

第3章 物质的性质与转化

第1节 铁的多样性

课时1 亚铁盐和铁盐

1. **B** 【解析】在空气中,氧气能够把 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+} 。加入维生素 C 能防止 Fe^{2+} 被氧化,说明维生素 C 具有还原性,故选 B。
2. **B** 【解析】 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 为蓝色晶体, A 不符合题意; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 为绿色晶体,亚铁离子不稳定,易被氧化成铁离子,即 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 在空气中灼烧后变为赤色, B 符合题意; $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 为无色晶体, C 不符合题意; $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 呈土白或浅黄色, D 不符合题意。
3. **D** 【解析】 FeSO_4 由金属阳离子和酸根离子构成,属于盐, A 正确; FeSO_4 中 Fe^{2+} 具有还原性,易被空气中氧气氧化为 Fe^{3+} 而变质, B 正确;铁粉可与 Fe^{3+} 反应生成 Fe^{2+} ,向配制后的溶液中加入少量铁粉可防止亚铁离子被氧化, C 正确; KSCN 溶液可与 Fe^{3+} 反应生成红色络合物,从而检验 Fe^{3+} 的存在,但不能证明“铁肥”完全失效, D 错误。
4. **B** 【解析】甲组实验是在 Fe^{3+} 存在的条件下检验 Fe^{2+} ,要排除 Fe^{3+} 的干扰,所选试剂应具备两个条件:一是能与 Fe^{2+} 发生有明显现象的反应;二是不与 Fe^{3+} 反应。稀溴水呈橙黄色, Br_2 可氧化 Fe^{2+} 生成 Fe^{3+} , Fe^{3+} 的溶液呈黄色,颜色变化不明显,只有酸性 KMnO_4 溶液符合条件,若含 Fe^{2+} ,则实验现象是溶液紫红色变浅或褪去。乙组实验是在 Fe^{2+} 存在的条件下检验 Fe^{3+} ,可选用 KSCN 溶液,若含 Fe^{3+} ,实验现象为溶液显红色, B 正确。
5. **C** 【解析】选项所给离子方程式中,电荷不守恒、得失电子不相等,应为 $\text{Cl}_2 + 2\text{Fe}^{2+} = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$, A 不正确;违背客观事实,并未发生氧化还原反应, Fe^{2+} 与 S^{2-} 反应生成 FeS 沉淀,则离子方程式应为 $\text{S}^{2-} + \text{Fe}^{2+} = \text{FeS} \downarrow$, B 不正确; Fe^{2+} 被 MnO_4^- 氧化为 Fe^{3+} , MnO_4^- 被还原为 Mn^{2+} ,离子方程式为 $5\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ = 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$, C 正确;氨水中 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 为弱碱,正确的离子方程式应为 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_4^+$,生成的 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 被氧气氧化成红褐色的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, D 不正确。
6. **B** 【解析】 HNO_3 溶液、酸性 KMnO_4 溶液、 Na_2O_2 都能将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ,但都会引入新的杂质,不符合除杂要求。 Cl_2 具有氧化性,会和 Fe^{2+} 发生反应: $\text{Cl}_2 + 2\text{Fe}^{2+} = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$,且不引入新的杂质, B 项符合题意。



7. D 【解析】向腐蚀废液(主要含 FeCl_3 、 FeCl_2 、 CuCl_2) 中加入过量铁粉,发生反应 1: $2\text{FeCl}_3 + \text{Fe} \rightleftharpoons 3\text{FeCl}_2$ 、 $\text{Fe} + \text{CuCl}_2 \rightleftharpoons \text{FeCl}_2 + \text{Cu}$, 过滤得到 FeCl_2 溶液,加入 Cl_2 发生反应 2: $\text{Cl}_2 + 2\text{FeCl}_2 \rightleftharpoons 2\text{FeCl}_3$, 则反应 1 和反应 2 均为氧化还原反应, A 正确;过滤,滤渣中含有剩余的 Fe 粉和生成的 Cu, B 正确;将 FeCl_2 转化为 FeCl_3 , 可以选用 Cl_2 , C 正确;往 FeCl_3 溶液中加入 Zn 粉,可将 Fe^{3+} 还原成 Fe^{2+} , 若 Zn 过量,可继续将 Fe^{2+} 还原为 Fe, D 错误。

8. B 【解析】 FeCl_3 溶液腐蚀铜后,所得溶液中含有 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} , 可能含有 Fe^{3+} 。由于氧化性: $\text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Fe}^{2+}$, 则 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 均能与铁反应,加入铁粉,若无固体剩余,溶液中不一定有 Fe^{3+} , A 不正确;由分析可知,溶液中一定有 Fe^{2+} , B 正确;还原性: $\text{Fe} > \text{Cu}$, 若溶液中有 Cu^{2+} , 可能有部分铜已经被置换出来,因此不一定没有固体析出, C 不正确;溶液中铁离子可能过量,不一定有 Cu 析出, D 不正确。

9. A 【解析】还原性: $\text{Fe} > \text{Cu}$, 将金属铁、铜投入 FeCl_3 溶液中, Fe^{3+} 先和 Fe 反应,待 Fe 反应完全, Fe^{3+} 再和 Cu 反应,不可能出现铁有剩余而铜无剩余的情况, A 项评价正确; Fe 与 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 反应生成 Fe^{2+} , 当铁有剩余时,溶液中必定无 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} , B 项评价错误;当铜有剩余,铁无剩余时,可能有部分铜被 Fe^{3+} 氧化生成 Cu^{2+} , C 项评价错误;若 Fe^{3+} 过量,铜与铁完全氧化后,溶液中可能还有 Fe^{3+} , D 项评价错误。

10. (1) ①还原



(2) SCN^- 被氧化了



(4) AB

【解析】(1) 实验 I 中溶液变红,可知生成了 $\text{Fe}(\text{SCN})_3$, 则亚铁离子被双氧水氧化成铁离子,体现了 Fe^{2+} 的还原性, H_2O_2 与 FeCl_2 酸性溶液反应生成氯化铁和水,其反应的离子方程式为 $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) ①②中现象说明褪色后的溶液中含有 Fe^{3+} , 不含 SCN^- , ③中现象说明溶液中含有 SO_4^{2-} , 则 SCN^- 被氧化成了硫酸根离子,因此红色褪去的原因是 SCN^- 被氧化了。

(3) 实验 III 中说明氧气和亚铁离子反应生成铁离子,反应的化学方程式为 $4\text{FeCl}_2 + \text{O}_2 + 4\text{HCl} \rightleftharpoons 4\text{FeCl}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(4) 由实验 III 推出,在该实验条件下 O_2 不能使红色溶液褪色,故 A 正确;实验 I 中红色褪去的原因是酸性条件下 H_2O_2 氧化 SCN^- , 与 H_2O_2 的氧化性有关,故 B 正确;对比实验 I、III,可知氧化性: $\text{H}_2\text{O}_2 > \text{O}_2$, 则实验 I 中亚铁离子被过氧化氢氧化为铁离子,故 C 错误。

