

江苏省 2022 年普通高中学业水平选择性考试

化学

可能用到的相对原子质量：H 1 C 12 N 14 O 16 S 32 Cl 35.5 Cr 52 Fe 56 Cu 64
Ce 140

一、单项选择题：共 13 题，每题 3 分，共 39 分。每题只有一个选项最符合题意。

1. 我国为人类科技发展作出巨大贡献。下列成果研究的物质属于蛋白质的是

- A. 陶瓷烧制 B. 黑火药 C. 造纸术 D. 合成结晶牛胰岛素

【答案】D

【解析】

【详解】A. 陶瓷的主要成分是硅酸盐，陶瓷烧制研究的物质是硅的化合物，A 不符合题意；

B. 黑火药研究的物质是硫、碳和硝酸钾，B 不符合题意；

C. 造纸术研究的物质是纤维素，C 不符合题意；

D. 胰岛素的主要成分是蛋白质，故合成结晶牛胰岛素研究的物质是蛋白质，D 符合题意；

答案选 D。

2. 少量 Na_2O_2 与 H_2O 反应生成 H_2O_2 和 NaOH 。下列说法正确的是

- A. Na_2O_2 的电子式为 $\text{Na}^+[\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}]^2-\text{Na}^+$ B. H_2O 的空间构型为直线形
C. H_2O_2 中 O 元素的化合价为 -1 D. NaOH 仅含离子键

【答案】C

【解析】

【详解】A. 过氧化钠是离子化合物，电子式是 $\text{Na}^+[\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}]^2-\text{Na}^+$ ，A 错误；

B. H_2O 中氧原子的成键电子对是 2，孤电子对是 2，根据价层电子对为 4，根据价层电子对互斥理论，其空间构型为 V 形，B 错误；

C. H_2O_2 中 H 显 +1 价，根据正负化合价为 0，可计算出 O 的化合价为 -1，C 正确；

D. NaOH 中 O 和 H 之间是共价键，D 错误；

故选 C。

3. 工业上电解熔融 Al_2O_3 和冰晶石 (Na_3AlF_6) 的混合物可制得铝。下列说法正确的是

- A. 半径大小： $r(\text{Al}^{3+}) < r(\text{Na}^+)$ B. 电负性大小： $\chi(\text{F}) < \chi(\text{O})$

C. 电离能大小: $I_1(\text{O}) < I_1(\text{Na})$

D. 碱性强弱: $\text{NaOH} < \text{Al}(\text{OH})_3$

【答案】A

【解析】

【详解】A. 核外电子数相同时, 核电荷数越大半径越小, 故半径大小为 $r(\text{Al}^{3+}) < r(\text{Na}^+)$, 故 A 正确;

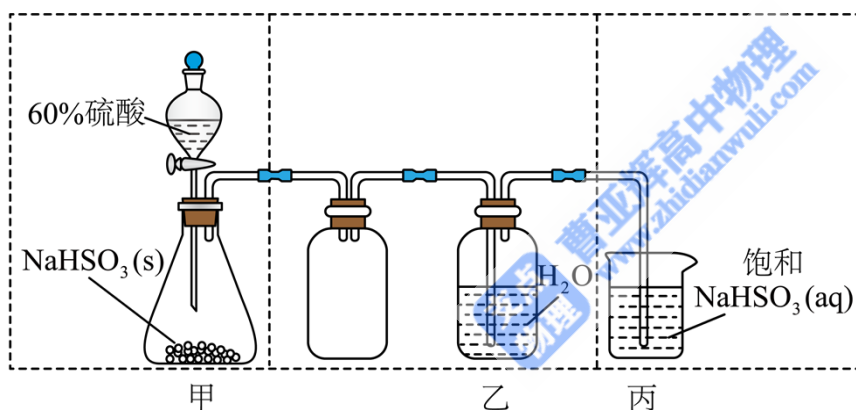
B. 同周期元素核电荷数越大电负性越大, 故 $\chi(\text{F}) > \chi(\text{O})$, 故 B 错误;

