

2023 年高考江苏卷化学真题

一、单选题

1. 我国提出 2060 年实现碳中和的目标，体现了大国担当。碳中和中的碳是指

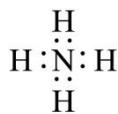
- A. 碳原子 B. 二氧化碳 C. 碳元素 D. 含碳物质

【答案】 B

【详解】 碳中和中的碳是指二氧化碳，减少二氧化碳的排放和充分利用二氧化碳转化为其他物质是碳中和的核心，故选 B。

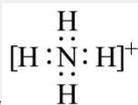
【点睛】

2. 反应 $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaNO}_2 = \text{NaCl} + \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 应用于石油开采。下列说法正确的是



- A. NH_4^+ 的电子式为 $\begin{array}{c} \text{H} \\ \vdots \\ \text{H}:\text{N}:\text{H} \\ \vdots \\ \text{H} \end{array}$ B. NO_2^- 中 N 元素的化合价为 +5
- C. N_2 分子中存在 $\text{N} \equiv \text{N}$ 键 D. H_2O 为非极性分子

【答案】 C

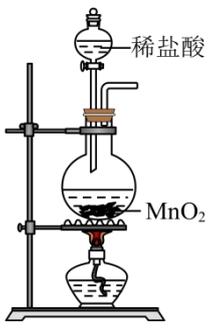
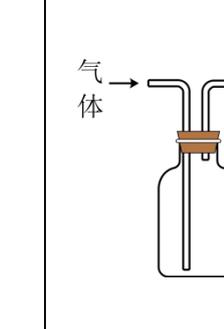
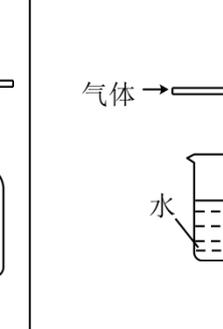


- 【详解】** A. NH_4^+ 的电子式为 $\begin{array}{c} \text{H} \\ \vdots \\ [\text{H}:\text{N}:\text{H}]^+ \\ \vdots \\ \text{H} \end{array}$ ，A 错误；
- B. NO_2^- 中 N 元素的化合价为 +3，B 错误；
- C. N_2 分子中存在 $\text{N} \equiv \text{N}$ 键，C 正确；
- D. H_2O 为 V 形分子，分子中正负电荷中心未重合，为极性分子，D 错误。

故选 C。

【点睛】

3. 实验室制取 Cl_2 的实验原理及装置均正确的是

			
A. 制取 Cl_2	B. 除去 Cl_2 中的 HCl	C. 收集 Cl_2	D. 吸收尾气中的 Cl_2

- A. A B. B C. C D. D

【答案】 C

【详解】 A. 实验室制取氯气使用的是浓盐酸和 MnO_2 反应，不能使用稀盐酸，A 错误；

- B. 除去 Cl_2 中的 HCl 可将气体通入饱和食盐水中，注意长口进入便于充分吸收，应该长进短出，B 错误；
- C. 氯气密度大于空气，可用向上排空气法收集氯气，多功能瓶收集气体注意长进短出，C 正确；
- D. 对氯气的尾气处理应选择氢氧化钠溶液吸收，水吸收效果不好，D 错误。

故选 C。

【点睛】

4. 元素 C、Si、Ge 位于周期表中 IV A 族。下列说法正确的是

- A. 原子半径： $r(\text{C}) > r(\text{Si}) > r(\text{Ge})$ B. 第一电离能： $I_1(\text{C}) < I_1(\text{Si}) < I_1(\text{Ge})$
- C. 碳单质、晶体硅、SiC 均为共价晶体 D. 可在周期表中元素 Si 附近寻找新半导体材料

【答案】D

- 【详解】A. 同主族元素原子半径从上往下原子半径增大，故原子半径： $r(\text{C}) < r(\text{Si}) < r(\text{Ge})$ ，A 错误；
- B. 同周期主族元素，从上往下原子半径增大，更易失电子，第一电离能： $I_1(\text{C}) > I_1(\text{Si}) > I_1(\text{Ge})$ ，B 错误；
- C. 晶体硅、SiC 均为共价晶体，碳单质中金刚石为共价晶体，而石墨为混合晶体， C_{60} 为分子晶体，C 错误；
- D. 周期表中元素 Si 附近存在许多准金属，可在其周围寻找半导体材料，D 正确。

故选 D。

【点睛】

5. 氢元素及其化合物在自然界广泛存在且具有重要应用。 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 是氢元素的 3 种核素，基态 H 原子 $1s^1$ 的核外电子排布，使得 H 既可以形成 H^+ 又可以形成 H^- ，还能形成 H_2O 、 H_2O_2 、 NH_3 、 N_2H_4 、 CaH_2 等重要化合物；水煤气法、电解水、光催化分解水都能获得 H_2 ，如水煤气法制氢反应中， $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 与足量 $\text{C}(\text{s})$ 反应生成 $1\text{molH}_2(\text{g})$ 和 $1\text{molCO}(\text{g})$ 吸收 131.3kJ 的热量。 H_2 在金属冶炼、新能源开发、碳中和等方面具有重要应用，如 HCO_3^- 在催化剂作用下与 H_2 反应可得到 HCOO^- 。我国科学家在氢气的制备和应用等方面都取得了重大成果。下列说法正确的是

- A. ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 都属于氢元素
- B. NH_4^+ 和 H_2O 的中心原子轨道杂化类型均为 sp^2
- C. H_2O_2 分子中的化学键均为极性共价键
- D. CaH_2 晶体中存在 Ca 与 H_2 之间的强烈相互作用

【答案】A

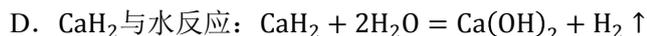
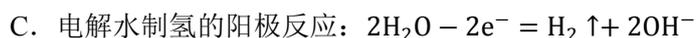
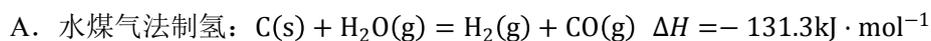
- 【详解】A. ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 都属于氢元素，三者互为同位素，统称为氢元素，A 正确；
- B. NH_4^+ 和 H_2O 的中心原子轨道杂化类型均为 sp^3 ，B 错误；
- C. H_2O_2 分子中的化学键既存在 O-H 极性共价键，也存在 O-O 非极性共价键，C 错误；
- D. CaH_2 晶体中存在 Ca^{2+} 与 H^- 之间的离子键，为强烈相互作用，D 错误。

故选 A。

【点睛】

6. 氢元素及其化合物在自然界广泛存在且具有重要应用。 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 是氢元素的 3 种核素，基态 H 原子 $1s^1$ 的核外电子排布，使得 H 既可以形成 H^+ 又可以形成 H^- ，还能形成 H_2O 、 H_2O_2 、 NH_3 、 N_2H_4 、 CaH_2 等重要化合物；