课时2 铁、铁的氧化物和铁的氢氧化物

1. **A** 【解析】生石灰可以吸收空气中的水,与水反应,在食品包装中作干燥剂; Fe 粉具有还原性,能与氧气反应,故铁粉用作脱氧剂(还原剂),A正确,B、C、D错误。
2. **C** 【解析】司南是由天然磁石制成的,其主要成分为 Fe_3O_4 ,故选C。
3. **B** 【解析】钠和氧气在常温下生成 Na_2O ,不选A; Fe 和氯气反应生成 FeCl_3 , FeCl_2 不能由 Fe 和氯气直接化合生成,选B;铝和氯气加热生成 AlCl_3 ,不选C;氢气和氯气点燃生成 HCl ,不选D。
4. **C** 【解析】铁与水蒸气反应的产物是 Fe_3O_4 和氢气,A错误;铁和稀硫酸反应的离子方程式为 $\text{Fe}+2\text{H}^+=\text{Fe}^{2+}+\text{H}_2\uparrow$,B错误;铁在纯氧中燃烧生成 Fe_3O_4 ,C正确;常温下, Fe 与 H_2O 不反应,但在空气中 O_2 、 H_2O 的共同作用下生成 Fe_2O_3 ,D错误。
5. **B** 【解析】铁屑溶于过量的稀盐酸后生成氯化亚铁,加入过量的 NaOH 溶液后,生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 白色沉淀, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 在空气中易被氧化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 受热分解生成水和红棕色的 Fe_2O_3 ,故B正确。
6. **C** 【解析】氧化铁为红色固体,则得到的红棕色铁矿石的主要成分是 Fe_2O_3 ,A正确;炼铁过程中,铁矿石中的铁元素的化合价降低,被还原得到还原产物铁水,B正确; Fe 与 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 在高温条件下生成四氧化三铁和氢气,C错误;在剑身上涂油可隔绝氧气和水,防止铁剑生锈,D正确。
7. **B** 【解析】根据 $\text{Fe}+2\text{HCl}=\text{FeCl}_2+\text{H}_2\uparrow$,可知1 mol Fe 与盐酸反应生成的氢气的物质的量为1 mol;根据 $3\text{Fe}+4\text{H}_2\text{O}(\text{g})\xrightarrow{\text{高温}}\text{Fe}_3\text{O}_4+4\text{H}_2$,可知1 mol Fe 与水蒸气反应生成的氢气的物质的量为 $\frac{4}{3}$ mol。相同条件下气体体积之比等于物质的量之比,则两反应中生成 H_2 的体积之比为 $1:\frac{4}{3}=3:4$,故选B。
8. **D** 【解析】图甲中湿棉花中有水,可提供水蒸气,肥皂液用于检验氢气,A正确;图乙实验时应该先点燃C处酒精灯,排尽A处试管内的空气后,再点燃图乙中A处的酒精喷灯,B正确;用蒸发皿装肥皂液,该仪器若用于蒸发结晶,则应蒸发到有大量晶体析出时,停止加热,切不可加热蒸干,C正确;取少量图乙反应后得到的黑色粉末,放入另一试管中,加入少量盐酸,微热,检验出溶液不含 Fe^{3+} ,不能说明产物中只有 FeO ,也可能是过量的 Fe 将 Fe^{3+} 还原,D错误。
9. **D** 【解析】 FeSO_4 容易被氧化,需要现用现配且使用过量的铁,A正确;实验时先注入稀硫酸,等生成的二氧化碳排尽具支锥形瓶内的空气后,再注入 NaOH 溶液和 FeSO_4 溶液,生



成氢氧化亚铁沉淀,B 正确;烧杯内紫色石蕊溶液变红,说明具支锥形瓶内空气完全排尽,同时装置 N 可以防止空气进入具支锥形瓶,起到液封作用,C 正确;氢气的密度比空气小,用铁粉代替 Na_2CO_3 粉末,不能排尽装置内的空气,D 错误。

10. A 【解析】铁华粉中加入稀硫酸并加热,产生的刺激性气味的气体 X 为醋酸蒸气;加入稀盐酸生成氢气,说明铁华粉中含有铁单质,滤液中加入铁氰化钾溶液生成蓝色沉淀,说明滤液中有亚铁离子,该沉淀不溶于稀盐酸,但可与 NaOH 反应生成棕色沉淀。根据分析可知铁华粉中含有铁单质,硝酸的量比较少时,硝酸与 Fe 反应生成的 Fe^{3+} 能与剩余的 Fe 反应生成 Fe^{2+} ,溶液中不存在 Fe^{3+} ,滴入 KSCN 溶液不会变红,A 错误;根据题干中信息可知,制备铁华粉的主要反应为 $\text{Fe} + 2\text{CH}_3\text{COOH} \longrightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Fe} + \text{H}_2 \uparrow$,B 正确;气体 X 为醋酸蒸气,发生的反应为 $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\Delta} 2\text{CH}_3\text{COOH} \uparrow + \text{FeSO}_4$,属于复分解反应,C 正确;蓝色沉淀中加入 NaOH 溶液,最终生成棕色沉淀,即有氢氧化铁沉淀生成,说明氢氧根离子结合铁离子的能力强于 CN^- ,D 正确。

11. D 【解析】a 是 Fe 单质,b 是 FeO ,c 是 $\text{Fe}(\text{OH})_2$,d 是 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,e 是 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 。 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 在湿空气中被氧化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,化学方程式为 $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3$,A 正确; Fe 与 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 可以发生化合反应生成 FeSO_4 ,化学方程式为 $\text{Fe} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \longrightarrow 3\text{FeSO}_4$,B 正确; FeO 不稳定,在空气中加热会生成 Fe_2O_3 ,C 正确; Fe 、 FeO 、 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 与稀硫酸反应都有 FeSO_4 生成,D 错误。

12. B 【解析】铁与水蒸气在高温条件下发生反应会生成四氧化三铁,不是氧化铁,A 错误;铁与氯气在点燃条件下可生成氯化铁,氯化铁水溶液中加入铜会发生氧化还原反应生成氯化亚铁和氯化铜,相关转化均能实现,B 正确;氯化铁溶液直接蒸发会得到氢氧化铁,甚至 Fe_2O_3 ,C 错误;高铁酸钾在水中不稳定,生成氢氧化铁胶体,被还原,根据氧化还原反应规律,铁的化合价降低,氧的化合价升高,故得不到氢气,得到的为氧气,D 错误。

13. (1) 分液漏斗 打开

(2) $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3$ 白色沉淀迅速变为灰绿色,最终变为红褐色

(3) ①②④

【解析】装置 A 中铁粉与稀硫酸反应产生氢气,打开止水夹 a,利用氢气排出装置内的空气,使整个装置充满氢气,在装置 B 上口收集氢气并验纯,待收集到的 H_2 纯净后,关闭止水夹 a,装置 A 内的硫酸亚铁溶液被压入装置 B 中与 NaOH 反应制备氢氧化亚铁固体。

(1) 仪器 X 为分液漏斗,实验开始前应将止水夹 a 打开。



(2) 实验结束后,向装置 B 中通入空气,则氢氧化亚铁会被空气中的氧气氧化成氢氧化铁,则发生反应的化学方程式为 $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3$,现象为白色沉淀迅速变为灰绿色,最终变为红褐色。

(3) $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 在空气中易被氧化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,因此要较长时间观察到 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 白色沉淀,就要避免其与空气接触。

①、②都是先用铁粉与稀硫酸反应产生的氢气将装置中的空气排尽,再制备 $\text{Fe}(\text{OH})_2$,能较长时间观察到白色沉淀;③中由于空气中的氧气能将 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 氧化,因而不能较长时间观察到白色沉淀;④中硫酸亚铁溶液上覆盖一层苯,隔绝空气,防止 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 被氧化,能较长时间观察到白色沉淀。

14. (1) 玻璃棒、胶头滴管



(3) 过滤 冷却

(4) $\frac{70n}{m}\%$ (或 $\frac{7n}{10m}$)

(5) ①KSCN(或 NH_4SCN 等) ②a

(6) 作为保护层,防止硫酸亚铁被氧化(合理即可)

【思路分析】测定补血剂中铁元素的含量,首先将补血剂溶于 $1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸溶液,加入过量氯水将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ,再加入过量 NaOH,将溶液转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 悬浊液,后进行过滤、洗涤、灼烧、冷却,获得氧化铁固体,通过称量获得的氧化铁的质量计算补血剂中铁元素的含量。

【解析】(1) 用浓硫酸配制 500 mL $1.00\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的硫酸溶液,除量筒、烧杯、500 mL 容量瓶外,还需要用到玻璃棒和胶头滴管。

(2) 步骤②中加入过量氯水将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ,离子方程式为 $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$ 。

(3) 步骤④为从 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 悬浊液中获得氧化铁,包括过滤、洗涤、灼烧、冷却、称量。

(4) 若实验时无 Fe 元素的损耗,则有 $n(\text{Fe}) = 2n(\text{Fe}_2\text{O}_3) =$

$$2 \times \frac{n\text{ g}}{160\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{n}{80}\text{ mol}, \text{ 则 } m(\text{Fe}) = \frac{n}{80}\text{ mol} \times 56\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} =$$

$$\frac{7n}{10}\text{ g}, \text{ 该补血剂含铁元素的质量分数为 } \frac{\frac{7n}{10}\text{ g}}{m\text{ g}} \times 100\% = \frac{70n}{m}\%。$$

(5) ① Fe^{3+} 与 KSCN 反应生成红色络合物,则取少量滤液滴加 KSCN 溶液,溶液变红说明该补血剂已部分变质;② Fe^{2+} 具有还原性,能使酸性 KMnO_4 溶液褪色,检验滤液中是否含有 Fe^{2+} 应选用的试剂是酸性 KMnO_4 溶液。