C. 同周期从左往右第一电离能呈增大趋势, 同主族从上往下第一电离能呈减小趋势, 故电离能大小为 $I_1(\text{O}) > I_1(\text{Na})$, 故 C 错误;

D. 元素金属性越强, 其最高价氧化物对应水化物的碱性越强, 故碱性强弱为 $\text{NaOH} > \text{Al}(\text{OH})_3$, 故 D 错误;

故选 A。

4. 实验室制取少量 SO_2 水溶液并探究其酸性, 下列实验装置和操作不能达到实验目的的是



A. 用装置甲制取 SO_2 气体

B. 用装置乙制取 SO_2 水溶液

C. 用装置丙吸收尾气中的 SO_2

D. 用干燥 pH 试纸检验 SO_2 水溶液的酸性

【答案】C

【解析】

【详解】A. 60%硫酸和 $\text{NaHSO}_3(\text{s})$ 可发生反应: $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaHSO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, 因此装置甲可以制取 SO_2 气体, A 正确;

B. 气体通入液体时“长进短出”, 装置乙可以制取 SO_2 水溶液, B 正确;

C. SO_2 不会与饱和 NaHSO_3 溶液发生反应, 因此装置丙不能吸收尾气中的 SO_2 , C 错误;

D. SO_2 水溶液显酸性, 可用干燥的 pH 试纸检验其酸性, D 正确;

答案选 C。

5. 下列说法正确的是

- A. 金刚石与石墨烯中的 C-C-C 夹角都为 120°
- B. SiH_4 、 SiCl_4 都是由极性键构成的非极性分子
- C. 锗原子($_{32}\text{Ge}$)基态核外电子排布式为 $4s^2 4p^2$
- D. IVA 族元素单质的晶体类型相同

【答案】B

【解析】

【详解】A. 金刚石中的碳原子为正四面体结构，C-C-C 夹角为 $109^\circ 28'$ ，故 A 错误；

B. SiH_4 的化学键为 Si-H，为极性键，为正四面体，正负电荷中心重合，为非极性分子； SiCl_4 的化学键为 Si-Cl，为极性键，为正四面体，正负电荷中心重合，为非极性分子，故 B 正确；

C. 锗原子($_{32}\text{Ge}$)基态核外电子排布式为 $[\text{Ar}] 4s^2 4p^2$ ，故 C 错误；

D. IVA 族元素中的碳元素形成的石墨为混合晶体，而硅形成的晶体硅为原子晶体，故 D 错误；

故选 B。

6. 周期表中 IVA 族元素及其化合物应用广泛，甲烷具有较大的燃烧热 ($890.3\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)，是常见燃料；

Si、Ge 是重要的半导体材料，硅晶体表面 SiO_2 能与氢氟酸(HF，弱酸)反应生成 H_2SiF_6 (H_2SiF_6 在水中完

全电离为 H^+ 和 SiF_6^{2-})；1885 年德国化学家将硫化锗(GeS_2)与 H_2 共热制得了门捷列夫预言的类硅一锗；

下列化学反应表示正确的是

- A. SiO_2 与 HF 溶液反应： $\text{SiO}_2 + 6\text{HF} = 2\text{H}^+ + \text{SiF}_6^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$
- B. 高温下 H_2 还原 GeS_2 ： $\text{GeS}_2 + \text{H}_2 = \text{Ge} + 2\text{H}_2\text{S}$
- C. 铅蓄电池放电时的正极反应： $\text{Pb} - 2\text{e}^- + \text{SO}_4^{2-} = \text{PbSO}_4$
- D. 甲烷的燃烧： $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = 890.3\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

【答案】A

【解析】

【详解】A. 由题意可知，二氧化硅与氢氟酸溶液反应生成强酸 H_2SiF_6 和水，反应的离子方程式为

$\text{SiO}_2 + 6\text{HF} = 2\text{H}^+ + \text{SiF}_6^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ ，故 A 正确；

B. 硫化锗与氢气共热反应时，氢气与硫化锗反应生成锗和硫化氢，硫化氢高温下分解生成硫和氢气，则



反应的总方程式为 $\text{GeS}_2 = \text{Ge} + 2\text{S}$ ，故 B 错误；

高温

C. 铅蓄电池放电时，二氧化铅为正极，酸性条件下在硫酸根离子作用下二氧化铅得到电子发生还原反应生成硫酸铅和水，电极反应式为正极反应 $\text{PbO}_2 + 2\text{e}^- + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ = \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，故 C 错误；

D. 由题意可知，1mol 甲烷完全燃烧生成二氧化碳和液态水放出热量为 890.3kJ，反应的热化学方程式为 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -890.3\text{kJ/mol}$ ，故 D 错误；