水煤气法、电解水、光催化分解水都能获得 H_2 ，如水煤气法制氢反应中， $H_2O(g)$ 与足量 $C(s)$ 反应生成 $1molH_2(g)$ 和 $1molCO(g)$ 吸收 $131.3kJ$ 的热量。 H_2 在金属冶炼、新能源开发、碳中和等方面具有重要应用，如 HCO_3^- 在催化剂作用下与 H_2 反应可得到 $HCOO^-$ 。我国科学家在氢气的制备和应用等方面都取得了重大成果。下列化学反应表示正确的是



【答案】B

【详解】A. 水煤气法制氢的反应为吸热反应，其热化学方程式为 $C(s) + H_2O(g) = H_2(g) + CO(g) \Delta H = +131.3kJ \cdot mol^{-1}$ ，A 错误；

B. 由题意可知 HCO_3^- 在催化剂作用下与 H_2 反应可得到 $HCOO^-$ ，根据原子守恒可得离子方程式为 $HCO_3^- + H_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} HCOO^- + H_2O$ ，B 正确；

C. 电解水制氢的阳极反应为 $4OH^- - 4e^- = O_2 \uparrow + 2H_2O$ ，C 错误；

D. CaH_2 与水反应化学方程式为 $CaH_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2 \uparrow$ ， $CaH_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2 \uparrow$ 中 H 原子不守恒，D 错误。

故选 B。

【点睛】

7. 氢元素及其化合物在自然界广泛存在且具有重要应用。 1_1H 、 2_1H 、 3_1H 是氢元素的 3 种核素，基态 H 原子 $1s^1$ 的核外电子排布，使得 H 既可以形成 H^+ 又可以形成 H^- ，还能形成 H_2O 、 H_2O_2 、 NH_3 、 N_2H_4 、 CaH_2 等重要化合物；水煤气法、电解水、光催化分解水都能获得 H_2 ，如水煤气法制氢反应中， $H_2O(g)$ 与足量 $C(s)$ 反应生成 $1molH_2(g)$ 和 $1molCO(g)$ 吸收 $131.3kJ$ 的热量。 H_2 在金属冶炼、新能源开发、碳中和等方面具有重要应用，如 HCO_3^- 在催化剂作用下与 H_2 反应可得到 $HCOO^-$ 。我国科学家在氢气的制备和应用等方面都取得了重大成果。下列物质结构与性质或物质性质与用途具有对应关系的是

A. H_2 具有还原性，可作为氢氧燃料电池的燃料

B. 氨极易溶于水，液氨可用作制冷剂

C. H_2O 分子之间形成氢键， $H_2O(g)$ 的热稳定性比 $H_2S(g)$ 的高

D. N_2H_4 中的 N 原子与 H^+ 形成配位键， N_2H_4 具有还原性

【答案】A

【详解】A. H_2 具有还原性，可与氧气反应，作为氢氧燃料电池的燃料，A 正确；

B. 液氨可用作制冷剂主要原因是液氨汽化吸热，和氨极易溶于水无关，B 错误；

C. $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的热稳定性比 $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$ 的高主要原因为氧氢键的键能高于硫氢键, 和 H_2O 分子之间形成氢键无关, C 错误;

D. N_2H_4 具有还原性在于 N 本身可以失电子, 且 N_2H_4 中无配位键, D 错误。

故选 A。

【点睛】

8. 氮及其化合物的转化具有重要应用。下列说法不正确的是

A. 实验室探究稀硝酸与铜反应的气态产物: $\text{HNO}_3(\text{稀}) \xrightarrow{\text{Cu}} \text{NO} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{NO}_2$

B. 工业制硝酸过程中的物质转化: $\text{N}_2 \xrightarrow[\text{放电或高温}]{\text{O}_2} \text{NO} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{HNO}_3$

C. 汽车尾气催化转化器中发生的主要反应: $2\text{NO} + 2\text{CO} \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{N}_2 + 2\text{CO}_2$

D. 实验室制备少量 NH_3 的原理: $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

【答案】B

【详解】A. Cu 与稀硝酸的反应产物之一为 NO, NO 与氧气发生反应 $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ 生成 NO_2 , A 正确;

B. 氮气与氧气在高温条件下生成 NO, 但 NO 无法与水发生化学反应, B 错误;

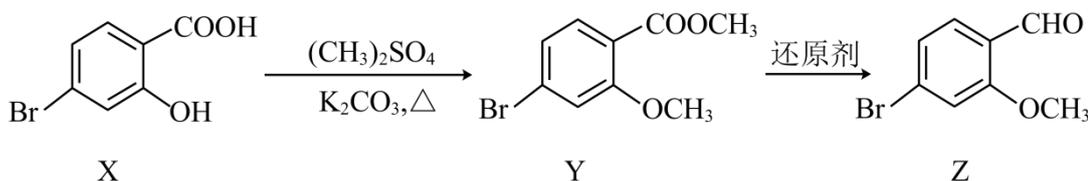
C. 汽车尾气催化转化器主要将污染气体 NO、CO 转化为无污染的气体, 故该反应方程式为 $2\text{NO} + 2\text{CO} \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{N}_2 + 2\text{CO}_2$, C 正确;

D. 实验室利用熟石灰和氯化铵制备少量 NH_3 , 化学方程式为 $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, D 正确。

故选 B。

【点睛】

9. 化合物 Z 是合成药物非奈利酮的重要中间体, 其合成路线如下:



下列说法正确的是

A. X 不能与 FeCl_3 溶液发生显色反应

B. Y 中的含氧官能团分别是酯基、羧基

C. 1molZ 最多能与 3mol H_2 发生加成反应

D. X、Y、Z 可用饱和 NaHCO_3 溶液和 2%银氨溶液进行鉴别

【答案】D

【详解】A. X 中含有酚羟基, 能与 FeCl_3 溶液发生显色反应, A 错误;

B. Y 中的含氧官能团分别是酯基、醚键，B 错误；

C. Z 中 1mol 苯环可以和 3molH₂发生加成反应,1mol 醛基可以和1molH₂发生加成反应，故 1molZ 最多能与4molH₂发生加成反应，C 错误；

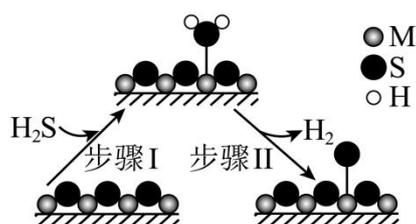
D. X 可与饱和NaHCO₃溶液反应产生气泡，Z 可以与 2%银氨溶液反应产生银镜，Y 无明显现象，故 X、Y、Z 可用饱和NaHCO₃溶液和 2%银氨溶液进行鉴别，D 正确。

