

江苏省扬州市 2025-2026 学年高三上学期期中检测 化学试卷

学校: _____ 姓名: _____ 班级: _____ 考号: _____

一、单选题

1. 燃料能为人类生产、生活提供热能和动力。下列物质中可作为燃料直接燃烧的是

- A. NH_3 B. O_2 C. H_2O D. CO_2

【答案】A

【详解】A. NH_3 可在氧气中燃烧生成氮气和水，释放热量，可作为燃料直接燃烧，A 正确；
B. O_2 是助燃剂，本身不燃烧，不能作为燃料，B 错误；
C. H_2O 是燃烧产物，无法再燃烧提供热量，C 错误；
D. CO_2 是燃烧产物，性质稳定，不能作为燃料，D 错误；
故选 A。

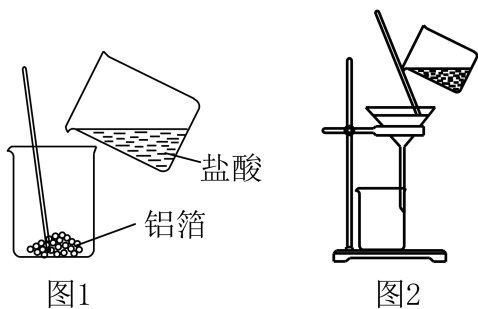
2. 对于反应 ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$ ，下列说法正确的是

- A. ${}^{14}_7\text{N}$ 原子核中有 14 个中子 B. 基态 ${}^4_2\text{He}$ 的核外电子排布式为 $1s^2$
C. ${}^{17}_8\text{O}$ 与 ${}^{16}_8\text{O}$ 互为同素异形体 D. ${}^1_1\text{H}$ 原子核中有 1 个质子和 1 个中子

【答案】B

【详解】A. ${}^{14}_7\text{N}$ 的原子核中质子数为 7，质量数为 14，中子数 = $14 - 7 = 7$ ，A 错误；
B. ${}^4_2\text{He}$ 的电子数为 2，基态时核外电子排布式为 $1s^2$ ，B 正确；
C. ${}^{17}_8\text{O}$ 和 ${}^{16}_8\text{O}$ 是氧的同位素，同素异形体是同元素的不同单质（如 O_2 和 O_3 ），C 错误；
D. ${}^1_1\text{H}$ 的原子核含 1 个质子，中子数 = $1 - 1 = 0$ ，D 错误；
故答案选 B。

3. AlCl_3 酸性溶液中滴入饱和 NH_4HCO_3 溶液至 pH 为 4，可制备 $[\text{Al}_2(\text{OH})_n\text{Cl}_{6-n}]_m$ 胶体。下列说法不正确的是



- 图1
- 图2
- A. 铝箔与盐酸反应制备 AlCl_3 酸性溶液可用图 1 所示装置
- B. 分离出反应后剩余的铝箔可用图 2 所示装置
- C. 测量反应液的 pH 可用湿润的 pH 试纸
- D. 光束通过制得的胶体可产生丁达尔效应

【答案】C

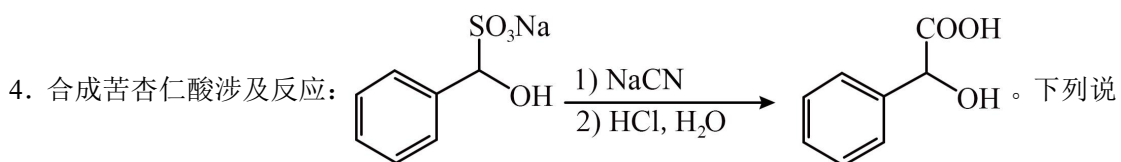
【详解】A. 铝箔与盐酸反应制备 AlCl_3 酸性溶液为固液反应不加热，可以用图 1 所示装置反应，A 正确；

B. 固液分离采用过滤，可用图 2 所示装置，B 正确；

C. 测量溶液的 pH 不能用经水湿润的 pH 试纸，应使用干燥的 pH 试纸，C 错误；

D. 胶体粒子的大小在 $1\sim 100\text{ nm}$ 之间光束通过可以产生丁达尔效应，D 正确；

故选 C。



A. 电负性： $\chi(\text{S}) > \chi(\text{Cl})$

B. $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{COOH})\text{OH}$ 可以形成分子间氢键

C. 电离能： $I_1(\text{O}) > I_1(\text{N})$

D. $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{SO}_3\text{Na})\text{OH}$ 只含共价键

【答案】B

【详解】A. 同周期主族元素从左到右，电负性逐渐增大，S 和 Cl 位于同一周期，且 Cl 在 S 的右边，所以电负性 $\chi(\text{Cl}) > \chi(\text{S})$ ，A 错误；

B. 分子结构中含有 $-\text{COOH}$ 和 $-\text{OH}$ ，可以形成分子间氢键，B 正确；

C. 基态 N 原子的价层电子排布式为 $2s^2 2p^3$ ，其 2p 轨道为半充满状态，半充满状态比较稳定，其第一电离能大于同周期相邻元素 O，即 $I_1(\text{N}) > I_1(\text{O})$ ，C 错误；

D. 该物质属于有机盐类，是离子化合物，既含离子键又含共价键，D 错误；

故答案为 B。

阅读下列材料，完成下列各题：

火山喷口岩层中的单质硫和化石燃料中的含硫化合物都是重要的资源。常见的单质硫有斜方硫和单斜硫，都是由 S_8 组成的晶体且易溶于 CS_2 。含硫化合物有 H_2S 、硫氧化物、含氧酸[如

硫酸、过二硫酸 $\text{H}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{S}}-\text{O}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{S}}-\text{O}-\text{H}$]、含氧酸盐等，其中亚硫酸盐和溶液中过二硫酸

受热会分解。电解 NH_4HSO_4 溶液可以制备过二硫酸铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8]$ 。

5. 下列说法正确的是

- A. S_8 属于共价晶体
B. SO_3 分子中 $\text{O}-\text{S}-\text{O}$ 键角比 SO_3^{2-} 中的小
C. SO_2 属于非极性分子
D. 过二硫酸受热分解与其中的 $-\text{O}-\text{O}-$ 键有关

6. 下列化学反应表示正确的是

- A. NaOH 溶液与足量 H_2S 反应： $\text{H}_2\text{S} + \text{OH}^- = \text{HS}^- + \text{H}_2\text{O}$
B. Na_2SO_3 受热分解： $2\text{Na}_2\text{SO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$
C. 通入足量空气煅烧黄铁矿： $4\text{FeS}_2 + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{S}$
D. 电解 NH_4HSO_4 溶液制备 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 时阳极的主反应： $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$

7. 下列说法正确的是

- A. 斜方硫和单斜硫的组成相同，它们的标准燃烧热相同
B. 浓硫酸具有吸水性，可以干燥 NH_3
C. SO_2 具有漂白性，所以其能使酸性 KMnO_4 溶液褪色