故选 A。

7. 我国古代就掌握了青铜(铜-锡合金)的冶炼、加工技术，制造出许多精美的青铜器；Pb、 PbO_2 是铅蓄电池的电极材料，不同铅化合物一般具有不同颜色，历史上曾广泛用作颜料，下列物质性质与用途具有对应关系的是

- A. 石墨能导电，可用作润滑剂
- B. 单晶硅熔点高，可用作半导体材料
- C. 青铜比纯铜熔点低、硬度大，古代用青铜铸剑
- D. 含铅化合物颜色丰富，可用作电极材料

【答案】C

【解析】

【详解】A. 石墨是过渡型晶体，质软，可用作润滑剂，故 A 错误

B. 单晶硅可用作半导体材料与空穴可传递电子有关，与熔点高无关，故 B 错误；

C. 青铜是铜合金，比纯铜熔点低、硬度大，易于锻造，古代用青铜铸剑，故 C 正确；

D. 含铅化合物可在正极得到电子发生还原反应，所以可用作电极材料，与含铅化合物颜色丰富无关，故 D 错误；

故选 C。

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. 自然固氮、人工固氮都是将 N_2 转化为 NH_3
- B. 侯氏制碱法以 H_2O 、 NH_3 、 CO_2 、 NaCl 为原料制备 NaHCO_3 和 NH_4Cl
- C. 工业上通过 NH_3 催化氧化等反应过程生产 HNO_3
- D. 多种形态的氮及其化合物间的转化形成了自然界的“氮循环”

【答案】A

【解析】

【详解】A. 自然固氮是将 N_2 转化为含氮化合物，不一定是转化为 NH_3 ，比如大气固氮是将 N_2 会转化为 NO ，A 错误；

B. 侯氏制碱法以 H_2O 、 NH_3 、 CO_2 、 $NaCl$ 为原料制备 $NaHCO_3$ 和 NH_4Cl ，反应的化学方程式为 $H_2O+NH_3+CO_2+NaCl=NaHCO_3\downarrow+NH_4Cl$ ，B 正确；

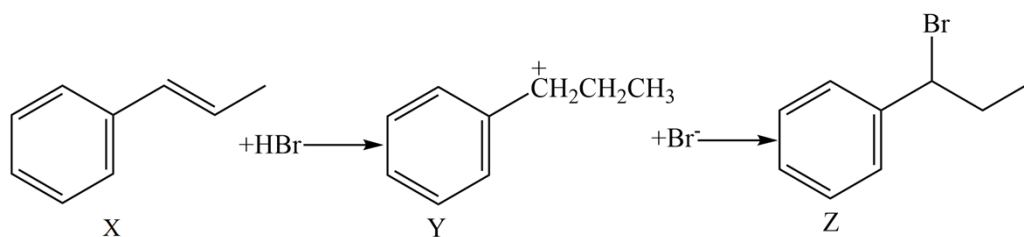
C. 工业上通过 NH_3 催化氧化等反应过程生产 HNO_3 ，相关的化学反应方程式为 $4NH_3+5O_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}}$

$4NO+6H_2O$ 、 $2NO+O_2=2NO_2$ 、 $3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$ 、 $4NO_2+O_2+2H_2O=4HNO_3$ ，C 正确；

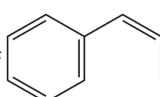
D. 氮元素在自然界中既有游离态又有化合态，多种形态的氮及其化合物间的转化形成了自然界的“氮循环”，D 正确；

故选 A。

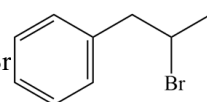
9. 精细化学品 Z 是 X 与 HBr 反应的主产物，X→Z 的反应机理如下：