故选 D。

【点睛】

10. 金属硫化物(M_xS_y)催化反应CH₄(g) + 2H₂S(g) = CS₂(g) + 4H₂(g)，既可以除去天然气中的H₂S，又可以获得H₂。

下列说法正确的是



A. 该反应的 $\Delta S < 0$

B. 该反应的平衡常数 $K = \frac{c(\text{CH}_4) \cdot c^2(\text{H}_2\text{S})}{c(\text{CS}_2) \cdot c^4(\text{H}_2)}$

C. 题图所示的反应机理中，步骤 I 可理解为H₂S 中带部分负电荷的 S 与催化剂中的 M 之间发生作用

D. 该反应中每消耗 1molH₂S，转移电子的数目约为 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$

【答案】C

【详解】A. 左侧反应物气体计量数之和为 3，右侧生成物气体计量数之和为 5， $\Delta S > 0$ ，A 错误；

B. 由方程形式知， $K = \frac{c(\text{CS}_2) \cdot c^4(\text{H}_2)}{c(\text{CH}_4) \cdot c^2(\text{H}_2\text{S})}$ ，B 错误；

C. 由题图知，经过步骤 I 后，H₂S 中带部分负电荷的 S 与催化剂中的 M 之间形成了作用力，C 正确；

D. 由方程式知，消耗 1mol H₂S 同时生成2mol H₂，转移4mol e⁻，数目为 $4 \times 6.02 \times 10^{23}$ ，D 错误；

故选 C。

【点睛】

11. 室温下，探究 0.1mol · L⁻¹FeSO₄溶液的性质，下列实验方案能达到探究目的的是

选项	探究目的	实验方案
A	溶液中是否含有Fe ³⁺	向 2mLFeSO ₄ 溶液中滴加几滴新制氯水，再滴加 KSCN 溶液，观察溶液颜色变化
B	Fe ²⁺ 是否有还原性	向 2mLFeSO ₄ 溶液中滴加几滴酸性KMnO ₄ 溶液，观察溶液颜色变化
C	Fe ²⁺ 是否水解	向 2mLFeSO ₄ 溶液中滴加 2~3 滴酚酞试液，观察溶液颜色变化
D	Fe ²⁺ 能否催化H ₂ O ₂ 分	向 2mL5%H ₂ O ₂ 溶液中滴加几滴FeSO ₄ 溶液，观察气泡产生情况

	解		
--	---	--	--

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】B

【详解】A. 检验溶液中是否含有 Fe^{3+} 应直接向待测液中滴加 KSCN 溶液，向待测液中滴加氯水会将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} 干扰实验，A 错误；

B. 向 2mL FeSO_4 溶液中滴加几滴酸性 KMnO_4 溶液，若观察溶液紫色褪去，说明 Fe^{2+} 有还原性，B 正确；

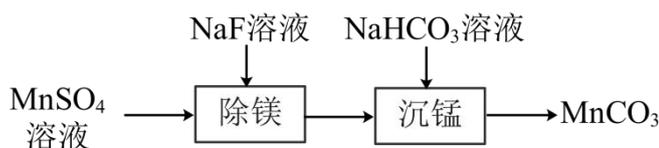
C. Fe^{2+} 发生水解反应 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{Fe}(\text{OH})_2$ 使溶液显酸性，应向 2mL FeSO_4 溶液中滴加 2~3 滴石蕊试液，观察溶液颜色变化，C 错误；

D. 向 2mL5% H_2O_2 溶液中滴加几滴 FeSO_4 溶液，若产生气泡有可能是 Fe^{3+} 的催化作用，D 错误。

故选 B。

【点睛】

12. 室温下，用含少量 Mg^{2+} 的 MnSO_4 溶液制备 MnCO_3 的过程如题图所示。已知 $K_{\text{sp}}(\text{MgF}_2) = 5.2 \times 10^{-11}$ ， $K_{\text{a}}(\text{HF}) = 6.3 \times 10^{-4}$ 。下列说法正确的是



A. $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{NaF}$ 溶液中： $c(\text{F}^-) = c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+)$

B. “除镁”得到的上层清液中： $c(\text{Mg}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{MgF}_2)}{c(\text{F}^-)}$

C. $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{NaHCO}_3$ 溶液中： $c(\text{CO}_3^{2-}) = c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{CO}_3) - c(\text{OH}^-)$

D. “沉锰”后的滤液中： $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-})$

【答案】C

【详解】A. $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{NaF}$ 溶液中存在电荷守恒： $c(\text{OH}^-) + c(\text{F}^-) = c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+)$ ，A 错误；

B. “除镁”得到的上层清液中为 MgF_2 的饱和溶液，有 $K_{\text{sp}}(\text{MgF}_2) = c(\text{Mg}^{2+})c^2(\text{F}^-)$ ，故 $c(\text{Mg}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{MgF}_2)}{c^2(\text{F}^-)}$ ，B 错误；

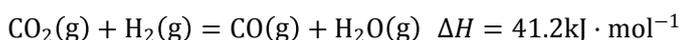
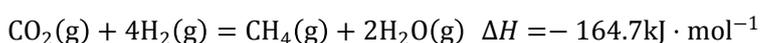
C. $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{NaHCO}_3$ 溶液中存在质子守恒： $c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)$ ，故 $c(\text{CO}_3^{2-}) = c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{CO}_3) - c(\text{OH}^-)$ ，C 正确；

D. “沉锰”后的滤液中还存在 F^- 、 SO_4^{2-} 等离子，故电荷守恒中应增加其他离子使等式成立，D 错误。

故选 C。

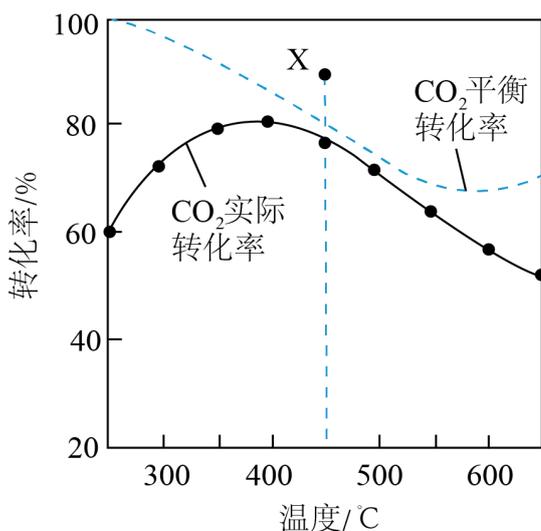
【点睛】

13. 二氧化碳加氢制甲烷过程中的主要反应为



在密闭容器中， $1.01 \times 10^5 \text{Pa}$ 、 $n_{\text{起始}}(\text{CO}_2):n_{\text{起始}}(\text{H}_2) = 1:4$ 时， CO_2 平衡转化率、在催化剂作用下反应相同时间所测

得的 CO_2 实际转化率随温度的变化如题图所示。 CH_4 的选择性可表示为 $\frac{n_{\text{生成}}(\text{CH}_4)}{n_{\text{反应}}(\text{CO}_2)} \times 100\%$ 。下列说法正确的是