D. H-O 键的键能比 H-S 键的大, 所以 H_2O 的热稳定性比 H_2S 的强

【答案】5. D 6. A 7. D

【解析】5. A. S_8 是由 8 个硫原子构成的分子, 分子间以分子间作用力结合, 属于分子晶体, 不是共价晶体, A 错误;

B. 三氧化硫中硫原子价层电子对数为 $3 + \frac{1}{2} \times (6 - 2 \times 3) = 3$, 无孤电子对, 空间构型为平面三角形; 亚硫酸根中硫原子价层电子对数为 $3 + \frac{1}{2} \times (6 + 2 - 2 \times 3) = 4$, 有 1 对孤电子对, 空间构型为三角锥形, 所以 SO_3 分子中 O-S-O 键角比 SO_3^{2-} 中的大, B 错误;

C. 二氧化硫分子中硫原子价层电子对数为 $2 + \frac{1}{2} \times (6 - 2 \times 2) = 3$, 含 1 对孤电子对, 空间构型为 V 形, 正负电荷中心不重合, 是极性分子, C 错误;

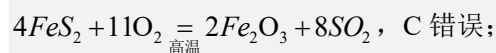
D. 过二硫酸中含有 -O-O- 键, -O-O- 键不稳定, 受热时易断裂, 所以过二硫酸受热分解与其中的 -O-O- 键有关, D 正确;

故选 D。

6. A. NaOH 溶液与足量硫化氢反应, 硫化氢过量时, 氢氧根与硫化氢反应生成 HS^- 和 H_2O , A 正确;

B. 亚硫酸钠受热分解方程式为: $4\text{Na}_2\text{SO}_3 \xrightarrow{\Delta} 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{S}$, B 错误;

C. 通入足量空气煅烧黄铁矿, 生成氧化铁和二氧化硫, 方程式为:



D. 电解 NH_4HSO_4 溶液制备 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 时阳极的主反应是 $2\text{SO}_4^{2-} - 2\text{e}^- = \text{S}_2\text{O}_8^{2-}$, D 错误;

故选 A。

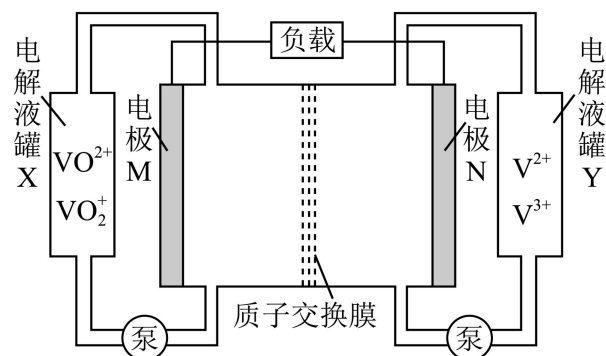
7. A. 斜方硫和单斜硫为硫元素的不同单质, 由于二者结构不同, 能量也不同, 所以它们的标准燃烧热不同, A 错误;

B. 浓硫酸具有酸性, 氨气为碱性气体。浓硫酸会与氨气发生反应, 因此不能用于干燥氨气, B 错误;

C. 二氧化硫使酸性 KMnO_4 溶液褪色是因为 SO_2 具有还原性, 与 KMnO_4 发生了氧化还原反应, 并非因为漂白性, C 错误;

D. 因为 H-O 键的键能比 H-S 键的大, 键能越大, 分子的热稳定性越强, D 正确;
 故选 D。

8. 全钒液流电池在储能领域有广阔应用, 工作原理如图所示。放电时, 酸液中强还原性的 V^{2+} 会失去电子。下列说法正确的是



- A. 放电时, 电极 N 作电池的正极
- B. 放电时, H^+ 从交换膜左侧移向右侧
- C. 充电时, 总反应为 $V^{3+} + VO^{2+} + H_2O = V^{2+} + VO_2^+ + 2H^+$
- D. 该电池储能能力与电解液罐中液体的量无关

【答案】C

【分析】由题干信息可知, 放电时 V^{2+} 失去电子, 故电极 N 作电池的负极, 电极 M 作电池的正极, 负正两极的电极方程式分别为 $V^{2+} - e = V^{3+}$ 、 $VO_2^+ + e + 2H^+ = VO^{2+} + H_2O$, 放电时电池的总反应为 $VO_2^+ + V^{2+} + 2H^+ = V^{3+} + VO^{2+} + H_2O$ 。

【详解】A. 由题干信息可知, 放电时 V^{2+} 失去电子, 故电极 N 作电池的负极, A 错误;

B. 放电时阳离子向正极移动, 故 H^+ 从交换膜右侧移向左侧, B 错误;

C. 充电时, 电极 M 作阳极, 电极 N 作阴极, 故阳极和阴极的电极方程式为

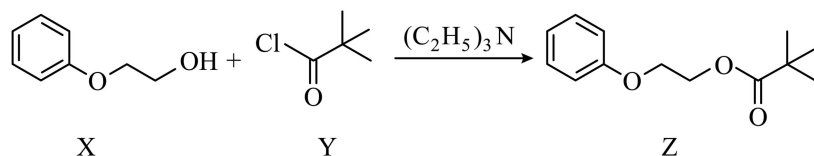
$VO^{2+} + H_2O - e = VO_2^+ + 2H^+$ 、 $V^{3+} + e = V^{2+}$ 则充电时的总反应方程式为

$V^{3+} + VO^{2+} + H_2O = V^{2+} + VO_2^+ + 2H^+$, C 正确;

D. 由题干信息可知, 电解液中的离子参与反应, 因此储能能力与电解液的量有关, 电解液的量越多, 储能能力越强, D 错误;

故选 C。

9. 化合物 Z 是某药物的中间体, 其合成路线如下:



下列说法正确的是

- A. X 在 NaOH 的乙醇溶液中加热可发生消去反应
- B. Y 分子中所有碳原子可能在同一平面上
- C. $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$ 可与生成的酸反应，提高 Z 的产率
- D. 25°C ，X 在水中的溶解度比 Z 在水中的小

【答案】 C

【详解】 A. X 分子中含有醇羟基，在浓硫酸、加热条件下 X 可发生消去反应，但在 NaOH 的乙醇溶液中加热不能发生消去反应，A 不正确；

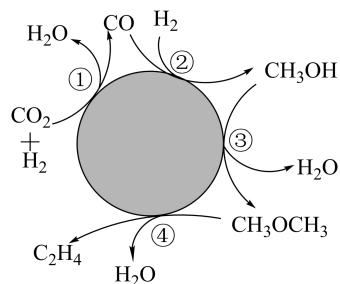
B. Y 分子中，与 3 个甲基相连的碳原子为饱和碳原子，饱和碳原子与其直接相连的四个原子形成四面体结构，则 Y 分子中所有碳原子不可能在同一平面上，B 不正确；