(6) 糖衣的主要作用是作为保护层,防止硫酸亚铁因为被氧化而失效。

15. (1) $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$



(2) 除去 H_2 中的水蒸气

(3) 硬质玻璃管中黑色固体变红, 且右端管壁有水珠

(4) ①稀硫酸

②酸性 KMnO_4 溶液褪色 $\text{MnO}_4^- + 5\text{Fe}^{2+} + 8\text{H}^+ \longrightarrow 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$

③反应后 B 中固体含有 Fe_3O_4 和 Fe, Fe 将 Fe^{3+} 全部还原为 Fe^{2+}

(5) 3:4

【解析】(1) 在硬质玻璃管 B 中, Fe 与水蒸气在高温下反应产生 Fe_3O_4 和 H_2 , 该反应的化学方程式为 $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ 。

(2) 装置 D 的作用是干燥 H_2 , 防止水蒸气进入装置 E 中。

(3) 装置 E 中发生反应: $\text{CuO} + \text{H}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$, 硬质玻璃管中固体由黑色变为红色, 且右端管壁有水珠。

(4) ①试剂 a 用于溶解 B 中固体物质, 由于酸性 KMnO_4 溶液可以与盐酸发生反应, 所以在溶解 B 中固体时, 选用稀硫酸;

②稀硫酸溶解反应后 B 中固体物质, 生成的溶液中含有 Fe^{3+} 和 Fe^{2+} , Fe^{2+} 具有还原性, 可用酸性高锰酸钾溶液检验, 若观察到酸性 KMnO_4 溶液褪色, 说明其中含有 Fe^{2+} ; 根据得失电子守恒、电荷守恒、原子守恒, 可得反应的离子方程式为 $\text{MnO}_4^- + 5\text{Fe}^{2+} + 8\text{H}^+ \longrightarrow 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$;

③若现象 2 中溶液未变红色, 则溶液中不含 Fe^{3+} , 可能是因为反应后 B 中固体物质中含有 Fe_3O_4 和 Fe, 滴加稀硫酸, Fe_3O_4 先与硫酸反应生成 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} , 由于氧化性: $\text{Fe}^{3+} > \text{H}^+$, 则 Fe 先与 Fe^{3+} 反应, Fe 将 Fe^{3+} 全部还原为 Fe^{2+} 。

(5) 向 FeCl_3 溶液中加入 Cu, 发生反应: $\text{Cu} + 2\text{FeCl}_3 \longrightarrow 2\text{FeCl}_2 + \text{CuCl}_2$, 一段时间后取出铜片, 溶液中 $c(\text{Fe}^{3+}) : c(\text{Fe}^{2+}) = 2 : 3$, 设生成 Fe^{2+} 的物质的量为 3 mol, 则生成 1.5 mol Cu^{2+} , 反应后溶液中含 2 mol Fe^{3+} , 故溶液中 Cu^{2+} 与 Fe^{3+} 的物质的量之比为 1.5 mol : 2 mol = 3 : 4。

第 2 节 硫的转化

课时 1 硫和硫的氧化物

1. AD 【解析】自然界中硫的存在形式有游离态和化合态, 单质硫主要存在于火山口附近, A 错误; 硫单质具有弱氧化性, 硫单质与变价金属反应时, 一般生成低价态的金属硫化物, B 正确; 汞和硫反应生成硫化汞, 实验室里不慎洒落的汞可撒上硫粉处理, C 正确; S_2 、 S_4 、 S_8 为 S 元素的不同单质, 互为同素异形体, 物理性质不同, D 错误。

2. B 【解析】硫黄石的主要成分为硫单质, 受热升华, 得硫蒸



气,硫蒸气冷凝为液态“流入弦袋之中”,再冷凝为固态得到硫,A 正确;硫元素既有单质存在于火山口附近及地壳的岩层中,又有化合态存在于自然界中,B 错误;硫难溶于水,微溶于酒精,易溶于二硫化碳,C 正确;常温下 S 可以与 Hg 直接化合生成固态的 HgS,D 正确。

3. A 【解析】SO₂ 是酸性氧化物,能与 NaOH 发生反应,故将 SO₂ 通入滴有酚酞的 NaOH 溶液中,溶液红色逐渐变浅甚至消失,体现了 SO₂ 作为酸性氧化物的性质,A 错误;浓硫酸与 SO₂ 不反应且具有吸水性,故可以用来干燥 SO₂,B 正确;酸化的 Ba(NO₃)₂ 溶液具有氧化性,二氧化硫与酸化的 Ba(NO₃)₂ 溶液反应可生成硫酸钡白色沉淀,而二氧化碳通入酸化的 Ba(NO₃)₂ 溶液,无明显现象,可鉴别,C 正确;SO₂ 有还原性,葡萄酒中添加适量的 SO₂ 可以起到抗氧化作用,D 正确。

4. A 【解析】Na₂SO₃ 与 60% H₂SO₄ 溶液反应生成 SO₂。SO₂ 与水反应生成 H₂SO₃,能使紫色石蕊溶液变红,A 错误;SO₂ 具有漂白性,能使品红溶液褪色,B 正确;SO₂ 具有还原性,能使溴水褪色,C 正确;SO₂ 能与 NaOH 溶液反应而使含酚酞的 NaOH 溶液红色变浅,D 正确。

5. C 【解析】铁和硫加热发生反应生成硫化亚铁,硫元素的化合价:0 价→-2 价,A 不符合题意;硫在氧气中燃烧生成二氧化硫,硫元素的化合价:0 价→+4 价,B 不符合题意;二氧化硫和铁离子反应生成硫酸根离子和亚铁离子,硫元素的化合价:+4 价→+6 价,C 符合题意;胆矾受热失去结晶水变为无水硫酸铜,硫元素的化合价不变,D 不符合题意。

6. D 【解析】二氧化硫具有还原性,可在酸性条件下与高锰酸钾发生氧化还原反应而使溶液褪色,但二氧化碳没有还原性,不能使酸性高锰酸钾溶液褪色,A 错误;硫和氧气燃烧只能生成二氧化硫,B 错误;二氧化硫具有还原性,会被次氯酸根离子氧化为硫酸根离子,然后和钙离子生成硫酸钙沉淀,C 错误;碳酸、亚硫酸的酸性均弱于 HCl,故 CO₂ 不与 BaCl₂ 溶液反应产生沉淀,SO₂ 也不与 BaCl₂ 溶液反应产生沉淀,D 正确。

7. B 【解析】欲得到干燥、纯净的 CO₂,则要除去 CO₂ 气体中含有的少量 SO₂,CO₂ 不溶于饱和 NaHCO₃ 溶液,且 H₂SO₃ 的酸性强于 H₂CO₃,NaHCO₃ 可吸收 SO₂ 生成 CO₂,则先用饱和 NaHCO₃ 溶液除掉 SO₂,再用浓硫酸干燥。除杂及干燥时,导管都是长进短出,因此先通过盛有饱和碳酸氢钠溶液的洗气瓶②,再通过盛有浓硫酸的洗气瓶①,B 正确。

8. C 【解析】由图像可知,c 为 SO₂,可作为葡萄酒的添加剂,A 正确;a 为硫化氢、f 为 H₂SO₄、b 为 S、c 为 SO₂,H₂S 与浓硫酸反应的化学方程式为 H₂S+H₂SO₄====S↓+SO₂↑+2H₂O,可生成硫单质、二氧化硫,B 正确;c 为二氧化硫,将二氧化硫通入



紫色石蕊试液中,溶液变为红色,但 SO_2 不能漂白酸碱指示剂,故溶液不褪色,C 错误;在自然界中,部分的二氧化硫与氧气在一定条件下会转化成三氧化硫,最后转化为硫酸或硫酸盐,D 正确。

9. C 【解析】 SO_2 与 H_2O 反应生成 H_2SO_3 , 所以溶液的 $c(\text{H}^+)$ 增大, 曲线 a 所示溶液的 pH 降低, A 正确; 曲线 b 所示溶液中, O_2 、 SO_2 、 H_2O 发生反应生成硫酸, 硫酸和氯化钡反应生成硫酸钡沉淀, 离子方程式是 $2\text{Ba}^{2+} + \text{O}_2 + 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{BaSO}_4 \downarrow + 4\text{H}^+$, B 正确; 曲线 a 所示溶液中生成弱酸 H_2SO_3 , 曲线 b 所示溶液中由于有氧气的存在, 弱酸亚硫酸被氧化成强酸硫酸, 酸性变强, 则曲线 b 比曲线 a 所示溶液的 pH 小, 且曲线 a 所示溶液中不能生成白色沉淀 BaSO_3 , C 错误; SO_2 通入不含 O_2 的 BaCl_2 溶液后, 再通入 NH_3 使溶液呈碱性, 会产生 BaSO_3 沉淀, D 正确。