- A. 反应 $2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g})$ 的焓变 $\Delta H = -205.9 \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. CH_4 的平衡选择性随着温度的升高而增加
- C. 用该催化剂催化二氧化碳反应的最佳温度范围约为 $480 \sim 530^\circ\text{C}$
- D. 450°C 时，提高 $\frac{n_{\text{起始}}(\text{H}_2)}{n_{\text{起始}}(\text{CO}_2)}$ 的值或增大压强，均能使 CO_2 平衡转化率达到 X 点的值

【答案】D

【详解】A. 由盖斯定律可知反应 $2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g})$ 的焓变 $\Delta H = -2 \times 41.2 \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 164.7 \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -247.1 \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，A 错误；

B. $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 为放热反应，升高温度平衡逆向移动， CH_4 的含量降低，故 CH_4 的平衡选择性随着温度的升高而降低，B 错误；

C. 由图可知温度范围约为 $350 \sim 400^\circ\text{C}$ 时二氧化碳实际转化率最高，为最佳温度范围，C 错误；

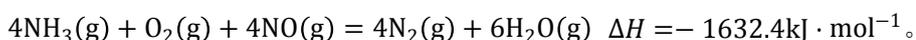
D. 450°C 时，提高 $\frac{n_{\text{起始}}(\text{H}_2)}{n_{\text{起始}}(\text{CO}_2)}$ 的值可提高二氧化碳的平衡转化率，增大压强反应 I 平衡正向移动，可提高二氧化碳的平衡转化率，均能使 CO_2 平衡转化率达到 X 点的值，D 正确。

故选 D。

【点睛】

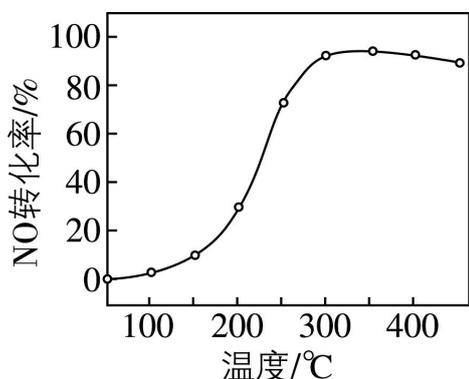
二、原理综合题

14. $\text{V}_2\text{O}_5 - \text{WO}_3/\text{TiO}_2$ 催化剂能催化 NH_3 脱除烟气中的 NO ，反应为



(1) 催化剂的制备。将预先制备的一定量的 WO_3/TiO_2 粉末置于 80°C 的水中，在搅拌下加入一定量的 NH_4VO_3 溶液，经蒸发、焙烧等工序得到颗粒状 $\text{V}_2\text{O}_5 - \text{WO}_3/\text{TiO}_2$ 催化剂。在水溶液中 VO_3^- 水解为 H_3VO_4 沉淀的离子方程式为_____；反应选用 NH_4VO_3 溶液而不选用 NaVO_3 溶液的原因是_____。

(2) 催化剂的应用。将一定物质的量浓度的 NO、O₂、NH₃(其余为 N₂) 气体匀速通过装有 V₂O₅ - WO₃/TiO₂ 催化剂的反应器，测得 NO 的转化率随温度的变化如题图所示。反应温度在 320~360℃ 范围内，NO 转化率随温度变化不明显的原因是_____；反应温度高于 380℃，NO 转化率下降，除因为进入反应器的 NO 被还原的量减少外，还有(用化学方程式表示)。



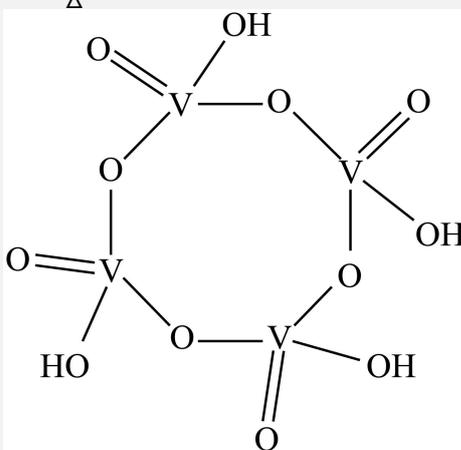
(3) 废催化剂的回收。回收 V₂O₅ - WO₃/TiO₂ 废催化剂并制备 NH₄VO₃ 的过程可表示为



- ① 酸浸时，加料完成后，以一定速率搅拌反应。提高钒元素浸出率的方法还有_____。
- ② 通过萃取可分离钒和钨，在得到的钒酸中含有 H₄V₄O₁₂。已知 H₄V₄O₁₂ 具有八元环结构，其结构式可表示为_____。
- ③ 向 pH=8 的 NaVO₃ 溶液中加入过量的 NH₄Cl 溶液，生成 NH₄VO₃ 沉淀。已知：K_{sp}(NH₄VO₃) = 1.7 × 10⁻³，加过量 NH₄Cl 溶液的目的是_____。

【答案】 (1) $\text{VO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{VO}_4 \downarrow + \text{OH}^-$ 制得的催化剂中不含 Na⁺

(2) 在该温度范围内，催化剂活性变化不大，消耗 NO 的反应速率与生成 NO 的反应速率随温度升高而增大，对 NO 转化率的影响相互抵消



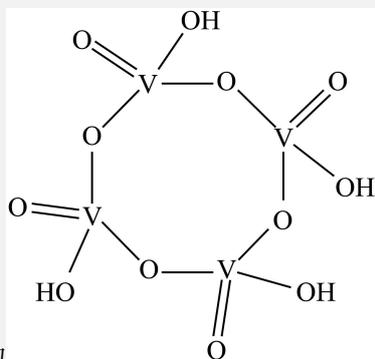
(3) 提高反应温度、延长浸出时间

促进 NH₄VO₃ 充分沉淀

【详解】 (1) 在水溶液中 VO₃⁻ 水解为 H₃VO₄ 沉淀的离子方程式为 VO₃⁻ + 2H₂O = H₃VO₄ ↓ + OH⁻；反应选用 NH₄VO₃ 溶液而不选用 NaVO₃ 溶液的原因是制得的催化剂中不含 Na⁺；

(2) 反应温度在 320~360℃ 范围内, NO 转化率随温度变化不明显的原因是此温度范围内, 催化剂活性变化不大, 消耗 NO 的反应速率与生成 NO 的反应速率随温度升高而增大, 对 NO 转化率的影响相互抵消。反应温度高于 380℃, NO 转化率下降, 有可能体系产生了 NO, 如 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ 。

(3) 提高钒元素浸出率的方法还有提高反应温度、延长浸出时间, 已知 $\text{H}_4\text{V}_4\text{O}_{12}$ 具有八元环结构, 且 V 连有五根