C. $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$ 属于胺，呈碱性，可与反应生成的 HCl 反应，从而促进反应正向进行，使 Z 的产率提高，C 正确；

D. X 分子中含有亲水性基团羟基，而 Z 分子中不含亲水基，则 X 在水中的溶解度比 Z 在水中的大，D 不正确；

故选 C。

10. CO_2 制乙烯的可能过程如图所示。下列说法正确的是



- A. 步骤①中 CO_2 发生了氧化反应
- B. 催化剂可以降低步骤②反应的焓变
- C. 步骤④的过程中有非极性键的断裂与生成
- D. 理论上，每合成 1 mol C_2H_4 生成 H_2O 的总量为 4 mol

【答案】 D

【详解】A. 步骤①发生的反应为 $\text{H}_2 + \text{CO}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}$ ， CO_2 转化为 CO 化合价降低，发生还原反应，A 错误；

B. 催化剂可以降低反应的活化能，但不能改变反应的焓变（只与始态、终态有关），B 错误；

C. 步骤④发生的反应为 $\text{CH}_3\text{OCH}_3 \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ， CH_3OCH_3 结构中只含有 C-O、C-H 极性键，故反应过程无非极性键的断裂，但有乙烯中 C=C 非极性键的生成，C 错误；

D. 根据图示可知，总反应为 $6\text{H}_2 + 2\text{CO}_2 = \text{C}_2\text{H}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ ，故理论上，每合成 1 mol C_2H_4 生成 H_2O 的总量为 4 mol，D 正确；

故选 D。

11. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 的制备过程如下：

步骤 I 在锥形瓶中加入 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 NH_4Cl 和蒸馏水，加热溶解后再加入活性炭作催化剂，冷却后加浓氨水，生成 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 。

步骤 II 向锥形瓶中缓慢加入双氧水并加热，生成 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 。

步骤 III 冷却，过滤，得到含 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 和活性炭的沉淀，再向其中加入热的稀盐酸，充分溶解后趁热过滤，除去活性炭。

步骤 IV 向所得滤液中加入浓盐酸，用冰水冷却后析出沉淀 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ ，过滤、洗涤、干燥、称量。

下列说法正确的是

A. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 的中心原子是 Co^{3+} ，配位体是 NH_3 和 Cl^-

B. 步骤 II 中每生成 2 mol $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ ，需加入 1 mol H_2O_2

C. 由步骤 II 不能得出结论：向 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ CoCl_2 溶液中加入双氧水可以生成 Co^{3+}

D. 若将步骤 III 中盐酸浓度改为与步骤 IV 中盐酸浓度相同，则可以增加产品产量

【答案】C

【分析】根据题意，在氨气和氯化铵存在条件下，以活性炭为催化剂，用 H_2O_2 氧化 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 溶液来制备 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ ，将粗产品溶于热的稀盐酸中，再向滤液中缓慢加

入浓盐酸，用冰水冷却后析出沉淀 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ ，过滤后用冷的 HCl 溶液洗涤晶体，再用少许乙醇洗涤，干燥，得产品。

【详解】A. 配合物 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 中， Co^{3+} 为中心离子， NH_3 为配体， Cl^- 为外界离子，不参与配位，A 错误；

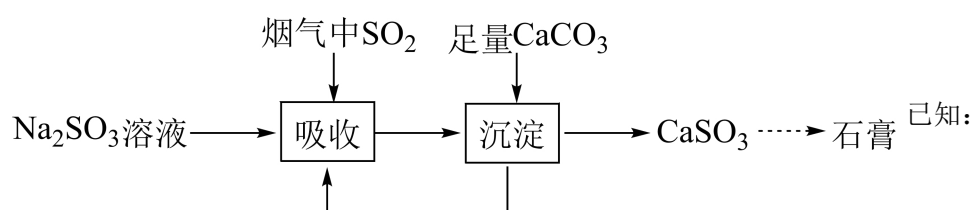
B. 用 H_2O_2 氧化 CoCl_2 溶液来制备 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ ，Co 元素由+2 价上升到+3 价， H_2O_2 中 O 元素由-1 价下降到-2 价，步骤II中每生成 $2\text{mol}[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ ，理论上需加入 $1\text{mol H}_2\text{O}_2$ ，但 H_2O_2 受热会分解，实际需要加入的 H_2O_2 要大于 1mol ，B 错误；

C. 步骤II中 NH_3 配位稳定 Co^{3+} ，若无 NH_3 ， Co^{2+} 可能难被氧化，无法直接推断纯 CoCl_2 溶液中反应可行，C 正确；

D. 步骤III用稀盐酸溶解产物，若用浓盐酸会降低溶解度，导致产物未完全溶解即被过滤，减少产量，D 错误；

故选 C。

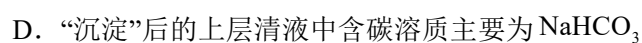
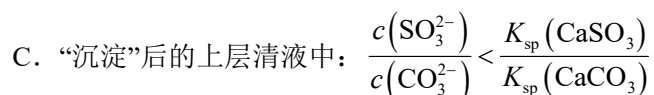
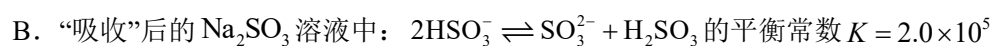
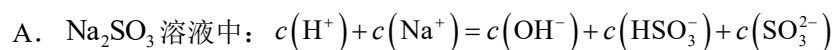
12. 室温下，用 Na_2SO_3 溶液吸收烟气中 SO_2 的流程如图所示。



$K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 1.2 \times 10^{-2}$ 、 $K_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 6.0 \times 10^{-8}$ 、 $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4.3 \times 10^{-7}$ 、

$K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 5.6 \times 10^{-11}$ 、 $K_{sp}(\text{CaSO}_3) = 6.8 \times 10^{-8}$ 、 $K_{sp}(\text{CaCO}_3) = 3.3 \times 10^{-9}$ 。下列说法正确的是

的是



【答案】D

【分析】 Na_2SO_3 溶液吸收烟气中的 SO_2 ，反应生成 NaHSO_3 ，加入 CaCO_3 后发生反应生成

NaHCO₃ 和 CaSO₃, CaSO₃ 被氧气氧化后生成 CaSO₄, 据此分析;

【详解】A. 根据电荷守恒有 $c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HSO}_3^-) + 2c(\text{SO}_3^{2-})$, A 错误;

B. “吸收”后的 Na₂SO₃ 溶液中: $2\text{HSO}_3^- \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{SO}_3$ 的平衡常数

$$K = \frac{c(\text{SO}_3^{2-})c(\text{H}_2\text{SO}_3)}{c^2(\text{HSO}_3^-)} = \frac{K_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_3)}{K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3)} = \frac{6.0 \times 10^{-8}}{1.2 \times 10^{-2}} = 5 \times 10^{-6}, \text{ B 错误};$$