下列说法不正确的是

A. X 与  互为顺反异构体

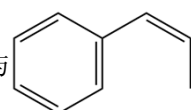
B. X 能使溴的 CCl_4 溶液褪色

C. X 与 HBr  反应有副产物生成

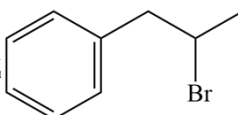
D. Z 分子中含有 2 个手性碳原子

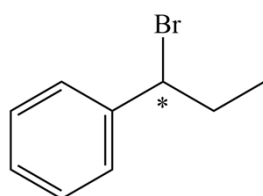
【答案】D

【解析】

【详解】A. X 与  互为顺反异构体，故 A 正确；

B. X 中含有碳碳双键，故能使溴的 CCl_4 溶液褪色，故 B 正确；

C. X 中的碳碳双键可以和 HBr 发生加成反应生成 ，故 C 正确；

D. Z 分子中含有的手性碳原子如图：，含有 1 个手性碳原子，故 D 错误；

故选 D。

10. 用尿素水解生成的 NH_3 催化还原 NO，是柴油机车尾气净化的主要方法。反应为

$4\text{NH}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ，下列说法正确的是

A. 上述反应 $\Delta S < 0$

B. 上述反应平衡常数 $K = \frac{c^4(\text{N}_2) \cdot c^6(\text{H}_2\text{O})}{c^4(\text{NH}_3) \cdot c(\text{O}_2) \cdot c^4(\text{NO})}$

C. 上述反应中消耗 1mol NH_3 ，转移电子的数目为 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$

D. 实际应用中，加入尿素的量越多，柴油机车排放的尾气对空气污染程度越小

【答案】B

【解析】

【详解】A. 由方程式可知，该反应是一个气体分子数增大的反应，即熵增的反应，反应 $\Delta S > 0$ ，故 A 错误；

B. 由方程式可知，反应平衡常数 $K = \frac{c^4(\text{N}_2) \cdot c^6(\text{H}_2\text{O})}{c^4(\text{NH}_3) \cdot c(\text{O}_2) \cdot c^4(\text{NO})}$ ，故 B 正确；

C. 由方程式可知，反应每消耗 4mol 氨气，反应转移 12mol 电子，则反应中消耗 1mol 氨气转移电子的数目为 $3\text{mol} \times 4 \times \frac{1}{4} \times 6.02 \times 10^{23} = 3 \times 6.02 \times 10^{23}$ ，故 C 错误；

D. 实际应用中，加入尿素的量越多，尿素水解生成的氨气过量，柴油机车排放的氨气对空气污染程度增大，故 D 错误；

故选 B。

11. 室温下，下列实验探究方案不能达到探究目的的是

选项	探究方案	探究目的

A	向盛有 FeSO_4 溶液的试管中滴加几滴 KSCN 溶液，振荡，再滴加几滴新制氯水，观察溶液颜色变化	Fe^{2+} 具有还原性
B	向盛有 SO_2 水溶液的试管中滴加几滴品红溶液，振荡，加热试管，观察溶液颜色变化	SO_2 具有漂白性
C	向盛有淀粉-KI 溶液的试管中滴加几滴溴水，振荡，观察溶液颜色变化	Br_2 的氧化性比 I_2 的强
D	用 pH 计测量醋酸、盐酸的 pH，比较溶液 pH 大小	CH_3COOH 是弱电解质

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】D

【解析】

【详解】A. 向盛有 FeSO_4 溶液的试管中滴加几滴 KSCN 溶液，无现象，振荡，再滴加几滴新制氯水，溶液变为红色，亚铁离子被新制氯水氧化，说明 Fe^{2+} 具有还原性，A 正确；

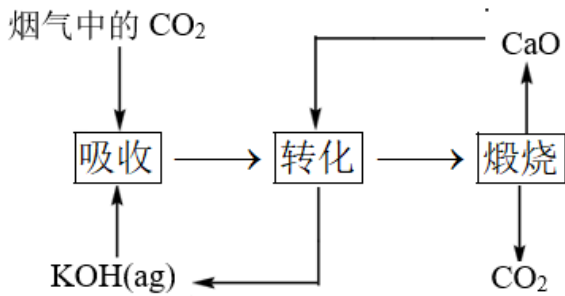
B. 向盛有 SO_2 水溶液的试管中滴加几滴品红溶液，品红溶液褪色，振荡，加热试管，溶液又恢复红色，说明 SO_2 具有漂白性，B 正确；

C. 向盛有淀粉-KI 溶液的试管中滴加几滴溴水，振荡，溶液变为蓝色，说明 Br_2 的氧化性比 I_2 的强，C 正确；

D. 用 pH 计测量醋酸、盐酸的 pH 用以证明 CH_3COOH 是弱电解质时，一定要注明醋酸和盐酸的物质的量浓度相同，D 错误。

故选 D。

12. 一种捕集烟气中 CO_2 的过程如图所示。室温下以 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{KOH}$ 溶液吸收 CO_2 ，若通入 CO_2 所引起的溶液体积变化和 H_2O 挥发可忽略，溶液中含碳物种的浓度 $c_{\text{总}}=c(\text{H}_2\text{CO}_3)+c(\text{HCO}_3^-)+c(\text{CO}_3^{2-})$ 。 H_2CO_3 电离常数分别为 $K_{a1}=4.4\times 10^{-7}$ 、 $K_{a2}=4.4\times 10^{-11}$ 。下列说法正确的是