10. (1) $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\Delta} \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \uparrow \quad 4N_A$ (或 2.408×10^{24})

(2) 尾气处理, 吸收过量的 SO_2 和 Cl_2 , 以防污染环境

(3) 品红溶液褪色 溶液变为红色 溶液无变化

(4) $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$

【解析】A 装置制备二氧化硫, B、D 装置分别检验 SO_2 、 Cl_2 的漂白性, C 装置为尾气处理装置, E 装置制备氯气。

(1) 实验室可用二氧化锰和浓盐酸在加热的条件下反应制备氯气, 离子方程式为 $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\Delta} \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \uparrow$, 其中 4 mol HCl 参加反应时, 只有 2 mol HCl 表现还原性, 那么若有 8 mol HCl 参加反应, 则只有 4 mol HCl 被氧化, 转移的电子总数为 $4N_A$ 。

(2) 氯气和二氧化硫都有毒, 所以氢氧化钠溶液的作用为处理尾气, 吸收过量的 SO_2 和 Cl_2 , 防止污染环境。

(3) 二氧化硫和氯气都可以使品红溶液褪色, 故通气后 B、D 两个试管中的现象是品红溶液褪色; 二氧化硫和有色物质结合生成不稳定的无色物质, 所以加热时, 溶液又会恢复原色, 而 Cl_2 与 H_2O 生成的次氯酸具有强氧化性, 可漂白品红溶液, 加热时溶液不会恢复原色。

(4) 二氧化硫有还原性, 氯气有氧化性, 它们等体积混合于溶液中恰好完全反应生成 H_2SO_4 和 HCl , 而硫酸和盐酸没有漂白性, 离子方程式为 $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ 。

课时 2 硫酸和酸雨

1. D 【解析】酸雨中含有的硫酸等, 会对动、植物造成伤害, A 错误; 使用新型能源, 可以减少煤等化石燃料的使用, 减少硫的氧化物的排放, 有利于酸雨的防治, B 错误; pH 小于 5.6 的



雨水为酸雨,C 错误;人类对 SO_2 的过度排放,是形成酸雨的原因之一,D 正确。

2. B 【解析】浓硫酸具有脱水性,能将蔗糖脱水炭化,出现发黑现象,故 A 正确;浓硫酸不易挥发,但具有吸水性,敞口放置,会吸收空气中的水蒸气,溶剂质量变大,浓硫酸质量分数变小,故 B 错误;浓硫酸有强氧化性,在加热条件下和木炭发生反应 $\text{C} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CO}_2 \uparrow + 2\text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,故 C 正确;浓硫酸有吸水性,可用来干燥某些气体,故 D 正确。

3. B 【解析】 SO_2 是酸性氧化物,可以与碱发生反应,喷有碱液的棉花可以防止 SO_2 扩散到空气中,造成环境污染,A 正确;反应后的溶液中含有较浓的硫酸,应将反应后的溶液冷却后缓慢倒入水中,并不断搅拌,以检验 CuSO_4 的存在,B 错误; Cu 与浓硫酸反应过程中,存在中间产物 CuO 、 CuS 等,铜片表面先变黑,由于浓硫酸具有吸水性,使生成的硫酸铜析出,产生白色固体,C 正确; Cu 与浓硫酸反应的化学方程式为 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,D 正确。

4. A 【解析】 Fe^{3+} 和 SO_2 反应可生成 SO_4^{2-} 和 Fe^{2+} ,若 Fe^{3+} 过量,则滴加 KSCN 溶液后,溶液变为红色,A 正确;溶液 B 中含有 FeSO_4 ,在空气中易被氧化为 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$,溶液 B 转化为溶液 C 发生反应的离子方程式应为 $4\text{H}^+ + 4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 = 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$,B 错误;溶液 A 转化为溶液 B,发生反应的离子方程式为 $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 = 2\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$,生成 H^+ ,则溶液的酸性: $\text{B} > \text{A}$,C 错误;溶液 C 为硫酸和硫酸铁的混合溶液, FeO 与硫酸反应生成 FeSO_4 ,因此加 FeO 不能使溶液 C 转化为溶液 A,D 错误。

5. C 【解析】加入足量稀硝酸,充分振荡后,所得沉淀一定是 BaSO_4 ,A 错误,C 正确;亚硫酸钠未被氧化时,加入 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液后生成的沉淀中不含 BaSO_4 ,B 错误; Na_2SO_3 与 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 反应产生 BaSO_3 白色沉淀,再加入足量稀硝酸, BaSO_3 被氧化为 BaSO_4 ,故无法证明 Na_2SO_3 溶液部分被氧化,D 错误。

6. 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;二氧化硫是酸性氧化物,能与氢氧化钙反应生成亚硫酸钙和水,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 98.3% 的浓硫酸不能替换为馏水,D 错误。

7. B 【解析】浓硫酸与蔗糖反应产生 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,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. C 【解析】反应 I 中,硫酸铁把二氧化硫氧化为硫酸,硫酸铁被还原为硫酸亚铁,反应 II 中,氧气把硫酸亚铁氧化为硫酸铁循环利用,所以总反应可表示为 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4$,据此解答。根据总反应可知,该流程中可得到化工产品 H_2SO_4 ,A 正确;根据工艺流程图可知,反应 I 为 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \longrightarrow 2\text{FeSO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$,B 正确;反应 II 中, O_2 中 O 元素化合价降低,流程中化合价发生变化的元素有 Fe、S、O,C 错误;流程中总反应的化学方程式为 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4$,D 正确。

9. B 【解析】加入铜片的实验中,生成的气体能使 KMnO_4 酸性溶液褪色、使品红溶液褪色、不可燃,则该气体具有还原性、漂白性,故该气体是 SO_2 ,A 正确;加入铝片的实验中,气体能使 KMnO_4 酸性溶液褪色、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 不正确;加入锌片的实验中,气体能使 KMnO_4 酸性溶液褪色、使品红溶液褪色,则气体中含 SO_2 ,但 SO_2 不可燃,而锌片与浓硫酸反应产生的气体具有可燃性,则生成的气体中含有另一种气体,故生成的气体一定是混合气体,C 正确;结合上述分析可知,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。

10. (1) $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$ 防止倒吸

(2) $4\text{SO}_2 + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{S}^{2-} \longrightarrow 3\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{CO}_2$

(3) B

(4) 加过量盐酸 往滤液中滴加 BaCl_2 溶液

【思路分析】装置 A 中, Na_2SO_3 固体与 70% 的硫酸反应制取 SO_2 气体;由于 SO_2 易溶于碱性溶液,装置 B 用来防止发生倒吸;在装置 C 中, SO_2 与 Na_2CO_3 、 Na_2S 发生反应生成 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 和 CO_2 ;装置 D 用于吸收未反应的 SO_2 ,防止污染环境。

【解析】(2) 装置 C 中, SO_2 与 Na_2CO_3 、 Na_2S 发生反应生成 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 和 CO_2 ,其离子方程式为 $4\text{SO}_2 + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{S}^{2-} \longrightarrow 3\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{CO}_2$ 。

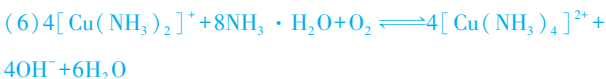
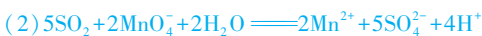
(3) NaOH 溶液能吸收 CO_2 ,后续操作中无法检验 CO_2 是否存在,A、C 不正确;气体中可能含有未反应的 SO_2 , SO_2 也能使澄清石灰水变浑浊,影响 CO_2 的检验,酸性 KMnO_4 溶液氧化并吸收 SO_2 ,品红溶液用于检验 SO_2 是否除尽,澄清石灰水检验 CO_2 的存在,B 正确。

(4) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 晶体中含有少量 Na_2SO_4 ,检验 Na_2SO_4 时,应先