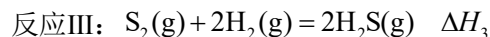
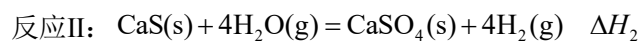
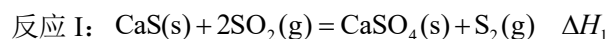
C. 当上层清液与 CaSO₃ 和 CaCO₃ 两种固体同时达到沉淀溶解平衡时,

$$\frac{c(\text{SO}_3^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{K_{sp}(\text{CaSO}_3)}{K_{sp}(\text{CaCO}_3)} \text{ 成立, C 错误};$$

D. 根据分析, “沉淀”后的上层清液中含碳溶质主要为 NaHCO₃, D 正确;

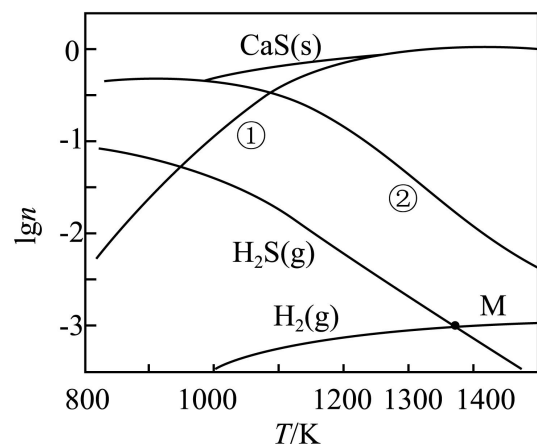
故选 D。

13. 工业上可用 CaS 将燃煤尾气中的 SO₂ 转化生产 S₂, 涉及的反应如下:



在密闭容器中, $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, 按 1 mol CaS、1 mol SO₂ 和 0.1 mol H₂O 投料。达平衡状态时,

体系中部分含硫物质及 H₂ 的 $\lg n$ 随温度变化的理论计算结果如图所示(n 为该物质的物质的量), 图示温度范围内反应 II 平衡常数 $K \approx 1 \times 10^{-8}$ 无明显变化。下列说法正确的是



A. 曲线①表示平衡时 S₂ 的 $\lg n$ 值随温度的变化

B. 1300 K, 体系中 S_2 、 SO_2 、 H_2S 物质的量之和为 1 mol

C. 其他条件不变, 温度高于 1000 K, 平衡时 H_2O 的物质的量随温度的升高而减小

D. M 点处 H_2S 与 H_2 的物质的量相等, 则体系中 $n(H_2) \approx 9.8 \times 10^{-4}$ mol

【答案】D

【分析】按 1 mol CaS 、1 mol SO_2 和 0.1 mol H_2O 投料, 依据原子守恒分析: ①钙元素守恒, 则有 $n(CaSO_4) + n(CaS) = 1$ mol, ②气体物质中硫元素守恒, $n(SO_2) + n(H_2S) + 2n(S_2) = 1$ mol, ③氢元素守恒, $n(H_2O) + n(H_2S) + n(H_2) = 0.1$ mol, ④氧元素守恒, $n(H_2O) + 4n(CaSO_4) + 2n(SO_2) = 2.1$ mol; 图示温度范围内反应II的平衡常数无明显变化, 则

$$K_{II} = \frac{c^4(H_2)}{c^4(H_2O)} \approx 1 \times 10^{-8} \Rightarrow \frac{c(H_2)}{c(H_2O)} = \frac{n(H_2)}{n(H_2O)} \approx 10^{-2}; \text{ 据此分析。}$$

【详解】A. 依据分析结合反应III, 随着温度升高, $n(H_2S)$ 减小, $n(H_2)$ 增加, $n(S_2)$ 也应该增加 (比氢气增加幅度小), 又 $n(CaS)$ 增加, 则升高温度反应I平衡可能逆移, $n(S_2)$ 减小, 总体分析, 曲线②表示平衡时 S_2 的 $\lg n$ 值随温度的变化, 曲线①表示平衡时 SO_2 的 $\lg n$ 值随温度的变化, A 错误;

B. 1300K 时, 根据气体物质中硫元素守恒, $n(SO_2) + n(H_2S) + 2n(S_2) = 1$ mol, B 错误;

C. 图示温度范围内反应II的平衡常数无明显变化, 则

$$K_{II} = \frac{c^4(H_2)}{c^4(H_2O)} \approx 1 \times 10^{-8} \Rightarrow \frac{c(H_2)}{c(H_2O)} = \frac{n(H_2)}{n(H_2O)} \approx 10^{-2}, \text{ 即温度高于 1000K 时, } n(H_2) \text{ 增加, 则}$$

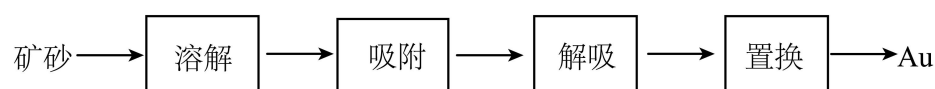
$n(H_2O)$ 应该增加 (二者成正比), C 错误;

D. M 点处 H_2S 与 H_2 的物质的量相等, 设 $n(H_2) = a$ mol, 则 $n(H_2S) = a$ mol, 又氢元素守恒, $n(H_2O) + n(H_2S) + n(H_2) = 0.1$ mol, 则 $n(H_2O) = (0.1 - 2a)$ mol, 结合 $\frac{c(H_2)}{c(H_2O)} = \frac{n(H_2)}{n(H_2O)} \approx 10^{-2}$ 得:
 $\frac{n(H_2)}{n(H_2O)} = \frac{a}{0.1 - 2a} \approx 10^{-2} \Rightarrow a \approx 9.8 \times 10^{-4}$ mol, D 正确;

故答案选 D。

二、解答题

14. 以硫代硫酸盐浸金(Au)的工艺流程如下:

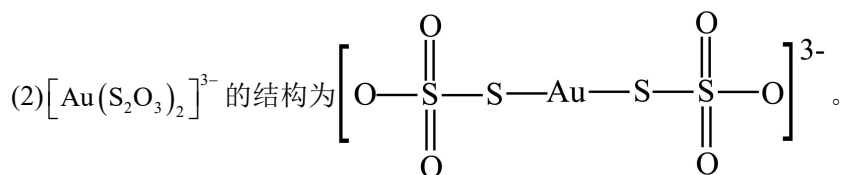
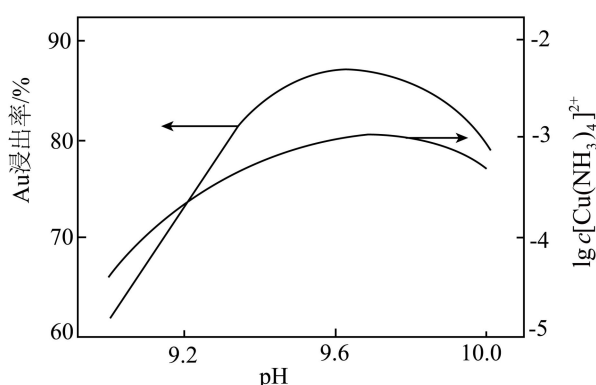


