

第3章

物质的性质与转化

第1节 铁的多样性

第1课时 铁盐、亚铁盐



对点上分

1. C 【解析】向 FeCl_2 溶液中通入氯气会生成 FeCl_3 , 向 FeCl_3 溶液中加入铁会生成 FeCl_2 , 这 2 种反应都属于化合反应, A 正确; 将铁粉加入氯水中, 当铁粉过量时, 最终得到 FeCl_2 溶液, B 正确;

提示: 铁粉和氯气反应, 无论铁过量还是少量, 产物都只是氯化铁

Fe^{2+} 和 Cl^- 均具有还原性, 酸性高锰酸钾具有强氧化性, 能将 Fe^{2+} 和 Cl^- 氧化, 使溶液褪色, 则不能利用酸性高锰酸钾溶液鉴别 FeCl_2 溶液和 FeCl_3 溶液, C 错误; Fe^{2+} 不稳定, 可被氧气氧化为 Fe^{3+} , 分别向盛有 FeCl_2 溶液和 FeCl_3 溶液的试管中加入 NaOH 溶液, 均可得到氢氧化铁, D 正确。

2. B 【解析】氯化亚铁溶液为浅绿色, 在氯化亚铁溶液中滴加新制氯水, +2 价的铁被氯水氧化, 生成 +3 价的铁, 溶液变成黄色, 说明 Fe^{2+} 具有还原性, A 错误; 锌具有还原性, 氯化亚铁溶液中 +2 价的铁具有氧化性, 能氧化锌, 同时析出铁, 实验结论为 Fe^{2+} 具有氧化性, B 正确; Fe 和 Fe^{3+} 反应生成 Fe^{2+} , 说明 Fe 具有还原性, 但是离子反应中电荷不守恒, 正确的离子方程式应为 $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$, C 错误; 实验现象中, 反应前氯化铁溶液为棕黄色, 反应后氯化亚铁溶液为浅绿色, 氯化铜溶液为蓝色, 实验现象不正确, D 错误。

3. D 【解析】向含有 Fe^{2+} 的溶液中滴入几滴酸性 KMnO_4 溶液, 酸性 KMnO_4 溶液的紫红色褪去后, 再滴入 2~3 滴 KSCN 溶液, 溶液变成红色, 发生反应的离子方程式为 $\text{MnO}_4^- + 5\text{Fe}^{2+} + 8\text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + 5\text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$, KMnO_4 为氧化剂, Fe^{3+} 为氧化产物, 故氧化性: $\text{KMnO}_4 > \text{Fe}^{3+}$, A 正确; KMnO_4 作氧化剂, 发生还原反应, B 正确; 由于滴入的是几滴酸性 KMnO_4 溶液, 即酸性 KMnO_4 溶液少量, 故变成红色后的混合液中可能含有 Fe^{2+} , C 正确; 实验中 Fe^{2+} 只发生了氧化反应, 只能说明 Fe^{2+} 具有还原性, D 错误。

4. A



攻略上分

铁盐、亚铁盐的鉴别是考试的高频点, 通法攻略 22 教你“六法鉴别”铁盐、亚铁盐。

【解析】 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体能出现丁达尔效应, FeCl_3 溶液不能出现丁达尔效应, 则利用丁达尔效应可以鉴别 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体和 FeCl_3 溶液, A 正确; 向某溶液中滴入 KSCN 溶液后, 溶液呈红色, 说明原溶液含 Fe^{3+} , 但不能说明原溶液不含 Fe^{2+} , B 错误; FeCl_2 与氯气反应生成 FeCl_3 , 则通入足量的氯气可除去 FeCl_2 , 加入足量的锌粉时锌

会与 FeCl_3 反应, C 错误; Cl_2 与 HCl 的混合气体通过装有饱和 NaHCO_3 溶液的洗气瓶会产生 CO_2 , 除去 HCl , 产生新杂质, 且 Cl_2 也会被消耗, 应用饱和食盐水洗气, D 错误。

5. B 【解析】 FeSO_4 溶液久置后出现的红褐色沉淀应为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 而不是 $\text{Fe}(\text{OH})_2$, 发生的反应为 $12\text{FeSO}_4 + 3\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$, A 错误; FeSO_4 溶液变质会有 Fe^{3+} 生成, KSCN 与 Fe^{3+} 会形成红色物质, 故可用 KSCN 溶液检验 FeSO_4 溶液是否变质, B 正确; FeCl_2 溶液中滴加 KSCN 溶液, 无明显现象, C 错误; Fe^{2+} 遇 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液能够产生蓝色沉淀, 因此原溶液中一定含有 Fe^{2+} , 但是否含有 Fe^{3+} 无法确定, 若要确定 Fe^{3+} 的存在, 则需要向溶液中加入 KSCN 溶液, 观察溶液是否变为红色, D 错误。

6. C 【解析】灰化后铁以氧化物的形式存在, 步骤④中酸浸用到的试剂为稀盐酸或稀硫酸, 使 Fe 元素以 Fe^{2+} 形式存在, 硝酸会把 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 影响后续操作和判断, C 错误。

第2课时 铁单质、氧化物和氢氧化物



对点上分

1. C 【解析】 Fe 在 O_2 中燃烧生成 Fe_3O_4 , Fe 和水蒸气反应生成 Fe_3O_4 和 H_2 , 所以铁在氧气中燃烧和与水蒸气反应的共同产物是 Fe_3O_4 , A 正确; 铁是组成血红蛋白的重要元素, 故铁是人体必需微量元素中含量最多的一种, B 正确; 来自太空的陨铁中含有铁单质, 所以铁在自然界中不全是化合态存在, C 错误; Fe 和 FeCl_3 反应生成 FeCl_2 , 该反应为化合反应, D 正确。

关键点拨 Cl_2 的氧化性强, 与金属 Fe 反应时, 只能生成 FeCl_3 , 但 FeCl_3 与 Fe 生成 FeCl_2 的反应属于化合反应。

2. B 【解析】实验时, 应先点燃甲处酒精灯, 使水蒸气充满乙处硬质玻璃管, 一段时间后再点燃乙、丁处酒精灯, 是为了防止铁粉被氧化, A 正确; 乙处是铁与水蒸气在高温条件下反应生成 Fe_3O_4 和 H_2 , 反应的化学方程式为 $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$, B 错误; 实验过程中有氢气产生, 可还原氧化铜, 能观察到丁处黑色粉末变红, 因为氢气还原氧化铜时有水产生, 所以戊处白色固体变蓝, C 正确; 己的作用是防止空气中的水蒸气进入戊中干扰实验, D 正确。

提示: 在实验装置末尾的干燥管可能有两个作用: ①吸收尾气(尾气污染空气); ②防止空气中水蒸气或二氧化碳进入干扰实验

3. D 【解析】碱性氧化物与酸反应只生成一种盐和水, FeO 、 Fe_2O_3 都能与盐酸反应生成一种盐和水, 均为碱性氧化物, 而 Fe_3O_4 和盐酸反应生成 FeCl_3 、 FeCl_2 和水, 生成的盐不止一种, 所以 Fe_3O_4 不是碱性氧化物, A 错误; 四氧化三铁可以看作是由 Fe_2O_3 和 FeO 按物质的量之比为 1:1 组成的化合物, Fe_3O_4 不是混合物, 是纯净物, B 错误; FeO 和氢碘酸发生复分解反应生成 FeI_2 和水,

但 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 和 HI 溶液反应,由于 Fe^{3+} 具有氧化性, I^- 具有还原性,会发生氧化还原反应生成 I_2 , Fe_2O_3 和 HI 的反应为 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{I}^- + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$, Fe_3O_4 和 HI 的反应为 $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 2\text{I}^- + 8\text{H}^+ \rightleftharpoons 3\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$,C 错误;铁的三种氧化物都能在高温下被焦炭还原为铁,若焦炭少量,则生成 CO_2 ,若焦炭过量,则生成 CO ,D 正确。

归纳总结 铁的氧化物的总结

(1) FeO 不稳定,易被氧化为 Fe_3O_4 。

(2) FeO 、 Fe_3O_4 遇氧化性酸(如 HNO_3) 发生氧化还原反应,生成 Fe^{3+} 。

(3) FeO 和 Fe_2O_3 均为碱性氧化物, Fe_3O_4 不是碱性氧化物,属于复杂的氧化物。

4. D



思路导引

将铁的氧化物加入足量盐酸中溶解,其中的铁元素与盐酸反应分别生成 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} ,再通入氯气进行氧化,离子方程式为 $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$ 。溶液 A 中 Fe^{2+} 消耗标准状况下 224 mL(即 0.01 mol) Cl_2 ,则溶液 A 中含有 0.02 mol Fe^{2+} ,相当于 3.04 g X 中有 0.02 mol FeO ,质量为 $0.02 \text{ mol} \times 72 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.44 \text{ g}$,则 3.04 g X 中相当于含有 Fe_2O_3 的质量为 $3.04 \text{ g} - 1.44 \text{ g} = 1.6 \text{ g}$,物质的量为 0.01 mol。故 X 可看作 $2\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$,相当于 $\text{Fe}_{0.8}\text{O}$ 。

【解析】根据以上分析可知溶液 A 中 $c(\text{Fe}^{2+}) : c(\text{Fe}^{3+}) = 1 : 1$,A 正确;氯气氧化后溶液 B 中溶质的主要成分是 FeCl_3 、 HCl ,B 正确;根据以上分析可知,X 可以看作 $2\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$,相当于 $\text{Fe}_{0.8}\text{O}$,则该铁的氧化物中氧元素的质量分数为 $\frac{16}{16+0.8 \times 56} \times 100\% \approx 26.3\%$,C 正确;根据上述分析可知 X 的组成为 $2\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$,D 错误。

5. A 【解析】 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 是一种白色固体,不稳定,在空气中易被氧化转变为红褐色固体 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,发生反应 $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{Fe}(\text{OH})_3$,A 错误; $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 具有还原性,在空气中易被氧化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,B 正确; $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 都具有不稳定性,受热分解为相应的氧化物和水,C 正确; $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体呈红褐色且透明,能产生丁达尔效应,D 正确。

6. (1) 除去蒸馏水中溶解的氧气 C

(2) 排除 B 中空气 A 中有气泡连续稳定地冒出 C 中的空气没有排尽



攻略上分

氢氧化亚铁在空气中不能稳定存在,如何保持长时间的白色,通法攻略 23“创意设计” $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的制备装置帮你解答。

【解析】(1) 由于亚铁离子以及氢氧化亚铁易被氧气氧化,实验中所用蒸馏水均需经煮沸后迅速冷却,以除去蒸馏水中溶解的氧气;装置

B 中产生 Fe^{2+} , 要制备氢氧化亚铁, 则试剂 a 为 NaOH 溶液, C 正确。

(2) 按图连接好装置, 检验装置气密性后加入药品, 打开 K_1 、 K_2 , 关闭 K_3 , B 中有氢气产生, 该气体的作用是排除 B 中空气, 防止氧化生成的 Fe^{2+} ; 当 A 中有气泡连续稳定地冒出时, 说明空气已经排尽, 此时打开 K_3 , 关闭 K_1 、 K_2 , 在氢气压力的作用下 B 中溶液进入 C, C 中产生了灰绿色沉淀而没有观察到白色沉淀的原因是 C 中的空气没有排尽, 导致氢氧化亚铁被氧化。

7. A 【解析】 Cl_2 有强氧化性, 点燃条件下能将 Fe 氧化成 FeCl_3 , FeCl_3 与 NaOH 溶液发生复分解反应生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀和 NaCl, A 正确; Fe_2O_3 与 $\text{HCl}(\text{aq})$ 反应生成 FeCl_3 和水, $\text{FeCl}_3(\text{aq})$ 与 NaOH 溶液发生复分解反应生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀和 NaCl, B 错误; Fe 与 $\text{HCl}(\text{aq})$ 反应生成 $\text{FeCl}_2(\text{aq})$ 和 H_2 , FeCl_2 与铁单质不反应, C 错误; 铁在氧气中燃烧生成的是 Fe_3O_4 , 而不是 Fe_2O_3 , D 错误。

8. B 【解析】钠与水反应生成氢气, 造成锥形瓶内压强增大, 连接橡胶管可维持压强平衡, A 正确; 钠与水反应生成氢氧化钠和氢气, 生成的氢氧化钠与氯化亚铁反应生成氢氧化亚铁沉淀, 氢氧化亚铁为白色絮状沉淀, B 错误、C 正确; 白色沉淀氢氧化亚铁不稳定, 与空气中氧气反应生成红褐色沉淀氢氧化铁, D 正确。

9. B 【解析】若样品溶于盐酸有气泡产生, 说明还有铁单质, 但不能说明铁粉未变质, A 错误; 滴加 KSCN 溶液, 溶液未变红, 说明溶液中不含 Fe^{3+} , 但溶液中的 Fe^{2+} 可能为 Fe^{3+} 与 Fe 反应生成的, 即铁粉可能变质, B 正确; 无论铁粉是否变质, 溶于盐酸后, 依次滴加氯水、KSCN 溶液, 溶液均会变红, C 错误; 若铁粉完全变质,

→ **关键点** 检验 Fe^{2+} , 滴加顺序一定是先加 KSCN 溶液无现象, 再滴加氯水, 否则无法说明

溶于盐酸后, 溶液中一定存在 Fe^{3+} , 滴加 KSCN 溶液, 溶液变红, D 错误。

10. (1) ①稀盐酸 $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ②升高 c

(2) ①— 分散质粒子直径为 $1 \sim 100 \text{ nm}$ 用红色激光笔照射该分散系, 在与光束垂直的方向进行观察, 如果有一条光亮的“通路”出现, 则证明该方案成功

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

【解析】(1) ①根据 FeCO_3 转化为 FeCl_2 可知, 步骤 I 中另一种试剂为稀盐酸; 步骤 II 为氯化亚铁被氧气氧化为氯化铁, 还有 H_2O 生成, 反应的离子方程式为 $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。②步骤 III 中反应前 Fe 为 0 价, 反应后生成的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 中 Fe 为 +3 价, 故反应前后 Fe 元素的化合价升高; 反应 IV 的基本反应类型是复分解反应, 故选 c。

(2) ①方案一能够制得胶体; 胶体区别于溶液与悬浊液的本质特征为分散质粒子直径为 $1 \sim 100 \text{ nm}$; 丁达尔效应可以检验胶体, 检验该方案是否成功的方法为用红色激光笔照射该分散系, 在与光束垂直的方向进行观察, 如果有一条光亮的“通路”出现, 则

证明该方案成功。②将 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体缓缓加入过量稀盐酸中, 发生酸碱中和反应, 溶液由无色变为棕黄色, 反应的离子方程式为 $\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ = \text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$ 。



能力上分

1. B 【解析】铁的氧化物与盐酸反应生成盐和水, HCl 的物质的量 $n(\text{HCl}) = 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.060 \text{ L} = 0.24 \text{ mol}$, 由原子守恒可知, $n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{1}{2}n(\text{HCl}) = n(\text{铁的氧化物中的 O})$, 则该铁的氧化物中 O 原子的物质的量为 0.12 mol , Fe^{2+} 恰好能被标准状况下 672 mL 氯气氧化, 由得失电子守恒可知 $n(\text{Fe}^{2+}) = 2n(\text{Cl}_2)$, 故 $n(\text{Fe}^{2+}) = 0.06 \text{ mol}$, 铁的氧化物中元素正、负化合价的代数和为 0, 设 $n(\text{Fe}^{3+}) = x \text{ mol}$, 则 $3x + 0.06 \times 2 = 0.12 \times 2$, 解得 $x = 0.04$, 该固体中铁原子和氧原子的个数之比为 $(0.06 \text{ mol} + 0.04 \text{ mol}) : 0.12 \text{ mol} = 5 : 6$, 故选 B。

2. C



思路导引

向工业废液中加入的过量试剂 a 为铁, 操作 I 为过滤, 得到的滤渣 Y 为 Fe 、 Cu , 滤液 X 为氯化亚铁溶液。向滤渣 Y 中加入的试剂 b 为稀盐酸, 操作 II 为过滤, 则滤液 Z 为氯化亚铁溶液, 滤液 Z 和 X 合并后加入氧化剂, 使 Fe^{2+} 转变为 Fe^{3+} , 则溶液 W 为 FeCl_3 溶液, 经蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥得到氯化铁晶体。

【解析】由思路导引可知, 试剂 b 为稀盐酸, 若试剂 b 为稀硫酸, 则会引入杂质, A 错误; 由思路导引可知, 操作 I、II 是过滤, 操作 III 是蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥, B 错误; 滤液 X、滤液 Z 中均含有 FeCl_2 , 试剂 c 可以是 H_2O_2 溶液或氯气, 将 Fe^{2+} 转化为 Fe^{3+} , C 正确; Fe^{2+} 、 Cl^- 都可以被酸性 KMnO_4 溶液氧化, 则用酸

提示: H_2O_2 是绿色氧化剂, 还原产物不会引入杂质, 本题中氯气被还原为 Cl^- , 也不会干扰实验

性 KMnO_4 溶液不能检验溶液 W 中是否还有 Fe^{2+} , D 错误。

3. (1) KSCN 溶液, 溶液变为红色

(2) 隔绝空气, 防止 FeSO_4 被氧化 还原性

(3) 白色沉淀迅速变为灰绿色, 最后变为红褐色

【解析】(1) 检测补铁药片是否变质, 如若变质, Fe^{2+} 会转化为 Fe^{3+} , 所以取少量步骤 1 所得滤液于试管中, 滴加几滴 KSCN 溶液, 溶液变红, 说明该补铁药片已变质。

(2) FeSO_4 药片外表的糖衣可以隔绝空气, 防止 FeSO_4 被氧化。将 FeSO_4 药片与维生素 C 同服, 可使 Fe^{3+} 转化为 Fe^{2+} , 铁元素化合价降低, 被还原, 体现了维生素 C 的还原性。

(3) Fe^{2+} 易被氧化, 浊液中的 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 被溶解在浊液中的 O_2 氧化, 可以观察到白色沉淀迅速变为灰绿色, 最后变为红褐色。

4. (1) Fe_3O_4 溶解铁的氧化物

(2) 漏斗、玻璃棒

(3) Fe^{3+} 还原性

(4) Fe^{3+} 具有氧化性

(5) $\text{Fe}(\text{OH})_2 \xrightarrow{4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}} 4\text{Fe}(\text{OH})_3$

【解析】(1) Fe_3O_4 具有磁性,墨粉里的铁的氧化物中有部分黑色粉末可以被磁铁吸引,说明墨粉中铁的氧化物中含有 Fe_3O_4 ; Fe_3O_4 与稀硫酸反应生成硫酸亚铁、硫酸铁和水,酸浸的目的是溶解铁的氧化物。

(2) 过滤操作所需的玻璃仪器除烧杯外还有漏斗、玻璃棒。

(3) Fe^{3+} 遇 KSCN 溶液会使溶液变为红色,取少许滤液于试管中,滴入几滴 KSCN 溶液,溶液显红色,说明滤液中含有 Fe^{3+} ;另取滤液进行检验,该滤液能使酸性 KMnO_4 溶液的紫色褪去,说明 KMnO_4 发生还原反应,即滤液中存在具有还原性的粒子。

(4) 向 FeCl_3 溶液中加入足量铜粉后铜粉逐渐溶解,溶液由棕黄色变为蓝色,说明铜被氧化为 Cu^{2+} ,发生的反应为 $2\text{Fe}^{3+} + \text{Cu} \xrightarrow{\quad} 2\text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$,得出的结论为 Fe^{3+} 具有氧化性。

(5) Y 物质为 $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 在潮湿的空气中被氧气氧化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,反应的化学方程式为 $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\quad} 4\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。

第 1 节 节测上分

1. B 【解析】铁丝在氯气中燃烧会生成氯化铁,氯化铁的水溶液为棕黄色,实验现象为产生棕褐色的烟,加水溶解后,溶液呈棕黄色,A 正确; FeO 不稳定,在氧气中受热会被氧化为 Fe_3O_4 ,而不是 Fe_2O_3 ,B 错误;纯氧化亚铁晶体中 $\frac{n(\text{Fe})}{n(\text{O})} = 1$,若 $\frac{n(\text{Fe})}{n(\text{O})} < 1$,说明有多余的 O 存在,O 为 -2 价,则 O 越多 Fe 的化合价越高,C 正确; FeSO_4 易被氧化,铁粉可将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} ,所以实验室配

制 FeSO_4 溶液时,常加入适量铁粉以防 Fe^{2+} 被氧化,D 正确。

2. C 【解析】制备 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀的过程中需要隔绝氧气,可将胶头滴管伸入试管中,不违反实验操作规范,A 错误;②中胶头滴管伸入试管中,是为了避免 FeSO_4 溶液被氧气氧化,进而长时间观察到 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 白色沉淀,B 错误;②中试管里的少量花生油用于隔绝空气,防止生成的 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 被氧化,C 正确;②中隔绝空气,

提示:能起隔绝空气作用的物质,密度要比溶液小,苯、汽油均可以, CCl_4 不行,原因是其密度大,沉入液体底部,无法起隔绝空气的作用

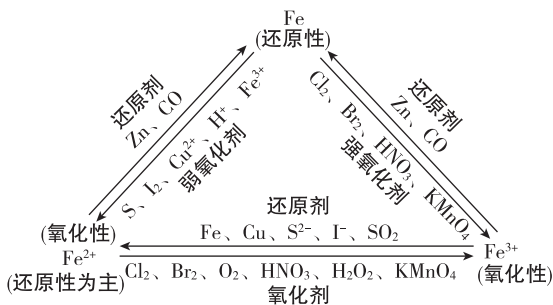
可以比①能更长时间看到 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀,D 错误。

3. C 【解析】题图中 A 为铁单质,B 为 Fe_2O_3 ,C 为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。铁与盐酸反应生成氯化亚铁,铁与氯气反应生成氯化铁,因此铁与不同的氧化剂反应,可能得到不同价态的含铁化合物,A 正确;化

合反应 $3\text{Fe} + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{Fe}_3\text{O}_4$, 置换反应 $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$, 都能生成 Fe_3O_4 , B 正确; Fe_2O_3 不能与水反应生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, C 错误; 从元素价态来看, Fe^{2+} 既具有氧化性, 也具有还原性, D 正确。

归纳总结 铁及其化合物之间的转化

此类题目考查与铁有关的物质间的相互转化, 需要熟练掌握有关反应, 可依托以下“铁三角”转化关系加强理解。



4. B

思路导引 $\text{FeCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 固体首先加热脱水生成 FeCl_2 , 然后在氮气保护下, 与 H_2 在高温下发生氧化还原反应生成纳米级 Fe。

【解析】 高温制备纳米级 Fe 的反应为 $\text{FeCl}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe} + 2\text{HCl}$, 为了防止氢气与空气混合在加热时发生爆炸, 反应前应向反应器中通入氮气, 目的是排尽装置内的空气, 防止加热时发生爆炸, 同时制得的纳米级 Fe 易被空气中的氧气氧化, 故氮气可作保护气, 并且氮气有利于铁粉分散形成纳米级 Fe, A 正确; 纳米级 Fe 与盐酸反应生成氯化亚铁和氢气, 离子方程式为 $\text{Fe} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$, B 错误; $\text{FeCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 固体加热脱水生成 FeCl_2 , 有新物质生成, 即该过程属于化学变化, C 正确; 纳米级 Fe 比普通铁粉的颗粒更小, 与氧气接触面积更大, 更易与氧气反应, D 正确。