加盐酸,过滤除去 S 单质,再加氯化钡溶液检验 SO_4^{2-} 。

11. (1) 浓硫酸



【思路分析】铜和浓硫酸在加热条件下反应生成二氧化硫,生成的气体通过浓硫酸除去硫酸酸雾,用品红溶液验证 SO_2 的漂白性,用酸性高锰酸钾溶液检验二氧化硫的还原性, SO_2 有毒,需要使用碱液吸收。

【解析】(1) 试管中 X 溶液可除去“白雾”中含有的硫酸酸雾,为浓硫酸。

(2) 二氧化硫具有还原性, SO_2 与酸性 KMnO_4 溶液发生氧化还原反应生成硫酸根离子和锰离子,反应的离子方程式为 $5\text{SO}_2 + 2\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ 。

(3) 二氧化硫为酸性氧化物,可以使用碱性物质吸收, B、C、D 中试剂都可以吸收二氧化硫,但 D 中装置易发生倒吸,故可以选择 BC。

(4) 根据已知③,铜丝表面覆盖的聚氯乙烯在加热条件下易分解放出 HCl 气体, HCl 溶于水电离出氯离子和铜离子形成 $[\text{CuCl}_4]^{2-}$, $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ 呈蓝色, $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ 呈黄绿色,则初始墨绿色溶液为蓝色和黄绿色的混合溶液颜色;墨绿色溶液倒入盛有蒸馏水的烧杯中,溶液由墨绿色变为蓝色,是因为 $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ 转化为 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ 。

(5) 已知 CuS 、 Cu_2S 不溶于稀盐酸,能溶于浓盐酸, Cu_2O 能溶于稀盐酸和氨水,实验②中试管 a 中沉淀不溶解,试管 b 中沉淀完全溶解,则说明可能含有 CuS 、 Cu_2S 。

(6) 由实验③中反应生成的沉淀溶于氨水,所得溶液由极浅蓝色变为深蓝色可知,沉淀中含有氧化亚铜,空气中氧气具有氧化性,溶液由浅蓝色变为深蓝色发生的反应为二氨合亚铜离子与空气中氧气、氨水反应生成四氨合铜离子、氢氧根离子和水,反应的离子方程式为 $4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+ + 8\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 4\text{OH}^- + 6\text{H}_2\text{O}$ 。

第 3 节 氮的循环

课时 1 氮气与氮的氧化物

1. C **【解析】**雷雨天气中, N_2 与 O_2 在放电的条件下生成 NO , 属于氮的固定, A 不符合题意;豆科植物的根瘤菌把空气中的氮气转化为氨,是将游离态的氮转化为化合态,属于氮的固定,是生物固氮, B 不符合题意;植物的根从土壤中吸收铵根离子和硝酸盐,没有将游离态氮转化为化合态氮,不属于氮的固定, C 符合题意;工业上用氢气与氮气合成氨,即 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3$, 是将游离态氮转化为化合态氮,属于



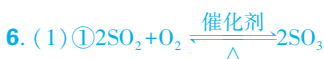
氮的固定,D不符合题意。

2. 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的氮,属于氮的固定,D 正确。

3. A 【解析】NO 是有毒气体,A 正确;NO 为无色气体,难溶于水,B 错误;常温常压下,NO 易被氧气氧化成 NO_2 ,C 错误;氮气和氧气在放电条件下发生化合反应,生成一氧化氮,点燃条件下两者不反应,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】反应①: $NH_4^+ \rightarrow NH_3$,N、H 的化合价没有发生变化,不属于氧化还原反应;反应②: $NH_2OH \rightarrow N_2H_4$,N 的化合价由 -1 价降低为 -2 价,N 的化合价发生变化,属于氧化还原反应;反应④: $NO_2^- \rightarrow NH_2OH$,N 的化合价由 +3 价降低为 -1 价,N 的化合价发生变化,属于氧化还原反应,A 错误。反应③: $N_2H_4 \rightarrow N_2$,N 的化合价由 -2 价升高为 0 价,N 被氧化;反应④: $NO_2^- \rightarrow NH_2OH$,N 的化合价由 +3 价降低为 -1 价,N 被还原,B 错误。氮的固定是游离态的氮转化为化合态的氮,因此反应③、⑤不属于氮的固定,C 错误。反应④: $NO_2^- \rightarrow NH_2OH$,N 的化合价降低 4 价;反应⑤: $NO_2^- \rightarrow N_2$,N 的化合价降低 3 价,则等质量 NO_2^- 分别参与反应④和⑤,转移电子数之比为 4 : 3,D 正确。



【解析】(1)若 B 是能使品红溶液褪色的有刺激性气味的无色气体,则 B 为二氧化硫,A 为固体单质硫,C 为三氧化硫,D 为硫酸。① $B \rightarrow C$ 为二氧化硫和氧气反应生成三氧化硫,化学方程式为 $2SO_2 + O_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 2SO_3$ 。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 $Cu + 2H_2SO_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} CuSO_4 + SO_2 \uparrow + 2H_2O$ 。

(2)若 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 $\text{Cu} + 4\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

7. D 【解析】设试管的高度为 h ,①根据反应 $\text{Cl}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ 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 $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$ 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体积的 $\frac{7}{8}$,所以试管内水面上升的高度 $h_2 = \frac{7}{8}h$;③根据反应 $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$ 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体积的 $\frac{5}{8}$,所以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 的高度关系是 $h_1 > h_2 > h_3 > h_4$,即D符合题意。

8. A 【解析】 NO_2 是红棕色气体,无色的混合气体甲中一定不含有 NO_2 ; H_2SO_4 能与碱性气体反应,100 mL混合气体甲通过足量浓硫酸后剩余80 mL气体,说明混合气体甲中一定含有 NH_3 且体积为20 mL; CO_2 能与 Na_2O_2 反应生成 Na_2CO_3 和 O_2 ,NO是无色气体,与 O_2 反应生成红棕色的 NO_2 ,故剩余气体通过足量 Na_2O_2 后,气体显红棕色,说明混合气体甲中一定含NO和 CO_2 ;二氧化氮与水反应生成硝酸和NO,无法确定混合气体甲中是否含有 N_2 ,气体甲的组成可能为 NH_3 、NO、 CO_2 。故选A。

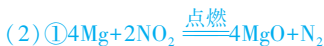
9. B 【解析】吸入空气后NO被 O_2 氧化生成红棕色气体 NO_2 , NO_2 能与水发生反应 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$,可观察到气体又变为无色,A正确;NO不与水反应,有氧气存在时发生反应 $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$,由题给信息知,吸入的15 mL空气中氮气体积为12 mL,氧气体积为3 mL,氧气不足,3 mL氧气和4 mL NO、水发生反应,则最终注射器内的气体体积为 $V(\text{N}_2) + V(\text{NO}) = 12 \text{ mL} + (20 - 4) \text{ mL} = 28 \text{ mL}$,还有5 mL溶液,注射器活塞停留在33 mL刻度附近,B错误;剩余NO的体积为 $(20 - 4) \text{ mL} = 16 \text{ mL}$,C正确;反应消耗4 mL NO,标准状况下4 mL NO的物质的量为 $\frac{V}{V_m} = \frac{4 \times 10^{-3} \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{1 \times 10^{-3}}{5.6} \text{ mol}$, $n(\text{HNO}_3) = n(\text{NO}) = \frac{1 \times 10^{-3}}{5.6} \text{ mol}$,溶液体积 $V = 5 \text{ mL}$,所得溶液中 HNO_3 的物质的



$$\text{量浓度 } c = \frac{n(\text{HNO}_3)}{V} = \frac{\frac{1 \times 10^{-3}}{5.6}}{5 \times 10^{-3}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx 0.036 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1},$$

D 正确。

10. (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



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 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, 使用碱石灰等物质作为尾气吸收试剂。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)。

课时 2 氮的转化与生成

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; 铵盐不稳定, 受热易发生分解反应, D 错误。

2. D 【解析】该实验中可形成喷泉, 说明氨气极易溶于水, A 正确; NO 难溶于水, 将 NH_3 换成 NO 则不能形成喷泉, B 正确; 酚酞遇碱显红色, 所以形成红色喷泉说明氨水显碱性, C 正确; NH_3 极易溶于水, 也能与硫酸快速反应, 将水换成稀硫酸也能形成喷泉, D 错误。