共价键, 结构式可表示为

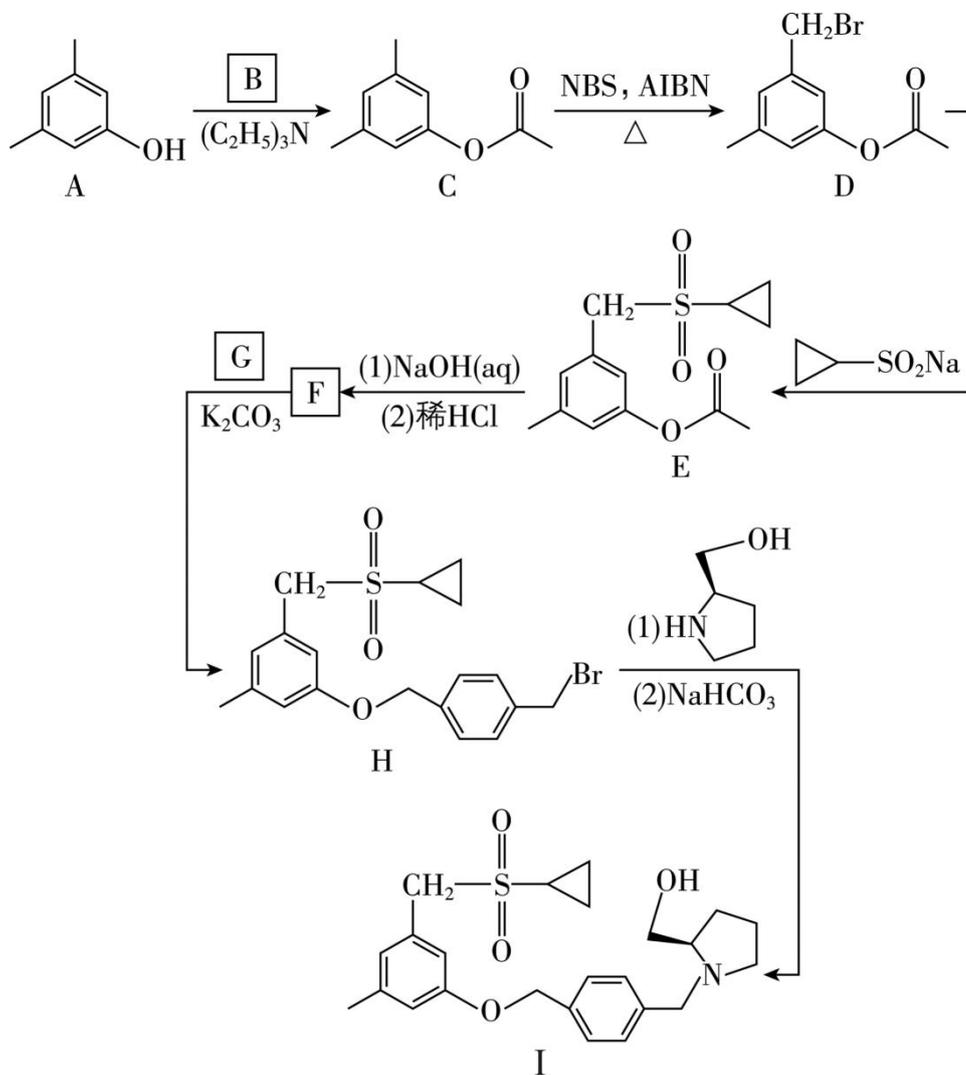
。 NH_4VO_3 饱和溶液中存在溶解平衡 $\text{NH}_4\text{VO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons$

$\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{VO}_3^-(\text{aq})$, 加过量 NH_4Cl 溶液有利于增加铵根离子浓度, 促进平衡向析出沉淀的方向移动, 提高 NH_4VO_3 的含量, 促进 NH_4VO_3 充分沉淀。

【点睛】

三、有机推断题 (新)

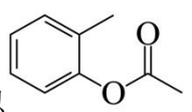
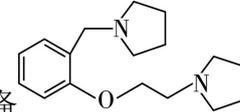
15. 化合物 I 是鞘氨醇激酶抑制剂, 其合成路线如下:



- (1) 化合物 A 的酸性比环己醇的 _____ (填“强”或“弱”或“无差别”)。
- (2) B 的分子式为 C_2H_3OCl ，可由乙酸与 $SOCl_2$ 反应合成，B 的结构简式为 _____。
- (3) A → C 中加入 $(C_2H_5)_3N$ 是为了消耗反应中产生的 _____ (填化学式)。
- (4) 写出同时满足下列条件的 C 的一种同分异构体的结构简式：_____。

碱性条件水解后酸化生成两种产物，产物之一的分子中碳原子轨道杂化类型相同且室温下不能使 2% 酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色；加热条件下，铜催化另一产物与氧气反应，所得有机产物的核磁共振氢谱中只有 1 个峰。

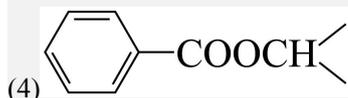
- (5) G 的分子式为 $C_8H_8Br_2$ ，F → H 的反应类型为_____。

- (6) 写出以 、 和 $CH_2 = CH_2$ 为原料制备  的合成路线流程图 _____ (须用 NBS 和 AIBN，无机试剂和有机溶剂任用，合成路线流程图示例见本题题干)。

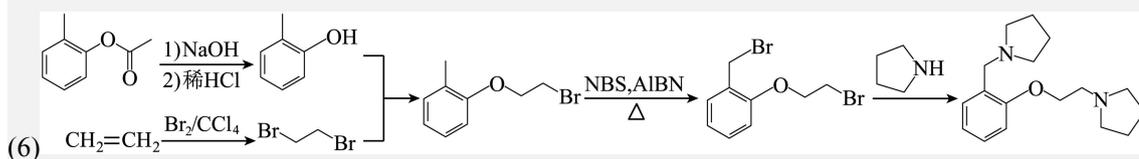
【答案】(1) 强

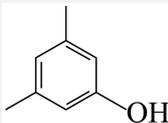
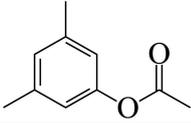
(2) CH_3COCl

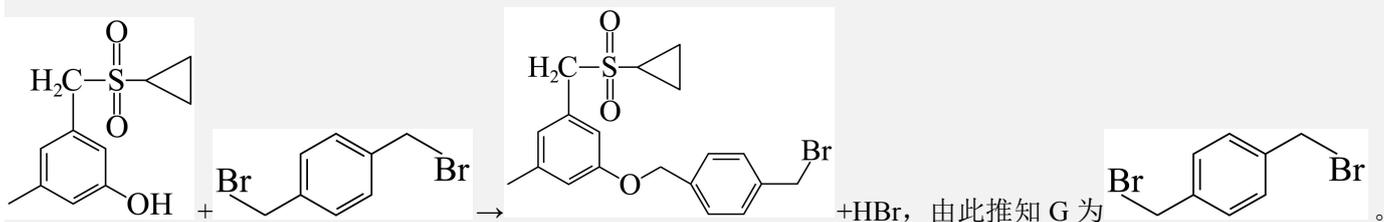
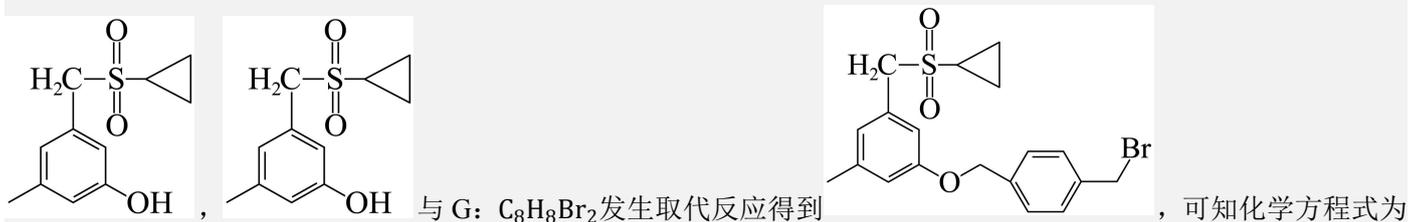
(3) HCl