5. D 【解析】 ①中产生的白色沉淀为硫酸钡, 反应的离子方程式为 $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{BaSO}_4 \downarrow$, A 正确; 向 FeSO_4 溶液中加入 NaOH 溶液生成的氢氧化亚铁会被氧气氧化为氢氧化铁, 故②中沉淀变成红褐色的原因为 $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{Fe}(\text{OH})_3$, B 正确; Mg、Zn 的金属性均强于 Fe, 则③中用镁条(已打磨)替换锌粒, 也可以证明 FeSO_4 具有氧化性, C 正确; 氯水可将亚铁离子氧化为铁离子, ④中调换试剂的加入顺序, 不能确定溶液中是否只含有亚铁离子, 不能证明 FeSO_4 具有还原性, D 错误。

6. CD 【解析】 Cl_2 和水反应生成 HCl 和次氯酸, 反应的离子方程式为 $\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{HClO} + \text{H}^+$, A 正确; $2\text{FeCl}_3 + \text{Fe} \rightleftharpoons 3\text{FeCl}_2$, 铁屑的作用是将 FeCl_3 还原为 FeCl_2 , B 正确; ClO^- 能把 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , Fe^{2+} 、 ClO^- 不能大量共存, C 错误; FeCl_2 吸收氯

关键点 ClO^- 在酸性、碱性、中性溶液中都具有氧化性, 故不能与具有还原性的 Fe^{2+} 共存

气生成 FeCl_3 , 离子方程式为 $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 = 2\text{Cl}^- + 2\text{Fe}^{3+}$, D 错误。



② 过量维生素 C 与高锰酸钾反应 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液 (或 NaOH 溶液) 蓝色沉淀 (或生成的白色絮状沉淀迅速变为灰绿色, 最终变为红褐色的现象)

【解析】(1) 铁粉与胃酸 (主要成分是 HCl) 反应的化学方程式为 $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ 。

(2) 制备 Na_2FeO_4 的反应为 $3\text{NaClO} + 2\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 10\text{NaOH} = 2\text{Na}_2\text{FeO}_4 + 3\text{NaCl} + 6\text{NaNO}_3 + 5\text{H}_2\text{O}$, 其中 NaClO 作氧化剂, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 作还原剂, 氧化剂与还原剂的物质的量之比为 3 : 2, 反应中铁元素由 +3 价变为 +6 价, 则制备 1 mol Na_2FeO_4 转移的电子数目为 $3N_A$, 即 $3 \times 6.02 \times 10^{23} = 1.806 \times 10^{24}$ 。

(3) ① Fe^{2+} 与 Cl_2 反应的离子方程式为 $\text{Cl}_2 + 2\text{Fe}^{2+} = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$; Fe^{2+} 不稳定, 易被氧化为 Fe^{3+} , 改进实验中煮沸的作用是除去水中溶解的氧气, 煤油的作用是隔绝空气, 防止氯化亚铁被氧化。② 维生素 C 具有还原性, 该实验中, 过量的维生素 C 也可使酸性高锰酸钾溶液褪色, 无法证明是 Fe^{2+} 使酸性高锰酸钾溶液褪色, 改进实验为取溶液 a 少许, 滴加 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液 (或 NaOH 溶液), 若出现蓝色沉淀 (或生成的白色絮状沉淀迅速变为灰绿色, 最终变为红褐色), 则可证明结论正确。



(2) 不含, 因为 Cu 剩余, 若含 Fe^{3+} , 则 Cu 会将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+}

(3) 取少量滤液 II, 滴加 KSCN 溶液, 无明显现象, 再滴加氯水, 溶液显红色 { 或取少量滤液 II, 滴加 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液, 产生蓝色沉淀 }

(4) 10.0

(5) ① FeCl_3 、 FeCl_2 、 CuCl_2 ② 11.2 ③ 6

思路导引 黄铜灰渣含有 Cu、Zn、CuO、ZnO 及少量 FeO、 Fe_3O_4 、 Fe_2O_3 , 用足量的盐酸溶解, 过滤出铜, 得到含有 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Fe^{2+} 的溶液, 加入适量的锌粉置换出单质铜, 铜和稀硝酸反应得到硝酸铜溶液。

【解析】(1) “浸取”时 Fe_3O_4 和盐酸反应生成氯化铁、氯化亚铁、水, 反应的离子方程式为 $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 由流程图可知, 过滤 I 得到单质铜, 若滤液中含 Fe^{3+} , 则 Cu 会将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} , 所以过滤 I 后所得滤液中不含 Fe^{3+} 。

(3) 取少量滤液 II, 滴加 KSCN 溶液, 无明显现象, 再滴加氯水, 溶液显红色, 则滤液 II 中铁元素以 Fe^{2+} 形式存在; 或取少量滤液 II, 滴加 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液, 产生蓝色沉淀, 则滤液 II 中铁元素以 Fe^{2+} 形式存在。

(4) 质量分数为 63%、密度为 $1.4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 的浓硝酸的物质的量浓度 $c = \frac{1000\rho w}{M} = \frac{1000 \times 1.4 \times 63\%}{63} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 14 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 设要获得 100 mL $1.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的稀硝酸, 需要用到浓硝酸的体积为 $V \text{ mL}$, 根据稀释前后硝酸物质的量不变, 则有 $14V = 100 \times 1.4$, $V = 10.0$ 。

(5) ①氯化铁与铜反应生成氯化亚铁和氯化铜, 即 $2\text{FeCl}_3 + \text{Cu} \rightleftharpoons 2\text{FeCl}_2 + \text{CuCl}_2$, 在浸泡液中加足量的铁粉并使之充分反应, 过滤并干燥固体, 固体质量比加入的铁粉质量减少了 4.8 g, 说明浸泡液中还含有氯化铁, 则浸泡液中的溶质为 FeCl_3 、 FeCl_2 、 CuCl_2 。②测得电路板质量减少了 6.4 g, 即参加反应的 Cu 为 6.4 g, 即 0.1 mol, 在浸泡液中加入足量的铁粉, 首先发生反应 $2\text{FeCl}_3 + \text{Fe} \rightleftharpoons 3\text{FeCl}_2$, 该反应会使固体质量减少, 氯化铁完全反应后, 氯化铜与 Fe 发生置换反应 $\text{Fe} + \text{CuCl}_2 \rightleftharpoons \text{Cu} + \text{FeCl}_2$, 该反应会使固体质量增加, 每置换出 1 mol Cu, 则消耗 1 mol Fe, 固体质量增加 $64 \text{ g} - 56 \text{ g} = 8 \text{ g}$, 即置换出 0.1 mol Cu 使固体质量增加 0.8 g, 但固体质量比加入的 Fe 粉质量减少了 4.8 g, 说明 FeCl_3 消耗 Fe 的质量为 5.6 g, 物质的量为 0.1 mol, 所以参加反应的 Fe 粉的质量为 11.2 g。③ $2\text{FeCl}_3 + \text{Cu} \rightleftharpoons 2\text{FeCl}_2 + \text{CuCl}_2$ 、 $\text{Fe} + \text{CuCl}_2 \rightleftharpoons \text{Cu} + \text{FeCl}_2$ 两个反应过程中, 相当于发生反应 $2\text{FeCl}_3 + \text{Fe} \rightleftharpoons 3\text{FeCl}_2$, 消耗 Fe 的物质的量为 0.2 mol, 则反应后生成的二价铁的物质的量为 0.6 mol, 则最后所得溶液中 Fe^{2+} 的浓度为 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

专题上分 8

铁及其化合物的转化

关系及应用

- 1. C** 【解析】Fe 与氯气在加热条件下发生化合反应生成 FeCl_3 , FeCl_3 与 NaOH 发生复分解反应生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和 NaCl, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 受热发生分解反应生成 Fe_2O_3 和水, 氢气与 Fe_2O_3 在高温条件下发生置换反应生成 Fe 和水, 因此该过程涉及的化学反应依次属于四种基本反应类型中的化合反应、复分解反应、分解反应、置换反应。故选 C。
- 2. D** 【解析】Fe 与硫酸铜反应生成硫酸亚铁和 Cu, 则反应后过滤可除杂, A 正确; 铁与盐酸反应, 然后过滤可除去 Cu 粉中含有的杂质 Fe, B 正确; FeCl_2 可以被新制氯水氧化为 FeCl_3 , C 正确; CO_2 、HCl 均能和饱和碳酸钠溶液反应, 无法除杂, D 错误。
- 3. B**



攻略上分

大招攻略 24: 从价态及物质类别两个角度分析铁及其化合物的相互转化关系。

【解析】根据该金属元素的“价—类”二维图可知, 该元素的化合价有 0、+2、+3、+6, 则该元素为 Fe, a 为铁单质, b 为 FeO , c 为 Fe_2O_3 , f 为亚铁盐, d 为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, e 为 $\text{Fe}(\text{OH})_2$, g 为铁盐, h 为高铁酸盐。HI 与 FeO 的反应为酸与碱性氧化物的反应, 而 HI 与

Fe_2O_3 反应时,由于 Fe^{3+} 可以氧化 I^- ,故还会发生氧化还原反应,原理不完全相同,A 正确;图乙装置中 A 管中的导管没有插到液面以下,生成的 FeSO_4 无法压入 B 管中,不能形成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$,B 错误;根据分析,h 为高铁酸盐,+6 价的铁具有强氧化性,可用于饮用水的消毒,还原产物 Fe^{3+} 可以形成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体,可以净水,C 正确;亚铁盐和氯气反应生成铁盐,铁盐和 NaOH 溶液反应生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 受热分解生成 Fe_2O_3 , $f \rightarrow g \rightarrow d \rightarrow c$ 的转化均可一步实现,D 正确。

归纳总结 铁及其化合物的性质与用途分析

物质性质	物质用途
Fe 具有还原性	作抗氧化剂防止食品氧化变质
Fe_2O_3 是红棕色粉末	作红色颜料
FeCl_3 溶液中 Fe^{3+} 水解生成氢氧化铁胶体,具有吸附性	可用作净水剂
K_2FeO_4 是强氧化剂,还原产物铁离子水解生成氢氧化铁胶体	K_2FeO_4 作新型净水剂
$\text{Cu} + 2\text{FeCl}_3 \longrightarrow 2\text{FeCl}_2 + \text{CuCl}_2$	FeCl_3 溶液腐蚀 Cu 制作印刷电路板

4. D 【解析】整个转化过程中,过程②消耗 Fe^{3+} ,过程③生成 Fe^{3+} ,则 Fe^{3+} 可以循环使用,A 正确;过程①中,发生的反应 $\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{S} \longrightarrow \text{CuS} \downarrow + 2\text{H}^+$ 属于复分解反应,B 正确;整个转化过程中 $n(\text{Fe}^{3+})$ 不变,S 与 O_2 存在关系式 $\text{O}_2 \sim 2\text{S}$,当有 1 mol S 生成时,消耗 0.5 mol O_2 ,0.5 mol O_2 的质量是 16 g,C 正确;过程②发生反应的离子方程式为 $\text{CuS} + 2\text{Fe}^{3+} \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Fe}^{2+} + \text{S}$,D 错误。

5. (1) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$

(2) 作还原剂 (3) FeSO_4

(4) bc ac (5) $\frac{2.78b}{a}\%$



思路导引

由题干工艺流程图可知,红渣和 H_2SO_4 反应后氧化铁转化为铁离子,并进入滤液 1 中, SiO_2 不与 H_2SO_4 反应,进入滤渣;滤液 1 中加入黄铁矿将铁离子转化为亚铁离子,过滤,滤液 2 经过蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥得到 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,滤液 3 中未析出的 FeSO_4 可以循环利用。

【解析】(1) 氧化铁和硫酸反应生成硫酸铁和水,反应的离子方程式为 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 由思路导引可知,滤液 1 中含有铁离子,铁离子具有氧化性, FeS_2 具有还原性能作还原剂,两者反应将铁离子转化为亚铁离子。

(3) 由思路导引可知,流程中可循环利用的物质有 FeSO_4 。

(4) 用含 FeSO_4 的滤液 3 制备 Fe_2O_3 ,应加入氧化剂(如过氧化氢或 O_2)将亚铁离子转化为铁离子,然后加入碱(如 NaOH 或氨水)将铁离子转化为氢氧化铁沉淀,煅烧沉淀得到氧化铁。

(5) 结合反应和铁元素守恒可知, $n(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Fe}^{2+}) = 5n(\text{KMnO}_4) = 5 \times 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times b \times 10^{-3} \text{ L} = b \times 10^{-4} \text{ mol}$,则

$$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \text{ 的质量分数是 } \frac{b \times 10^{-4} \text{ mol} \times 278 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{a \text{ g}} \times 100\% = \frac{2.78b}{a} \%$$

第2节 硫的转化

第1课时 硫及其氧化物



对点上分

1. A 【解析】O 元素是地壳中含量最多的非金属元素, A 错误; S_2 、 S_4 、 S_8 是由硫元素形成的不同单质, 互为同素异形体, B 正确; 过量煅烧含硫矿石产生大量 SO_2 , SO_2 排放到空气中与水反应生成亚硫酸, 继续氧化生成硫酸, 会引起酸雨等环境问题, C 正确; 蛋

白质由 C、H、N、O、S 等元素组成, 硫元素在蛋白质的合成中有着重要的作用, D 正确。

2. D 【解析】由题图知, 硫在自然界中有硫单质、硫酸盐、硫化氢等多种存在形式, A 正确; 过程⑤将 SO_4^{2-} 转化为 H_2S , S 元素化合价降低, 被还原, 宜在土壤的缺氧区进行, B 正确; 过程⑥中硫元素化合价降低, 由 0 价降为 -2 价, 发生还原反应, C 正确; 题图循环过程中①、②均为硫的氧化, D 错误。

3. D 【解析】硫是一种黄色或淡黄色的固体, 质脆易研成粉末, A 正确; 硫和氧气反应生成 SO_2 , 产生蓝紫色火焰, B 正确; 硫黄易

溶于 CS_2 , 试管内壁上的硫黄可用 CS_2 清洗, C 正确; S 与金、银、铜、铁加热反应时, S 元素的化合价降低, 被还原, 体现的是硫单质的氧化性, D 错误。

4. C 【解析】S 的氧化性较弱, 与变价金属化合只能生成低价态金属硫化物, A 正确, C 错误; S 与氢气在加热条件下发生化合反应生成硫化氢, B 正确; S 在氧气中燃烧只能生成二氧化硫, D 正确。

5. A 【解析】二氧化硫能与碱反应生成盐和水, 属于酸性氧化物, A 错误, B 正确; 二氧化硫能与水反应生成对应的酸, 即亚硫酸, C 正确; 二氧化硫属于酸性氧化物, 能与 CaO 反应生成盐, 即亚硫酸钙, D 正确。

6. C



攻略上分

通法攻略 25: SO_2 的褪色原理可能与 SO_2 的四种主要性质都有关系, 解题时切勿张冠李戴。

【解析】 SO_2 具有还原性, 但 SO_2 和浓硫酸不反应, 可以用浓

硫酸干燥, A 错误; 向葡萄酒中添加少量 SO_2 可以起到防腐、抗氧化等作用, B 错误、C 正确; SO_2 可以使新制氯水褪色, 体现了它

的还原性, D 错误。

关键点 控制用量, 可以添加

7. A 【解析】三氧化硫极易溶于水,为酸性氧化物,与水反应生成 H_2SO_4 , A 正确;标准状况下三氧化硫不是气体,不能使用气体摩尔体积计算, B 错误;二氧化硫在适当的温度并有催化剂存在的条件下,可以被氧气氧化,生成三氧化硫, C 错误;三氧化硫不具有漂白性,二氧化硫不能漂白酸碱指示剂, D 错误。

8. C 【解析】 SO_2 具有还原性,能够与氧化剂反应,食品工业用 SO_2 作抗氧化剂, A 正确; SO_2 中 S 为 +4 价、 SO_3 中 S 为 +6 价,均为较高价态,都有氧化性,都可以被 H_2S 还原, B 正确;硫在空气中燃烧生成 SO_2 , SO_2 转化为 SO_3 过程中需要加入催化剂, C 错误; SO_2 和 SO_3 都是酸性氧化物,分别与水反应生成 H_2SO_3 和 H_2SO_4 , D 正确。

提示: 反应条件不同, 所以不会同时发生

9. C

攻略上分 通法攻略 26: 利用 SO_2 的特性鉴别 SO_2 和 CO_2 , 检验 CO_2 时首先要排除 SO_2 的干扰。

【解析】二氧化硫能使酸性高锰酸钾溶液褪色, 二氧化碳不能使酸性高锰酸钾溶液褪色, 酸性高锰酸钾溶液可以鉴别 SO_2 和 CO_2 , A 不符合题意; 二氧化硫能使品红溶液褪色, 二氧化碳不能使品红溶液褪色, 品红溶液可以鉴别 SO_2 和 CO_2 , B 不符合题意; 二氧化硫、二氧化碳都不和 BaCl_2 溶液反应, BaCl_2 溶液不能鉴别 SO_2 和 CO_2 , C 符合题意; 二氧化硫能使溴水褪色, 二氧化碳不能使溴水褪色, 溴水可以鉴别 SO_2 和 CO_2 , D 不符合题意。

10. C 【解析】 SO_2 能与 NaHCO_3 反应生成 CO_2 , 干扰 CO_2 的检验, A 错误; SO_2 和 CO_2 均能与澄清石灰水反应生成沉淀, B 错误; 酸性高锰酸钾溶液和 SO_2 反应, 剩余气体通过澄清石灰水, 若溶液变浑浊说明存在 CO_2 , C 正确; SO_2 能使品红溶液褪色, 但品红溶液不能检验 CO_2 , D 错误。

易错警示 SO_2 、 CO_2 混合气体的检验与除杂顺序

混合气体中同时含有 SO_2 和 CO_2 时, 要先检验并除去 SO_2 , 然后检验 CO_2 。

检验化学性质相似的两种物质时, 应从物质的“个性”着手。检验二氧化碳中是否含有二氧化硫, 可利用 SO_2 的漂白性、还原性等 CO_2 不具有的性质, 将混合气体通入品红溶液或酸性高锰酸钾溶液, 根据溶液颜色是否发生变化进行判断。

11. B 【解析】让混合气体通过盛有 NaOH 溶液的洗气瓶①, CO_2 、 SO_2 均与 NaOH 溶液反应, 且除杂时导管应长进短出, A 错误; 先让混合气体通过盛有饱和 NaHCO_3 溶液的洗气瓶②, 可除去 SO_2 , 再通过盛有浓 H_2SO_4 的洗气瓶①, 可得到干燥、纯净的 CO_2 , B 正确; 让混合气体通过盛有 Na_2CO_3 溶液的洗气瓶②, CO_2 、 SO_2 均与 Na_2CO_3 溶液反应, C 错误; 先让混合气体通过盛有饱和 Na_2CO_3 溶液的洗气瓶①, CO_2 、 SO_2 均与 Na_2CO_3 溶液反应, 且除杂时导管应长进短出, D 错误。

12. C



攻略上分

通法攻略 27: 亚硫酸钠制 SO_2 , 硫酸浓度的选择与反应速率的控制及 SO_2 的溶解性相关。

【解析】 SO_2 具有还原性, KMnO_4 具有氧化性, S 元素化合价从 +4 价升至 +6 价, Mn 元素化合价从 +7 价降至 +2 价, A 正确; SO_2 具有还原性, I_2 具有氧化性, S 元素化合价从 +4 价升至 +6 价, I 元素化合价从 0 价降至 -1 价, B 正确; H_2SO_3 是弱酸, HCl 是强酸, 弱酸不能制取强酸, 即 SO_2 与 BaCl_2 溶液不反应, 不会有白色沉淀产生, C 错误; SO_2 是酸性氧化物, 能与强碱发生反应, D 正确。

提示: 也可以逆向分析, 生成的 BaSO_3 能溶于稀盐酸

13. (1) 检查装置气密性



② 试纸变红 溶液褪色

③ SO_2 易溶于水

(3) 节约药品(或不污染环境, 合理即可)

(4) 40



思路导引

将注射器中浓硫酸注入盛有亚硫酸钠的导管中发生反应生成二氧化硫, 二氧化硫是酸性氧化物, 可使湿润的紫色石蕊试纸变红, 具有漂白性可使品红溶液褪色, 同时易溶于水。

【解析】(1) 在装入药品前, 为防止装置漏气, 需要进行的操作是检查装置气密性。

(2) ① 浓 H_2SO_4 与 Na_2SO_3 粉末发生反应的化学方程式为 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。③ 推入浓硫酸后, 迅速产生气体, 体系内压强变大, 气球膨胀, 几分钟后, SO_2 逐渐溶于水, d 处气球逐渐变小, 恢复至原样, 说明二氧化硫易溶于水。

(3) 这种实验设计在密闭装置中同时进行多个实验, 其优点是节约药品, 且不会污染环境。

(4) 由硫元素守恒知, 加入 KMnO_4 溶液将体系内含硫物质氧化, 相当于 KMnO_4 将起始 Na_2SO_3 氧化, 由得失电子守恒得关系式:

$$5\text{Na}_2\text{SO}_3 \sim 2\text{KMnO}_4, \text{由图中数据知 } n(\text{Na}_2\text{SO}_3) = \frac{1.26 \text{ g}}{126 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} =$$

$$0.01 \text{ mol}, n(\text{KMnO}_4) = \frac{0.01 \text{ mol} \times 2}{5} = 0.004 \text{ mol}, \text{溶液体积 } V =$$

$$\frac{0.004 \text{ mol}}{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 0.04 \text{ L} = 40 \text{ mL}。$$



能力上分

1. D 【解析】硫在地壳、大气和海洋中都有分布, 其中地壳中的硫元素常以硫化物和硫酸盐形式存在, A 正确; 硫元素的循环包含物质类别及硫元素价态的变化, 价态变化既有升高(硫元素被氧化)又有降低(硫元素被还原), B 正确; 工业排放的 SO_2 尾气可与 CaO 和 O_2 反应生成 CaSO_4 , 因此常用 CaO 处理工业排放的 SO_2 尾气, C 正确; SO_2 转化成 SO_3 的反应是可逆反应, 反应物 SO_2 不能完全

转化为产物 SO_3 , D 错误。

- 2. C** 【解析】① SO_2 与品红中有色物质化合生成无色物质, 使溶液褪色; ②氯气和水反应生成的 HClO 具有强氧化性, 能使品红溶液褪色; ③ Na_2O_2 和水反应生成的 NaOH 使溶液显碱性, 故溶液先变红, Na_2O_2 与水反应的过程中可生成 H_2O_2 , H_2O_2 具有强氧化性从而使溶液褪色; ④ SO_2 使酸性 KMnO_4 溶液褪色, 是因为发生了氧化还原反应 $5\text{SO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$, 体现 SO_2 的还原性。综上分析, 有色溶液褪色原理基本相同的是②③, C 符合题意。

易错警示 常见的漂白原理

常见的漂白原理有三种类型: 氧化型、化合型、吸附型。考生常因不清楚漂白剂的性质, 不能将物质褪色的原因与漂白原理建立对应关系而出错。

SO_2 使物质褪色的情况: ① SO_2 使品红溶液褪色, 体现了 SO_2 的漂白性, 但 SO_2 不能漂白酸碱指示剂; ②并非所有与 SO_2 反应的物质褪色都体现了 SO_2 的漂白性, 如 SO_2 使滴有酚酞的 NaOH 溶液褪色, 体现了 SO_2 是酸性氧化物的性质, SO_2 使溴水和酸性 KMnO_4 溶液褪色, 体现了 SO_2 的还原性。