3. 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,说明该氮肥中含 CO_3^{2-} 或 HCO_3^- ;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,则氮肥中含 CO_3^{2-} ,结合选项可知,该氮肥为 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 。故选 B。

4. A 【解析】铵态氮肥与碱性物质混合使用会放出 NH_3 ,降低肥效,A 正确;铵盐中,氮元素化合价不一定是-3 价,如 NH_4NO_3 中,N 的化合价除了-3 价,还有+5 价,B 错误;向铵盐溶液中加入 NaOH 溶液共热时,会发生反应产生氨气,氨气能使湿润的红色石蕊试纸变蓝,则检验 NH_4^+ 所需的试剂为 NaOH 溶液、湿润的红色石蕊试纸,C 错误;铵盐受热易分解,但产物中不一定有氨气,例如硝酸铵在某温度下分解:

$$\text{NH}_4\text{NO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{N}_2\text{O} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$$
,D 错误。

5. A 【解析】氯化铵受热分解为 NH_3 和 HCl , NH_3 和 HCl 在封管的中上部遇冷重新化合为 NH_4Cl ,A 正确;氨气的水溶液显碱性,加热时氨气逸出,酚酞溶液红色褪去,冷却时氨气溶于酚酞溶液,溶液显红色,B 错误;二氧化硫可使品红溶液褪色, SO_2 与品红化合生成的无色物质受热可分解,则加热时,③中溶液变红,冷却后红色褪去,C 错误;可逆反应应在同一条件下进行,题中三个封管中的实验分别在加热条件下和冷却后进行,都不是可逆反应,D 错误。

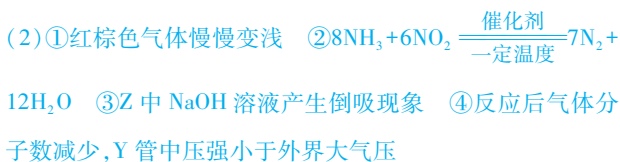
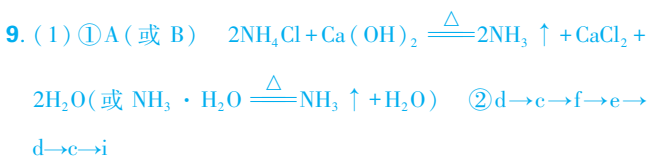
6. B 【解析】因氨气极易溶于水,故胶头滴管中可以是水,水呈中性,A 项错误;通过捂热烧瓶赶出烧瓶中的二氧化碳而使碱溶液与 CO_2 反应,导致烧瓶内压强减小,引发喷泉,B 项正确; HCl 与 NH_3 发生反应 $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$,反应生成 NH_4Cl 固体,产生的是白烟而非白雾,C 项错误;通入的 Cl_2 与挥发出的 NH_3 发生反应 $8\text{NH}_3 + 3\text{Cl}_2 = 6\text{NH}_4\text{Cl} + \text{N}_2$,气体体积减小,烧瓶内可能产生喷泉,D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

7. BD 【解析】生石灰能与水反应放热、且增大了 OH^- 浓度,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,生成 $\text{CaCl}_2 \cdot 8\text{NH}_3$,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 ,溶液显弱酸性,溶液呈紫色或红色,但蒸干过程中 NH_4Cl 会分解,得不到 NH_4Cl 固体,D 错误。

8. C 【解析】氨气使湿润的 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→蓝色,可知氨气比氯化氢气体扩散速率快,B 正确;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 的方法制备 NH_3 ,D 正确。



【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,反应物状态为固体,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,注意防止倒吸的发生及尾气吸收装置中的水进入收集装置,所以正确的连接顺序为发生装置 $\rightarrow \text{d} \rightarrow \text{c} \rightarrow \text{f} \rightarrow \text{e} \rightarrow \text{d} \rightarrow \text{c} \rightarrow \text{i}$ 。(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,所以现象为红棕色气体慢慢变浅,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聚可判断反应后气体分子数减少,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

- 1. A** 【解析】以 NO 和 NO_2 为主的氮氧化物是形成光化学烟雾、雾霾及酸雨的重要原因,则 A 符合题意。
- 2. 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,是硝酸与氢氧化钠发生了酸碱中和反应,表现出酸性,D 错误。
- 3. C** 【解析】用过量的铜分别与含等物质的量的 HNO_3 的浓硝酸、稀硝酸反应,发生的反应分别为 $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{浓}) = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3(\text{稀}) = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$



$2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ 。由题干可知,此时铜过量,溶液中的 HNO_3 可以反应完,因此根据反应可知,当 HNO_3 的物质的量相同时,虽然浓硝酸会变成稀硝酸,但总的来说,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。

4. C 【解析】浓硝酸分解产生 NO_2 、 O_2 和 H_2O ,而浓硝酸与 C 加热反应产生 CO_2 、 NO_2 、 H_2O ,故所有实验产生的气体均为混合物,A 正确;③中可能是浓硝酸受热分解,也可能是浓硝酸与红热的木炭发生反应,④中可能是浓硝酸受热分解,也可能是挥发的硝酸与红热的木炭发生反应,所以两个实验产生的气体成分可能相同,B 正确;木炭需要在加热条件下才能与浓硝酸发生反应产生 NO_2 ,C 错误;浓硝酸遇灼热的碎瓷片分解产生 NO_2 ,说明其不稳定,受热易分解,D 正确。

5. D 【解析】过程 I,发生反应 $12\text{Fe}^{3+} + 3\text{NH}_4^+ + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 12\text{Fe}^{2+} + \text{N}_2 \uparrow + \text{NO}_2^- + 16\text{H}^+$,过程 II,发生反应 $\text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,D 正确;过程 I 中 Fe^{3+} 为氧化剂,被还原为 Fe^{2+} ,A 错误;过程 I 中 Fe^{3+} 将 NH_4^+ 氧化为 N_2 、 NO_2^- , Fe^{3+} 的氧化性强于 NO_2^- ,B 错误;由 A 项分析知, Fe^{3+} 为氧化剂, NH_4^+ 为还原剂,物质的量之比为 $12:3=4:1$,C 错误。

6. B 【解析】反应①②③都有元素化合价的变化,均属于氧化还原反应,A 正确;根据流程图可知,若有 $1 \text{ mol } \text{N}_2$ 完全转化为 HNO_3 ,共失去 $16 \text{ mol } e^-$,根据得失电子守恒,理论上共需要消耗 $4 \text{ mol } \text{O}_2$,B 错误;吸收塔内一氧化氮、氧气、水反应生成硝酸,化学方程式为 $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$,C 正确;浓硝酸在光照条件下分解生成了 NO_2 ,使浓硝酸呈黄色,D 正确。

7. C 【解析】溶液增加的质量等于铁粉的质量减去 NO 的质量,可知放出 NO 的质量 $m(\text{NO}) = 14 \text{ g} - 8 \text{ g} = 6 \text{ g}$, $n(\text{NO}) = \frac{6 \text{ g}}{30 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.2 \text{ mol}$, $1 \text{ mol } \text{NO}_3^-$ 转化为 NO 转移 $3 \text{ mol } e^-$,可知反应中转移电子的物质的量为 0.6 mol 。 $n(\text{Fe}) = \frac{14 \text{ g}}{56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.25 \text{ mol}$,设生成 $x \text{ mol } \text{Fe}^{2+}$ 、 $y \text{ mol } \text{Fe}^{3+}$,则根据 Fe 元素守恒: $x+y=0.25$,根据得失电子守恒得 $2x+3y=0.6$,解得 $x=0.15$ 、 $y=0.1$ 。根据 N 元素守恒可知消耗硝酸的物质的量 $n(\text{HNO}_3) = 2n[\text{Fe}(\text{NO}_3)_2] + 3n[\text{Fe}(\text{NO}_3)_3] + n(\text{NO}) = 0.15 \text{ mol} \times 2 + 0.1 \text{ mol} \times 3 + 0.2 \text{ mol} = 0.8 \text{ mol}$, $c(\text{HNO}_3) = \frac{0.8 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 1.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,故 C 正确。