(1)“溶解”时，在 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 催化下，用硫代硫酸钠($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)溶液浸泡含有金单质的矿砂，并通入 O_2 ，可浸出金元素。

① Au 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液和 O_2 反应生成 $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ 的离子方程式为_____。

②如果通入 O_2 过多，会使 Au 浸出率降低，原因是_____。

③控制其他条件相同， $\lg c[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 和 Au 浸出率随 pH 的变化如图所示。 $\text{pH} > 9.6$ 时， Au 浸出率如图变化的原因是_____。



用树脂“吸附”时， $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ 中的_____原子与树脂中季铵基 $[-\text{N}(\text{CH}_3)_3]^+$ 之间存在较强的相互作用。

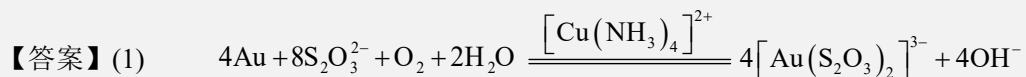
(3)向含有 $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ 和 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 的解吸液中加入 Cu 、 Zn 等金属都能置换出 Au ，工业上选择 Cu 而不选择 Zn 的原因是_____。

(4)已知“溶解”过程中， $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的消耗率 $= \frac{n_{\text{反应}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{n_{\text{总量}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)} \times 100\%$ 。用

100.00 mL $0.2000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液在相同条件下浸泡矿砂。一段时间后，取 20.00 mL 浸泡液，适当处理后用 $0.0100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 碘液滴定至终点，平行滴定 3 次，平均消耗碘液 25.00 mL。

滴定反应为 $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{I}^-$ ，且 $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ 不参与反应。计算“溶解”过程中

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的消耗率_____ (写出计算过程)。



$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 被氧化, 导致反应物减少, Au 浸出率降低(或“ $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 被氧化, 导致反应物浓度降低, 使 Au 浸出速率降低”) OH^- 浓度增大, 催化剂 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 浓度降低(或

$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 转化为 $\text{Cu}(\text{OH})_2$)

(2)O(或“氧”)

(3)Zn 也会置换出 Cu, 导致 Zn 的用量增加, 置换出 Au 的纯度降低; Cu 置换 Au 后, 可生成 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, 作催化剂

(4)87.5%

【分析】研磨后在 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 催化下, 用硫代硫酸钠($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 溶液浸泡含有金单质的矿砂, 并通入 O_2 可浸出金元素, 得到浸金液, 用树脂吸附后, 然后解吸, 向含有 $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ 和 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 的解吸液中加入 Cu 能置换出 Au ;

【详解】(1) ①Au 在 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 催化下, 和 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液、 O_2 反应生成 $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$, 反应中氧气为氧化剂, 氧气中氧化合价由 0 变为-2、Au 化合价由 0 变为+1, 结合电子守恒,

离子方程式为 $4\text{Au} + 8\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}} 4[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-} + 4\text{OH}^-$ 。

②氧气具有氧化性, 如果通入 O_2 过多, 使得 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 被氧化, 导致反应物减少, Au 浸出率降低(或“ $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 被氧化, 导致反应物浓度降低, 使 Au 浸出速率降低”);

③ $\text{pH} > 9.6$ 时, 溶液碱性增强, OH^- 浓度增大, 使得催化剂 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 浓度降低(或 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 转化为 $\text{Cu}(\text{OH})_2$), 导致 Au 浸出率降低;

(2) $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ 中氧的电负性较强, 其带负电荷, $[\text{N}^+(\text{CH}_3)_3]$ 带正电荷, 故

$[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ 中的 O 原子与树脂中季铵基 $[\text{N}^+(\text{CH}_3)_3]$ 之间存在较强的相互作用;

(3) 锌的还原性大于铜、金, Zn 也会置换出 Cu, 导致 Zn 的用量增加, 置换出 Au 的纯度降低, 而使用 Cu 置换 Au 后, 可生成 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, 作溶解过程的催化剂, 故工业上选择 Cu 而不选择 Zn ;

(4) 滴定反应为 $I_2 + 2S_2O_3^{2-} = S_4O_6^{2-} + 2I^-$ ，则 20.00 mL 溶液中 $Na_2S_2O_3$ 为

$0.0100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 25.00 \times 10^{-3} \text{ L} \times 2$ ，100mL 溶液中 $Na_2S_2O_3$ 为

$0.0100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 25.00 \times 10^{-3} \text{ L} \times 2 \times \frac{100}{20}$ ，则“溶解”过程中 $Na_2S_2O_3$ 的消耗率

$$\frac{100.00 \times 10^{-3} \text{ L} \times 0.2000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - \left(0.0100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 25.00 \times 10^{-3} \text{ L} \times 2 \times \frac{100}{20} \right)}{100.00 \times 10^{-3} \text{ L} \times 0.2000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \times 100\% = 87.5\%$$

15. ClO_2 气体可用于脱硫脱硝。

已知：①浓度较高的 ClO_2 气体易爆炸；② $2NaClO_2 + Cl_2 = 2NaCl + 2ClO_2$ 。

I. 制备 ClO_2 。反应原理为 $8NaClO_2 + 4H_2SO_4 = 4Na_2SO_4 + 6ClO_2 + Cl_2 + 4H_2O$ 。实验装置如图 1 所示，装置 A 中持续通入氮气，并用泵将 $NaClO_2$ 溶液以一定流速缓慢滴入浓硫酸中。