3. B

思路导引 该装置用于制备和检验 SO_2 , 先通入氮气排尽装置中的氧气, 持续通入可以推动产生的 SO_2 进入到后

提示: 防止在溶液中被氧化为 H_2SO_4

续的装置中。

【解析】若装置 B 中为紫色石蕊溶液, 通入 SO_2 后, 紫色石蕊溶液变红, 但不会褪色, 说明 SO_2 溶于水产生了酸, SO_2 为酸性氧化物, A 错误; 装置 B 中为浓硫酸, 仅起干燥作用, 装置 C 中 FeCl_3 会氧化 SO_2 产生 SO_4^{2-} , SO_4^{2-} 再与 Ba^{2+} 产生硫酸钡沉淀, B 正确; SO_2 溶于水生成的 H_2SO_3 是弱酸, 酸性比 HCl 弱, 根据弱酸不能制强酸的原理可知, 若装置 B 中为 $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CaCl_2 溶液, 通入 SO_2 后, 装置 B 中不会产生沉淀, C 错误; 若装置 B 中为 Na_2S 溶液, 通入 SO_2 后, 有淡黄色 S 沉淀生成, SO_2 中的硫元素化合价从 +4 价降低到 0 价, 作为氧化剂, 具有氧化性, D 错误。

4. B

思路导引 硫酸亚铁在高温条件下分解可生成 Fe_2O_3 、 SO_3 、 SO_2 , SO_2 与 BaCl_2 溶液不反应, SO_3 与 BaCl_2 溶液反应会产生 BaSO_4 , 故可用装置 b 中的 BaCl_2 溶液检验 SO_3 , 现象是有白色沉淀生成; 装置 c 用于检验 SO_2 , 可选用品红溶液或酸性高锰酸钾溶液; d 为尾气处理装置, 可选用氢氧化钠溶液。

【解析】 Fe_3O_4 为黑色固体, 残留的红色粉末是氧化铁, A 错误; 根

据思路导引可知, SO_3 与 BaCl_2 溶液反应会产生 BaSO_4 , 证明分解产物中有 SO_3 气体, B 正确; 装置 c 中的试剂为酸性 KMnO_4 溶液, 作用是检验混合气体中的 SO_2 , 如果溶液颜色变浅或褪色, 证明存在 SO_2 , C 错误; 装置 d 可用于吸收多余尾气, 因此装置 d 之后无需增加尾气处理装置, D 错误。



(2) 生成黄色沉淀 氧化

(3) D 中溶液褪色

(4) 品红溶液褪色后, 取下装置 E 中的试管, 加热, 溶液恢复红色

(5) $\text{SO}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ Na_2SO_3 为 0.01 mol、 NaHSO_3 为 0.01 mol



思路导引

由实验装置图可知, 装置 A 中浓硫酸与亚硫酸钠反应制备二氧化硫, 装置 B 中酸性高锰酸钾溶液褪色, 证明二氧化硫具有还原性, 装置 C 中硫化钠溶液中生成黄色沉淀, 证明二氧化硫具有氧化性, 装置 D 中氢氧化钠的酚酞溶液褪色, 二氧化硫表现酸性氧化物的性质, 装置 E 中品红溶液褪色证明二氧化硫具有漂白性, 最后进行尾气处理。

【解析】(1) 装置 B 中酸性高锰酸钾溶液将 SO_2 氧化为 SO_4^{2-} , 离子方程式为 $5\text{SO}_2 + 2\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 5\text{SO}_4^{2-} + 2\text{Mn}^{2+} + 4\text{H}^+$ 。

(2) 装置 C 中硫化钠与 SO_2 发生归中反应生成 S, 实验现象为生成黄色沉淀, 证明二氧化硫具有氧化性。

(3) 装置 D 中 SO_2 与 NaOH 反应生成亚硫酸钠, 溶液碱性减弱, 故溶液褪色, 二氧化硫表现酸性氧化物的性质。

(4) 二氧化硫能使品红溶液褪色, 加热褪色后的溶液, 溶液又重新变为红色, 说明二氧化硫使品红溶液褪色的过程可逆。

(5) 装置 D 中 NaOH 溶液与 SO_2 反应的离子方程式为 $\text{SO}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$; $n(\text{NaOH}) : n(\text{SO}_2) = (0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.1 \text{ L}) : \frac{0.448 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 3 : 2$, NaOH 和 SO_2 完全反应, 所得溶液中的溶质为 Na_2SO_3 和 NaHSO_3 , 根据 Na 守恒列式 $2n(\text{Na}_2\text{SO}_3) + n(\text{NaHSO}_3) = 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.1 \text{ L}$, 根据 S 守恒列式 $n(\text{Na}_2\text{SO}_3) + n(\text{NaHSO}_3) = \frac{0.448 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}}$, 两式联立解得 $n(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0.01 \text{ mol}$ 、 $n(\text{NaHSO}_3) = 0.01 \text{ mol}$ 。

第2课时 硫酸



对点上分

1. A



攻略上分

通法攻略 28: 帮你全面解决“吸水性”和“脱水性”的辨别问题。

【解析】浓硫酸具有吸水性, 可用来作干燥剂, 干燥某些气体, A 正确; 浓硫酸在加热条件下与铜反应, 体现了浓硫酸的氧化性和酸性, B 错误; 用浓硫酸在纸上书写的字迹变黑, 是浓硫酸使纸中

纤维脱水炭化,C 错误;空气中敞口久置的浓硫酸质量增大,是

因为浓硫酸具有吸水性,D 错误。

2. B



思路导引

浓硫酸具有吸水性、脱水性、强氧化性和酸性,作为干燥剂,可吸收水分,则不能和被干燥的气体反应。

【解析】具有还原性的气体(如② H_2S)、碱性气体(如⑥ NH_3)都能与浓硫酸反应,不能用浓硫酸干燥; SO_2 虽具有还原性,但其中S的+4价和+6价为相邻价态,同种元素相邻价态不发生氧化还原反应,即 SO_2 与浓硫酸不反应,可以用浓 H_2SO_4 干燥,故选B。

关键点拨

H_2 虽具有还原性,但 H_2 不溶于水,与浓硫酸的接触几率小,尚未反应就逸出反应体系了。

3. C

【解析】常温下Fe在浓硫酸中钝化,在稀硫酸中发生反应 $\text{Fe}+2\text{H}^+=\text{Fe}^{2+}+\text{H}_2\uparrow$,有气体逸出,可以用Fe鉴别浓硫酸和稀硫酸,A不符合题意;浓硫酸具有吸水性,能使胆矾失去结晶水由蓝色变为白色,胆矾溶于稀硫酸溶液变蓝,可以用胆矾鉴别浓硫酸和稀硫酸,B不符合题意;浓硫酸和稀硫酸均能与碱反应,使含有酚酞的碱溶液的红色褪去,现象相同,无法鉴别,C符合题意;浓硫酸具有脱水性,能使pH试纸炭化变黑,稀硫酸可以使pH试纸变色,可用pH试纸鉴别浓硫酸和稀硫酸,D不符合题意。

4. C



攻略上分

浓硫酸的性质实验中,多种性质同时表现,通法攻略28帮你全面总结突破。

【解析】浓硫酸将蔗糖中的H原子、O原子按2:1的个数比以 H_2O 的形式脱除,白色固体变黑,体现浓硫酸的脱水性,A正确;浓硫酸脱水过程中产生大量的热,会发生反应 $\text{C}+2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓})\xrightarrow{\Delta}\text{CO}_2\uparrow+2\text{SO}_2\uparrow+2\text{H}_2\text{O}$,产生的大量气体使固体体积膨胀,B、D正确;浓硫酸与C发生氧化还原反应生成二氧化硫,体现了浓硫酸的强氧化性,C错误。

5. D

【解析】浓硫酸与铜反应生成硫酸铜、 SO_2 和 H_2O ,通过提拉铜丝可控制铜与浓硫酸的接触,从而控制反应的发生和停止,A正确;浸有NaOH溶液的棉团可吸收 SO_2 ,发生反应的离子方程式为 $2\text{OH}^-+\text{SO}_2=\text{SO}_3^{2-}+\text{H}_2\text{O}$,B正确; SO_2 具有漂白性,可使品

红溶液褪色, SO_2 为酸性氧化物,与水反应生成 H_2SO_3 ,将 SO_2 通入石蕊溶液中,石蕊溶液变红色,故品红溶液褪色和石蕊溶液变红均可证明反应发生,C正确;若将品红溶液和石蕊溶液调换位置,气体带出的硫酸蒸气进入盛有石蕊溶液的试管,而使石蕊溶

液变红,因此仅凭石蕊变红无法证明生成了 SO_2 ,还需要结合其他方法才能证明生成了 SO_2 ,D错误。

6. D



思路导引

硫黄或黄铁矿燃烧生成二氧化硫,二氧化硫在加热、催化剂条件下,与 O_2 反应生成三氧化硫,三氧化硫用98.3%的浓硫酸吸收,得到硫酸。

【解析】硫在空气中燃烧生成二氧化硫,硫在过量氧气中燃烧,也

生成二氧化硫,不能生成三氧化硫,A 错误;硫的氧化性较弱,不能将铁氧化成高价态硫化物,只能生成 FeS,B 错误; SO_2 与氧气的反应是一个可逆反应,化学方程式为 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightleftharpoons[400 \sim 500\text{ }^\circ\text{C}]{\text{V}_2\text{O}_5} 2\text{SO}_3$, 6.4 g (0.1 mol) SO_2 参与反应,转移电子数小于 $0.2N_A$,C 错误;根据思路导引可知,工业上的 X 是 98.3% 的浓硫酸,D 正确。

7. A 【解析】由反应及原子守恒可知,存在 $\text{FeS}_2 \sim 2\text{SO}_2 \sim 2\text{H}_2\text{SO}_4$, 设制得 98% 浓硫酸的质量为 x ,根据题意可得:

$$\begin{array}{ccc} \text{FeS}_2 & \sim & 2\text{SO}_2 \sim 2\text{H}_2\text{SO}_4 \\ 120 & & 196 \\ 1\,000\text{ kg} \times 75\% & & x \times 98\% \end{array}$$

$$\frac{120}{196} = \frac{1\,000\text{ kg} \times 75\%}{x \times 98\%}, x = 1\,250\text{ kg}, \text{可制得 } 98\% \text{ 的浓硫酸 } 1\,250\text{ kg},$$

A 正确。

8. D 【解析】煤和石油是当今社会的主要能源,不能禁止使用,应合理综合利用,A 错误;工厂烟囱造高,污染物仍排入大气中,不可以减少酸雨的形成,B 错误;pH 小于 5.6 的雨水是酸雨,而非显酸性的雨水就是酸雨,C 错误;将酸雨收集露置于空气中测其 pH 减小,这是因为亚硫酸被空气中的氧气氧化为硫酸: $2\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{SO}_4$,弱酸变为强酸,酸性增强,pH 减小,D 正确。

关键点拨 +4 价的 S 氧化为 +6 价的 S,各种转化的难易程度不同; SO_2 转化为 SO_3 条件比较苛刻, H_2SO_3 与氧气作用转化为 H_2SO_4 较为缓慢,而 SO_3^{2-} 转化 SO_4^{2-} 就容易得多,反应能较快进行。

9. B 【解析】“吸收”步骤中发生的反应为 $2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = 2\text{FeSO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$,Fe 的化合价降低,则 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 发生还原反应,为氧化剂,A 错误;氧化还原反应中,氧化剂的氧化性强于氧化产物的氧化性,根据题图中反应过程可知,氧化性强弱顺序为 $\text{O}_2 > \text{Fe}^{3+} > \text{SO}_4^{2-}$,B 正确;气体的存在状况没有给出,不能根据气体体积计算相关物质和转移电子的物质的量,C 错误; $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液在流程中可以循环使用,不需要大量消耗,D 错误。

10. A 【解析】X 为 H_2S ,S 元素的化合价为 -2 价,A 正确; SO_2 可以和水反应生成 H_2SO_3 , H_2SO_3 可以被氧气氧化为 H_2SO_4 ,B 错误;在 $100 \sim 200\text{ }^\circ\text{C}$ 时 SO_2 中 S 元素化合价降低, H_2S 中 S 元素化合价升高,反应为 $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$,不属于置换反应,C 错误;用浓硝酸处理工业尾气中的 SO_2 会生成氮氧化物,也会污染环境,D 错误。

11. (1) i. ①⑥ ii. 氯水的浅黄绿色褪去 iii. ②⑦

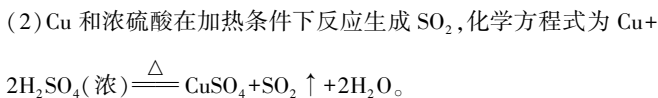


(3) ① SO_4^{2-} ② 除去未反应的 SO_3^{2-} ,防止其与 Ba^{2+} 反应产生白色

沉淀干扰 SO_4^{2-} 的检验 ③ Na_2SO_3 也可能被空气中的 O_2 氧化为 Na_2SO_4 ④实验 a 中白色沉淀的量比实验 b 多(或实验 a 中有白色沉淀生成而实验 b 中没有)



【解析】(1)实验 2 中,将+4 价的 S 转化为+6 价的 S,可选择 SO_2 水溶液和氯水,二者反应生成 H_2SO_4 和 HCl ,氯水的浅黄绿色褪去;实验 5 中,将+6 价的 S 转化为+4 价的 S,可选择 Cu 和浓硫酸,二者在加热条件下反应生成 SO_2 。



(3)①向反应后的溶液中先加过量稀盐酸,再加足量 BaCl_2 溶液,可检验溶液中是否含有 SO_4^{2-} 。② SO_3^{2-} 和稀盐酸反应生成 SO_2 ,加稀盐酸可以除去未反应的 SO_3^{2-} ,防止其与 Ba^{2+} 反应产生白色沉淀干扰 SO_4^{2-} 的检验。③ Na_2SO_3 也可能被空气中的 O_2 氧化为 Na_2SO_4 ,故设计此实验进行对比,防止对实验结果造成干扰。④若实验 a 中白色沉淀的量比实验 b 多,或实验 a 中有白色沉淀生成,而实验 b 中没有,即可验证 SO_3^{2-} 是被氯水氧化为 SO_4^{2-} 。

(4) Na_2SO_3 和 Na_2S 需在酸性条件下才能反应生成 S 单质,故应加入的试剂为酸,但若该酸为氧化性酸,则会对实验造成干扰,所以只能选择稀盐酸和稀硫酸,即③或⑧,反应的离子方程式为 $2\text{S}^{2-} + \text{SO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ \longrightarrow 3\text{S} \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}。$

第 2 节 节测上分

1. B 【解析】自然界中游离态的硫出现在火山口附近或地壳的岩层中,A 正确;石膏的化学式为 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,熟石膏的化学式为 $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$,B 错误; H_2SO_4 是强酸,为强电解质, H_2SO_3 是弱酸,是弱电解质,C 正确;史料记载中的“丹砂”具有鲜艳的红色,是红色的 HgS ,常被用作颜料,D 正确。

2. B 【解析】盐酸与 Na_2S 溶液反应生成 H_2S 和 NaCl ,没有发生氧化还原反应,无法验证 S^{2-} 具有还原性,A 错误;加热黄色的硫粉与铁粉的混合物,二者反应生成黑色的 FeS ,硫元素化合价由 0 价降低为-2 价,S 作氧化剂,可验证硫单质具有氧化性,B 正确;浓硫酸滴入蔗糖,蔗糖脱水变黑,浓硫酸表现脱水性,不能验证浓硫酸具有吸水性,C 错误;将 SO_2 通入酸性 KMnO_4 溶液中发生氧化还原反应生成锰离子和硫酸根离子,体现 SO_2 的还原性,不能验证 SO_2 具有漂白性,D 错误。

3. C



思路导引

根据图像可知,a、b、c、d、e 分别为 H_2S 、S、 SO_2 、 H_2SO_4 、 Na_2SO_3 (或 NaHSO_3)。

【解析】一定条件下,能实现 $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ 的转化,例

如, $\text{H}_2\text{S} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{S} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{SO}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}_2} \text{H}_2\text{SO}_4$, A 正确; H_2S 和 SO_2 反应的化学方程式为 $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$, H_2S 失电子生成的 S 为氧化产物, SO_2 得电子生成的 S 为还原产物, 氧化产物、还原产物的质量之比为 2:1, B 正确; SO_2 不能漂白石蕊溶液, 即向石蕊溶液中通入二氧化硫, 溶液只变红色不褪色, C 错误; Na_2SO_3 和 S 反应生成 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 化学方程式为 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} = \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, D 正确。

4. A



思路导引

$4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{一定条件}} \text{N}_2 \uparrow + 6\text{NH}_3 \uparrow + 3\text{SO}_2 \uparrow + \text{SO}_3 \uparrow + 7\text{H}_2\text{O}$, 将生成的气体通入 BaCl_2 溶液中, 可认为生成的气体先跟水反应, 再相互反应生成 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 、 NH_4HSO_3 , 三者的物质的量之比约为 1:1:2, 然后 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 与 BaCl_2 发生反应, 分别生成 BaSO_4 和 NH_4Cl 、 BaSO_3 和 NH_4Cl , NH_4HSO_3 与 BaCl_2 不反应。

【解析】由思路导引可知, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 的物质的量之比约为 1:1, 分别与 BaCl_2 发生反应, 生成 BaSO_4 、 BaSO_3 , 且物质的量之比约为 1:1, A 正确, C 错误; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 中 N 的化合价为 -3 价, N_2 中 N 的化合价为 0, 每生成 1 个 N_2 转移 6 个电子, 4 mol $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 生成 1 mol N_2 转移 6 mol 电子, 则 1 mol $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 分解转移 1.5 mol 电子, B 错误; 因为逸出的气体无色、无味, 则从溶液中逸出的气体为 N_2 , 溶液中的溶质为 NH_4HSO_3 和 NH_4Cl , D 错误。

5. C 【解析】过程 I 为 SO_2 与碱反应生成盐和水, SO_2 表现出酸性氧化物的性质, A 正确; 过程 II 中, 由得失电子守恒可得关系式 $2\text{Na}_2\text{SO}_3 \sim \text{O}_2 \sim 4\text{e}^-$, 由此可知 1 mol O_2 可氧化 2 mol Na_2SO_3 , B 正确; 根据题图, 过程 I 中不存在元素化合价的变化, 未发生氧化还原反应, C 错误; 根据图示可得总反应为 $2\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$, D 正确。

6. AC 【解析】①中试管上方有红棕色 Br_2 蒸气产生, 说明浓硫酸可以将 Br^- 氧化, ②中试管上方无明显现象, 说明浓硫酸不能将 Cl^- 氧化为 Cl_2 , 否则应有黄绿色气体出现, 所以对比①和②可以说明还原性: $\text{Br}^- > \text{Cl}^-$, A 正确; ③中发生的反应是 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 不是氧化还原反应, 体现的是浓 H_2SO_4 的

强酸性, B 错误; ②中试管口出现的白雾为盐酸小液滴, C 正确;

反应原理是难挥发性酸制易挥发性酸

③中发生的反应不是氧化还原反应, 不能说明氧化性: $\text{Br}_2 > \text{SO}_2$, D 错误。

关键点 含有相邻价态同一元素的物质间不进行氧化还原反应

提示: 硫酸制盐酸的

7. BC



思路导引 根据题干信息, SO_2Cl_2 极易水解, 所以制取的气体需要干燥后才能进入装置丙反应, 装置丙与外界相通时也需要进行防潮处理, 防止空气中的水蒸气进入装置丙, 装置 C 中碱石灰既可以吸收尾气, 也可以防止外界水蒸气进入装置丙。

【解析】 装置甲用来制 Cl_2 , 无加热装置, 所以可以选用氧化剂 KMnO_4 或 KClO_3 , A 正确; 磺酰氯中硫元素的化合价为 +6 价, 极

提示: MnO_2 不可选, 装置需要加热才能反应

易水解的磺酰氯与水反应生成 H_2SO_4 和 HCl , B 错误; 装置乙中应盛放浓硫酸, 用于干燥氯气, 防止水蒸气进入装置丙中导致磺酰氯水解, 同时吸收挥发的 HCl 气体, C 错误; 由反应的化学方程式可知, 制备磺酰氯时, SO_2 和氯气的物质的量之比为 1 : 1, 可通过观察装置乙和丁中单位时间内的气泡数来调节气体流量, D 正确。

8. (1) 生成黄色沉淀 $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{S}^{2-} + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 3\text{S} \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$

(2) 品红溶液褪色 吸收多余的二氧化硫

(3) 增大反应物的接触面积, 使反应充分 $\text{SO}_2 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{I}^-$

(4) 溶液蓝色消失 $\frac{640}{at} \times 10^{-3}$

【解析】 (1) 实验 i 实现了 +4 价和 -2 价 S 向 0 价 S 的转化, 结合试剂, Na_2SO_3 溶液与 Na_2S 溶液会发生氧化还原反应生成硫单质和水, 可观察到生成黄色沉淀, 反应的离子方程式为 $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{S}^{2-} + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 3\text{S} \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 二氧化硫具有漂白性, B 中品红溶液可检验 SO_2 , 现象是品红溶液褪色, 二氧化硫有毒且是酸性气体, 能与浓 NaOH 溶液反应生成亚硫酸钠, 浸有浓 NaOH 溶液的棉团的作用是吸收多余的二氧化硫。

(3) 通空气样品的导管末端是多孔球泡, 其主要作用是增大反应物的接触面积, 使反应充分; 装置内是 SO_2 和碘溶液反应, 根据得失电子守恒可知 I_2 和 SO_2 的化学计量数之比为 1 : 1, 再结合元素守恒可得离子方程式为 $\text{SO}_2 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{I}^-$ 。

(4) 原溶液是碘溶液(含 2 滴淀粉溶液), 颜色为蓝色, 当观察到装置内溶液蓝色消失时, 结束计时; 通入空气 $t \text{ min}$ 时, 空气体积 $V = t \text{ min} \times a \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1} = at \text{ m}^3$, 参与反应的二氧化硫和碘单质的物质的量相等, 均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$, 则该空气样品中 SO_2 的含量 =

$$\frac{0.01 \times 64 \times 10^3 \text{ mg}}{at \text{ m}^3} = \frac{640}{at} \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} = \frac{640}{at} \times 10^{-3} \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}。$$

9. (1) 除去未反应的 SO_2 气体

(2) 品红溶液不褪色, 澄清石灰水变浑浊

(3) 增大与硫酸的接触面积, 以加快反应速率



(5) 钝化

(6) SO_2 KSCN 溶液

(7) 反应物浓度和反应温度

思路导引 I. SO_2 气体与碳酸氢钠反应生成 CO_2 气体, 通过酸性高锰酸钾溶液除去未反应的 SO_2 气体, 并用品红溶液检验 SO_2 气体是否除尽, 以确保进入澄清石灰水的气体为 CO_2 , 以此验证 H_2SO_3 的酸性比 H_2CO_3 强; II. 铁和稀硫酸反应生成硫酸亚铁和氢气, 常温下, 浓硫酸能使铁发生钝化, 铁与浓硫酸在 $250 \sim 300^\circ\text{C}$ 时反应生成大量气体, 并且 B 中品红溶液褪色, 说明加热条件下铁与浓硫酸反应生成二氧化硫, 检验反应后的溶液中含有 Fe^{3+} , 可加入 KSCN 溶液。