8. D 【解析】结合图像可知,a 为 N_2 ,b 为 NO ,c 为 NO_2 ,d 为



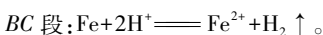
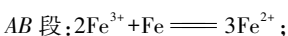
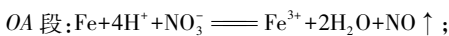
HNO_3 , e 为 NH_3 , f 为 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 据此解答。 N_2 的性质稳定, 可作保护气, 但在一定条件也能与氧气、氢气等发生反应, A 错误; c 为 NO_2 , 与水反应生成 NO 和 HNO_3 , B 错误; d 为 HNO_3 , 常温下, Al 遇浓硝酸发生钝化, 可用铝质容器盛装浓硝酸, C 错误; e 为 NH_3 , 液氨易汽化, 汽化过程吸收大量的热, 可用作制冷剂, D 正确。

9. A 【解析】由题给转化关系可知, 整个反应过程中仅有 Cu 元素和 N 元素的化合价发生变化, 若铜片为 51.2 g, 即 $n(\text{Cu}) = 0.8 \text{ mol}$, 由 HNO_3 到 NaNO_3 , N 元素的化合价不变, 则根据得失电子守恒可得, 最终生成 $n(\text{NaNO}_2) = \frac{0.8 \times 2}{2} \text{ mol} = 0.8 \text{ mol}$, 又知 $n(\text{Na}^+) = 0.5 \times 2 \text{ mol} = 1 \text{ mol}$, 由钠元素守恒可知, $n(\text{NaNO}_3) = 1 \text{ mol} - 0.8 \text{ mol} = 0.2 \text{ mol}$, A 正确; 常温下, 铜能与浓硝酸发生题述反应, B 错误; 标准状况下, N_2O_4 、 NO_2 是液体, 一氧化氮的物质的量小于 0.9 mol, 则混合气体的体积小于 20.16 L, C 错误; $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 在该反应中只是氧化产物, 不是还原产物, D 错误。

10. 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 具体数值, 无法确定转移电子数, 则不能计算需要消耗氮气的体积, B 错误; 空气中过量的 NO_x 会造成酸雨, 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, 由化合价升降守恒和原子守恒, 则发生的反应为 $6\text{NO} + 4\text{NH}_3 \xrightarrow{\text{Pt-Rh 催化剂}} 5\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$, D 正确。

11. C 【解析】①中反应为浓硝酸氧化铜单质的反应, 生成硝酸铜和二氧化氮, 化学方程式为 $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{浓}) = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, A 正确; NO_2 和水发生反应: $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$, 气体的体积减小, 且变为无色, 试管内压强降低, 将水“吸入”试管, 同时生成的硝酸继续和铜反应, 所以铜表面产生气泡, B 正确; ③中现象说明试管内气体含有 NO , 但 NO_2 和水反应也会生成 NO , 所以无法证明铜与硝酸反应生成了 NO , C 错误; 试管内含有硝酸铜, 滴加少量稀硫酸, 引入氢离子, 相当于溶液中含有了硝酸, 继续和铜反应产生气体, D 正确。

12. 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】由分析可知, OA 段产生的是气体 NO , A 错误; AB 段发生反应: $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$, 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 $\text{Fe} + \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 可知, 消耗 11.2 g Fe 时, 原溶液中 $n(\text{NO}_3^-) = n(\text{Fe}) = \frac{11.2 \text{ g}}{56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.2 \text{ mol}$, C 正确; 消耗 22.4 g Fe 时, 溶液中溶质为 FeSO_4 , 根据 Fe 元素守恒可知 $n(\text{FeSO}_4) = n(\text{Fe}) = \frac{22.4 \text{ g}}{56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.4 \text{ mol}$, 根据硫酸根离子守恒可知, 原溶液中 $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{FeSO}_4) = 0.4 \text{ mol}$, 则原混合酸中 H_2SO_4 的物质的量浓度为 $\frac{0.4 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, D 错误。

13. (1) 便于控制反应的开始和结束

(2) 排出装置中的空气(O_2), 防止干扰 NO 的检验 C 中澄清石灰水变浑浊

(3) 无色 $2\text{NO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{NO}_2$

(4) $8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + 3\text{Fe} \longrightarrow 3\text{Fe}^{2+} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$

(5) 将装置内的氮氧化物全部赶入 D 中吸收, 防止污染空气

【解析】 由于 NO 会与空气中的氧气反应, 因此先利用稀硝酸和碳酸钙反应生成的二氧化碳气体排出装置内空气, 再使铁和稀硝酸反应, 由于氮氧化物会污染环境, 实验后需再利用碳酸钙和稀硝酸反应生成的二氧化碳将氮氧化物赶入装置 D 中吸收。

(1) 装置 A 采用可以抽动的金属丝来代替传统的固液发生装置, 当将金属丝向下移动接触药品时, 反应发生, 当向上移动时, 反应停止, 因此其优点是便于控制反应的开始和结束。

(2) 由于 NO 会与空气中的氧气反应, 因此实验时, 先将装置 B 下移, 使碳酸钙与稀硝酸接触产生二氧化碳气体, 目的是排出装置中的空气(O_2), 防止干扰 NO 的检验; 二氧化碳充满装置 A、F 后进入 C 中, 能使 C 中澄清石灰水变浑浊。

(3) 将 A 中铁丝放入稀硝酸中, 反应生成 NO, 因此装置 A 中产生无色气体。用 E 向 F 中鼓入空气, NO 与氧气反应生成 NO_2 , 因此烧瓶 F 内发生反应的化学方程式为 $2\text{NO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{NO}_2$ 。

(4) 若反应后向 A 中溶液滴加 KSCN 溶液, 溶液不变红色, 说明生成了亚铁离子, 则铁丝与稀硝酸的总反应的离子方程式为 $8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + 3\text{Fe} \longrightarrow 3\text{Fe}^{2+} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ 。

(5) 由于氮氧化物会污染环境, 因此反应结束后, 再将装置 B 下移, 使碳酸钙与稀硝酸接触产生气体, 将装置内的氮氧化物全部赶入 D 中吸收。

微项目 论证重污染天气“汽车限行”的合理性——探讨社会性科学议题

1. C **【解析】** 硝酸与氨气反应生成硝酸铵固体, A 正确; 反应②是五氧化二氮与水反应生成硝酸, 反应中各元素化合价均未



变化,属于非氧化还原反应,B 正确;硝酸与氨气反应生成硝酸铵固体,氨气是反应物,不是催化剂,C 错误;铵盐不稳定,易分解产生氨气,可用作氮肥,则 NH_3 可能来自过度施用氮肥,D 正确。

2. D 【解析】在转化过程中,催化剂 BaO 与氮氧化物、氧气反应生成硝酸钡,该反应是氧化还原反应,说明催化剂参与氧化还原反应,A 错误;该过程 N 元素被还原为无毒无害物质 N_2 ,B 错误;还原过程中,硝酸钡中+5 价氮元素变为 0 价,则生成 $0.1 \text{ mol } \text{N}_2$,转移 1 mol 电子,C 错误;汽车尾气中 CO 、 C_xH_y 、 NO_x 在三效催化剂作用下最终变为二氧化碳和水、氮气,说明三效催化剂能有效实现汽车尾气中 CO 、 C_xH_y 、 NO_x 三种成分的净化,D 正确。

3. C 【解析】酸性氧化物与水反应只生成酸, SO_2 与水反应生成亚硫酸,是酸性氧化物, NO_2 与水反应除生成硝酸外,还生成 NO ,故不属于酸性氧化物,A 错误; NO_2 中 N 元素的化合价为+4 价, HNO_3 中 N 元素的化合价为+5 价,还原产物中氮元素的化合价应该降低,则反应①中还原产物不可能是 HNO_3 ,B 错误; SO_2 中 S 元素的化合价为+4 价, SO_4^{2-} 中 S 元素的化合价为+6 价,S 元素的化合价升高,则 SO_4^{2-} 为氧化产物,依据题意,若起始不通入 NO_2 ,则最终检测不到 SO_4^{2-} ,在生成 SO_4^{2-} 的反应中, NO_2 表现了氧化性,C 正确;由数据分析中 $b \approx d > a \approx c$ 可知载气相同,3% 氨水作吸收液时, SO_4^{2-} 含量更高,而载气不同,吸收液相同时, SO_4^{2-} 含量差别不大,说明硫酸盐的形成与空气中的 O_2 无关,D 错误。

4. (1) ① $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 碱石灰
② $\text{Cu} + 4\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- = \text{Cu}^{2+} + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ **③**4:3
(2) ①50% $1.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ **②**1.6