图 1 所示，装置 A 中持续通入氮气，并用泵将 $NaClO_2$ 溶液以一定流速缓慢滴入浓硫酸中。

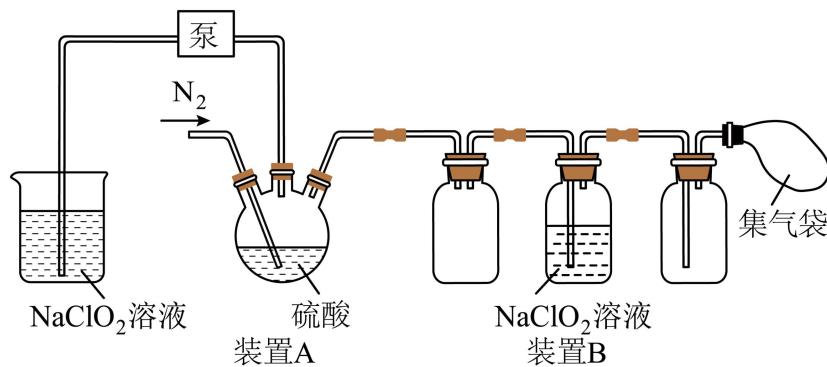


图1

(1)与滴液漏斗相比，使用泵的优点有_____。

(2)不采用向 $NaClO_2$ 溶液中滴加浓硫酸的滴加方式，其原因是_____。

(3)装置 B 的作用是_____。通入 N_2 的目的是_____。

II. 脱除烟气中的 NO 和 SO_2 。

(4) ClO_2 单独氧化 NO 时生成 NO_2 和 Cl_2 ，该反应的化学方程式为_____。

(5) ClO_2 单独氧化 SO_2 时，若体系中湿度增加， SO_2 的氧化率会大幅提升，其原因是_____。

(6)在相同条件下，取同种烟气，通入 ClO_2 气体，测得相同时间后气体氧化率随初始 $n(ClO_2)$

变化如图 2 所示。有学生由图认为，“ $n(ClO_2)$ 为 1.6 mmol 时， NO 消耗 ClO_2 的量多于 SO_2 消耗

的”，此推论是否合理_____ (填“是”或“否”)。 $n(ClO_2) > 1.6 \text{ mmol}$ 时， SO_2 氧化率变

化幅度更大，原因是_____。

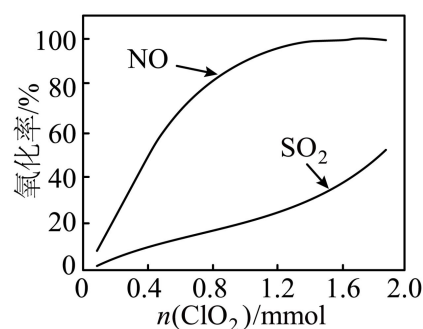


图2

【答案】(1)在内压较大时液体能顺利滴下(或滴速不受装置内压强影响)；保持稳定滴速，缓慢产生气流

(2)酸性减弱不利于反应(或反应需较强酸性条件)；不利于 ClO_2 、 Cl_2 气体逸出(或 ClO_2 、 Cl_2 会溶于水损失)

(3) 除去 ClO_2 中的 Cl_2 稀释 ClO_2 避免爆炸；将生成的 ClO_2 吹出装置A(或吹入集气袋中)；搅拌溶液混合均匀

(4) $2\text{ClO}_2 + 4\text{NO} = 4\text{NO}_2 + \text{Cl}_2$

(5) SO_2 与水反应生成 H_2SO_3 ，更易被 ClO_2 氧化

(6) 否 NO反应较完全时，更多的 ClO_2 才与 SO_2 反应(或此时NO氧化率接近100%，剩余与 SO_2 反应的 ClO_2 更多)

【分析】该实验以亚氯酸钠和浓硫酸为原料，在装置A中通过反应制备二氧化氯(同时生成氯气)；实验中用泵精准控制亚氯酸钠溶液的滴加速率，持续通入氮气稀释二氧化氯以避免其因浓度过高爆炸；装置B中利用亚氯酸钠与氯气的反应，除去二氧化氯中的氯气杂质并额外生成二氧化氯，最终通过集气袋收集产物，整个过程通过控制反应速率、稀释气体等方式保障实验安全与产物纯度。

【详解】(1)根据分析，与滴液漏斗相比，使用泵的优点有在内压较大时液体能顺利滴下(或滴速不受装置内压强影响)；保持稳定滴速，缓慢产生气流；

(2)不采用向 NaClO_2 溶液中滴加浓硫酸的滴加方式，其原因是酸性减弱不利于反应(或反应需较强酸性条件)；不利于 ClO_2 、 Cl_2 气体逸出(或 ClO_2 、 Cl_2 会溶于水损失)；

(3)根据分析，装置B中利用亚氯酸钠与氯气的反应，除去二氧化氯中的氯气杂质并额外生成二氧化氯；因浓度较高的 ClO_2 气体易爆炸，通入 N_2 的目的是稀释 ClO_2 避免爆炸；同

时可以将生成的 ClO_2 吹出装置 A(或吹入集气袋中); 搅拌溶液混合均匀;

(4) ClO_2 单独氧化 NO 时生成 NO_2 和 Cl_2 , 反应的化学方程式为 $2\text{ClO}_2 + 4\text{NO} = 4\text{NO}_2 + \text{Cl}_2$;

(5) 若体系中湿度增加, 则 SO_2 与水反应生成 H_2SO_3 , 故原因是 SO_2 与水反应生成 H_2SO_3 , 更易被 ClO_2 氧化;

(6) 图中仅显示“氧化率”, 但未给出 NO 和 SO_2 的初始物质的量, 无法通过氧化率直接比较二者消耗 ClO_2 的量; 当 $n(\text{ClO}_2) > 1.6\text{mmol}$ 时, NO 的氧化率已接近 100% (反应接近完全), 而 SO_2 的氧化率仍较低; 此时增加 ClO_2 的量, 更多的 ClO_2 会参与 SO_2 的氧化反应, 使 SO_2 的氧化率明显提升。

16. 利用铁锰氧化矿(主要含 Fe_2O_3 、 MnO_2 及 Cu 、 Co 、 Si 的氧化物)制备 MnO_2 。

(1) 焙烧水浸。将 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 与铁锰氧化矿混合后, 先低温焙烧, 使金属氧化物全部转化为硫酸盐, 然后增加通入空气的量、升高温度选择性焙烧, 冷却后加水充分浸取。

① MnO_2 和 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 低温焙烧得到 MnSO_4 , 并生成气体为_____ (化学式)。

② 水浸后的滤液中几乎不含 Fe 元素, 则高温选择性焙烧的作用是_____。

(2) 萃取除铜。有机溶剂(HA)萃取除去 Cu^{2+} , 再反萃取得到 CuSO_4 溶液的原理为:

$2\text{HA} + \text{Cu}^{2+} \xrightleftharpoons[\text{反萃取}]{\text{萃取}} 2\text{H}^+ + \text{CuA}_2(\text{有机层})$, 随 pH 与 Cu^{2+} 萃取率的关系如图 1 所示。pH > 4.0

时, 随着 pH 增大, Cu^{2+} 萃取率略有减小, 而测得水溶液中 Cu^{2+} 去除率增大, 原因是_____。

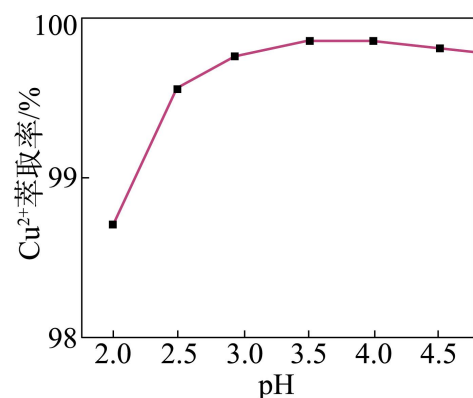


图 1

(3) 沉淀除钴。向萃取除铜后的溶液中滴加 Na_2S 溶液, 调节 $\text{pH} = 4$, Co^{2+} 恰好完全转化为 CoS 沉淀, 此时 $c(\text{Co}^{2+}) = 10^{-5}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 计算溶液中 $c(\text{H}_2\text{S})$ 需要的平衡常数是_____。(填字母)