【解析】(1) SO_2 气体也能使澄清石灰水变浑浊, 干扰 CO_2 的检验, 所以多余的 SO_2 气体必须除去, 并且必须检验是否除尽, 所以酸性高锰酸钾溶液的作用是除去未反应的 SO_2 气体。

(2) SO_2 和 CO_2 气体均能使澄清石灰水变浑浊, 为确保通入澄清石灰水的气体只有 CO_2 , 必须确保 SO_2 已除尽, 所以当观察到品红溶液不褪色、澄清石灰水变浑浊时, 可证明有 CO_2 生成, 则 H_2SO_3 的酸性比 H_2CO_3 强。

(3) 上述实验中, 铁丝绕成螺旋状的目的是增大与硫酸的接触面积, 以加快反应速率。

(5) 浓硫酸具有强氧化性, 能迅速在铁的表面形成致密的氧化膜, 阻止浓硫酸与铁的接触, 使反应停止, 这种现象被称为钝化。

(6) B 中品红溶液褪色, 则加热条件下铁与浓硫酸反应生成了二氧化硫气体, 检验反应后的溶液中含有 Fe^{3+} , 可加入 KSCN 溶液, 若溶液变成红色, 证明溶液中含有 Fe^{3+} 。

(7) 实验 1、2 是由于硫酸的浓度不同, 导致产物不同, 实验 2、3 是由于温度不同, 导致产物不同, 故分析实验 1、2、3, 可知影响铁和硫酸反应产物多样性的因素有反应物浓度和反应温度。

专题上分 9 含硫物质转化的应用

1. A

攻略上分 通法攻略 29: 教你利用“价—类”二维思想解决硫及其化合物的转化问题。

【解析】 FeS_2 与氧气在高温条件下反应生成二氧化硫, 二氧化硫与氧气在催化剂作用下生成三氧化硫, A 错误; 二氧化硫既能被高锰酸钾氧化成硫酸根离子, 也能被硫离子还原成硫单质, 二氧化硫既有还原性又有氧化性, B 正确; $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\quad} \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 该反应可用于实验室制取少量二氧化硫, C 正确; $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 中的 +3 价铁元素具有氧化性, 可以与具有还原性的硫化氢发生氧化还原反应: $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{S} \xrightarrow{\quad} 2\text{FeS} + \text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$, 该反应可用于脱除天然气中的 H_2S , D 正确。

2. AC



思路导引

向黄铜矿(主要成分为 CuFeS_2) 通入空气焙烧, 由 $1\ 100\ ^\circ\text{C}$ 焙烧发生的主要反应可知, 气体 X 主要成分为 SO_2 , 熔渣 Y 为 FeO ; Cu 、 Cu_2O 混合物还原为粗铜后再经过一系列操作得到 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】焙烧过程中产生的气体 X 中主要含有 SO_2 , SO_2 属于酸性氧化物, 可与氨水反应, 因此可用氨水吸收再利用, A 正确; 在反应 $2\text{Cu}_2\text{O} + \text{Cu}_2\text{S} \xrightarrow{\quad} 6\text{Cu} + \text{SO}_2 \uparrow$ 中, Cu 元素化合价由 +1 价降低至 0 价, Cu_2O 、 Cu_2S 中的铜元素均被还原为 Cu 单质, 则氧化剂是 Cu_2O 、 Cu_2S , B 错误; 由反应可知, CuFeS_2 与 O_2 反应最终产物为 FeO 、 Cu 、 SO_2 , 根据原子守恒有 $n(\text{FeO}) = n(\text{CuFeS}_2) = 6\text{ mol}$, $n(\text{SO}_2) = 2n(\text{CuFeS}_2) = 12\text{ mol}$, 根据 O 原子守恒可知 $2n(\text{O}_2) = n(\text{FeO}) + 2n(\text{SO}_2) = 6\text{ mol} + 12\text{ mol} \times 2 = 30\text{ mol}$, 则 $n(\text{O}_2) = 15\text{ mol}$, 所以由 6 mol CuFeS_2 最终生成 6 mol Cu, 理论上消耗 15 mol O_2 ,

提示: 跳过复杂的转化过程, 只看最终产物, 这是守恒法高效解题的绝妙所在

C 正确; 粗铜中 Ag、Au 都不与稀硫酸反应, 加入稀硫酸只能除去杂质 Zn, D 错误。

3. D 【解析】反应 1 为 SO_2 通入 Na_2CO_3 溶液中生成 NaHSO_3 和 CO_2 , 则说明酸性: $\text{H}_2\text{SO}_3 > \text{H}_2\text{CO}_3$, A 正确; NaHSO_3 不与氯化钡反应, 加入用盐酸酸化的 BaCl_2 溶液, 若出现白色沉淀, 则沉淀为硫酸钡, 可证明 NaHSO_3 被氧化, B 正确; NaHSO_3 (S 为 +4 价) 转化为 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ (S 为 +3 价), 还原剂是锌, 化合价从 0 价升高到 +2 价, 由得失电子守恒, 消耗的氧化剂和还原剂的物质的量之比为 2 : 1, C 正确; 连二亚硫酸钠 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) 有强还原性, 在空气中极易被氧化, 反应 2 最好在无氧条件下进行, D 错误。

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

③ $\text{SO}_2 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\quad} 2\text{NH}_4^+ + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

④ 不用加热 (或节约能源、易于控制反应进行等)

(2) ① 取适量产品于试管中, 加水溶解后, 滴加盐酸酸化的 BaCl_2 溶液, 若产生白色沉淀, 说明产品含 Na_2SO_4 杂质, 反之则无

② 0.16

【解析】(1) ① 装置 A_1 中铜和浓硫酸加热生成硫酸铜、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 SO_2 使品红溶液红色褪去, 体现 SO_2 的漂白性, A 不符合题意; KMnO_4 是强氧化剂, SO_2 使酸性 KMnO_4 溶液紫红色褪去, 体现 SO_2 的还原性, B 符合题意; SO_2 使含酚酞的 NaOH 溶液红色褪去, 体现二氧化硫是酸性氧化物的性质, C 不符合题意; SO_2 使氯水黄绿色褪去, 体现 SO_2 的还原性, D 不符合题意。③ 用足量氨水吸收二氧化硫生成亚硫酸铵, 反应的离子方程式为 $\text{SO}_2 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\quad} 2\text{NH}_4^+ + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 。④ 装置 A_2 不用加热 (或节约能源)、易于控制反应进行。

(2) ① $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 溶于水即生成 NaHSO_3 , 若所得固体产品中含有 Na_2SO_4 , 则水溶液中含有 SO_4^{2-} , 取适量产品于试管中, 溶解后, 滴加盐酸酸化的 BaCl_2 溶液, 若产生白色沉淀, 说明产品含 Na_2SO_4 杂质, 反之则无。② 根据 $\text{SO}_2 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI}$, $n(\text{SO}_2) = n(\text{I}_2) = 0.010\,00\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 25.00 \times 10^{-3}\text{ L} = 2.5 \times 10^{-4}\text{ mol}$, 样品中抗氧化剂残留量为 $\frac{64\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2.5 \times 10^{-4}\text{ mol}}{0.1\text{ L}} = 0.16\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

第3节 氮的循环

第1课时 氮气和氮的氧化物



对点上分

1. **A** 【解析】氮气可支持镁的燃烧, A 错误; 氮气的沸点为 $-196\text{ }^\circ\text{C}$, 故液氮可用于医学和高科技领域制造低温环境, B 正确; 利用氮气的稳定性, 工业上用来替代稀有气体作焊接金属的保护气, C 正确; 氮气化学性质不活泼, 可用于食品保鲜, D 正确。
2. **D** 【解析】雷雨天气时, 空气中的 N_2 和 O_2 生成 NO , 氮元素由游离态转化为化合态, 属于氮的固定, A 不符合题意; N_2 和 H_2 在一定条件下生成 NH_3 , 氮元素由游离态转化为化合态, 属于氮的固定, B 不符合题意; 通过豆科植物的根瘤菌将氮气转变成氨, 氮元素由游离态转化为化合态, 属于氮的固定, C 不符合题意; NO 被氧气氧化为 NO_2 , 氮元素由化合态转化为新的化合态, 不属于氮的固定, D 符合题意。
3. **C** 【解析】人工固氮是人类通过控制条件, 将游离态的氮变成化合态的氮, A 正确; 由题中信息可得, 氮气和氢气反应的化学方程式为 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[常压]{45\text{ }^\circ\text{C}} 2\text{NH}_3$, B 正确; 该反应的气体分子总数减少, C 错误; 空气中氮气含量约为 78%, 原料 N_2 可由分离液化空气获得, D 正确。
4. **C** 【解析】 NO 、 NO_2 均为大气污染气体, NO 与氧气反应, NO_2 和空气中的水反应, 故在大气中不可稳定存在, A 正确。 NO 不溶于水, 密度和空气相近, 且易与空气中的氧气发生反应, 故实验室用排水法收集 NO ; 二氧化氮和水反应, 密度比空气大, 故用向上排空气法收集 NO_2 , B 正确。 NO_2 可与 NaOH 溶液反应, 反应生成亚硝酸钠和硝酸钠, N 元素的化合价发生变化, 属于氧化还原反应, 故 NO_2 不属于酸性氧化物, C 错误。 NO_2 与水发生反应的化学方程式为 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$, 二氧化氮既是氧化剂又是还原剂, 根据化学方程式可知, 3 个 NO_2 分子参加反应时, 1 个 NO_2 分子中的 N 元素化合价降低, 2 个 NO_2 分子中的 N 元素化合价升高, 故氧化剂与还原剂的质量比为 1 : 2, D 正确。
5. **C**



思路导引

少量的 NO_2 缓慢通入 Na_2SO_3 溶液中, NO_2 和水反应生成 HNO_3 和 NO , HNO_3 与 Na_2SO_3 发生氧化还原反应生成 NO 和硫酸钠。

【解析】a 为 NO，与空气反应，不能用排空气法收集，A 错误； Na_2SO_3 足量，剩余的 Na_2SO_3 也能与 BaCl_2 生成白色沉淀，故直接滴入 BaCl_2 溶液不能检测反应后的生成物中是否含有 SO_4^{2-} ，B 错误；根据得失电子守恒与原子守恒，该实验发生的总反应为 $\text{NO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 = \text{NO} + \text{Na}_2\text{SO}_4$ ，C 正确； Na_2SO_3 溶液是混合物，既不是电解质也不是非电解质，D 错误。

6. D



攻略上分

大招攻略 30：教你快速掌握 NO_x 溶于水的几类模型。

【解析】假设每种气体的体积都是 V ，试管的容积为 $2V$ 。①根据反应 $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ 可知，剩余气体是氧气，剩余氧气的体积 $V_1 = V - \frac{V}{4} = \frac{3V}{4}$ ；②根据反应 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 可知，生成的 NO 的体积为 $\frac{V}{3}$ ，所以剩余气体是 NO，体积 $V_2 = \frac{4V}{3}$ ；③氮气不溶于水，且不和水反应，氯化氢极易溶于水，所以剩余气体是 N_2 ，体积 $V_3 = V$ ；④二氧化硫和氯气溶于水时，发生反应 $\text{Cl}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$ ，两者恰好完全反应，故剩余气体的体积 $V_4 = 0$ ；综上所述，最小的是 V_4 ，D 正确。

7. D

【解析】将装有 NO、 NO_2 和 O_2 的试管倒立于水槽中，最终试管内充满水，即三种气体和水恰好完全反应生成 HNO_3 ，根据氧化还原反应中得失电子总数相等可知， $n(\text{NO}_2) + 3n(\text{NO}) = 4n(\text{O}_2)$ ，根据同温同压下，气体的体积之比等于物质的量之比， $3V(\text{NO}) + V(\text{NO}_2) = 4V(\text{O}_2)$ ，即 $3V_1 + V_2 = 4V_3$ ，故选 D。



能力上分

1. D

【解析】过程 2 中， NH_4^+ 、 N_2O 、 NO_2^- 、 NO_3^- 中氮元素的化合价依次为 -3 价、+1 价、+3 价、+5 价，氮元素的化合价在不断升高，需要外加氧化剂，故有可能需要氧气参与反应，A 正确；过程 3 中， NO_3^- 、 NO_2^- 、 N_2O 中氮元素化合价依次为 +5 价、+3 价、+1 价，化合价依次降低，故均为还原反应，B 正确；过程 4 中， NO_3^- 转化为 NH_4^+ ，N 元素化合价由 +5 价变为 -3 价，故生成 1 mol NH_4^+ 至少转移 8 mol 电子，C 正确；过程 5 中， NH_4^+ 转化为 N_2 ，氮元素化合价由 -3 价变为 0 价，化合价升高，D 错误。

2. B

【解析】试管中盛装的是红棕色气体，一定含有 NO_2 ，当向试管内鼓入氧气后，最后试管内完全被水充满，则一定不含 N_2 ，①不符合；通入氧气后，可能发生以下反应： $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ 、 $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ ，则可能含有 NO，则②、③符合，④不符合，故 B 正确。

3. D



思路导引

分析转化示意图，找出反应 I 和反应 II 的反应物与生成物，分析氧化剂、还原剂的量比关系，流程中 Ce^{4+} 和 Ce^{3+} 循环转化， Ce^{4+} 为催化剂， Ce^{3+} 为中间产物。

【解析】题给反应 I 离子方程式电荷不守恒, 正确的为 $\text{H}_2 +$

生成物都正确时, 要从三个守恒 (电荷守恒、得失电子守恒、元素守恒) 的角度判断离子方程式的书写是否正确

$2\text{Ce}^{4+} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + 2\text{Ce}^{3+}$, A 错误; 反应 II 为 $2\text{NO} + 4\text{H}^+ + 4\text{Ce}^{3+} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 + 4\text{Ce}^{4+}$, 分析 N、Ce 的化合价变化, 确定氧化产物 (Ce^{4+}) 与还原产物 (N_2) 的物质的量之比为 4 : 1, B 错误; 总反应为 $2\text{NO} + 2\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$, 反应中氮元素的化合价降低, 被还原, 氢元素化合价升高, 被氧化, 则该转化过程的实质是一氧化氮被氢气还原, C 错误; Ce^{4+} 是反应的催化剂, Ce^{3+} 是反应的中间产物, 所以反应过程中混合溶液内 Ce^{3+} 和 Ce^{4+} 离子总数一定保持不变, D 正确。

4. B 【解析】由反应可知当 NO 的物质的量不大于 NO_2 时, 即 $V(\text{NO}) : V(\text{NO}_2) \leq 1$ 时气体才能被完全吸收, 则 NO 与 NO_2 的体积之比不可能为 3 : 2, A 错误; 若只发生反应 $\text{NO}_2 + \text{NO} + 2\text{NaOH} \rightleftharpoons 2\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, 据二者反应的关系: $\text{NO}_2 \sim 2\text{NaOH}$, $n(\text{NaOH}) = 0.3 \text{ L} \times 5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.5 \text{ mol}$, $n(\text{NO}_2) = 0.75 \text{ mol}$, 结合反应可知 $n(\text{NO}) \leq n(\text{NO}_2)$ 时, 气体即可被完全吸收, 因此 NO 的体积 $\leq 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.75 \text{ mol} = 16.8 \text{ L}$ 即可满足题意, B 正确; 不确定 NO、 NO_2 的量, 可能发生反应 $\text{NO}_2 + \text{NO} + 2\text{NaOH} \rightleftharpoons 2\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 或 $2\text{NO}_2 + 2\text{NaOH} \rightleftharpoons \text{NaNO}_2 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 或两个反应都发生, 所以溶液中溶质可能只有 NaNO_2 , 也可能有 NaNO_3 和 NaNO_2 , C 错误; 若只发生反应 $\text{NO}_2 + \text{NO} + 2\text{NaOH} \rightleftharpoons 2\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, 则溶质只有 NaNO_2 , 又因在反应 $2\text{NO}_2 + 2\text{NaOH} \rightleftharpoons \text{NaNO}_2 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 中 NaNO_3 和 NaNO_2 按照物质的量之比为 1 : 1 生成, 则所得溶液中 NaNO_3 和 NaNO_2 的物质的量之比一定小于等于 1, 不可能为 2 : 1, D 错误。

5. (1) 气体由无色变为红棕色 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$

(2) 烧瓶中红棕色气体又变为无色 烧杯中导气管中液面上升



(3) $5\text{NO} + 3\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 5\text{NO}_3^- + 3\text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$

【解析】(1) 打开止水夹 a, 推动针筒活塞, 使氧气进入烧瓶, 氧气与一氧化氮生成二氧化氮, 气体由无色变为红棕色, 反应的化学方程式为 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ 。

(2) 关上止水夹 a, 轻轻摇动烧瓶, 二氧化氮与水接触, 反应生成硝酸和一氧化氮, 反应的化学方程式为 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$, 红棕色二氧化氮气体又变为无色一氧化氮气体, 反应后烧瓶中气体物质的量减小, 导致烧瓶中气体压强小于外界大气压, 烧杯中溶液进入导气管。

(3) 由题意可知, 一氧化氮与酸性高锰酸钾溶液反应生成 Mn^{2+} 、 NO_3^- 和水, 反应的离子方程式为 $5\text{NO} + 3\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 5\text{NO}_3^- + 3\text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

第2课时 氨与铵盐



对点上分

1. C



攻略上分

通法攻略 31: 全面总结氨气的性质, 帮你快速解决相关问题。

【解析】氨水是混合物, 氨水显碱性, 是因为氨水中的一水合氨是弱碱, A 错误; 氨水是混合物, 液氨是纯净物, 所以两者成分不相同, B 错误; 氨水中溶质有氨分子和一水合氨分子等, 物质的量浓度最大的粒子是 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, C 正确; 氨水中有氨分子、水分子、一水合氨分子、铵根离子、氢离子和氢氧根离子, 共六种粒子, D 错误。

2. AD 【解析】NaOH 固体溶于水放热, 氨水易挥发, 实验时向 NaOH 固体上滴几滴浓氨水, 会产生氨气, 与浓盐酸挥发出来的 HCl 反应生成氯化铵固体小颗粒, 反应现象是产生白烟, A 正确; 氨气为碱性气体, 与浓硫酸发生反应生成硫酸铵, B 错误; 氨气溶于水形成的 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 与氯化物发生复分解反应生成难溶性氢氧化物, 使氯化物溶液变浑浊, 但沉淀不一定为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$, 也可能为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 等, C 错误; 氨气使湿润的红色石蕊试纸变蓝的原因是与水反应生成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 电离生成 OH^- , 使溶液呈碱性, D 正确。

3. D 【解析】用氨气做喷泉实验, 说明氨气极易溶于水, 且溶解速度快, A 正确; 由于氨气极易溶于水, 短时间内造成烧瓶内压强小于外界大气压, 且内外压强差较大, 大气压把酚酞溶液压入圆底烧瓶中形成喷泉, B 正确; 氨气溶于水形成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 电离出 OH^- , 使酚酞变红色, 该过程可表示为 $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$, C 正确; CO_2 在水中的溶解度较小,

提示: 均为可逆过程

且溶解得慢, 不易形成喷泉, D 错误。

4. C 【解析】加热盛有少量 NH_4HCO_3 固体的试管, NH_4HCO_3 受热分解生成氨气, 在试管口放置湿润的红色石蕊试纸, 红色石蕊试纸变蓝, A 正确; 烧碱可与 NH_4^+ 反应生成氨气, 故可用烧碱处理含高浓度 NH_4^+ 的废水并回收利用氨, B 正确; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 受热易分解, 与用作化肥无关, C 错误; 加热 NH_4Cl 生成的 NH_3 和 HCl 遇冷又化合为氯化铵, 加热 NH_4NO_3 固体易爆炸, 故不能用于实验室制取氨气, D 正确。

5. A 【解析】根据流程图可知, 生物硝化法处理废水发生反应 $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{微生物}} \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$, 导致水体酸性增强, A 错误; 长期过量施用 NH_4Cl 会导致水体富营养化, B 正确; 检验 NH_4^+ 可用浓 NaOH 溶液、湿润的红色石蕊试纸, C 正确; 生物硝化法处理废水使水体呈酸性, 可以加入纯碱与 H^+ 反应来调节水体的 pH, D 正确。

6. C



思路导引

由装置图可知,该实验用加热氯化铵和氢氧化钙混合固体的方法制取氨气,氨气为碱性气体,氨气中混有的水蒸气可用碱石灰吸收,由于氨气密度比空气小,极易溶于水,所以只能用向下排空气法收集。

【解析】若加热前未对试管进行预热,容易造成试管因受热不均而炸裂,A 正确;反应过程中产生的氨气中混有水蒸气,故碱石灰的作用是干燥氨气,B 正确;氨气密度比空气小,C 错误;a 试管中加热氯化铵和氢氧化钙混合固体制取氨气,发生的主要反应为 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,D 正确。



能力上分

1. A **【解析】**氨气与碱石灰不反应,碱石灰可以吸收水,且吸水过程放热,使浓氨水中的 NH_3 更容易逸出,A 正确;氨气属于碱性

提示: 碱石灰主要成分是 CaO 和 NaOH

气体,与浓硫酸反应生成铵盐,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,漏斗口不能压在水面下,会引起倒吸,D 错误。

2. C



思路导引

由反应的化学方程式可知, NH_3 中 N 元素化合价由 -3 升高到 0,被氧化,生成氧化产物, NO 中 N 元素化合价由 +2 降低到 0,被还原,生成还原产物,还原得到的 N_2 与氧化得到的 N_2 的物质的量之比为 $6:4=3:2$,设还原得到的 N_2 与氧化得到的 N_2 的物质的量分别为 $3x \text{ mol}$ 、 $2x \text{ mol}$,则 $(3x - 2x) \text{ mol} = \frac{1.4 \text{ g}}{28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$,解得 $x=0.05$,故参加反应的 NO 的物质的量为 $5 \times 0.05 \text{ mol} \times \frac{6}{5} = 0.3 \text{ mol}$,参加反应的氨气的物质的量为 $5 \times 0.05 \text{ mol} \times \frac{4}{5} = 0.2 \text{ mol}$,由于 $0.3 \text{ mol} + 0.2 \text{ mol} = 0.5 \text{ mol} < 1 \text{ mol}$,故 NO 或 NH_3 有剩余。

【解析】没有说明温度和压强,故无法利用气体摩尔体积计算气体的体积,A 错误;氧化产物和还原产物的物质的量之比为 $4:6=2:3$,B 错误;由思路导引可知, NO 或 NH_3 有剩余,若 NO 有剩余,则 NO 的物质的量为 $1 \text{ mol} - 0.2 \text{ mol} = 0.8 \text{ mol}$,原混合物中 NO 与 NH_3 的物质的量之比为 $0.8 \text{ mol}:0.2 \text{ mol}=4:1$,若 NH_3 有剩余,则 NH_3 的物质的量为 $1 \text{ mol} - 0.3 \text{ mol} = 0.7 \text{ mol}$,原混合物中 NO 与 NH_3 的物质的量之比为 $0.3 \text{ mol}:0.7 \text{ mol}=3:7$,C 正确;由思路导引可知,参加反应的 NO 为 0.3 mol ,D 错误。

3. D



攻略上分

氨水制氨气的原料选择和原理分析,通法攻略 32 不可不查。

【解析】CaO 或 NaOH 与浓氨水混合放热, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 受热分解, 且溶液中氢氧根离子浓度增大, 可使氨气逸出, 则可制备氨气, A 正确; 氨气与稀硫酸反应生成硫酸铵, 实验后, 可用稀硫酸处理多余的氨气, B 正确; 氨气可使湿润的红色石蕊试纸变蓝, 将湿润的红色石蕊试纸置于三颈瓶口, 试纸变蓝, 说明 NH_3 已经集满, C 正确; 氨气极易溶于水, 压强变化最大时, 喷泉最剧烈, 则根据题图乙所给信息, C 点时喷泉最剧烈, D 错误。