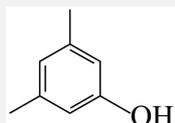


(5) 取代反应

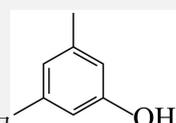
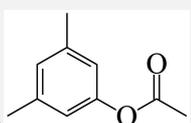


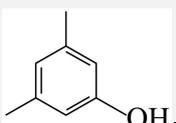
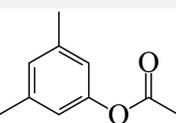
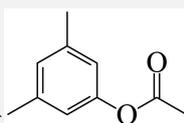
【分析】与 $\text{C}_2\text{H}_3\text{OCl}$ 发生取代反应生成，可推知化学方程式为

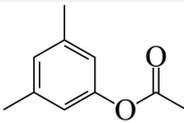


【详解】(1) 化合物 A：中含有酚羟基，酚羟基酸性强于醇羟基，故化合物 A 的酸性比环己醇的强。

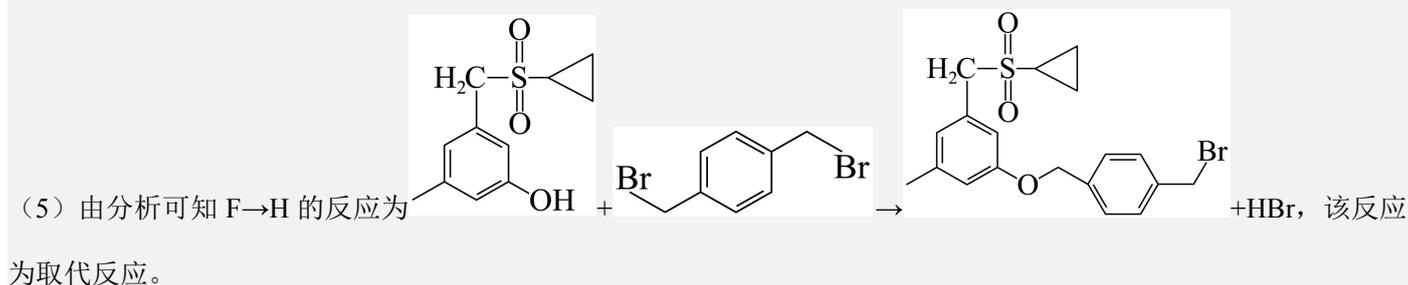
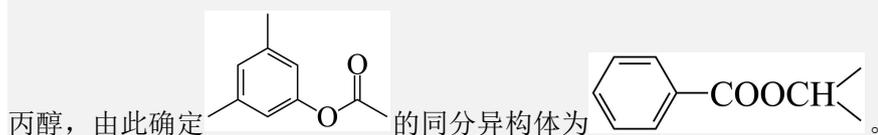
(2) 由分析可知 B 的结构简式为 CH_3COCl 。

(3) A \rightarrow C 的化学方程式为 + $\text{CH}_3\text{COCl} \rightarrow$  + HCl ， $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$ 显碱性可以与 HCl 发生中和

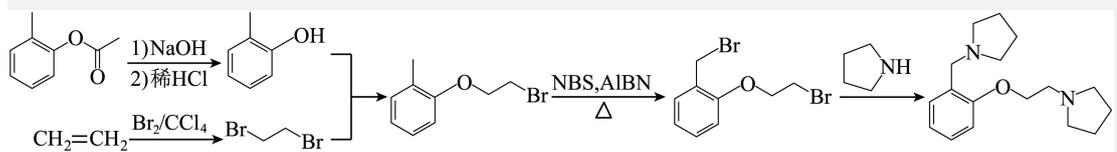
反应促进 + $\text{CH}_3\text{COCl} \rightarrow$  + HCl 平衡正移，提供的产率，故 A \rightarrow C 中加入 $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$ 是为了消耗反应中产生的 HCl 。

(4) 的同分异构体碱性条件水解后酸化生成两种产物，产物之一的分子中碳原子轨道杂化类型相同且室温下不能使 2% 酸性 KMnO_4 溶液褪色，说明其同分异构体为 5，且该水解产物为苯甲酸；另一水解产物为丙

醇，且加热条件下，铜催化该产物与氧气反应，所得有机产物的核磁共振氢谱中只有 1 个峰，由此确定该醇为 2-



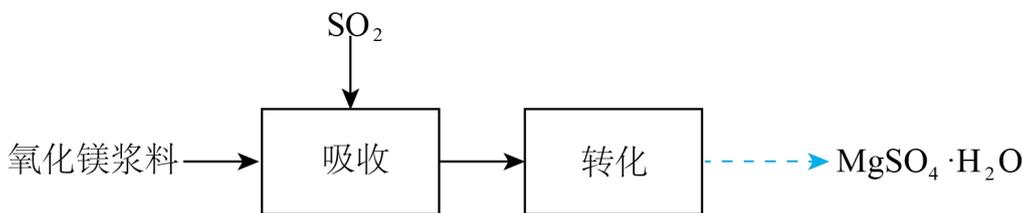
(6) 结合 F→H 可设计以下合成路线：



【点睛】

四、工业流程题

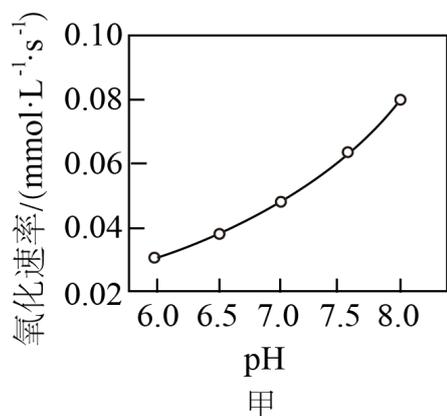
16. 实验室模拟“镁法工业烟气脱硫”并制备 $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，其实验过程可表示为