【解析】(1)①用装置 A 加热氢氧化钙和氯化铵制备 NH_3 ,其中发生反应的化学方程式为 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;装置 B 的作用是干燥氨气,盛放的试剂是碱石灰。②铜与浓硝酸反应生成硝酸铜、二氧化氮与水,装置 D 中发生反应的离子方程式是 $\text{Cu} + 4\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- = \text{Cu}^{2+} + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。③在装置 M 中 NH_3 和 NO_2 充分反应,生成两种对环境友好的物质,化学方程式为 $6\text{NO}_2 + 8\text{NH}_3 \xrightarrow{\text{催化剂}} 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$,该反应中 NH_3 和 NO_2 的物质的量之比为 4:3。

(2)①根据题图乙可知,用 NaOH 溶液吸收氮氧化物的最佳条件为 $\alpha = 50\%$, $c(\text{NaOH}) = 1.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

②若一定体积的 NO_x 被 $250 \text{ mL } 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液恰好完全吸收,由题给反应可知, $n(\text{NO}_x) = n(\text{NaOH}) = 0.250 \text{ L} \times 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.5 \text{ mol}$,溶液增加的质量即为 NO_x 的质量, $M = \frac{19.8 \text{ g}}{0.5 \text{ mol}} = (14 + 16x) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$,则 x 为 1.6。



5. (1) ① $4\text{ClO}^- + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{Cl}^- + 2\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+$ ②酸性增大, 次氯酸根离子氧化性增强(合理即可) ③ H_2O_2 受热容易分解, 导致其浓度减小, NO 去除率降低
- (2) ①将 NO_2^- 还原为 N_2 、CuO 还原为 Cu ②在 Pd 催化作用下, 亚硝酸根离子与氢原子反应转化为铵根离子

【解析】(1) ①NaClO 溶液可以吸收 N_2O 生成 Cl^- 和 NO_3^- 。在酸性水体中, 加入 NaClO 溶液吸收 N_2O 的离子方程式为 $4\text{ClO}^- + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{Cl}^- + 2\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+$ 。

②水体溶液初始 pH 越小, N_2O 转化率越高, 其原因是酸性越强, 次氯酸根离子氧化性越强。

③温度高于 60°C , NO 去除率下降的主要原因是 H_2O_2 不稳定, 受热容易分解, 导致其浓度减小。

(2) ①在 W-Cu/ Al_2O_3 的催化下, 使用 H_2 作为还原剂, 可将水中的 NO_3^- 转化为 N_2 。该反应机理分为三步, 第一步: NO_3^- 在 Cu 表面被还原为 NO_2^- , Cu 被氧化为 CuO; 第二步: NO_2^- 从 Cu 表面迁移至 W 的表面; 第三步: H_2 在 W 表面吸附并解离为活性氢原子 (W-H), 将 NO_2^- 还原为 N_2 , 将 CuO 还原为 Cu。

②在 1.5~2.5 h 间, NO_3^- 部分转化为 NH_4^+ 可能的原因是在 Pd 催化作用下, 亚硝酸根离子与氢原子反应转化为铵根离子。

专题 3 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, 氯化铁与铁反应生成氯化亚铁, 氯化亚铁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反应生成亚硫酸氢钠, 亚硫酸氢钠溶液与氢氧化钠反应生成亚硫酸钠, 亚硫酸钠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, 只能使紫色石蕊试液变红, 但不能使其褪色, B 错误; D 为三氧化硫, B 为二氧化硫, 二氧化硫和 O_2 的反应为可逆反应, 因此 2 mol SO_2 和足量 O_2 充分反应得不到 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) H_2SO_4 用作红色油漆和涂料(合理即可)

(2) CO 酸 生成白色沉淀,沉淀迅速变为灰绿色,最终变为红褐色 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$ $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{Fe}(\text{OH})_3$

(3) $2\text{Fe}(\text{OH})_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

(4) $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$

【解析】A 俗称铁红,则其化学式为 Fe_2O_3 ;结合甲为强酸,丙为强碱溶液,G 为红褐色沉淀,可知 G 为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,C 为 H_2O ;乙为还原性气体,I 的颜色呈浅绿色,则 E 为 Fe,丁为非氧化性酸,I 为含亚铁离子的溶液。

(1)若 F 是由 Na^+ 和 SO_4^{2-} 组成的溶液,则依据转化关系可得甲为 H_2SO_4 、丙为 NaOH ;A 为 Fe_2O_3 ,俗称铁红,是非常重要的—种防锈颜料,绝大多数的涂料都添加有铁红防锈漆。

(2)若 D 是能使澄清石灰水变浑浊的气体,则 D 为 CO_2 ,可判断乙为还原性气体 CO、E 为 Fe,铁和丁反应生成亚铁离子证明丁为非氧化性酸;亚铁离子和氢氧化钠反应生成白色沉淀氢氧化亚铁,在空气中会被氧气迅速氧化为氢氧化铁红褐色沉淀。

(3) $\text{G} \rightarrow \text{A} + \text{C}$ 为氢氧化铁受热分解生成氧化铁和水的反应。

(4)铁与水蒸气反应生成四氧化三铁与氢气,Fe 失去电子,水蒸气中的 H 得到电子。

4. (1)取少量待测溶液于试管中,加入浓氢氧化钠溶液、加热,若产生无色有刺激性气味,且能使湿润的红色石蕊试纸变蓝的气体,即证明有 NH_4^+

(2)① $2:1$ $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

②ADE ③ $3\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{S} \downarrow$ 将生成的气体通入品红溶液,若品红溶液褪色,加热后又恢复原来的颜色,证明 E 为 SO_2

【解析】(1)若 B 为气体,用玻璃棒分别蘸取 C、G 的浓溶液并使它们靠近时,有白烟生成,结合转化关系可知 C 为氨气、G 为硝酸,则 D 为氧气、E 为 NO, F 为 NO_2 , H 为铜, J 为硝酸铜。

白烟为硝酸铵,则在溶液中检验白烟中阳离子即检验 NH_4^+ 的方法:取少量待测溶液于试管中,加入浓氢氧化钠溶液、加热,若产生无色有刺激性气味,且能使湿润的红色石蕊试纸变蓝的气体,即证明有 NH_4^+ 。

(2)若 B 为固体,已知 E 是一种常见的空气污染物,且将 C 与 E 混合可生成淡黄色固体 B,结合转化关系可知 B 为



S, C 为 H_2S , E 为 SO_2 , A 为 H_2 , D 为 O_2 , F 为 SO_3 , G 为硫酸, J 为硫酸铜。

①C 与 E 混合时发生反应 $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$, 硫化氢中硫元素从 -2 价升高到 0 价, 所得 S 为氧化产物; 二氧化硫中硫元素从 +4 价降低到 0 价, 所得 S 为还原产物, 根据得失电子守恒得氧化产物和还原产物的质量之比为 2:1。浓硫酸与铜在加热条件下反应生成硫酸铜、二氧化硫和水, 化学方程式为 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

②二氧化硫不与氯化钡溶液反应, 将足量的 E (SO_2) 通入一支装有 BaCl_2 溶液的试管中, 未见沉淀生成, 向该试管中加入适量氨水使溶液呈碱性, SO_2 和一水合氨反应生成 SO_3^{2-} , 亚硫酸根离子遇钡离子产生亚硫酸钡, 可以看到白色沉淀产生, A 符合题意; 稀盐酸不与 SO_2 、 BaCl_2 反应, 加入稀盐酸没有白色沉淀产生, B 不符合题意; CaCl_2 溶液不与 SO_2 、 BaCl_2 反应, 加入 CaCl_2 溶液没有白色沉淀产生, C 不符合题意; 稀硝酸具有强氧化性, 把 SO_3^{2-} 氧化为硫酸根离子, 遇钡离子产生硫酸钡, 可以看到白色沉淀产生, D 符合题意; 通入足量二氧化硫后, 溶液呈较强酸性, 此时 KNO_3 溶液提供的硝酸根离子具有强氧化性, 把 SO_3^{2-} 氧化为硫酸根离子, SO_4^{2-} 遇钡离子产生硫酸钡, 可以看到白色沉淀产生, E 符合题意。

③由图可知, SO_2 催化歧化生成硫酸和硫单质, 该反应的化学方程式为 $3\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{S} \downarrow$ 。反应 III 中检验生成的 E 即二氧化硫的方法是将生成的气体通入品红溶液, 若品红溶液褪色, 加热后又恢复原来的颜色, 证明 E 为 SO_2 。