装 NaCl 固体的仪器名称是圆底烧瓶;由思路分析可知,接口顺序为 $a \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f$ 。

(2)NaCl 固体与浓硫酸制取 HCl 时发生复分解反应生成氯化氢和硫酸氢钠: $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{NaHSO}_4 + \text{HCl} \uparrow$ 。

(3)装置 B 为氯气干燥装置,氯化氢和碱石灰反应,故所装药



品是无水氯化钙;三氯硅烷极易与水反应,易被氧化,且反应生成易燃易爆气体(氢气),故加热前要先通一段时间 HCl 气体,排尽装置内的空气,防止三氯硅烷被氧化、防止生成的氢气与空气混合反应而爆炸。

(4) SiCl_4 和 SiHCl_3 互溶且两者的沸点不同,故分离二者的实验方法是蒸馏。

(5) 三氯硅烷的熔点为 -126.6°C , 沸点为 31.8°C ; D 中冰盐水的作用是冷却生成的 SiHCl_3 , 使其液化, 以便收集。

(6) 氯化氢气体极易溶于水, 且三氯硅烷极易与水反应, 故装置 E 中会产生倒吸; E 中的水蒸气会进入 D 中与三氯硅烷反应, D、E 之间缺少一个干燥装置; 氢气易燃易爆, 缺少 H_2 的处理装置。

专题 1 无机框图推断题的解题方法与技巧

1. C 【解析】①若甲和丁分别为 N_2 和 O_2 , N_2 和 O_2 在放电条件下反应生成 NO , NO 与 O_2 反应生成 NO_2 , 但 NO_2 无法与 N_2 反应生成 NO , 转化关系错误; ②若甲和丁分别为 Cl_2 和 Fe , 铁在氯气中燃烧生成氯化铁, 氯化铁溶液与铁反应生成氯化亚铁, 氯化亚铁溶液与氯气反应生成氯化铁, 转化关系正确; ③若甲和丁分别为 C 和 O_2 , 氧气与碳反应生成一氧化碳, 一氧化碳与氧气反应生成二氧化碳, 二氧化碳与碳在高温条件下反应生成一氧化碳, 转化关系正确; ④若甲和丁分别为 SO_2 和 NaOH , 过量的二氧化硫与氢氧化钠溶液反应生成亚硫酸氢钠, 亚硫酸氢钠与氢氧化钠反应生成亚硫酸钠, 亚硫酸钠溶液与二氧化硫反应生成亚硫酸氢钠, 转化关系正确。所以符合题意的是②③④, 答案选 C。

2. D 【解析】X 为一种常见酸的浓溶液, 能使蔗糖变黑, 则 X 为浓硫酸, D 和水反应生成硫酸, 则 D 是三氧化硫, B 和氧气反应生成三氧化硫, 则 B 是二氧化硫。浓硫酸使蔗糖变黑主要体现了浓硫酸的脱水性, A 错误; B 为二氧化硫, 二氧化硫不能漂白酸碱指示剂, 将二氧化硫通入紫色石蕊试液中, 紫色石蕊试液变红但不褪色, B 错误; D 为三氧化硫, B 为二氧化硫, SO_2 与 O_2 的反应为可逆反应, 2 mol 二氧化硫和足量 O_2 反应得不到 2 mol 三氧化硫, C 错误; 若 A 为 Al , 在常温条件下铝遇浓硫酸会钝化, 不能发生图示的转化过程, D 正确。

3. (1) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ NH_4HCO_3 $\text{O}=\text{C}=\text{O}$

(2) 第二周期第 VIA 族

(3) $2\text{NO} + 2\text{CO} \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{N}_2 + 2\text{CO}_2$

(4) 1 : 2

【解析】无色气体 C 能和 Na_2O_2 反应, 则 C 为 CO_2 , 生成的 D 为 O_2 或 Na_2CO_3 ; W 能和 NaOH 反应生成无色气体 A, 且 A



与 D 可以在催化剂条件下反应,则 A 为 NH_3 、D 为 O_2 ,生成的 E 为 NO ; O_2 和 NO 反应生成的 F 为 NO_2 ; G 能和 Cu 反应生成 NO 或 NO_2 ,则 G 为 HNO_3 ; NO_2 和 B 反应生成 HNO_3 ,则 B 为 H_2O ; W 受热生成 H_2O 、 CO_2 和 NH_3 , W 为 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 或 NH_4HCO_3 。

(1)通过分析知, W 为 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 或 NH_4HCO_3 , C 是 CO_2 ,其结构式为 $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ 。

(2) D 是 O_2 , O 元素在周期表中位于第二周期第 VIA 族。

(3) E 为 NO ,在催化剂作用下, NO 与 CO 反应生成参与大气生态循环的无毒物质 N_2 和 CO_2 ,反应的化学方程式为 $2\text{NO} + 2\text{CO} \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{N}_2 + 2\text{CO}_2$ 。

(4) 反应②为 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$,该反应中有 $\frac{2}{3}$ 的 NO_2 发生氧化反应、有 $\frac{1}{3}$ 的 NO_2 发生还原反应,所以发生还原反应和氧化反应的物质的质量之比为 1 : 2。

4. (1) NH_4Cl 取少量固体溶于水,加浓 NaOH 溶液后加热,产生能使湿润的红色石蕊试纸变蓝的气体,证明存在 NH_4^+



【思路分析】根据题目提供的转化关系,常温、常压下, B、C、D、E、G、H、I 为气体,其中 D、G、H 为单质, H 为黄绿色气体,则 H 为氯气, I 通常为红棕色气体,则 I 为 NO_2 , I 的相对分子质量比 E 的大 16,则 E 为 NO ; G 能在 H 中燃烧,发出苍白色火焰,则 G 为氢气,产物 C 易溶于水,为氯化氢; J 是一元含氧强酸且可与 Cu 反应得到 NO ,则为 HNO_3 ; F 在常温下是一种无色液体,且能与 NO_2 反应生成 HNO_3 ,则 F 为 H_2O ; NO 与 D 反应生成 NO_2 , D 为气体单质,则 D 为氧气; B 与氧气反应生成 NO 和水,则 B 为氨气; A 为正盐,加热得到氨气和氯化氢,则 A 为氯化铵,据此分析。

【解析】(1) 根据分析, A 为氯化铵,其化学式为 NH_4Cl 。

(2) 当输送氯气的管道泄漏时,可用氨气检验,两者反应生成氯化铵,可看到白烟,化学方程式为 $8\text{NH}_3 + 3\text{Cl}_2 = \text{N}_2 + 6\text{NH}_4\text{Cl}$ 。