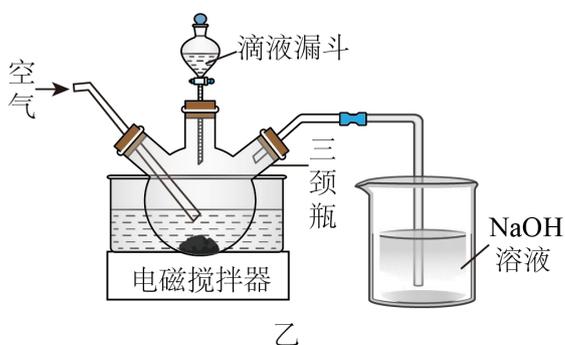
(1) 在搅拌下向氧化镁浆料中匀速缓慢通入 SO_2 气体，生成 MgSO_3 ，反应为 $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_3 = \text{MgSO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，其平衡常数 K 与 $K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ 、 $K_{\text{sp}}(\text{MgSO}_3)$ 、 $K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{SO}_3)$ 、 $K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{SO}_3)$ 的代数关系式为 $K = \frac{K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2]}{K_{\text{sp}}(\text{MgSO}_3) \cdot K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{SO}_3) \cdot K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{SO}_3)}$ ；下列实验操作一定能提高氧化镁浆料吸收 SO_2 效率的有 _____ (填序号)。

- A. 水浴加热氧化镁浆料
- B. 加快搅拌速率
- C. 降低通入 SO_2 气体的速率
- D. 通过多孔球泡向氧化镁浆料中通 SO_2

(2) 在催化剂作用下 MgSO_3 被 O_2 氧化为 MgSO_4 。已知 MgSO_3 的溶解度为 $0.57\text{g}(20^\circ\text{C})$ ， O_2 氧化溶液中 SO_3^{2-} 的离子方程式为 _____；在其他条件相同时，以负载钴的分子筛为催化剂，浆料中 MgSO_3 被 O_2 氧化的速率随 pH 的变化如题图甲所示。在 $\text{pH}=6\sim 8$ 范围内，pH 增大，浆料中 MgSO_3 的氧化速率增大，其主要原因是 _____。



(3)制取 $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 晶体。在如题图乙所示的实验装置中，搅拌下，使一定量的 MgSO_3 浆料与 H_2SO_4 溶液充分反应。 MgSO_3 浆料与 H_2SO_4 溶液的加料方式是_____；补充完整制取 $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 晶体的实验方案：向含有少量 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 的 MgSO_4 溶液中，_____。(已知： Fe^{3+} 、 Al^{3+} 在 $\text{pH} \geq 5$ 时完全转化为氢氧化物沉淀；室温下从 MgSO_4 饱和溶液中结晶出 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ， $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 在 $150\sim 170^\circ\text{C}$ 下干燥得到 $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，实验中需要使用 MgO 粉末)



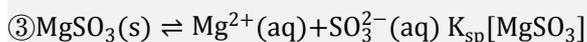
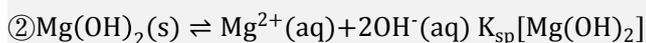
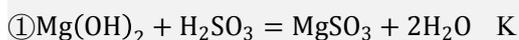
【答案】(1) $\frac{K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2] \times K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{SO}_3) \times K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{SO}_3)}{K_{\text{sp}}(\text{MgSO}_3) \times K_{\text{w}}^2}$ BD

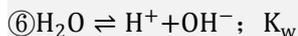
(2) $2\text{SO}_3^{2-} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{SO}_4^{2-}$ pH增大，抑制 SO_3^{2-} 的水解，反应物 SO_3^{2-} 的浓度增大，故可加快氧化速率

(3) 用滴液漏斗向盛有 MgSO_3 浆料的三颈烧瓶中缓慢滴加硫酸溶液 分批加入少量氧化镁粉末，搅拌，直至用pH试纸测得 $\text{pH} \geq 5$ ，过滤；将滤液蒸发浓缩、降温至室温结晶，过滤，所得晶体在 $150\sim 170^\circ\text{C}$ 干燥。

【分析】本实验的目的是为了制取 $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，首先在搅拌下向氧化镁浆料中匀速缓慢通入 SO_2 气体，生成 MgSO_3 ，然后使一定量的 MgSO_3 浆料与 H_2SO_4 溶液充分反应生成硫酸镁，在硫酸镁的溶液中加入氧化镁调节溶液的pH除去三价铁和三价铝，将滤液蒸发浓缩、降温至室温结晶，过滤，所得晶体在 $150\sim 170^\circ\text{C}$ 干燥即可得到 $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ；

【详解】(1) 已知下列反应：





根据盖斯定律, ①=②-③+④+⑤-⑥×2, 故 $K = \frac{K_{sp}[\text{Mg}(\text{OH})_2] \times K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3) \times K_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_3)}{K_{sp}(\text{MgSO}_3) \times K_w^2}$;

A. 加热可加快反应速率, 但温度升高, SO_2 在水中溶解度降低, 且会导致 H_2SO_3 受热分解, 不一定能提高吸收 SO_2 效率, A 错误;

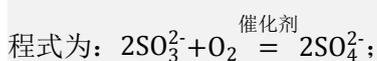
B. 加快搅拌速率, 可以使反应物充分接触, 提高吸收 SO_2 效率, B 正确;

C. 降低通入 SO_2 气体的速率, SO_2 可与 MgO 浆料充分接触, 但会降低反应速率, 不一定能提高吸收 SO_2 效率, C 错误;

D. 多孔球泡可以让 SO_2 与 MgO 浆料充分接触, 能提高吸收 SO_2 效率, D 正确;

故选 BD。

(2) 根据题意, O_2 氧化溶液中的 SO_3^{2-} , SO_3^{2-} 被氧化为 SO_4^{2-} , 1mol O_2 氧化 2mol SO_3^{2-} , 故 O_2 氧化溶液中 SO_3^{2-} 的离子方



pH 增大, 抑制 SO_3^{2-} 的水解, 反应物 SO_3^{2-} 的浓度增大, 故可加快氧化速率;

(3) 在进行含固体物质的反应物与液体反应的实验时, 应将含固体物质的反应物放在三颈瓶中, 通过滴液漏斗滴加液体, H_2SO_4 溶液的滴加速率要慢, 以免 H_2SO_4 过量;

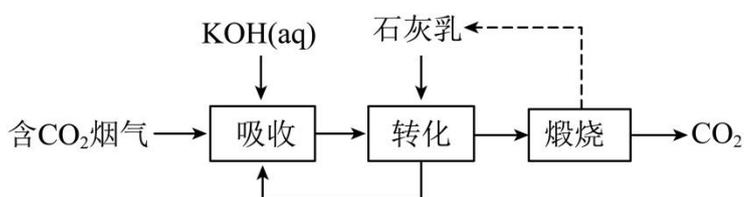
根据题意, 首先需要调节 $\text{pH} \geq 5$ 以除去 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 杂质, 需要用到的试剂为 MgO 粉末, 操作细节为分批加入少量 MgO 粉末, 以免 pH 过高, 不断搅拌进行反应直至检测到 $\text{pH} \geq 5$, 然后过滤除去氢氧化铁、氢氧化铝沉淀; 接着需要从溶液中得到 $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 根据题目信息, 室温下结晶只能得到 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 因此需要在 $150 \sim 170^\circ\text{C}$ 下干燥得到 $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 操作细节为将滤液蒸发浓缩、降温至室温结晶, 过滤, 所得晶体在 $150 \sim 170^\circ\text{C}$ 干燥。