4. (1) 分液漏斗 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaO} \longrightarrow \text{NH}_3 \uparrow + \text{Ca}(\text{OH})_2$ 氯化铵固体受热分解生成的氨气和氯化氢气体在试管口遇冷会重新化合成氯化铵固体, 无法收集到氨气

(2) C (3) 1:4

(4) 氨气极易溶于水, 溶于水的氨气部分与水反应生成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 在溶液中部分电离: $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$, 使溶液呈碱性, 所以 D 中的溶液形成红色的喷泉

(5) 红褐色

(6) 装置气密性不好(或制得的 NH_3 不纯, 合理即可)



攻略上分

多种物质组合均可实现喷泉实验, 全在通法攻略 31。



思路导引

由实验装置图甲可知, 左侧试管中浓氨水与氧化钙反应制备氨气, 装置 A 用于干燥氨气, 装置 B 用向下排空气法收集氨气。

【解析】(1) 左侧试管中浓氨水与氧化钙反应制备氨气, 反应的化学方程式为 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaO} \longrightarrow \text{NH}_3 \uparrow + \text{Ca}(\text{OH})_2$ 。

(2) 浓硫酸能与氨气反应生成铵盐, 且为液态, 所以不能用浓硫酸干燥氨气, A 错误; 无水氯化钙能与氨气反应生成八氨合氯化钙, 所以不能用无水氯化钙干燥氨气, B 错误; 氨气是碱性气体, 所以能用碱石灰干燥氨气, C 正确; 五水硫酸铜不能吸收水分, D 错误。

(3) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 转化为 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ 时, 钴元素的化合价升高被氧化, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 是该反应的还原剂, 氧元素的化合价降低被还原, 氧气是该反应的氧化剂, 由得失电子守恒可知, 氧化剂与还原剂的物质的量之比为 1:4。

(5) 氨气极易溶于水, 溶于水的氨气部分与水反应生成一水合氨, 一水合氨与氯化铁溶液反应生成氢氧化铁和氯化铵, 氢氧化铁为红褐色, 所以 E 中溶液形成的喷泉颜色为红褐色。

(6) 喷泉制备没有成功说明装置气密性不好, 或者是制得的氨气不纯, 烧瓶内外无法形成压强差。

第3课时 硝酸



对点上分

1. D 【解析】浓硝酸是无色的, 浓硝酸不稳定, 见光分解产生的红棕色二氧化氮气体溶解在里面使浓硝酸显黄色, D 正确。

2. B



攻略上分

通法攻略 33: 掌握硝酸的“不定性”, 可以帮你快速解决硝酸性质分析问题。

【解析】浓硝酸显酸性使紫色石蕊溶液变红, 后因具有强氧化性, 漂白指示剂, 使溶液褪色, A 错误; Cu 与稀硝酸反应生成 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、NO 和 H_2O , 部分 HNO_3 中 N 原子得电子生成 NO, 硝酸表现氧化性, 部分 HNO_3 转化为 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, 氮元素化合价不变, 体现了硝酸的酸性, 同时铜被氧化为最高价, 硝酸体现强氧化性, B 正确; HNO_3 见光易分解, 所以浓硝酸要用棕色瓶盛装并避光保存, C 错误; 稀硝酸与 NaOH 发生中和反应, 溶液碱性减弱, 使溶液的红色褪去, 体现稀硝酸的酸性, D 错误。

3. AD

【解析】浓硝酸受热分解生成二氧化氮、氧气和水, 所以产生的气体一定为混合物, A 正确; ②中常温下铁遇到浓硝酸发生钝化, 表面生成致密的氧化膜, ③中浓硝酸与红热的铁片反应生成硝酸铁、二氧化氮和水, 反应不相同, B 错误; 浓硝酸加热也会分解生成二氧化氮, 所以③不能说明铁片与浓硝酸发生反应生成了 NO_2 , C 错误; 由④可知, 浓硝酸易挥发, 挥发的 HNO_3 与铁反应生成二氧化氮, NO_2 为还原产物, D 正确。

4. AD



思路导引

Cu 失去电子转化为 Cu^{2+} , NO_3^- 得到电子转化为 NO_2 和 NO 的混合气体, NO_2 、NO 与 O_2 、水反应失去电子又转化为 HNO_3 , O_2 得到了电子, 整个过程中转移的电子的量是守恒的, 即 Cu 失去的电子数 = 硝酸得到的电子数 = 氧气得到的电子数。1 个铜失去 2 个电子得到 Cu^{2+} , Cu^{2+} 再和 2 个 OH^- 结合生成 $\text{Cu}(\text{OH})_2$, 可知转移的电子数目等于 OH^- 的数目, $n(\text{OH}^-) = 0.1 \text{ L} \times 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.4 \text{ mol}$, 则转移的电子的物质的量也是 0.4 mol, $n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ mol}$ 。

【解析】由上述分析可知, $n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ mol}$, 质量为 12.8 g, A 正确; 过程中转移了 0.4 mol 电子, 则需要 O_2 物质的量为 $\frac{0.4 \text{ mol}}{4} = 0.1 \text{ mol}$, B 错误; 在反应过程中 HNO_3 体现出了酸性和氧化性, 体现酸性的硝酸转化为了 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, 硝酸铜与 NaOH 又恰好反应, 则 $n(\text{NO}_3^-) = n(\text{OH}^-) = 0.4 \text{ mol}$, 体现氧化性的硝酸转化为 NO_2 和 NO, $n(\text{NO}_2) + n(\text{NO}) = 0.2 \text{ mol}$, 由 N 原子守恒可知, 参加反应的硝酸的物质的量为 $0.4 \text{ mol} + 0.2 \text{ mol} = 0.6 \text{ mol}$, 硝酸的体积未知, 故无法计算其物质的量浓度, C 错误; 设 $n(\text{NO}_2) = x \text{ mol}$, $n(\text{NO}) = y \text{ mol}$, $x \text{ mol} + y \text{ mol} = 0.2 \text{ mol}$, 根据得失电子守恒, 有 $x \text{ mol} + 3y \text{ mol} = 0.4 \text{ mol}$, 解得 $x = y = 0.1$, NO 的体积分数为 50%, D 正确。

提示: 同温同压下, 气体的体积分数等于物质的量分数

5. A

【解析】OA 段发生的反应为 $\text{Fe} + \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, NO_3^- 全部反应, 原混合溶液中 NO_3^- 的物质的量 $n(\text{NO}_3^-) =$

$2n(\text{Fe}) = 2 \times \frac{11.2 \text{ g}}{56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.4 \text{ mol}$, A 错误; OA 段发生的反应为 $\text{Fe} + \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, AB 段发生的反应为 $\text{Fe} + 2\text{Fe}^{3+} \rightleftharpoons 3\text{Fe}^{2+}$, BC 段发生的反应为 $\text{Fe} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$, B 正确; 硝酸根离子全部被还原, 并且铁过量, 铁单质全部转化为亚铁离子, 所以溶液中最终溶质为 FeSO_4 , C 正确; 一份溶液消耗 22.4 g (即 0.4 mol) 铁, 所有的铁转化为硫酸亚铁, 根据硫酸根离子守恒, 每份溶液含 0.4 mol 硫酸, 所以硫酸的浓度是 $4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, D 正确。

6. BD 【解析】过程 I 中 NO_3^- 转化为 NO_2 , N 元素化合价由 +5 价降低为 +4 价, NO_3^- 被还原, 表现出氧化性, A 错误; 过程 II 中 NH_4^+ 失电子生成 NO_2^- , NH_4^+ 被氧化, 则 NO_2^- 为氧化产物, B 正确; 题述转化中涉及 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 、 NH_4^+ 等, 它们在强碱性溶液中都不能大量存在, 所以转化环境为酸性环境, C 错误; 题述过程中, $\text{NO}_3^- \sim \text{NO}_2 \sim \text{e}^-$, $\text{NH}_4^+ \sim \text{NO}_2^- \sim 6\text{e}^-$, 恰好完全反应时, 根据得失电子守恒, 存在下列关系式: $6\text{NO}_3^- \sim \text{NH}_4^+$, 则 NO_3^- 与 NH_4^+ 的物质的量之比为 6 : 1, D 正确。

7. AC

思路导引 A 为 NH_3 , B 为 N_2 , C 为 NO , D 为 NO_2 , E 为 HNO_3 , F 为硝酸盐, G 为 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, H 为铵盐。

【解析】题图所示转化关系中, $\text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2$ 、 $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}$ 、 $\text{N}_2 \rightarrow \text{NO}$ 、 $\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2$ 、 $\text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$ 这 5 个反应一定是通过氧化还原反应实现的,

提示: N 元素的化合价均发生变化

$\text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO}_3^-$ 不一定通过氧化还原反应实现, A 不合理; 雷雨天可实现 $\text{N}_2 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{硝酸盐}$ 的转化, B 合理; $\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3$

提示: 雷电提供“放电”条件, 使 $\text{N}_2 \rightarrow \text{NO}$ 的转化得以实现
反应是实现人工固氮的重要过程, $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}$ 不是人工固氮过程, C 不合理; 铵盐和碱在加热条件下放出氨气, D 合理。

8. B

思路导引 “合成塔”中发生反应 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3$, 在“氨分离器”中分离出氨气, “氧化炉”中氨气与氧气发生反应 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$, “吸收塔”中发生反应 $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$ 、 $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$, 据此分析。

【解析】根据思路导引可知, “吸收塔”中发生反应 $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$ 、 $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$, A 正确; “合成塔”中发生反应 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3$, 该反应为可逆反应,

原料气不能完全转化为氨气, B 错误; 碳酸钠与氮氧化物之间的反应为 $\text{NO} + \text{NO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons 2\text{NaNO}_2 + \text{CO}_2$ 、 $2\text{NO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{NaNO}_2 + \text{NaNO}_3 + \text{CO}_2$, C 正确; 常温下, 浓硝酸具有强氧化性, 与铁接触后在铁的表面产生一层致密氧化物薄膜, 阻碍反应进行, 因此常温下, 可用铁制容器盛装浓硝酸, D 正确。

9. C



思路导引

若 NO 和 NO_2 的物质的量之比为 $1:1$, 反应原理为 $\text{NO} + \text{NO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$; 若 $n(\text{NO}) : n(\text{NO}_2) > 1:1$, 发生反应 $\text{NO} + \text{NO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$, 多余的 NO 无法被 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 吸收, 造成排放气体中 NO 含量升高; 若 $n(\text{NO}) : n(\text{NO}_2) < 1:1$, 二氧化氮过量, 被 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 吸收, 则发生反应 $4\text{NO}_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, 产品中 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ 纯度降低。

【解析】根据思路导引可知, 该工艺中 NO 和 NO_2 的物质的量之比接近 $1:1$, 可以提高 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ 的产率及纯度, 吸收时主要反应为 $\text{NO} + \text{NO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$, A 正确; 采用气液逆流接触, 增大了气体和石灰乳的接触面积, 有利于尾气中 NO 、 NO_2 的充分吸收, B 正确; 采用石灰乳更有利于气体附着, 且澄清石灰水中 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 浓度小, 吸收效率会降低, C 错误; 氢氧化钙微溶, 滤渣的主要成分是 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, D 正确。

10. (1) ① I ② 生石灰(或氢氧化钠等)、浓氨水



思路导引

氨气具有还原性, NO_x 具有氧化性, A 装置生成氨气, 进入 B 装置和氮氧化物反应生成无毒气体 N_2 达到脱硝的目的。

【解析】(1) ①若加热浓氨水制备少量氨气, 则应选择装置 I。②若选择装置 II, 则为固液不加热反应, 选择的药品是生石灰(或氢氧化钠)、浓氨水。③若选择氯化铵、熟石灰制备氨气, 为固体加热反应, 则选择的装置是 III; 氯化铵和氢氧化钙加热生成氯化钙、水和氨气: $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。(2) NaOH 与 NO 、 NO_2 反应生成 NaNO_2 , 二氧化氮中氮化合价降低, NO 中氮化合价升高, 结合得失电子守恒, 离子方程式为 $\text{NO}_2 + \text{NO} + 2\text{OH}^- = 2\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$ 。(3) 二氧化硫被空气中氧气氧化, 再和氨气、 H_2O 反应生成硫酸氢铵, 化学方程式为 $2\text{SO}_2 + 2\text{NH}_3 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NH}_4\text{HSO}_4$ 。



能力上分

1. D



思路导引

先打开止水夹 1、2, 将注射器 A 中的稀硝酸注入, 与 NaHCO_3 反应生成二氧化碳, 排出装置内空气, 当观察到澄清石灰水变浑浊, 说明装置内空气被排尽, 然后关闭止水夹 1、2, 将铜丝伸入稀硝酸中, 进行铜与稀硝酸的反应, 有无色气体 NO 产生, 再将注射器 B 中的空气注入具支试管中, 观察气体颜色变化。

【解析】注射器 A 中的稀硝酸与 NaHCO_3 反应生成硝酸钠、水和二氧化碳, 发生的是复分解反应, 体现了硝酸的酸性, A 正确; 当

观察到澄清石灰水变浑浊,说明装置内空气被排尽,然后关闭止水夹 1、2,铜与稀硝酸反应生成 NO,故将铜丝伸入稀硝酸中,观察到铜丝溶解,有无色气体产生,B 正确;铜与稀硝酸反应后,将注射器 B 中的空气注入具支试管,发生反应 $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$,故试管内气体会变成红棕色,C 正确;NO 难溶于水,也不与碱溶液反应,澄清石灰水不能吸收挥发出来的 NO,D 错误。

2. D 【解析】纳米 Fe/Ni 复合材料具有表面积大、吸附性强的特点,A 正确;根据题意, $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_4^+$,化合价降低 8 价, $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$,化合价升高 2 价,根据得失电子守恒, NO_3^- 与 Fe^{2+} 的系数比为 1:4,再根据电荷守恒、原子守恒配平,反应的离子方程式为 $\text{NO}_3^- + 4\text{Fe} + 10\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{2+} + \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$,B 正确;反应一段时间后,氢离子浓度减小,溶液碱性增强,水体中可能有白色絮状沉淀氢氧化亚铁生成,后被氧化为红褐色沉淀,C 正确;硫酸根不具有较强的氧化性,不易被还原,因此该反应过程不能除去水中的硫酸根离子,D 错误。

3. CD



思路导引 已知,一般情况下,不同浓度的硝酸与金属反应,硝酸的浓度越小,还原产物中低价态的成分所占比例越多,结合题图可知,硝酸浓度较低时,a 曲线代表的物质含量较大,为铵根离子,硝酸浓度较高时,b 曲线代表的物质含量较大,为二氧化氮。

【解析】由思路导引可知,a、b 曲线代表的还原产物分别为 NH_4^+ 和 NO_2 ,A 正确;由题图可知,足量 $12.68 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓硝酸与铁粉完全反应生成等物质的量的 NO、 NO_2 ,故生成 NO 和 NO_2 的物质的量之比为 1:1,B 正确;56 g 铁的物质的量为 1 mol,与足量 $1.54 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀硝酸完全反应生成 1 mol $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$,此反应过程中与铁反应表现酸性的 HNO_3 的质量为 $3 \text{ mol} \times 63 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 189 \text{ g}$,但反应中还生成硝酸铵,故此反应过程中表现酸性的 HNO_3 的总质量大于 189 g,C 错误;P 点时,生成等物质的量的 NO 和 NH_4^+ ,氮元素化合价由 +5 价变为 +2 价得到 NO、由 +5 价变为 -3 价得到 NH_4^+ ,则生成 NO 与生成 NH_4^+ 转移电子的物质的量之比为 3:8,D 错误。

4. (1) 合理 浓硝酸可以和铜屑反应生成二氧化氮,二氧化氮可以和水反应生成一氧化氮
(2) Cl_2 三颈烧瓶中充满黄绿色气体
(3) ①防止水蒸气进入三颈烧瓶中与 NOCl 反应 ② O_2



思路导引 装置 A 为制取 NO 的装置,反应的离子方程式为 $3\text{Cu} + 8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- = 3\text{Cu}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO} \uparrow$,装置 B 主要用于除去 NO 中的 NO_2 杂质,装置 C 为干燥装置,装置 D 为制取 NOCl 的装置,反应的化学方程式为 $2\text{NO} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{-10\text{ }^\circ\text{C}} 2\text{NOCl}$,尾气处理时,应先向尾气中通入 O_2 , O_2 与 NO 反应生成 NO_2 , NO_2 和 Cl_2 均可被 NaOH 溶液吸收。

【解析】(1) 浓硝酸可以和铜屑反应生成硝酸铜、水和二氧化氮,其中二氧化氮可以和水反应生成一氧化氮,提议合理。

(2)装置中有空气,一氧化氮遇到空气中的氧气会生成二氧化氮,则应该先通入 Cl_2 ,排出装置中的空气,当三颈烧瓶中充满黄绿色气体时,可以通入一氧化氮。

(3)① NOCl 遇水发生反应 $\text{NOCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{HNO}_2 + \text{HCl}$,无水 CaCl_2 的作用是防止水蒸气进入三颈烧瓶中与 NOCl 反应;② NO 不能与 NaOH 反应,为了充分吸收尾气,将尾气与 O_2 同时通入 NaOH 溶液中, O_2 与 NO 反应生成 NO_2 , NO_2 和 Cl_2 均可被 NaOH 溶液吸收。

第3节 节测上分

1. B 【解析】①中豆科植物根部共生的根瘤菌将游离态氮转化成氨,A 错误;工业制硝酸的第一步是氨的催化氧化,反应为 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$,B 正确;②中氮气与氢气合成氨气的反应为可逆反应,1 mol N_2 和 3 mol H_2 不能转化为 2 mol NH_3 ,C 错误;雷雨天气时氮气与氧气反应生成一氧化氮,一氧化氮与氧气反应生成二氧化氮,过程中有氧元素参加,D 错误。

2. D 【解析】常温下铁、铝与浓硝酸会发生钝化反应,可以用铝制容器来盛装浓硝酸,A 正确;氨气易液化,常温下液氨很容易挥发而大量吸收周围的热量,从而可以起到制冷的作用,可用作制冷剂,B 正确;氮气、铵盐、亚硝酸盐、硝酸盐之间可以相互转化,构成了自然界中“氮循环”的一部分,C 正确;汽车尾气催化转化器中, CO 与 NO 在催化剂作用下发生反应,生成 N_2 和 CO_2 : $2\text{NO} + 2\text{CO} \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{CO}_2 + \text{N}_2$,D 错误。

3. A



攻略上分

大招攻略 30:教你快速掌握 NO_x 溶于水的几类模型。



思路导引

设试管的容积为 $V \text{ L}$,室温下气体摩尔体积为 $V_m \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

气体	$n(\text{溶质}) / \text{mol}$	$V(\text{溶液}) / \text{L}$	$c(\text{溶质}) / (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$
$V \text{ L } \text{NH}_3$	$\frac{V}{V_m}$	V	$\frac{\frac{V}{V_m}}{V} = \frac{1}{V_m}$
$V(\text{NO}) : V(\text{O}_2) = 4 : 3$	$\frac{4V}{7V_m}$	V	$\frac{\frac{4V}{7V_m}}{V} = \frac{4}{7V_m}$
$V \text{ L } \text{NO}_2$	$\frac{2V}{3V_m}$	$\frac{2}{3}V$	$\frac{\frac{2V}{3V_m}}{\frac{2}{3}V} = \frac{1}{V_m}$
$V(\text{NO}_2) : V(\text{O}_2) = 4 : 1$	$\frac{4V}{5V_m}$	V	$\frac{\frac{4V}{5V_m}}{V} = \frac{4}{5V_m}$

【解析】②和④试管内均充满溶液且体积相等,但溶质物质的量浓度不相等,A 错误;①②④试管中充满溶液,③试管中未充满,故试管内溶液液面高度为①=②=④>③,B 正确;四支试管中,试管②溶液中溶质的物质的量浓度最小,C 正确;试管①和试管③溶液中溶质的物质的量浓度相等,D 正确。

4. B 【解析】一端灼热的玻璃棒插入浓硝酸中, HNO_3 受热分解生成 NO_2 、 O_2 和 H_2O ,分解产生的二氧化氮与氧气的物质的量之比为 4:1,与空气中氮气与氧气比例相当,带火星的木条在空气中不能复燃,在 NO_2 和 O_2 的混合气体中能复燃,说明二氧化氮支持燃烧,A 正确;灼热的铁片与浓硝酸发生反应,生成红棕色的 NO_2 ,常温下,铁片在浓硝酸中钝化,B 错误;浓硝酸具有挥发性,挥发出来的 $\text{HNO}_3(\text{g})$ 受热发生分解反应生成红棕色 NO_2 ,C 正确;红棕色气体均为 NO_2 ,都是由 HNO_3 被还原生成的,均为还原产物,D 正确。

5. B 【解析】装置 4 中发生反应: $3\text{Cu}+8\text{H}^++2\text{NO}_3^- \rightleftharpoons 3\text{Cu}^{2+}+2\text{NO}\uparrow+4\text{H}_2\text{O}$,硝酸体现出氧化性和酸性,A 正确;连通装置 1、2,装

提示:生成 NO ,体现氧化性,生成 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$,体现酸性

置 2 中的 NO 与装置 1 中空气中的氧气反应生成红棕色 NO_2 气体,颜色改变,B 错误;装置 4 若换成浓氨水和碱石灰,会生成 NH_3 ,故可进行 NH_3 与空气和水反应的性质探究,C 正确;连通装置 1、2,反应后生成 NO_2 气体,装置 3 中更换的 NaOH 溶液能与 NO_2 反应: $2\text{NO}_2+2\text{NaOH} \rightleftharpoons \text{NaNO}_3+\text{NaNO}_2+\text{H}_2\text{O}$,可进行尾气的吸收处理,D 正确。

6. C 【解析】气液逆流会增大反应物之间的接触面积,能提高 NO 脱除率,A 正确; $\text{NO}\rightarrow\text{NO}_2$ 时氮元素化合价升高,被氧化,用 Na_2CO_3 溶液吸收 NO_2 时,生成硝酸钠和亚硝酸钠,氮元素既被氧化又被还原,B 正确;高压电源的功率增大,氮气和氧气会反应生成 NO ,烟气中 NO 的脱除效果将减弱,C 错误;自由基($\text{O}\cdot$)将 NO 氧化为 NO_2 ,然后被 Na_2CO_3 溶液吸收,单位时间内生成的自由基($\text{O}\cdot$)越多,越有利于 NO 的转化,D 正确。

7. BD 【解析】 Cu 与混酸反应的离子方程式为 $3\text{Cu}+8\text{H}^++2\text{NO}_3^- \rightleftharpoons 3\text{Cu}^{2+}+2\text{NO}\uparrow+4\text{H}_2\text{O}$, NO_3^- 由硝酸提供, H^+ 由硝酸和硫酸提供,则硝酸为 2 mol 时,硫酸为 3 mol,故途径①所用混酸中 H_2SO_4 与 HNO_3 物质的量之比最好为 3:2,A 正确;若 1 mol CuSO_4 在 1 100 $^\circ\text{C}$ 发生反应生成的混合气体 X 为 SO_2 、 O_2 、 SO_3 ,则反应的化学方程式为 $2\text{CuSO}_4 \xrightarrow{1\ 100\ ^\circ\text{C}} \text{Cu}_2\text{O}+\text{SO}_2\uparrow+\text{SO}_3\uparrow+\text{O}_2\uparrow$,故 1 mol CuSO_4 在 1 100 $^\circ\text{C}$ 所得混合气体 X 中 O_2 为 0.5 mol,B 错误;途径①中稀 HNO_3 的还原产物为 NO ,途径③中浓 H_2SO_4 的还原产物为 SO_2 ,均会污染环境,途径②的优点是制取等质量 CuSO_4 需要的硫酸少且无污染性气体产生,C 正确; CuSO_4 与