- A. KOH 吸收 CO_2 所得到的溶液中: $c(\text{H}_2\text{CO}_3) > c(\text{HCO}_3^-)$
- B. KOH 完全转化为 K_2CO_3 时, 溶液中: $c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)$
- C. KOH 溶液吸收 CO_2 , $c_{\text{总}} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 溶液中: $c(\text{H}_2\text{CO}_3) > c(\text{CO}_3^{2-})$
- D. 如图所示的“吸收”“转化”过程中, 溶液的温度下降

【答案】C

【解析】

【详解】A. KOH 吸收 CO_2 所得到的溶液, 若为 Na_2CO_3 溶液, 则 CO_3^{2-} 主要发生第一步水解, 溶液中: $c(\text{H}_2\text{CO}_3) < c(\text{HCO}_3^-)$, 若为 NaHCO_3 溶液, 则 HCO_3^- 发生水解的程度很小, 溶液中: $c(\text{H}_2\text{CO}_3) < c(\text{HCO}_3^-)$, A 不正确;

B. KOH 完全转化为 K_2CO_3 时, 依据电荷守恒, 溶液中: $c(\text{K}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-})$, 依据物料守恒, 溶液中: $c(\text{K}^+) = 2[c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)]$, 则 $c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{H}_2\text{CO}_3)$, B 不正确;

C. KOH 溶液吸收 CO_2 , $c(\text{KOH}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c_{\text{总}} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则溶液为 KHCO_3 溶液, $K_{\text{h2}} = \frac{K_{\text{w}}}{K_{\text{a1}}} =$

$\frac{1 \times 10^{-14}}{4.4 \times 10^{-7}} \approx 2.3 \times 10^{-8} > K_{\text{a2}} = 4.4 \times 10^{-11}$, 表明 HCO_3^- 以水解为主, 所以溶液中: $c(\text{H}_2\text{CO}_3) > c(\text{CO}_3^{2-})$, C 正

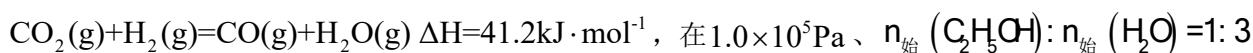
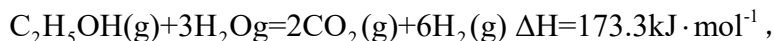
确;

D. 如图所示的“吸收”“转化”过程中, 发生反应为: $\text{CO}_2 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 、

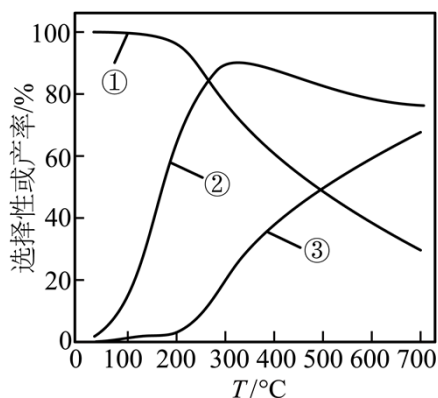
$\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{KOH}$ (若生成 KHCO_3 或 K_2CO_3 与 KHCO_3 的混合物, 则原理相同), 二式相加得: $\text{CO}_2 + \text{CaO} = \text{CaCO}_3 \downarrow$, 该反应放热, 溶液的温度升高, D 不正确;

故选 C。

13. 乙醇-水催化重整可获得 H_2 。其主要反应为



时，若仅考虑上述反应，平衡时 CO_2 和 CO 的选择性及 H_2 的产率随温度的变化如图所示。



CO 的选择性 = $\frac{n_{\text{生成}}(\text{CO})}{n_{\text{生成}}(\text{CO}_2) + n_{\text{生成}}(\text{CO})} \times 100\%$ ，下列说法正确的是