【点睛】

五、原理综合题

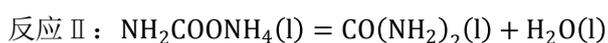
17. 空气中 CO_2 含量的控制和 CO_2 资源利用具有重要意义。

(1) 燃煤烟气中 CO_2 的捕集可通过如下所示的物质转化实现。

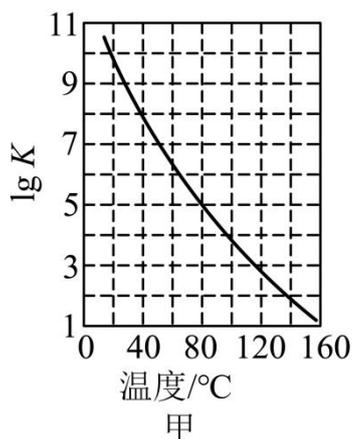


“吸收”后所得的 KHCO_3 溶液与石灰乳反应的化学方程式为_____；载人航天器内, 常用 LiOH 固体而很少用 KOH 固体吸收空气中的 CO_2 , 其原因是_____。

(2) 合成尿素 [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] 是利用 CO_2 的途径之一。尿素合成主要通过下列反应实现

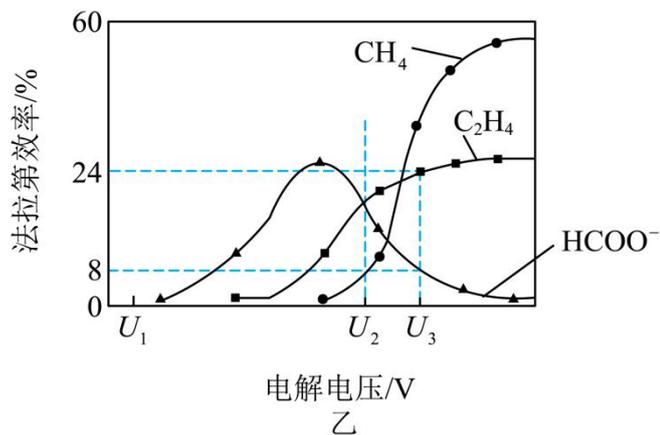


①密闭体系中反应 I 的平衡常数(K)与温度的关系如图甲所示, 反应 I 的 ΔH _____ (填“=0”或“>0”或“<0”)。



②反应体系中除发生反应 I、反应 II 外, 还发生尿素水解、尿素缩合生成缩二脲 $[(\text{NH}_2\text{CO})_2\text{NH}]$ 和尿素转化为氰酸铵 (NH_4OCN) 等副反应。尿素生产中实际投入 NH_3 和 CO_2 的物质的量之比为 $n(\text{NH}_3):n(\text{CO}_2) = 4:1$, 其实际投料比值远大于理论值的原因是_____。

(3)催化电解吸收 CO_2 的 KOH 溶液可将 CO_2 转化为有机物。在相同条件下, 恒定通过电解池的电量, 电解得到的部分还原产物的法拉第效率(FE%)随电解电压的变化如图乙所示。



$$FE\% = \frac{Q_x(\text{生成还原产物 X 所需要的电量})}{Q_{\text{总}}(\text{电解过程中通过的总电量})} \times 100\%$$

其中, $Q_x = nF$, n 表示电解生成还原产物 X 所转移电子的物质的量, F 表示法拉第常数。

①当电解电压为 $U_1\text{V}$ 时, 电解过程中含碳还原产物的FE%为0, 阴极主要还原产物为_____ (填化学式)。

②当电解电压为 $U_2\text{V}$ 时, 阴极由 HCO_3^- 生成 CH_4 的电极反应式为_____。

③当电解电压为 $U_3\text{V}$ 时, 电解生成的 C_2H_4 和 HCOO^- 的物质的量之比为_____ (写出计算过程)。

【答案】 (1) $\text{KHCO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O}$ 相同质量的 LiOH 固体可吸收更多二氧化碳

(2) <0 适当抑制副反应的发生, 尿素中氮碳比小于副产物中缩二脲的氮碳比, 氨气与二氧化碳的投料比越大, 二氧化碳转化率越高

(3) H_2 $\text{HCO}_3^- + 8\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} = \text{CH}_4 \uparrow + 9\text{OH}^-$ 或 $10\text{HCO}_3^- + 8\text{e}^- = \text{CH}_4 \uparrow + 9\text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$ 每生成 $1\text{mol C}_2\text{H}_4$

转移 12mole^- , 每生成 1mol HCOO^- 转移 2mole^- , 故电解生成的 C_2H_4 和 HCOO^- 的物质的量之比为 $\frac{24\%}{12} : \frac{8\%}{2} = 1:2$

【详解】(1) 由图可知“吸收”后所得的 KHCO_3 溶液与石灰乳反应生成碳酸钙用于煅烧产生二氧化碳，产物 KOH 可回收利用，故化学方程式为 $\text{KHCO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O}$ 。载人航天器内，常用 LiOH 固体而很少用 KOH 固体吸收空气中的 CO_2 的原因为相同质量的 LiOH 固体可吸收更多二氧化碳。

(2) 由图可知升高温度反应 I 的 $\lg K$ 减小，说明温度升高平衡逆向移动，故正反应为放热反应，其 $\Delta H < 0$ 。实际投料比值远大于理论值的原因是适当抑制副反应的发生，尿素中氮碳比小于副产物中缩二脲的氮碳比，氨气与二氧化碳的投料比越大，二氧化碳转化率越高。

(3) 当电解电压为 $U_1\text{V}$ 时，电解过程中含碳还原产物的 $FE\%$ 为 0，说明二氧化碳为得电子，为氢离子得电子变成氢气。当电解电压为 $U_2\text{V}$ 时，根据得失电子守恒、原子守恒和电荷守恒可知碱性条件下阴极由 HCO_3^- 生成 CH_4 的电极反应式为 $\text{HCO}_3^- + 8\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} = \text{CH}_4 \uparrow + 9\text{OH}^-$ 或 $10\text{HCO}_3^- + 8\text{e}^- = \text{CH}_4 \uparrow + 9\text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$ 。当电解电压为 $U_3\text{V}$ 时，电解过程中还原产物 C_2H_4 的 $FE\%$ 为 24%，还原产物 HCOO^- 的 $FE\%$ 为 8%，每生成 $1\text{molC}_2\text{H}_4$ 转移 12mole^- ，每生成 1molHCOO^- 转移 2mole^- ，故电解生成的 C_2H_4 和 HCOO^- 的物质的量之比为 $\frac{24\%}{12} : \frac{8\%}{2} = 1 : 2$ 。

【点睛】