关键点可从经济效益、环保问题等角度考虑工业生产情境 NaOH 反应生成氢氧化铜沉淀,在加热条件下若要将氢氧化铜还原为 Cu_2O ,Y 可以为还原性物质,且还原性必须强于还原产物 Cu_2O ,D 错误。

8. (1) 碱石灰 吸收多余的氨气,防止氨气逸出污染环境

(2) 挤压胶头滴管 红

(3) 产生大量白烟 还原

【解析】(1)干燥氨气选择碱石灰,五氧化二磷会与氨气反应;水的作用是吸收多余的氨气,防止其污染空气。

(2)氨气溶于水显碱性,故加了酚酞的水会形成红色喷泉。

(3)氨气和氯气反应会产生大量氯化铵颗粒,形成白烟;反应中 NH_3 中氮元素化合价升高,体现还原性。

9. (1) ①分液漏斗 ② N_2 ③ $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ④除去挥发的 HNO_3

(2) A (3) AD

思路导引 装置 A 制备氨气,装置 B 制备 NO ,装置 C 控制气体通入的速率及比例、将气体混合均匀及吸收硝酸蒸气,装置 D 干燥 NO 和氨气,装置 E 中 NO 和氨气反应生成氮气和 H_2O ,装置 F 吸收氨气并防止水蒸气进入装置 E。

【解析】(1) ①根据题给装置图,装稀硝酸的仪器名称是分液漏斗。

②根据氧化还原反应的规律,氮氧化物和氨气发生归中反应生成氮气。

提示: 产物无污染

③装置 A 中氯化铵和氢氧化钙共热生成氯化钙、氨气、水。

④硝酸易挥发,生成的 NO 气体中会混有 HNO_3 ,氨水呈碱性,能与硝酸反应生成硝酸铵,装置 C 可除去挥发的 HNO_3 。

(2) NO 不能与 Na_2CO_3 溶液反应, NO_2 能与碳酸钠溶液完全反应,根据 (I) 可知 NO 、 NO_2 的比为 1 : 1 时能被完全吸收,则 NO_x 中 $1.5 \leq x \leq 2$ 时能被 Na_2CO_3 溶液完全吸收。综上所述,当 NO_x 被 Na_2CO_3 溶液完全吸收时, x 的值不可能是 1.4,故选 A。

(3)铜和浓硝酸常温下反应生成 NO_2 , NO_2 能与水反应、密度比空气大,所以应该用向上排空气法收集 NO_2 ,则实验室以 Cu 与浓 HNO_3 反应制备并收集 NO_2 ,应选择的装置是 AD。

专题上分 10 环境污染及其治理

1. D

攻略上分 大招攻略 35:利用化学原理解读 SO_2 治理的原理背景,帮助建构分析模型,快速提取信息。

【解析】过程 I、II 中,硫的化合价均从二氧化硫中的 +4 价升高为硫酸根离子中的 +6 价,均发生氧化反应, A 正确;铁离子具有氧化性,能够氧化二氧化硫,生成硫酸根离子,本身被还原为亚铁离子,离子方程式为 $2\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$, B 正确;根据题图可知,二氧化硫都被氧化成硫酸根离子, C 正确;过程 I 发生反应 $\text{SO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{Fe}^{2+} = 2\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_4^{2-}$,结合 B 项分析可知过程 II 中有 H^+ 生成,则溶液酸性增强, D 错误。

2. (1) ①增大反应物间的接触面积,使反应更充分,加快反应速率

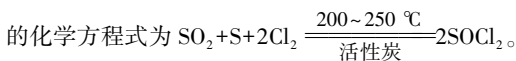
氧化剂 ②B ③温度过高,SO₂在矿浆中的溶解度降低



【解析】(1) ①粉碎软锰矿配成软锰矿浆可增大反应物间的接触面积,使反应更充分,加快反应速率。反应过程中 MnO₂ 中的 Mn 元素化合价由+4 价降至+2 价,得到硫酸锰,MnO₂ 为氧化剂。

②吸收大量的 SO₂ 后,最后可生成硫酸,软锰矿浆酸性增强,pH 减小,B 正确。③温度过高,SO₂ 在矿浆中的溶解度降低,导致烟气脱硫效率下降。

(2) SO₂、硫黄、液氯在活性炭为催化剂、200~250 °C 条件下可反应生成氯化亚砷(SOCl₂),根据原子守恒和得失电子守恒,反应的

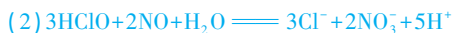


3. A

思路导引 反应①是 NH₃ 与 H⁺ 生成 NH₄⁺,反应②是 NO₂ 与 NH₄⁺ 生成 [(NH₄)₂(NO₂)]²⁺,根据原子守恒,反应③为 [(NH₄)₂(NO₂)]²⁺ 和 NO 反应生成 [(NH₄)(HNO₂)]⁺、H⁺、H₂O 和 N₂。

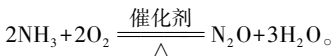
【解析】反应①②中都没有元素化合价的改变,都不是氧化还原反应,A 错误;[(NH₄)(HNO₂)]⁺ 中,NH₄⁺ 中的 N 元素是-3 价,HNO₂ 中的 N 元素是+3 价,B 正确;根据思路导引可知,C 正确;能与碱反应生成盐和水的氧化物是酸性氧化物,NO、NO₂ 均不是酸性氧

化物,D 正确。



②蒸发浓缩 冷却结晶

【解析】(1) NH₃ 与 O₂ 在加热和催化剂条件下反应生成 N₂O,氨气中氮元素的化合价升高,氧气中氧元素的化合价降低,根据原子守恒可知还生成水,根据得失电子守恒可配平化学方程式,为



(2) 在酸性溶液中,HClO 氧化 NO 生成 Cl⁻ 和 NO₃⁻,根据得失电子守恒、电荷守恒和元素守恒进行配平,其离子方程式为 3HClO+2NO+H₂O=3Cl⁻+2NO₃⁻+5H⁺。

(3) ①在酸性溶液中 Ca(NO₂)₂ 会发生分解,产物之一是 NO,氮元素的化合价降低,则同时还应有氮元素的化合价升高,即 NO₂⁻ 发生了歧化反应,其反应的离子方程式为 3NO₂⁻ + 2H⁺ =

$2\text{NO} \uparrow + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ 。②过滤后的滤液为 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ 溶液,将其进行蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥,即得到无水 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ 。

5. D 【解析】含 NH_4^+ 废水与 NaOH 溶液反应生成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$,其反应的离子方程式为 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$,A 不符合题意;过程②加入足量 Cl_2 可将废水中的 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 转化为无毒气体,反应过程中氯元素化合价由 0 价降低到 -1 价,化合价降低,被还原,氮元素的化合价由 -3 价升高到 0 价,化合价升高,被氧化,总反应的离子方程式为 $3\text{Cl}_2 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 6\text{Cl}^- + \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 6\text{H}^+$,B 不符合题意;过程③中 Na_2SO_3 溶液的作用是将余氯废水中的 Cl_2 转化为氯离子,反应为 $\text{Cl}_2 + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$,C 不符合题意; Cl_2 溶于水为可逆反应,生成的 HClO 为弱酸,不能拆开,反应为 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{HClO} + \text{H}^+$,D 符合题意。

6. B 【解析】“步骤 I”中, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 中的 OH^- 能与 NH_4^+ 反应,使其浓度减小,A 错误;“步骤 I”中“升温至 30°C ,通入空气”,发生反应的离子方程式 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$,氨气逸出,可降低氨氮浓度,B 正确;“步骤 II”中在弱碱性、有氧条件下,铵根离子被氧化得到硝酸根离子,发生反应 $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 + 2\text{OH}^- \xrightarrow{\text{微生物}} \text{NO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$,C 错误;“步骤 III”中加入 CH_3OH 实现反硝化过程,氮元素化合价降低,则 CH_3OH 是还原剂,利用其还原性,D 错误。

7. D 【解析】 NO 、 NO_2 、 SO_2 混合气体中通入 O_3 后, NO 被氧化为 NO_2 ,参与后面的循环,A 正确; NO_2 、 SO_2 都能被碱性溶液吸收,且 S(IV)中 SO_3^{2-} 更易被转化,因此碱性环境更有利于燃煤空气污染物的处理,B 正确; NO_x 经过臭氧处理后全部转化为 NO_2 ,存在关系式: $\text{NO}_2 \sim \text{NO}_2^- \sim \text{e}^-$ 、 $\text{SO}_3^{2-} \sim \text{SO}_4^{2-} \sim 2\text{e}^-$,所以理论上当 SO_2 与 NO_x 物质的量之比为 1 : 2 时,该装置中物质的利用率最高,

提示: 依据是转移电子数相等

C 正确;碳酸钠溶液呈碱性, SO_3^{2-} 在碱性环境下被氧化为 SO_4^{2-} ,

关键点 碱性条件下,离子方程式中不能出现 H^+

离子方程式为 $\text{SO}_3^{2-} + \text{I}_2 + 2\text{OH}^- \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{I}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$,D 错误。

8. (1) N_2

(2) $2\text{CaCO}_3 + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{CaSO}_4 + 2\text{CO}_2$ $\text{SO}_2 + \text{ClO}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$

(3) 40 NH_4Cl [或 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 NH_4NO_3] 作氮肥

(4) $4\text{NH}_3 + 6\text{NO} \xrightarrow{\text{催化剂}} 5\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$



思路导引 将煤炭燃烧生成的烟气进行稀释,用氨水喷淋,可将烟气中的 NO_x 和 SO_2 进行吸收,从而达到减少污染的效果。

【解析】(1)制备“模拟烟气”时应首先向装置管道内通入 N_2 ,将装置内的空气排尽,防止 NO 被 O_2 氧化。

(2)向燃煤中加入适量石灰石,高温下与 SO_2 发生反应生成 CaSO_4 ;用 NaClO 溶液吸收烟气中 SO_2 时,溶液中 ClO^- 与 SO_2 发

提示: SO_2 转化为 CaSO_4 , S 元素化合价升高,则还需要 O_2 参与

生氧化还原反应,生成 SO_4^{2-} 和 Cl^- 。

关键点 配平时,先看得失电子守恒,再看电荷守恒,补 OH^- ,最后看原子守恒,补 H_2O

(3)由题图可知,在 40°C 以后,随着温度的升高, SO_2 的脱除效率变化不大, NO 的脱除效率降低,由此可知该脱除技术的最佳温度为 40°C ; ClO_2 协同氨水进行脱硫、脱硝净化时, ClO_2 具

关键点 最佳反应条件的选择,主要是从反应进行的程度来考虑

有强氧化性,可将 SO_2 、 NO 氧化为 SO_4^{2-} 、 NO_3^- ,自身被还原为 Cl^- ,则小型喷淋塔中可能产生的副产物为 NH_4Cl 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 或 NH_4NO_3 ,它们在生活中均可作氮肥。

(4)在催化剂作用下, NH_3 与 NO 反应,生成无污染的 N_2 和 H_2O ,反应的化学方程式为 $4\text{NH}_3+6\text{NO}\xrightarrow{\text{催化剂}}5\text{N}_2+6\text{H}_2\text{O}$ 。

专题上分 11 实验综合题中的热点计算

1. A



思路导引

样品溶于足量稀硫酸时,氧化铁与稀硫酸反应生成硫酸铁和水,氧化铜与稀硫酸反应生成硫酸铜和水,由氧化还原反应规律可知,铁与溶液中离子反应的顺序依次为铁离子、铜离子、氢离子,由反应得到标准状况下 $V\text{ mL}$ 氢气可知,铁元素完全转化为亚铁离子,铜元素完全转化为铜单质,则滤液 A 为稀硫酸和硫酸亚铁的混合溶液,滤渣为铜,滤液 A 经沉淀、过滤、灼烧得到的固体为氧化铁;由铁原子守恒可知,

合金中铁元素的物质的量为 $\frac{3.2\text{ g}}{160\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}}\times 2=0.04\text{ mol}$,

由电荷守恒可知,反应消耗硫酸的物质的量为 0.04 mol ,

由样品的质量可知,样品中氧元素的物质的量为

$\frac{5.76\text{ g}-0.04\text{ mol}\times 56\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}-3.2\text{ g}}{16\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}}=0.02\text{ mol}$,由氢原子守

恒可知,反应生成氢气的物质的量为 $(0.04\text{ mol}\times 2-0.02\text{ mol}\times$

$2)\times \frac{1}{2}=0.02\text{ mol}$ 。

【解析】由思路导引可知,标准状况下反应生成氢气的体积为 $0.02\text{ mol}\times 22.4\text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}=0.448\text{ L}=448\text{ mL}$,A 正确;由思路导引可知,合金中铁元素的质量为 $0.04\text{ mol}\times 56\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}=2.24\text{ g}$,B 错误;由原子守恒可知,未氧化前,合金中铁元素的质量为 2.24 g ,铜元素的质量为 3.2 g ,则铁元素的质量分数为 $\frac{2.24\text{ g}}{2.24\text{ g}+3.2\text{ g}}\times 100\%\approx 41.2\%$,C 错误;由 B 中分析可知,样品中铁元素的质量

为 2.24 g, 则氧化铜的质量一定小于 $5.76 \text{ g} - 2.24 \text{ g} = 3.52 \text{ g}$,
D 错误。

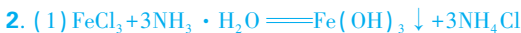
归纳总结 质量分数(或纯度)及转化率(或产率)的计算

$$(1) n = \frac{m}{M}, n = \frac{V}{V_m}, n = cV(\text{aq})$$

$$(2) \text{物质的质量分数(或纯度)} = \frac{\text{该物质的质量}}{\text{混合物的总质量}} \times 100\%$$

$$(3) \text{产品产率} = \frac{\text{产品实际产量}}{\text{产品理论产量}} \times 100\%$$

$$(4) \text{物质的转化率} = \frac{\text{原料参加反应的量}}{\text{加入原料的总量}} \times 100\%$$



$$(2) \frac{7n}{10m} \times 100\%$$

【解析】(1) 步骤③中氨水与 FeCl_3 反应生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 红褐色悬浊液, 化学方程式为 $\text{FeCl}_3 + 3\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NH}_4\text{Cl}$ 。

(2) 最终得到 Fe_2O_3 固体 $n \text{ g}$, 则含有的 Fe 元素的质量为 $n \text{ g} \times$

$$\frac{112}{160} = \frac{7}{10}n \text{ g}, \text{根据铁元素守恒, 则原样品中含有的铁元素也为}$$

$$\frac{7}{10}n \text{ g}, \text{该含 FeI}_2 \text{ 催化剂中铁元素的质量分数为 } \frac{\frac{7}{10}n \text{ g}}{m \text{ g}} \times 100\% =$$

$$\frac{7n}{10m} \times 100\%。$$



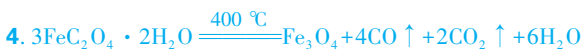
(2) 50.4% (计算过程见解析)

【解析】(1) ① FeOOH 中原子个数之比 $\text{Fe} : \text{O} : \text{H} = 1 : 2 : 1$, FeOOH 可表示为 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, 若 Fe 原子个数为 2, 则 O 原子个数为 4, H 原子个数为 2, 故 $n = 1$; ② 反应生成 FeOOH 的离子方程式为 $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 8\text{OH}^- \longrightarrow 4\text{FeOOH} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$; ③ 棕黄色悬浊液经过滤、洗涤、烘干、研磨, 得到 FeOOH 产品。

(2) 根据题意可找出关系式: $6\text{FeOOH} \sim 6\text{Fe}^{2+} \sim \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, 故样品中铁

$$\text{元素的质量分数为 } \frac{0.015 \text{ L} \times 0.100 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 6 \times 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1.000 \text{ g}} \times$$

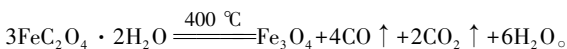
$$100\% = 50.4\%。$$



【解析】54.0 g 草酸亚铁晶体的物质的量为 0.3 mol, Fe 元素的物质的量为 0.3 mol, 在 N_2 氛围下加热, B 点时, 固体为一种铁的氧化物, 质量为 23.2 g, 则固体中 O 的物质的量为

$$\frac{(23.2 - 56 \times 0.3) \text{ g}}{16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.4 \text{ mol}, \text{所以 B 点固体物质的化学式}$$

为 Fe_3O_4 , 从起始到 B 点, 草酸亚铁热分解的化学方程式为





思路导引

27. 8 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 样品的物质的量为 0.1 mol, 含有的 $n(\text{H}_2\text{O}) = 0.7 \text{ mol}$, $n(\text{FeSO}_4) = 0.1 \text{ mol}$, $m(\text{FeSO}_4) = 15.2 \text{ g}$, 则 P 为 FeSO_4 。受热分解过程中先失去的是结晶水, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 逐步失去结晶水生成 P, 设 M 的化学式为 $\text{FeSO}_4 \cdot a\text{H}_2\text{O}$, N 的化学式为 $\text{FeSO}_4 \cdot b\text{H}_2\text{O}$, 则 $0.1 \times (152 + 18a) = 22.4$, $a = 4$, $0.1 \times (152 + 18b) = 17$, $b = 1$, 则 M 的化学式为 $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, N 的化学式为 $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】(1) 由思路导引可知, N 的化学式为 $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。

(2) P 为 FeSO_4 , 取 500 °C 时的样品 P, 隔绝空气加热到 650 °C, 得到一种固体 Q, $\text{P} \rightarrow \text{Q}$ 为 FeSO_4 分解为铁的氧化物和硫的两种氧化物, 根据铁元素守恒, Q 中含有 0.1 mol Fe 元素, 则 Q 中含 O 元素的物质的量为 $\frac{8.0 \text{ g} - 0.1 \text{ mol} \times 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.15 \text{ mol}$, 所以 Q 的化学式为 Fe_2O_3 ; 根据得失电子守恒, 可知该过程反应的化学方程式为 $2\text{FeSO}_4 \xrightarrow{650^\circ\text{C}} \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{SO}_3 \uparrow$ 。

归纳总结 热重曲线分析的一般方法

- ① 设晶体的物质的量为 1 mol。
- ② 失重一般是先失水, 再失非金属氧化物。
- ③ 计算每步的剩余固体质量, $\frac{m(\text{剩余固体})}{m(1 \text{ mol 晶体})} \times 100\% = \text{固体残留率}$ 。
- ④ 晶体中金属质量不减少, 仍在 $m(\text{剩余固体})$ 中。
- ⑤ 失重最后剩余的固体一般为金属氧化物, 由质量守恒得 $m(\text{O})$, 由 $n(\text{金属}) : n(\text{O})$ 即可求出失重后物质的化学式。

素养上分

1. D 【解析】 Fe_2O_3 和 Fe_3O_4 溶于盐酸后滴加 NaOH 溶液均会产生红褐色沉淀, 因此有红褐色沉淀不能说明还原产物中含有 Fe_3O_4 , A 不符合题意; 将铁粉加入 CuSO_4 溶液, 析出红色固体, 二者发生置换反应生成 Cu, 则氧化性: $\text{Cu}^{2+} > \text{Fe}^{2+}$, B 不符合题意; 氯离子具有还原性, 能使高锰酸钾溶液褪色, 因此不能确定铁锈

注意: Cl^- 在酸性较强的溶液中能使 KMnO_4 溶液褪色。

中是否含有 Fe^{2+} , C 不符合题意; 向 FeCl_3 溶液中加入淀粉-碘化钾溶液, 溶液变蓝, 表明发生反应 $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$, 则氧化性: $\text{Fe}^{3+} > \text{I}_2$, D 符合题意。

2. D 【解析】唐三彩添加的着色剂主要有氧化铁, A 错误; 反应器 II 中发生的反应为 $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$, 氧化产物为 Fe_3O_4 , 还原产物为 H_2 , 二者物质的量之比为 1 : 4, B 错误; 反应器 III 中发生的反应为 $4\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 6\text{Fe}_2\text{O}_3$, 生成 1 mol Fe_2O_3 时, 转移 $\frac{2}{3}$ mol 电子, C 错误; 反应器 I 中发生的反应为 $3\text{CO} +$

$\text{Fe}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 3\text{CO}_2 + 2\text{Fe}$, $3\text{H}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 3\text{H}_2\text{O} + 2\text{Fe}$, CO 和 H_2 各 1 mol 参与反应可生成 Fe 共 $\frac{4}{3}$ mol, 反应器 II 中发生反应 $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} 4\text{H}_2 + \text{Fe}_3\text{O}_4$, $\frac{4}{3}$ mol Fe 参与该反应理论上可获得 $\frac{16}{9}$ mol H_2 , D 正确。

3. D 【解析】根据化学方程式可知, NaOH 溶液不能吸收单一的 NO , 体积比为 1:1 时的吸收率远大于体积比为 2:1 时, 故曲线 I 表示体积比为 1:1 的混合气体吸收率的变化, A 正确; NaOH 溶液浓度越大, 黏稠度越高, 浓度大于 $1.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 吸收率下降的原因可能是 NaOH 溶液黏稠度过高, 不利于氮氧化物的吸收, B 正确; 向体积比为 2:1 的 NO 和 NO_2 混合气体中通入少量 O_2 , O_2 可以将 NO 氧化为 NO_2 , 提高氮氧化物的吸收率, C 正确; 将 1 mol NO 和 3 mol NO_2 混合气体通入足量 NaOH 溶液中完全吸收, 所得溶液中 $\frac{n(\text{NaNO}_2)}{n(\text{NaNO}_3)} = 3$, D 错误。

4. B 【解析】65% 的硫酸为稀硫酸, 根据实验现象可知, 稀硫酸在 150°C 时与铜不反应, A 正确; H^+ 的氧化性弱于 Cu^{2+} , 单质铜不会将 H^+ 还原为 H_2 , 所以 187°C 时, 产生的蒸气中没有 H_2 , B 错误; 随着硫酸浓度的提高, 铜与浓硫酸反应可能会生成不同的硫化物, 如 CuS 、 Cu_2S , C 正确; 将 270°C 反应液冷却后倒入盛有水的烧杯中, 溶液变蓝, 说明灰白色沉淀中含有可溶于水的 CuSO_4 , D 正确。

5. D 【解析】由题图可知, 所有光化学反应均有元素化合价发生变化, 伴随电子转移, A 正确; NO_2 可一步直接转变为 HNO_3 , 也可以分两步转化, B 正确; NH_3 可以与 HNO_3 反应生成 NH_4NO_3 , 产生 NO_3^- , 则气溶胶中可能含有 NH_3 , C 正确; 根据氮元素化合价变化, 产生 1 mol 含氮化合物: 反应①转移 1 mol e^- , 反应②转移 2 mol e^- , 反应③转移 1 mol e^- , D 错误。