- A. 图中曲线①表示平衡时 H_2 产率随温度的变化
- B. 升高温度，平衡时 CO 的选择性增大
- C. 一定温度下，增大 $\frac{n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}{n(\text{H}_2\text{O})}$ 可提高乙醇平衡转化率
- D. 一定温度下，加入 $\text{CaO}(\text{s})$ 或选用高效催化剂，均能提高平衡时 H_2 产率

【答案】 D

【解析】

【分析】 根据已知反应① $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = 2\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = 173.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，反应② $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = 41.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，且反应①的热效应更大，故温度升高的时候对反应①影响更大一些，即 CO_2 选择性增大，同时 CO 的选择性减小，根据 CO 的选择性的定义可知③代表 CO_2 的选择性，①代表 CO 的选择性，②代表 H_2 的产率，以此解题。

- 【详解】** A. 由分析可知②代表 H_2 的产率，A 错误；
- B. 由分析可知升高温度，平衡时 CO 的选择性减小，B 错误；
- C. 两种物质参加反应增大一种物质的浓度，会降低该物质的平衡转化率，C 错误；
- D. 加入 $\text{CaO}(\text{s})$ 与水反应放热，对反应①影响较大，可以增大 H_2 产率，或者选用对反应①影响较大的高效催化剂，也可以增大 H_2 产率，D 正确；

故选 D。

二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14. 硫铁化合物(FeS、FeS₂等)应用广泛。

(1) 纳米 FeS 可去除水中微量六价铬 [Cr(VI)]。在 pH=4~7 的水溶液中，纳米 FeS 颗粒表面带正电荷，Cr(VI) 主要以 HCrO₄⁻、Cr₂O₇²⁻、CrO₄²⁻ 等形式存在，纳米 FeS 去除水中 Cr(VI) 主要经过“吸附→反应→沉淀”的过程。

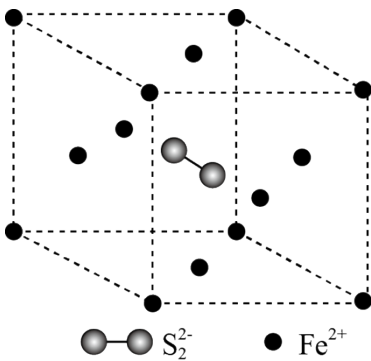
已知：K_{sp}(FeS)=6.5×10⁻¹⁸，K_{sp}[Fe(OH)₂]=5.0×10⁻¹⁷；H₂S 电离常数分别为 K_{a1}=1.1×10⁻⁷、K_{a2}=1.3×10⁻¹³。

①在弱碱性溶液中，FeS 与 CrO₄²⁻ 反应生成 Fe(OH)₃、Cr(OH)₃ 和单质 S，其离子方程式为_____。

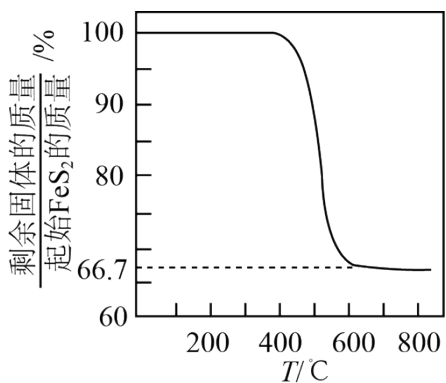
②在弱酸性溶液中，反应 FeS+H⁺ ⇌ Fe²⁺+HS⁻ 的平衡常数 K 的数值为_____。

③在 pH=4~7 溶液中，pH 越大，FeS 去除水中 Cr(VI) 的速率越慢，原因是_____。

(2) FeS₂ 具有良好半导体性能。FeS₂ 的一种晶体与 NaCl 晶体的结构相似，该 FeS₂ 晶体的一个晶胞中 S₂²⁻ 的数目为_____，在 FeS₂ 晶体中，每个 S 原子与三个 Fe²⁺ 紧邻，且 Fe-S 间距相等，如图给出了 FeS₂ 晶胞中的 Fe²⁺ 和位于晶胞体心的 S₂²⁻ (S₂²⁻ 中的 S-S 键位于晶胞体对角线上，晶胞中的其他 S₂²⁻ 已省略)。如图中用“-”将其中一个 S 原子与紧邻的 Fe²⁺ 连接起来_____。