- A. $K_{a1}(\text{H}_2\text{S})$ B. $K_{a2}(\text{H}_2\text{S})$ C. K_w D. $K_{sp}(\text{CoS})$

(4)制备 MnO_2 。

① MnO_2 的一种晶胞如图 2 所示(已标注主视方向), 请在图 3 的晶胞主视图中补全 Mn(IV) 的位置_____, 并判断 Mn(IV) 的配位数为_____。

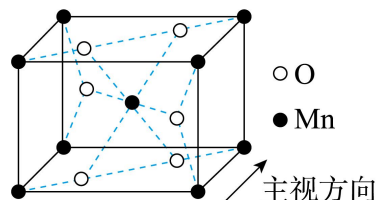


图 2

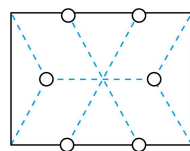


图 3 主视图

②除钴后所得 MnSO_4 溶液与 KMnO_4 溶液在弱碱性条件下制备 MnO_2 , 其离子方程式为

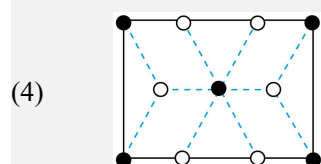
_____, 补充完整由除钴后溶液制备 MnO_2 的实验方案: 取除钴后溶液, _____, 干燥得 MnO_2 。

(须使用的试剂: NaOH 溶液、 KMnO_4 溶液、蒸馏水、 BaCl_2 溶液)。

【答案】(1) N_2 将 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (或“Fe 的硫酸盐”)几乎全部转化为 Fe_2O_3 (或“不溶的 Fe 氧化物”), 水浸后无需除铁

(2)pH 增大, 有利于 Cu^{2+} 水解生成 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沉淀, 去除率增大; $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 不易被 HA 萃取, 萃取率减小

(3)ABD



(4) 6 $4\text{OH}^- + 2\text{MnO}_4^- + 3\text{Mn}^{2+} = 5\text{MnO}_2 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 加

入 NaOH 溶液至反应液呈弱碱性, 加入 KMnO_4 溶液至溶液呈浅紫红色, 过滤, 用蒸馏水洗涤, 至取最后一次洗涤液滴加 BaCl_2 溶液不产生白色沉淀

【详解】(1) ①反应物是 MnO_2 和 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 。产物是 MnSO_4 。根据氧化还原反应和元素守恒, 锰元素从+4 价 (MnO_2) 变为+2 价 (MnSO_4), 化合价降低, 被还原。那么必然有元素化合价升高被氧化。在 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 中, 硫已经是+6 价(最高价), 无法再升高。氮元素是-3 价, 可以升高。因此, 铵根离子 (NH_4^+) 被氧化生成氮气 (N_2)。

②题目提到“水浸后的滤液中几乎不含 Fe 元素”，说明铁没有进入溶液。铁在矿石中主要是 Fe_2O_3 (+3 价)。在高温焙烧且通入空气的条件下，铁元素保持+3 价，但以氧化物的形式存在，而不是硫酸盐。 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 是易溶于水的，而 Fe_2O_3 是不溶于水的。因此，高温焙烧的目的就是将铁的硫酸盐转化为不溶于水的氧化铁。

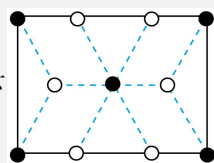
(2) 当 pH 增大时，溶液中的 Cu^{2+} 会发生水解反应，生成 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沉淀。沉淀不溶于水相，也不进入有机相，从而导致水溶液中 Cu^{2+} 的总去除率增大。而 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沉淀无法被有机溶剂萃取，萃取率减小。

(3) 根据题意， $c(\text{S}^{2-}) = \frac{K_{sp}(\text{CoS})}{c(\text{Co}^{2+})} = \frac{K_{sp}(\text{CoS})}{10^{-5}}$ 。由 pH = 4 可知 H_2S 的电离平衡：

$$c(\text{H}_2\text{S}) = \frac{c(\text{H}^+)^2 \cdot c(\text{S}^{2-})}{K_{a1} \cdot K_{a2}} = \frac{10^{-3} \cdot K_{sp}(\text{CoS})}{K_{a1} \cdot K_{a2}}$$

可见，需 $K_{sp}(\text{CoS})$ 、 K_{a1} 和 K_{a2} 。

K_w 不涉及，故排除，答案为 ABD。



(4) ①根据题目描述可绘图如下；配位数是指与中心离子最近的配位原子数。观察图-2，以体心的 Mn 为例，它周围有 6 个 O 原子（位于面心），形成八面体配位。因此配位数为 6。

② MnSO_4 提供 Mn^{2+} ， KMnO_4 提供 MnO_4^- ，在弱碱性条件下发生氧化还原反应生成 MnO_2 沉淀。故该离子方程式为 $4\text{OH}^- + 2\text{MnO}_4^- + 3\text{Mn}^{2+} = 5\text{MnO}_2 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ；

实验方案补充第一步应加入 NaOH 溶液调节 pH 至弱碱性。第二步加入 KMnO_4 溶液。

判断终点：当 Mn^{2+} 反应完全后，再滴入一滴 KMnO_4 溶液，溶液会因为过量的 MnO_4^- 显浅紫红色（或浅红色）。洗涤与干燥：过滤后，固体表面附着有硫酸根离子等杂质，需要用蒸馏水洗涤。题目要求使用 BaCl_2 溶液检验是否洗净（检验硫酸根离子）。故答案为加入 NaOH 溶液至反应液呈弱碱性，加入 KMnO_4 溶液至溶液呈浅紫红色，过滤，用蒸馏水洗涤，至取最后一次洗涤液滴加 BaCl_2 溶液不产生白色沉淀。

17. 工业上用 CH_4 制合成气(CO 和 H_2)，再脱碳制氢，具有良好的前景。

(1)合成气电化学脱碳制氢的原理如图 1 所示。该装置中固体酸膜能传导 H^+ 。

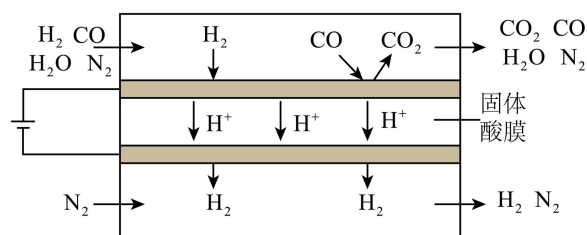


图1

①写出阳极 CO 转化为 CO_2 的电极反应式_____。

②实验测得，阳极区气体中 CO_2 的量大于阳极上电化学反应产生 CO_2 的量，原因是_____。

(2) CH_4 、 CO_2 催化重整制合成气，其原理如图 2 所示。反应②中化合价发生改变的元素有_____ (填元素符号)；每消耗 $1\text{mol } CH_4$ ，理论上反应②中转移电子的物质的量为_____ mol 。