6. B 【解析】 Cu 和 FeCl_3 溶液反应生成 FeCl_2 和 CuCl_2 , 反应的离子方程式为 $\text{Cu} + 2\text{Fe}^{3+} = \text{Cu}^{2+} + 2\text{Fe}^{2+}$, A 正确; ①中反应后溶液经检验含 $\text{Fe}(\text{NO})^{2+}$, 而③中无明显变化, 说明 Cu 不能直接将 NO_3^- 还原为 NO , B 错误; 若向③中加入 FeSO_4 固体, 因酸性条件下 Fe^{2+} 与 NO_3^- 发生氧化还原反应生成 Fe^{3+} , Fe^{3+} 再与铜粉反应

使其溶解, C 正确; Fe^{3+} 、 NO_3^- (H^+) 具有氧化性, Cu 、 Fe^{2+} 具有还原

提示: 结合实验②可得

性, 则①②③现象的差异与物质氧化性(或还原性)强弱有关, D 正确。

7. (1) 还原

(2) $c(\text{H}^+)$ 较大时, 硝酸根离子的氧化性较强[或增大 $c(\text{H}^+)$ 有利于提高亚硫酸根离子和硝酸根离子的反应速率]



③加入浓 NaOH 溶液并加热, 产生能使湿润的红色石蕊试纸变蓝的气体

【解析】(1) Na_2SO_3 和 Fe 粉在去除废水中硝态氮的过程中, 将氮元素还原为氮气, 体现还原性。

(2) 降低溶液 pH 更有利于 NO_3^- 的去除, 可能的原因是 $c(\text{H}^+)$ 较大时, 硝酸根离子的氧化性较强或增大 $c(\text{H}^+)$ 有利于提高亚硫酸根离子和硝酸根离子的反应速率。

(3) ①根据已知 ii, 硝酸根离子的还原产物为氮气, 反应中氮元素化合价由 +5 变为 0、硫元素化合价由 +4 变为 +6, 结合得失电子守恒可知, 反应为 $5\text{SO}_3^{2-} + 2\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons 5\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 \uparrow$ 。

②根据图甲和图乙可知, 图乙中 20~60 min 时主要是 Fe 作还原剂, Fe 的化合价升高, 因为 Fe 粉是过量的, 故只能生成亚铁离子, 因此生成铵根离子的主要反应的离子方程式为 $4\text{Fe} + 10\text{H}^+ + \text{NO}_3^- \rightleftharpoons 4\text{Fe}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4^+$ 。③铵根离子和氢氧根离子共热反应生成碱性气体氨气, 故验证处理后的废水中存在铵根离子的操作和现象: 取一定量废水蒸发浓缩, 加入浓 NaOH 溶液并加热, 产生能使湿润的红色石蕊试纸变蓝的气体。

全章上分

1. C 【解析】硫黄指的是硫单质, A 正确; 石硫黄, 能化金、银、铜、铁, 说明 S 元素化合价降低, 表现出氧化性, B 正确; 杨梅及苏木污衣, 以硫黄烟熏之, 然后水洗, 其红自落, 是指二氧化硫的漂白性, 不是指硫黄的漂白性, C 错误; 澹水在磺山之下, 日出磺气上腾, 东风一发, 感触易病。雨则磺水入河, 食之往往得病以死, 是指酸雨污染, 该过程形成了酸雨, D 正确。

2. C 【解析】正交硫与单斜硫都是硫元素形成的结构不同的单质, 为硫元素的同素异形体, A 正确; 浓硝酸具有强氧化性, 常温下浓硝酸可使铁、铝等金属表面形成致密的氧化膜而钝化, B 正确; 豆科植物通过根瘤菌将空气中的氮气转化为含氮化合物属于生物固氮, C 错误; 光化学烟雾是碳氢化合物与氮氧化物经紫外线照射发生反应形成的有毒烟雾, D 正确。

3. A 【解析】将气体通过灼热的铜网, 氧气与铜反应而 CO_2 不与

Cu 反应,可除去 CO_2 中的氧气,A 正确;铜与稀盐酸不反应而铁与稀盐酸反应,不能加稀盐酸除去铁中混有的铜,B 错误;铜与氯化铁反应生成氯化铜和氯化亚铁,引入了新的杂质,C 错误; FeSO_4 与足量氯气反应生成硫酸铁,但引入了新杂质(Cl^-),D 错误。

4. B 【解析】甲中木炭和浓硫酸常温下不反应,气球不发生变化,乙中浓氨水和二氧化硫反应,气体物质的量减小,烧瓶内压强减小,气球膨胀,A 错误;甲中 MnO_2 作催化剂, H_2O_2 分解生成氧气,气体物质的量增大,使烧瓶内的压强增大,烧瓶内压强大于外界,气球明显胀大,乙中氯化氢溶于饱和食盐水,气体物质的量减小,烧瓶内压强减小,气球膨胀,B 正确;甲中铜和浓硫酸常温下不反应,气球不变,乙中 NaOH 溶液和 Cl_2 反应,气体物质的量减小,烧瓶内压强减小,气球膨胀,C 错误;甲中浓硫酸具有脱水性,使蔗糖脱水碳化并放出大量的热,浓硫酸和碳共热会生成二氧化碳和二氧化硫,气体物质的量增大,使烧瓶内的压强增大,烧瓶内压强大于外界,气球明显胀大,乙中氯化亚铁溶液和硫化氢不反应,气球不变,D 错误。

5. C 【解析】由题图可知, a 为氨气、 b 为氮气、 c 为一氧化氮、 d 为二氧化氮、 e 为硝酸; a' 为硫化氢、 b' 为硫、 c' 为二氧化硫、 d' 为三氧化硫、 e' 为硫酸。催化剂作用下,氨气可将一氧化氮、二氧化氮还原为氮气,A 错误;氨气为碱性气体,与过量稀硫酸反应生成硫酸氢铵,硫酸氢铵溶液呈酸性,B 错误;用两根玻璃棒分别蘸取具有挥发性的浓氨水和浓硝酸,相互靠近时挥发出的氨气和硝酸蒸气反应生成硝酸铵固体小颗粒,会有白烟产生,C 正确;常温下,铁在浓硝酸和浓硫酸中都会发生钝化,D 错误。

6. C 【解析】将红热的木炭加入浓硝酸中,产生红棕色气体,可能是浓硝酸在受热的条件下分解得到 NO_2 ,不一定是 C 与浓硝酸反

提示: 浓硝酸不稳定,见光或受热易分解

应生成了 NO_2 ,A 错误; NH_4Cl 受热分解为 NH_3 与 HCl ,在试管口处冷却, NH_3 与 HCl 反应又得到 NH_4Cl 固体,不能说明 NH_4Cl 固体受热升华,B 错误;向表面皿中加入少量胆矾,再加入约 3 mL

关键点 升华是物理变化

浓硫酸,搅拌,固体由蓝色变为白色,证明了浓硫酸具有吸水性,

提示: 胆矾失去结晶水

C 正确;酸性高锰酸钾溶液具有强氧化性,向酸性高锰酸钾溶液中通入 SO_2 ,溶液褪色,体现了 SO_2 的还原性,D 错误。

7. B



思路导引

装置甲中浓氨水与过氧化钠反应制备氨气和氧气,经过干燥后在装置丙中发生氨气的催化氧化反应生成 NO , NO 与 O_2 反应可生成 NO_2 ,过量的 O_2 与 NO_2 在装置戊中可反应生成硝酸,装置己为尾气吸收装置。

【解析】装置甲需要提供氨气和氧气,如果装置甲中的固体是 NaOH 或 CaO,只能提供氨气,不能提供氧气,A 错误;若发生倒吸,水先进入装置丁中,所以装置丁可以起到防倒吸作用,B 正确;装置乙用于干燥氨气、氧气,氨气能与氯化钙反应,故装置乙中的干燥剂不能为无水 CaCl_2 ,C 错误;根据反应: $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ 可知,装置丙中通入的

提示:也可以根据 N、O 的化合价升降关系列出关系式,根据得失电子守恒快速判断

氨气和氧气物质的量之比为 1:2 时才可以完全被溶液吸收生成 HNO_3 ,D 错误。

8. AD 【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;含有未知数 x ,无法确定转移电子数,不能计算消耗氨气的体积,B 错误;空气中的 NO_x 过量会造成酸雨,因此空气中 NO_x 的含量高低是检验空气质量的标准之一,而 CO_2 不是,C 错误;把 NO_x 看作 NO, $\text{NO} \rightarrow \text{N}_2$,N 元素化合价从 +2 价降低到 0 价, $\text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2$,N 元素化合价从 -3 价升高到 0 价,根据原子守恒和转移电子数相等,发生的反应为 $6\text{NO} + 4\text{NH}_3 = 5\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$,D 正确。

9. D 【解析】反应 II 为 $\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{S} = \text{CuS} \downarrow + 2\text{H}^+$,反应过程中各元素的化合价不变,则反应 II 不属于氧化还原反应,A 错误;由题图可知,转化过程中氯元素未参与循环,B 错误;由反应 I 知, O_2 的氧化性强于 Fe^{3+} ,由反应 III 知, Fe^{3+} 的氧化性强于 S,故氧化性由强到弱的顺序为 $\text{O}_2 > \text{Fe}^{3+} > \text{S}$,C 错误;反应 I 为亚铁离子被氧气氧化为铁离子,反应的离子方程式为 $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$,D 正确。

10. D 【解析】 SO_2 与水反应生成亚硫酸,亚硫酸为弱电解质,在水溶液中不能完全电离,A 错误;依据曲线 b 可推知 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

提示:亚硫酸为二元弱酸,分步电离

KNO_3 溶液(无氧)能氧化 SO_2 ,B 错误;曲线 c 和曲线 d 分别表示有氧的 BaCl_2 溶液和有氧的 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液,两条曲线几乎重合,则说明 O_2 是氧化 SO_2 的主要微粒,C 错误;有氧时,+4 价硫被氧化,生成的 SO_4^{2-} 与 Ba^{2+} 反应生成 BaSO_4 沉淀,则曲线 c 所示溶液中发生反应的离子方程式为 $2\text{Ba}^{2+} + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{BaSO}_4 \downarrow + 4\text{H}^+$,D 正确。

11. (1) 三颈烧瓶

(2) ① $\text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2 \uparrow + \text{Fe}^{2+}$ ② 装置 A 中有气泡产生,且 A 中液体经导管进入装置 B 中 装置 A 中产生 H_2 ,使装置 A 中压强增大,A 中液体被压入装置 B 中 ③ 过滤 ④ 液封,防止空气进入三颈烧瓶中氧化 Fe^{2+} 不能处理尾气中的 H_2 (或可能会引起倒吸)

(3) ① 将 Fe^{2+} 全部氧化为 Fe^{3+} ② $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$



思路导引

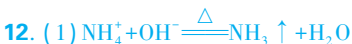
制备莫尔盐:打开分液漏斗瓶塞,关闭 K_3 ,打开 K_2 、 K_1 ,稀硫酸和铁反应生成氢气,排尽装置内的空气,待大部分铁屑溶解后,打开 K_3 ,关闭 K_2 ,A 中的液体被压入 B 中,关闭活塞 K_2 、 K_3 ,采用热水浴的方式蒸发 B 中水分,当液面产生晶膜时,停止加热,冷却结晶,过滤,用无水乙醇洗涤,得莫尔盐晶体,装置 C 用于液封,防止空气进入三颈烧瓶中氧化 Fe^{2+} 。

制备硫酸铁铵:步骤①为碱煮、水洗除去废铁屑表面油污,步骤②为铁与稀硫酸在 $80\sim 95\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水浴加热条件下反应,过滤得到废渣和含有硫酸亚铁的滤液,向硫酸亚铁溶液中加入过氧化氢溶液,将硫酸亚铁氧化为硫酸铁,向硫酸铁溶液中加入硫酸铵固体,经蒸发浓缩、降温结晶、过滤、洗涤、干燥得到硫酸铁铵。

【解析】(1)装置 B 为三颈烧瓶。

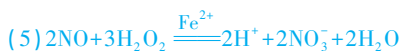
(2)①铁与稀硫酸反应生成硫酸亚铁和氢气,离子方程式为 $Fe + 2H^+ = H_2 \uparrow + Fe^{2+}$ 。②待大部分铁屑溶解后,打开 K_3 ,关闭 K_2 ,A 中生成氢气,压强增大,将 A 中的液体压入 B 中。③用过滤的方法将晶体从溶液中分离出来。④装置 C 中的导管插入水面以下,可起到液封作用,能防止空气进入三颈烧瓶中将 Fe^{2+} 氧化。装置 C 存在的缺点是不能除去尾气中的 H_2 ,也不能防止倒吸。

(3)①步骤③加入的过氧化氢溶液,将硫酸亚铁氧化为硫酸铁,为了保证亚铁离子完全被氧化,所以需要选用足量的 H_2O_2 溶液。②设硫酸铁铵晶体的化学式为 $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot xH_2O$,其相对分子质量为 $266 + 18x$,由题意可得 $\frac{1.5 \times 18}{266 + 18x} \times 100\% = 5.6\%$,解得 $x \approx 12$,则硫酸铁铵晶体的化学式为 $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ 。



(3) 有部分氨氮被氧化为 NO_3^- 等可溶性粒子留在废水中

(4) 与盐酸反应生成 Fe^{2+} 来作反应的催化剂



(6) 9 : 28

【解析】(1)过程①为在加热条件下 NH_4^+ 和 OH^- 反应转化为 NH_3 ,该反应的离子方程式为 $NH_4^+ + OH^- \xrightarrow{\Delta} NH_3 \uparrow + H_2O$ 。

(2)过程②加入 $NaClO$ 溶液可将废水中残留的 NH_3 转化为 N_2 、 $NaClO$ 转化为 $NaCl$,根据得失电子守恒和原子守恒配平化学方程式为 $3NaClO + 2NH_3 = 3NaCl + N_2 \uparrow + 3H_2O$ 。

(4) 已知 Fe^{2+} 可催化 H_2O_2 将烟气中难溶的 NO 氧化为可溶的 NO_3^- , 则纳米零价铁的作用是与 HCl 反应生成 Fe^{2+} 来作反应的催化剂。

(5) 根据得失电子守恒和电荷守恒配平离子方程式为 $2\text{NO} + 3\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{Fe}^{2+}} 2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(6) Fe 和 HNO_3 按微粒数 $x : y$ 进行实验, 若 HNO_3 只被还原成 NO , 且反应结束后溶液中含有 Fe^{3+} 和 Fe^{2+} 。若反应结束后的溶液中 Fe^{3+} 和 Fe^{2+} 离子数之比为 $1 : 2$, 设 Fe^{3+} 的物质的量为 $a \text{ mol}$, Fe^{2+} 的物质的量为 $2a \text{ mol}$, 则 Fe 失去电子的物质的量为 $3 \times a \text{ mol} + 2 \times 2a \text{ mol} = 7a \text{ mol}$, 根据得失电子守恒知生成 NO 为 $\frac{7a}{3} \text{ mol}$, 反应中起酸性作用的 $n(\text{HNO}_3) = 3 \times a \text{ mol} + 2 \times 2a \text{ mol} = 7a \text{ mol}$, 由 N 原子守恒, 可知参加反应的 $n_{\text{总}}(\text{HNO}_3) = \frac{7a}{3} \text{ mol} + 7a \text{ mol}$, 则 $n(\text{Fe}) : n_{\text{总}}(\text{HNO}_3) = x : y = 9 : 28$ 。

 **提示:** 不能遗漏起酸性作用的硝酸的物质的量

13. (1) $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$

(2) Fe^{3+} 可能将 +4 价含硫物质氧化生成 SO_4^{2-} $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液溶解沉淀并形成 $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$, 使 $c(\text{Fe}^{3+})$ 降低, 氧化性减弱, 不能将 +4 价含硫物质氧化 $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2 \longrightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2\text{I}^- + 4\text{H}^+$

【解析】(1) A 中用亚硫酸钠和 70% 的硫酸来制取 SO_2 的化学方程式为 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$ 。

(2) 实验二中, 取少量溶液, 滴加 KSCN 溶液后变红, 证明溶液中存在 Fe^{3+} ; 由于 Fe^{3+} 具有氧化性, 能将 SO_3^{2-} 氧化成 SO_4^{2-} , 故并不能确认原溶液中是否含有 SO_4^{2-} ; 实验三中, 由于 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液溶解沉淀并形成 $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$, 再继续滴加 BaCl_2 溶液, 产生白色沉淀, 过滤后, 向沉淀中加入盐酸, 白色沉淀溶解, 可知白色沉淀为亚硫酸钡, 即确认 X 中不含 SO_4^{2-} ; 实验四中, 向 X 中加入足量盐酸, 沉淀溶解, 加入几滴碘水 (含淀粉), 蓝色立即褪去, 发生反应 $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2 \longrightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2\text{I}^- + 4\text{H}^+$ 。

真题上分

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

易错警示 实验室用加热 NH_4Cl 和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的固体混合物的方法制取 NH_3 而不是直接加热 NH_4Cl 。

2. B 【解析】“焙烧”中 Cr_2O_3 与 Na_2CO_3 、 O_2 反应生成含+6价Cr的钠盐和 CO_2 ，反应的化学方程式为 $2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 4\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{焙烧}} 4\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 4\text{CO}_2$ ，A 正确；“焙烧”过程中有 O_2 参与， FeO 被氧化，则滤渣不可能为 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ，B 错误；滤液①为碱性环境，则+6价Cr元素的主要存在形式为 CrO_4^{2-} ，C 正确；“转化”操作后，+6价Cr元素被还原为+3价，则淀粉水解液中的葡萄糖起还原作用，D 正确。

3. B 【解析】Fe 与水蒸气在高温条件下反应生成四氧化三铁和氢气，A 正确；该反应是在高温条件下进行的，所以铁粉与水蒸气反应需要的温度比湿棉花处产生水蒸气需要的温度更高，则酒精灯应在铁粉处加热，利用余热使湿棉花处的水汽化，若将酒精灯移至湿棉花下，会导致水蒸气生成速率过快，未反应就逸出，利用率降低，B 错误；采用肥皂泡收集氢气，再点燃肥皂泡检验氢气的方法相对比较安全，C 正确；该反应所需温度较高，需要用硬质玻璃试管，D 正确。

4. C

思路导引 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，导致气体颜色变浅，C 正确；
④锥形瓶中 NO 逐渐增多，压强增大，锥形瓶中液面下降，长颈漏斗中液面上升，最终固（铜丝）液（稀 HNO_3 ）分离，反应停止，D 错误。

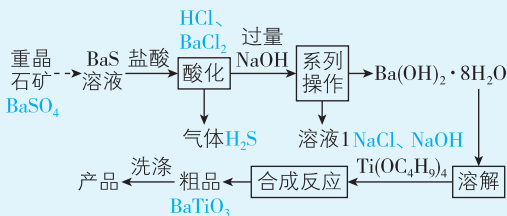
【解析】开始时温度较低，铜丝与稀 HNO_3 反应缓慢，且铜在稀硝酸中不会发生钝化，A 错误。

5. C 【解析】 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 与 Cu 发生氧化还原反应，刻蚀铜版，表现氧化性，A 错误；实验 II 中， $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液中存在 K^+ 、 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ ， $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 并不能电离出 Fe^{3+} ，因此 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液与 KSCN 溶液并不能发生反应，溶液颜色无明显变化，B 错误；实验 I 中，KSCN 溶液与 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液反应产生 $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ ，溶液变为红色，但 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液与 KSCN 溶液不发生反应， $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液呈黄色，因此 KSCN 可以区分 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 和 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ，C 正确；焰色试验用于判断试样所含的金属元素，铁元素焰色为无色，而 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 中含有钾元素，焰色试验时透过蓝色钴玻璃可以看到紫色，因此焰色试验可以区分 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 和 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ，D 错误。

6. B



流程分析



【解析】“酸化”过程中 BaS 与盐酸反应生成的气体的主要成分为 H_2S , 所得 $BaCl_2$ 溶液与过量 $NaOH$ 反应后经“系列操作”得 $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ 晶体和 $NaCl$ 溶液, 即“溶液 1”的主要溶质是 $NaCl$ 、 $NaOH$, A 错误; “系列操作”的目的是获得 $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ 晶体并使其与 $NaCl$ 溶液分离, 所以为蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥, B 正确; “合成反应”的化学方程式为 $Ba(OH)_2 + Ti(OC_4H_9)_4 + H_2O = BaTiO_3 + 4C_4H_9OH$, 反应中不涉及元素化合价变化, 为非氧化还原反应, C 错误; $BaTiO_3$ 可与稀 H_2SO_4 反应生成更难溶的 $BaSO_4$, 会降低产品纯度, 因此不可用稀 H_2SO_4 洗涤, D 错误。

题型上分 1

元素及其化合物综合应用

1. (1)+2 盐 C

(2) ①还原性 ②取在空气中久置的琥珀酸亚铁片药品少许溶于盐酸, 滴加 $KSCN$ 溶液, 溶液变红, 证明药品已被氧化变质

(3) ①f ②4 10 4 3 8 ③0.6

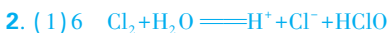
【解析】(1) 设铁元素化合价为 x , 根据化合物中各元素正、负化合价代数和为 0, 则 $x + [3 + (-2) \times 2] \times 2 = 0$, 即 $x = +2$, 故铁元素为 +2 价; $Fe(CrO_2)_2$ 由金属阳离子和酸根离子构成, 属于盐; $Fe(CrO_2)_2$ 中铁元素为 +2 价, 处于中间价态, 根据“价—类”二维图, 可知 $Fe(CrO_2)_2$ 可能具有的性质为既有还原性又有氧化性。

(2) ①服用维生素 C 片, 可以使补铁药品中的 Fe^{3+} 转化为 Fe^{2+} , 即 Fe^{3+} 被维生素 C 还原为 Fe^{2+} , 说明维生素 C 具有还原性。

②久置的琥珀酸亚铁片药品已被氧化变质, 说明药品中 Fe^{2+} 已被氧化为 Fe^{3+} , 检验药品中含有 Fe^{3+} 即可证明该药品已被氧化变质, 方法为取在空气中久置的琥珀酸亚铁片药品少许溶于盐酸, 滴加 $KSCN$ 溶液, 溶液变红, 证明药品已被氧化变质。

(3) ① K_2FeO_4 由金属阳离子和酸根离子构成, 属于铁元素化合价为 +6 的盐, 故 K_2FeO_4 属于题图中 f。② K_2FeO_4 被还原成 $Fe(OH)_3$, 铁元素化合价由 +6 降低至 +3, 同时氧元素化合价由 -2 升高至 0, 根据得失电子守恒和元素守恒配平, 得该反应为 $4K_2FeO_4 + 10H_2O = 4Fe(OH)_3(\text{胶体}) + 3O_2 \uparrow + 8KOH$ 。③每生成 3.36 L (标准状况下) O_2 时, 转移的电子数为

$$\frac{3.36 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 4 \times N_A \text{ mol}^{-1} = 0.6 N_A。$$



(2) 0.001

(3) 温度升高,次氯酸受热分解



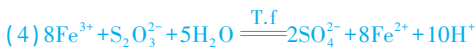
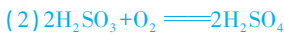
【解析】(1)用氯气处理饮用水时,次氯酸浓度越大,效果越好,由题图可知,pH=6时杀菌效果强;氯气溶于水生成盐酸和次氯酸,次氯酸是弱酸,反应的离子方程式为 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{HClO}$ 。

(2)溶液稀释过程中溶质的物质的量不变。根据 $c_1V_1 = c_2V_2$,含次氯酸钠 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的消毒液 1 mL,加水稀释至 200 mL,则稀释后次氯酸钠的物质的量浓度为 $0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(3)次氯酸不稳定,见光或受热会发生分解反应。50℃时 ORP 值下降较快的原因是温度升高,次氯酸受热分解。