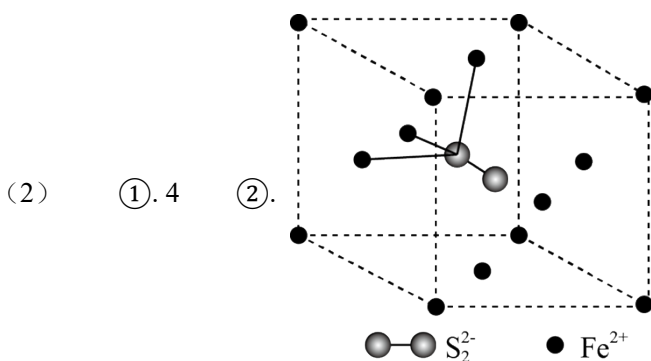


(3) FeS₂、FeS 在空气中易被氧化，将 FeS₂ 在空气中氧化，测得氧化过程中剩余固体的质量与起始 FeS₂ 的质量的比值随温度变化的曲线如图所示。800℃ 时，FeS₂ 氧化成含有两种元素的固体产物为_____ (填化学式，写出计算过程)。



【答案】(1) ①. $\text{FeS} + \text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{S} + 2\text{OH}^-$ ②. 5×10^{-5} ③. $c(\text{OH}^-)$

越大, FeS 表面吸附的 Cr(VI) 的量越少, FeS 溶出量越少, Cr(VI) 中 CrO_4^{2-} 物质的量分数越大



(3) Fe_2O_3 ; 设 FeS_2 氧化成含有两种元素的固体产物化学式为 FeO_x , $M_{(\text{FeS}_2)} = 120\text{g/mol}$, 则 $M_{(\text{FeO}_x)} = 120\text{g/mol} \times 66.7\% = 80.04\text{g/mol}$, 则 $56 + 16x = 80.04$, $x = \frac{3}{2}$, 即固体产物为 Fe_2O_3

【解析】

【小问 1 详解】

在弱碱性溶液中, FeS 与 CrO_4^{2-} 反应生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 和单质 S 的离子方程式为:

$\text{FeS} + \text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{S} + 2\text{OH}^-$; 反应 $\text{FeS} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{HS}^-$ 的平衡常数 $K =$

$\frac{c(\text{Fe}^{2+}) \cdot c(\text{HS}^-)}{c(\text{H}^+)}$, 由题目信息可知, $K_{\text{sp}}(\text{FeS}) = c(\text{Fe}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-}) = 6.5 \times 10^{-18}$, H_2S 电离常数

$K_{\text{a}2} = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{S}^{2-})}{c(\text{HS}^-)} = 1.3 \times 10^{-13}$, 所以 $K = \frac{c(\text{Fe}^{2+}) \cdot c(\text{HS}^-)}{c(\text{H}^+)} = K_{\text{sp}}(\text{FeS}) \div K_{\text{a}2} = 5 \times 10^{-5}$; 在 $\text{pH} = 4 \sim 7$ 溶液

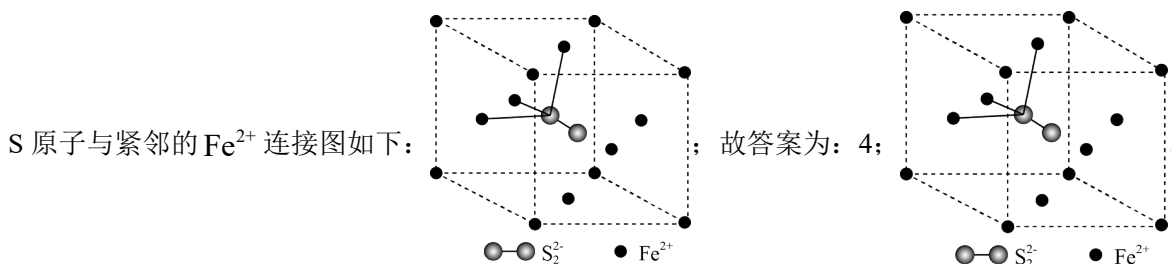
中, pH 越大, FeS 去除水中 Cr(VI) 的速率越慢, 是由于 $c(\text{OH}^-)$ 越大, FeS 表面吸附的 Cr(VI) 的量越少, FeS 溶出量越少, Cr(VI) 中 CrO_4^{2-} 物质的量分数越大; 故答案为:

$\text{FeS} + \text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{S} + 2\text{OH}^-$; 5×10^{-5} ; $c(\text{OH}^-)$ 越大, FeS 表面吸附的 Cr(VI) 的