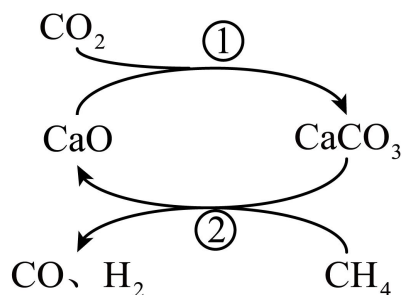
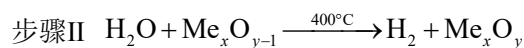
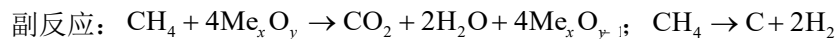
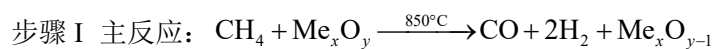


图2

(3) CH_4 、 H_2O 与铁铈载氧体(简称为 Me_xO_y)反应制合成气。相同条件下，以一定流速向装有 Me_xO_y 的反应器中间歇通入 CH_4 、 $H_2O(g)$ ，按下列步骤交替发生反应



①步骤 I 中铁铈载氧体表面的晶格氧将 CH_4 氧化为 CO 、 H_2 。步骤 I、II 中会有晶格氧在载氧体的内部和表面之间发生迁移。步骤 II 中晶格氧迁移的方向是_____。

②步骤 I 中，其他条件一定，在 $850^\circ C$ 下， CO 的选择性、 H_2 的选择性、 CH_4 的转化率与反应时间关系如图 3 所示。

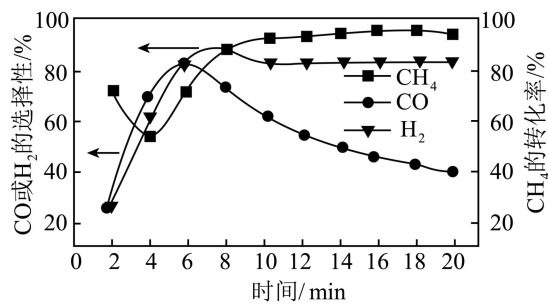


图3

i. 6min 后, $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CO})}$ 比值变化趋势为_____ (填“增大”“减小”或“不变”)。

已知: CO 的选择性 = $\frac{n_{\text{生成}}(\text{CO})}{n_{\text{转化}}(\text{CH}_4)} \times 100\%$; H₂ 的选择性 = $\frac{1/2 n_{\text{生成}}(\text{H}_2)}{n_{\text{转化}}(\text{CH}_4)} \times 100\%$ 。

ii. 其他条件不变, 与 850°C 相比, 在 900°C 下反应初期 CO 的选择性更低, 可能原因是_____。

③步骤II中, 向反应器中通入过量 H₂O 的作用是_____。

【答案】(1) $\text{CO} - 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 2\text{H}^+$ 阳极区还发生反应

$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$ (或“CO 与 H₂O 发生反应生成 CO₂、H₂”)

(2) C、H 6

(3) 晶格氧从表面向铁钨载氧体内部转移(或“由表向内”“由外向内”等) 增大
 温度高, CH₄ 转化为 CO₂ 的反应速率加快, 导致 CO 选择性降低(或“温度高、反应初期载氧体表面晶格氧数目多, 导致部分 CH₄ 被过度氧化为 CO₂”) 复原铁钨载氧体中晶格氧(或“使 Me_xO_{y-1} 更好地转化为 Me_xO_y”); 除去铁钨载氧体表面的积碳; 获得更多 H₂

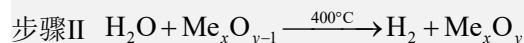
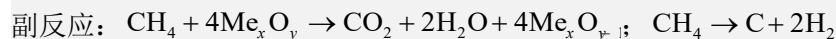
【详解】(1) 由直流电源的正负极, 可确定电解池中, 上面的电极为阳极, 下面的电极为阴极。

①在阳极, CO 失电子产物与 H₂O 反应, 生成 CO₂ 和 H⁺, 依据得失电子守恒、电荷守恒和原子守恒, 可得出 CO 转化为 CO₂ 的电极反应式: $\text{CO} - 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 2\text{H}^+$ 。

②实验测得, 阳极区气体中 CO₂ 的量大于阳极上电化学反应产生 CO₂ 的量, 则表明 CO₂ 还有另一来源, 只能为 CO 与 H₂O 直接反应, 生成 CO₂ 和 H₂, 则原因是: 阳极区还发生反应 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$ (或“CO 与 H₂O 发生反应生成 CO₂、H₂”)。

(2) 反应②中, $\text{CH}_4 + \text{CaCO}_3 = \text{CaO} + 2\text{CO} + 2\text{H}_2$, C 元素由-4 价、+4 价转化为+2 价, H 元素由+1 价转化为 0 价, 则化合价发生改变的元素有 C、H; 反应中, CH₄ 中 C 元素化合价升高

(由-4价升高为+2价), CH_4 中H元素和 CO_2 中C元素化合价降低, 则每消耗 1mol CH_4 , 理论上反应②中转移电子的物质的量为 $1\text{mol}\times[(+2)-(-4)]=6\text{mol}$ 。



①步骤II中, $\text{Me}_x\text{O}_{y-1}$ 转化为 Me_xO_y , 则晶格氧由表面迁移到内部, 所以晶格氧迁移的方向是: 晶格氧从表面向铁铈载氧体内部转移(或“由表向内”“由外向内”等)。

② i. 6min后, H_2 的选择性基本不变, CO 的选择性减小, 则 $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CO})}$ 比值变化趋势为增大。

ii. 其他条件不变, 与 850°C 相比, 在 900°C 下反应初期 CO 的选择性更低, 则温度升高, 步骤I的主反应速率增大的程度小, 而副反应速率增大的程度大, 所以可能原因是: 温度高, CH_4 转化为 CO_2 的反应速率加快, 导致 CO 选择性降低(或“温度高、反应初期载氧体表面晶格氧数目多, 导致部分 CH_4 被过度氧化为 CO_2 ”)。

③步骤II中, 向反应器中通入过量 H_2O 可将 $\text{Me}_x\text{O}_{y-1}$ 转化为 Me_xO_y , 同时 H_2O 与C反应生成 CO 和 H_2 , 有助于清除积碳, 则通入过量 H_2O 的作用是: 复原铁铈载氧体中晶格氧(或“使 $\text{Me}_x\text{O}_{y-1}$ 更好地转化为 Me_xO_y ”); 除去铁铈载氧体表面的积碳; 获得更多 H_2 。

【点睛】通入过量 H_2O , 增大步骤II的反应物浓度, 促使平衡正向移动。