(4)“84”消毒液(主要含 NaClO)与酸性清洁剂(含盐酸)混用时会发生氧化还原反应生成有毒的氯气,离子方程式为 $\text{ClO}^- + \text{Cl}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

3. (1) BaCl₂ 溶液



【解析】(1)要检验产生的气体中是否含有 SO₃ 和 SO₂,根据提供的装置,品红溶液用来检验 SO₂,NaOH 溶液用于尾气处理,则试剂 A 应该用来检验 SO₃,可用 BaCl₂ 溶液检验 SO₃,会生成白色沉淀 BaSO₄。

(2)将 SO₂ 气体通入蒸馏水中,SO₂ 和水反应生成 H₂SO₃,溶液呈酸性,随着时间的推移,H₂SO₃ 被空气中的氧气氧化为 H₂SO₄,溶液酸性增强,化学方程式为 $2\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{SO}_4$ 。

(3)根据题图乙,可循环使用的物质是 NaOH;反应物有 SO₂、Ca(OH)₂、O₂,生成物有 CaSO₄、H₂O,总反应的化学方程式为 $2\text{SO}_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

4. (1) ①N₂O₅ ②bc



(4) 10.5 溶解速率快,生成 NO_x 的体积小

【解析】(1)①由题图甲可知,X 为+5 价氮的氧化物,化学式为 N₂O₅。

②由 NO₂ 转化为 HNO₃,不是游离态氮转化为化合态氮的过程,不是氮的固定,a 错误;二氧化氮和水反应生成硝酸和 NO,工业上利用 NO₂ 与 H₂O 反应制取 HNO₃,b 正确;浓硝酸受热或见光可分解生成 NO₂、O₂ 和 H₂O,故不加入还原剂,也可实现 HNO₃ 转化为 NO₂,c 正确;C→CO₂,C 元素的化合价由 0 价升高到

+4 价, $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$, Cu 元素的化合价由 0 价升高到 +2 价, 浓硝酸转化成等物质的量的 NO_2 时, 消耗碳单质和铜单质的物质的量不相同, d 错误。

(2) 由题图乙可知, NH_3 催化还原氮氧化物生成氮气和水蒸气, 若处理的污染物中 NO_2 与 NO 的物质的量之比为 1:1, 则 1 mol NO_2 与 1 mol NO 参与反应得到 4 mol + 2 mol = 6 mol 电子, 1 mol NH_3 参与反应失去 3 mol 电子, 根据得失电子守恒, 则需要 2 mol NH_3 参与反应, 化学方程式见答案。

(3) 在碱性条件下, NH_4^+ 被 O_2 氧化成 NO_3^- , 氮元素化合价由 -3 价升高为 +5 价、氧气中氧元素化合价由 0 价降低为 -2 价, 结合得失电子守恒、电荷守恒和原子守恒配平方程式。

提示: 碱性条件下, 离子方程式中不能出现 H^+ , 应用 OH^- 来配平电荷

(4) 由题图丙可知, 当混合溶液中 HNO_3 的质量分数为 10.5% 时, 金属溶解速率快, 生成 NO_x 的体积少, 因此溶解金属的

提示: 分析理由时, 要同时考虑金属溶解速率和生成的 NO_x 的体积两种因素, 对二者都有利的条件才是最佳条件
 HNO_3 - H_2O_2 混合溶液中 HNO_3 的最佳质量分数为 10.5%。

题型上分 2 制备及探究类实验

1. (1) 平衡压强, 使液体能顺利流下

(2) ①空气流速过慢时, ClO_2 不能及时被移走, 浓度过高导致分解

②防止倒吸 ③ $2\text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{NaOH} \xrightarrow{\text{冰水浴}} 2\text{NaClO}_2 \downarrow + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ④将 ClO_2 液化, 增大 ClO_2 的溶解度 减少 ClO_2 的分解 (合理即可)

(3) II A



思路导引

三颈烧瓶中在酸性条件下用 H_2O_2 溶液还原氯酸钠得到 ClO_2 , A 是安全瓶, 用空气把 ClO_2 吹入盛有氢氧化钠溶液和 H_2O_2 溶液的试剂瓶中, 在碱性条件下, ClO_2 被 H_2O_2 溶液还原为 NaClO_2 。

【解析】(1) 相比于分液漏斗, 恒压滴液漏斗的优点是平衡压强, 使液体能顺利流下。

(2) ①当空气流速过慢时, ClO_2 不能及时被移走, ClO_2 浓度过高会分解, 所以 NaClO_2 产率会降低。②仪器 A 为安全瓶, 防止倒吸。③在碱性条件下, ClO_2 被 H_2O_2 还原为 NaClO_2 , H_2O_2 被氧化为氧气, 反应的化学方程式为 $2\text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{NaOH} \xrightarrow{\text{冰水浴}} 2\text{NaClO}_2 \downarrow + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。④冰水浴冷却的目的是降低 NaClO_2 的溶解度, 减少 H_2O_2 的分解, 将 ClO_2 液化, 增大 ClO_2 的溶解度, 减少 ClO_2 的分解等。

(3) 条件 II 可以缓慢释放 ClO_2 , 能较长时间维持保鲜所需要的浓度, 若用于水果保鲜, 适宜的条件是 II。 ClO_2 具有一定的氧化

性,是一种优良的消毒剂和果蔬保鲜剂,果蔬保鲜利用其氧化性。 KMnO_4 具有氧化性,所以可以起到与 ClO_2 气体相同保鲜作用的是 KMnO_4 溶液。故选 A。

2. (1) 蒸发浓缩 冷却结晶 (2) 打开 K_2 关闭 K_3

(3) 隔离空气,防止生成的草酸亚铁晶体被空气中的氧气氧化

(4) 排尽装置内的空气,防止空气中 H_2O 和 CO_2 的干扰

(5) 缺少处理 CO 尾气的装置

(6) $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{FeO} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{CO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

(7) $\text{Fe}、\text{C} \quad \frac{3}{5} \text{ mol}$



思路导引

I. 制备草酸亚铁晶体的具体操作为组装好装置后,检验装置的气密性,添加试剂后,先打开 K_1 ,将一定量稀硫酸滴入 a 中锥形瓶后再关闭 K_1 ,关闭 K_2 ,打开 K_3 ,让 a 中锥形瓶内反应先进行一段时间以排尽空气,一段时间后,打开 K_2 ,关闭 K_3 ,将装置 a 中的硫酸亚铁溶液导入装置 b 中。

II. 装置 A 中草酸亚铁晶体分解,利用无水硫酸铜检验水蒸气,装置 B 检验二氧化碳,装置 C 吸收二氧化碳,装置 D 干燥气体,装置 E 检验 CO,装置 F 检验二氧化碳。

【解析】(1) 装置 b 中硫酸亚铁和草酸铵反应生成草酸亚铁,经过蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥得到 $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 晶体。

(2) 待装置 a 中锥形瓶内的反应进行一段时间后,需要打开 K_2 ,关闭 K_3 ,将装置 a 中的硫酸亚铁溶液导入装置 b 中。

(3) 草酸亚铁具有较强还原性,装置 c 的作用为隔离空气,防止生成的草酸亚铁晶体被空气中的氧气氧化。

(5) 反应会产生 CO,缺少处理 CO 尾气的装置。

(6) E 中黑色固体变为红色,说明有 Cu 单质生成,B、F 中澄清石灰水变浑浊,说明有 CO_2 和 CO 生成,无水硫酸铜变为蓝色,说明有 H_2O 生成,A 中残留 FeO,则 A 处反应管中发生反应的化学方程式为 $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{FeO} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{CO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(7) 高锰酸钾溶液的紫红色褪去,溶液变为棕黄色,同时有气体生成,则 $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 被高锰酸钾氧化为 Fe^{3+} ,同时生成二氧化碳气体,该过程中被氧化的元素是 Fe 和 C。反应过程中 1 mol $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 可失去 3 mol 电子,1 mol KMnO_4 可得到 5 mol 电子,则反应中 $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 与 KMnO_4 的物质的量之比为 5 : 3。若反应中消耗 1 mol $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,则参加反应的 $n(\text{KMnO}_4)$ 为 $\frac{3}{5} \text{ mol}$ 。

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

(2) $\text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\quad} \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Br}^- + 4\text{H}^+$

(3) 不用加热(或节约能源、相对安全、易于控制反应速率等,合理即可)

(4) ①C 硫酸过量, CuO 会与其反应 ②胶头滴管、250 mL 容量瓶 Cu_2S

【解析】(2) Br_2 具有较强的氧化性, 装置 B 中浓溴水颜色变浅, 说明溴单质与 SO_2 发生了氧化还原反应, 则反应的离子方程式为 $\text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Br}^- + 4\text{H}^+$ 。

(3) 装置 A_2 中浓硫酸与亚硫酸钠反应生成 SO_2 , 不需要加热, 装置 A_2 中用分液漏斗滴加浓硫酸, 除具有绿色环保的优点外, 还具有的优点是不用加热、节约能源、相对安全、易于控制反应速率等。

(4) ①装置 A_1 中的浓硫酸过量, 反应后还剩余硫酸, CuS 和 Cu_2S 难溶于稀硫酸, 而 CuO 溶于硫酸, 故黑色固体中不可能有 CuO , C 符合题意。

②“配制 250 mL 溶液”时需要使用的玻璃仪器有烧杯、量筒、玻璃棒、胶头滴管和 250 mL 容量瓶; 黑色粉末与 O_2 在高温条件下

→ 关键点 容量瓶要给出具体的规格

反应产生具有刺激性气味的气体, 该气体为 SO_2 , 加足量双氧水煮

提示: 作氧化剂 ←

沸冷却, 最后得到 250 mL 硫酸溶液, 取所配制的溶液 25 mL 于锥形瓶中, 加入 20 mL $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液恰好完全反应, 根据关系式: $2\text{NaOH} \sim \text{H}_2\text{SO}_4$, 可知 250 mL 硫酸溶液中含 H_2SO_4

的物质的量为 $0.020 \text{ L} \times 0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times \frac{1}{2} \times 10 = 0.01 \text{ mol}$, 根据

硫原子守恒, 可得 1.60 g 黑色粉末 X 中 $n(\text{S}) = 0.01 \text{ mol}$, 则 X 的

摩尔质量为 $\frac{1.60 \text{ g}}{0.01 \text{ mol}} = 160 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 故 X 是 Cu_2S 。

4. (1) 分液漏斗 生石灰(或碱石灰、氢氧化钠固体)

(2) efabc(或 feabc) 作安全瓶, 防倒吸

(3) $2\text{NH}_3 + \text{ClO}^- \rightleftharpoons \text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^-$ $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 具有强还原性, 可以被 NaClO 氧化变质

(4) 31.3%

思路导引 C 为氨气的发生装置, D 为防倒吸装置, A 为制备水合肼的发生装置, B 为氨气尾气处理装置, 需要防倒吸。

【解析】(1) 滴加 NaClO 溶液的仪器名称为分液漏斗; C 装置为氨气的发生装置, 其中固体药品还可以是生石灰、碱石灰或氢氧化钠固体。

(2) 根据思路导引可知, 仪器连接顺序为 defabc 或 dfeabc; D 装置作安全瓶, 防倒吸。

(3) NaClO 和 NH_3 反应生成水合肼和氯化钠, 离子方程式为 $2\text{NH}_3 + \text{ClO}^- \rightleftharpoons \text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^-$ 。由题目信息可知, $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 具有强还原性, 会被 NaClO 氧化。

(4) 根据化学方程式可知, 25 mL 溶液中, $n(\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = \frac{1}{2} n(\text{I}_2) =$

$\frac{1}{2} \times 0.300 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 25.00 \times 10^{-3} \text{ L} = 3.75 \times 10^{-3} \text{ mol}$, 产品中水

合肼的质量分数为 $\frac{\frac{250}{25} \times 3.75 \times 10^{-3} \times 50 \text{ g}}{6.0 \text{ g}} \times 100\% \approx 31.3\%$ 。

题型上分3 化工生产情境应用

- (1) 硫氰化钾 (2) $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$
(3) $2\text{MnO}_4^- + 10\text{Cl}^- + 16\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{Cl}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$
(4) 70~80 °C 水浴加热
(5) $\text{Fe}^{2+} + 2\text{Fe}^{3+} + 8\text{OH}^- \xrightarrow{70\sim 80\text{ }^\circ\text{C}} \text{Fe}_3\text{O}_4 \downarrow + 4\text{H}_2\text{O}$
(6) 反应过程中部分亚铁离子会被氧气氧化为铁离子
(7) 取最后一次洗涤液于试管中,先加入稀硝酸,再加入 AgNO_3 溶液,若没有出现白色沉淀,说明洗涤干净,若出现白色沉淀,说明没有洗涤干净



思路导引 I. FeCl_3 溶液与铜箔电路板中的 Cu 发生反

应: $\text{Cu} + 2\text{Fe}^{3+} \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$, 得到的废液中含有 FeCl_3 、 FeCl_2 、 CuCl_2 , 向其中加入过量铁粉, 发生反应: $2\text{FeCl}_3 + \text{Fe} \rightleftharpoons 3\text{FeCl}_2$ 、 $\text{CuCl}_2 + \text{Fe} \rightleftharpoons \text{FeCl}_2 + \text{Cu}$, 过滤, 向滤渣中加入稀盐酸, 发生反应: $2\text{HCl} + \text{Fe} \rightleftharpoons \text{FeCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$, 过滤, 分离得到 Cu 单质, 将两次过滤的滤液合并, 向滤液中通入 Cl_2 , 发生反应: $2\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{FeCl}_3$, 使 FeCl_3 溶液得到“再生”。

II. 将 FeCl_3 溶液、 FeCl_2 溶液和 NaOH 溶液混合, “共沉淀”得到 Fe_3O_4 , 过滤、洗涤后得到纳米 Fe_3O_4 。

【解析】(1) 检验“过滤”后的滤液中是否含有 Fe^{3+} , 取少量滤液于试管中, 滴加几滴硫氰化钾溶液, 若溶液变成红色, 则滤液中含有 Fe^{3+} 。

(2) 在酸性环境中, H_2O_2 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 其离子方程式为 $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(3) “再生”后的蚀刻液中含有 Cl^- , 酸性环境中 Cl^- 可与高锰酸钾发生反应: $2\text{MnO}_4^- + 10\text{Cl}^- + 16\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{Cl}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$, 故不能用酸性 KMnO_4 溶液检验“再生”后的蚀刻液中是否有 Fe^{2+} 。

(5) “共沉淀”时 FeCl_3 、 FeCl_2 和 NaOH 反应生成 Fe_3O_4 沉淀, 离子方程式为 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{Fe}^{3+} + 8\text{OH}^- \xrightarrow{70\sim 80\text{ }^\circ\text{C}} \text{Fe}_3\text{O}_4 \downarrow + 4\text{H}_2\text{O}$ 。

(6) 反应过程中部分 Fe^{2+} 会被氧气氧化为 Fe^{3+} , 故“共沉淀”时控制 FeCl_2 和 FeCl_3 的物质的量之比应略大于 1 : 2。

(7) 检验纳米 Fe_3O_4 洗涤干净只需要检验最后一次的洗涤液中是否含有 Cl^- : 取少许最后一次洗涤液于试管中, 先加入稀硝酸,

提示: 注意题目中的问法, “是否”则需要答出“有”或“没有”两种情况

再加入 AgNO_3 溶液, 若没有出现白色沉淀, 说明洗涤干净, 若出现白色沉淀, 说明没有洗涤干净。

- (1) ① $2\text{ClO}_3^- + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 2\text{ClO}_2$

② 稀释 ClO_2 , 防止其浓度过高发生分解爆炸

(2) ① 作还原剂 ② 使 ClO_2 液化、易被充分吸收 [减少 (或防止) H_2O_2 分解; 防止 NaClO_2 分解生成 NaClO_3 和 NaCl , 影响产品纯度, 任写两点, 合理即可]

(3) c b

思路导引 NaClO_3 固体中加入稀硫酸溶解, 向溶液中通入 SO_2 和空气的混合气, NaClO_3 被 SO_2 还原生成 ClO_2 , ClO_2 浓度过高时易发生分解爆炸, 空气的作用是将 ClO_2 稀释, 防止发生爆炸, 然后在碱性条件下用过氧化氢还原 ClO_2 , 得到 NaClO_2 溶液, 并从溶液中得到 NaClO_2 晶体。

【解析】(1) ①在“ ClO_2 发生器”中, NaClO_3 与 SO_2 反应生成 ClO_2 和 Na_2SO_4 , 氯元素化合价从 +5 价降低到 +4 价、硫元素化合价从 +4 价升高到 +6 价, 则该反应的离子方程式为 $2\text{ClO}_3^- + \text{SO}_2 = \text{SO}_4^{2-} + 2\text{ClO}_2$ 。② ClO_2 浓度过高时易发生分解爆炸, 因此向“ ClO_2 发生器”中通入空气的作用是稀释 ClO_2 , 防止其发生分解爆炸。

(2) ①“吸收塔”中 H_2O_2 的作用是将反应产生的 ClO_2 转化为 NaClO_2 , 氯元素化合价从 +4 价降低到 +3 价, 被还原, 则加入的 H_2O_2 作还原剂。② H_2O_2 受热时易分解, 另外根据已知②可知, NaClO_2 在温度高于 60°C 时易分解生成 NaClO_3 和 NaCl , 则“吸收塔”中需要控制温度在 10°C 以下的原因是使 ClO_2 液化、易被充分吸收; 减少 (或防止) H_2O_2 分解; 防止 NaClO_2 分解生成 NaClO_3 和 NaCl , 影响产品纯度。

(3) 由 NaClO_2 的溶解度曲线可以看出, 温度低于 38°C 时, 会生成 $\text{NaClO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, 所以从 NaClO_2 溶液中获得 NaClO_2 晶体的操作是将 NaClO_2 溶液加热至温度略低于 60°C , 浓缩, 冷却至略高于 38°C 结晶, 过滤, 洗涤, 干燥。

3. (1) $2\text{CuS} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{焙烧}} 2\text{CuO} + 2\text{SO}_2$ (2) 2 : 1 酸性 (3) FeSO_4

(4) 取最后一次淘洗液, 先加适量双氧水 (或氯水), 再滴几滴 KSCN 溶液, 若溶液不变红色, 则已淘洗完全

(5) $\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$

(6) $\frac{40m_2}{121m_1} \times 100\%$

思路导引 工业上由含铜废料 (含有 Cu 、 CuS 、 CuSO_4 等) 制备硝酸铜晶体, 含铜废料中通入空气焙烧后铜被氧化生成氧化铜, 硫化铜被氧化为 CuO 和 SO_2 , 加入稀硫酸酸化生成硫酸铜, 加入过量的铁置换出铜, 过滤得到滤渣铁和铜, 用稀硫酸淘洗除去铁后, 加入 20% 的 HNO_3 溶液和 10% 的 H_2O_2 溶液发生反应得到 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, 经过一系列操作, 最后得到 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】(1) “焙烧”时 CuS 和氧气反应转化为 CuO 和 SO_2 , 反应的化学方程式为 $2\text{CuS} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{焙烧}} 2\text{CuO} + 2\text{SO}_2$ 。

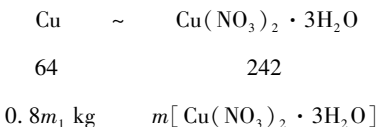
(2) SO_2 与 O_2 反应生成 SO_3 , 化学方程式为 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{催化剂}} 2\text{SO}_3$, SO_2 与 O_2 的物质的量之比为 2 : 1; SO_2 是酸性氧化物。

(3) Fe 与硫酸铜和过量稀硫酸反应生成 FeSO_4 , “过滤”所得滤液的主要成分为 FeSO_4 。

(4) “置换”步骤中所加 Fe 过量, “过滤”所得固体中会残留 Fe, “淘洗”时所加稀硫酸会与 Fe 反应生成 FeSO_4 , 故证明淘洗液中不含有 Fe^{2+} 即可证明 Fe 元素已被“淘洗”完全, 实验操作: 取最后一次淘洗液, 先加适量双氧水(或氯水), 再滴几滴 KSCN 溶液, 若溶液不变红色, 则已淘洗完全。

(5) “反应”步骤加 10% H_2O_2 溶液可以避免污染性气体的产生, 铜和 H_2O_2 在酸性条件下反应生成铜离子和水, 反应的离子方程式为 $\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(6) m_1 kg 含铜废料中铜元素质量为 $0.8m_1$ kg, 根据铜元素质量守恒可得关系式:



理论上可制备 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 的质量为 $\frac{121m_1}{40}$ kg, 产率为 $\frac{40m_2}{121m_1} \times 100\%$ 。



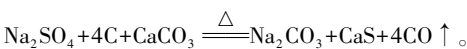
(5) 蒸发浓缩、冷却结晶

(6) 取少量样品溶于水, 加稀硝酸至无气泡产生后, 再加入 AgNO_3 溶液, 若有白色沉淀产生, 则证明样品中含有 Cl^-

思路导引 I. 路布兰制碱法原理为将 NaCl 固体与浓 H_2SO_4 混合后加热制得 Na_2SO_4 固体和 HCl 气体, 将 Na_2SO_4 固体加入 CaCO_3 和 C 的混合物中加热制得纯碱 Na_2CO_3 和 CaS , 经浸滤分离出纯碱。

II. 索尔维制碱法和侯氏制碱法原理为向饱和食盐水中通入 NH_3 和 CO_2 , 利用溶解度差异析出 NaHCO_3 晶体, 过滤后加热 NaHCO_3 固体得到纯碱, 同时回收 CO_2 , 可重复利用。过滤后的滤液进行两种不同的生产方式, 一是侯氏制碱法: 向滤液中继续通入氨气、加入 NaCl 细粉, 可析出 NH_4Cl 固体, 同时得到饱和食盐水, 可重复利用; 二是索尔维制碱法: 向滤液中加入 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、加热, NH_4Cl 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应得到 CaCl_2 和 NH_3 , 其中 NH_3 可以重复利用。

【解析】(2) 将 Na_2SO_4 固体加入 CaCO_3 和 C 固体混合物中加热制得纯碱 Na_2CO_3 、 CaS 以及 CO 气体, 反应的化学方程式为



(3) NH_3 极易溶于水且溶解度比 CO_2 大得多,先溶解 NH_3 ,所得溶液显碱性,能吸收更多二氧化碳,故应先向“饱和食盐水”中通入 NH_3 ,再通入另一种气体 CO_2 ;利用溶解度差异析出 NaHCO_3 晶体,该反应的化学方程式为 $\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$ 。

(4) 根据思路导引,索尔维制碱法中能够循环利用的物质有加热 NaHCO_3 固体分解产生的 CO_2 气体以及在滤液中加入的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与 NH_4Cl 在加热条件下反应得到的 NH_3 。

(5) 向侯氏制碱法的滤液中继续通入氨气、加入 NaCl 细粉后,要分离出 NH_4Cl 晶体和饱和 NaCl 溶液,根据表中 NH_4Cl 的溶解度受温度影响比较大的性质,采用蒸发浓缩、冷却结晶、过滤等步骤分离出 NH_4Cl 晶体。

(6) 制得的纯碱中含有少量 NaCl 杂质,检验其中 Cl^- 的操作和现象为取少量样品溶于水,加稀硝酸至无气泡产生后,再加入 AgNO_3 溶液,若有白色沉淀产生,则证明样品中含有 Cl^- 。