量越少，FeS溶出量越少，Cr(VI)中CrO₄²⁻物质的量分数越大。

【小问2详解】

因为FeS₂的晶体与NaCl晶体的结构相似，由NaCl晶体结构可知，一个NaCl晶胞含有4个Na和4个Cl，则该FeS₂晶体的一个晶胞中S₂²⁻的数目也为4；FeS₂晶体中，每个S原子与三个Fe²⁺紧邻，且Fe-S间距相等，根据FeS₂晶胞中的Fe²⁺和S₂²⁻的位置(S₂²⁻中的S-S键位于晶胞体对角线上)可知，每个S原子与S-S键所在体对角线上距离最近的顶点相邻的三个面的三个面心位置的Fe²⁺紧邻且间距相等，其中一个



【小问3详解】

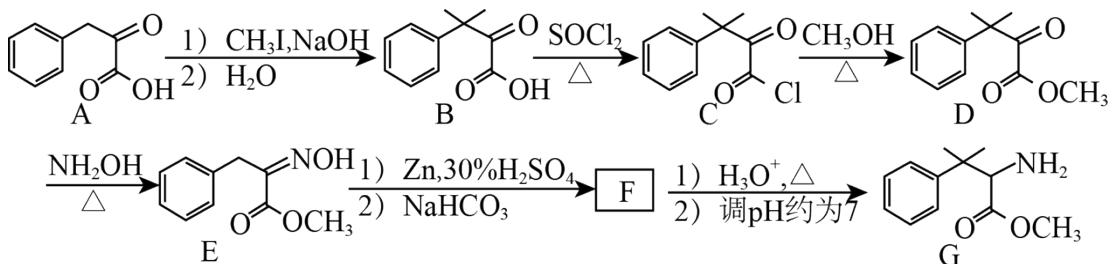
有图可知，800℃时，氧化过程中剩余固体的质量与起始FeS₂的质量的比值为66.7%，设FeS₂氧化成含有两种元素的固体产物化学式为FeO_x，M_(FeS₂) = 120g/mol，则

$$M_{(FeO_x)} = 120g/mol \times 66.7\% = 80.04g/mol, \quad 56 + 16x = 80.04, \quad x = \frac{3}{2}, \quad \text{所以固体产物为 } Fe_2O_3; \quad \text{故答案为:}$$

Fe₂O₃；设FeS₂氧化成含有两种元素的固体产物化学式为FeO_x，M_(FeS₂) = 120g/mol，则

$$M_{(FeO_x)} = 120g/mol \times 66.7\% = 80.04g/mol, \quad \text{则 } 56 + 16x = 80.04, \quad x = \frac{3}{2}, \quad \text{即固体产物为 } Fe_2O_3.$$

15. 化合物G可用于药用多肽的结构修饰，其人工合成路线如下：

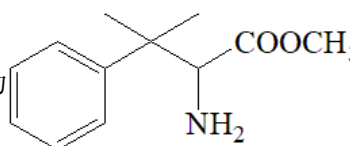


(1) A分子中碳原子的杂化轨道类型为_____。

(2) B→C的反应类型为_____。

(3) D的一种同分异构体同时满足下列条件，写出该同分异构体的结构简式：_____。

①分子中含有4种不同化学环境的氢原子；②碱性条件水解，酸化后得2种产物，其中一种含苯环且有2

F 和 G 的分子式都是 $C_{12}H_{17}NO_2$ ，则 F 为 ，F 和 G 互为手性异构体。

【小问 1 详解】

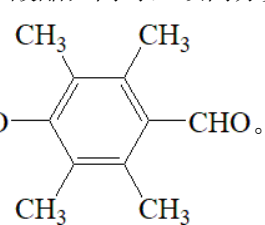
A 分子中，苯环上的碳原子和双肩上的碳原子为 sp^2 杂化，亚甲基上的碳原子为 sp^3 杂化，即 A 分子中碳原子的杂化轨道类型为 sp^2 和 sp^3 。

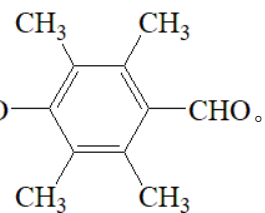
【小问 2 详解】

B→C 的反应中，B 中的羟基被氯原子代替，该反应为取代反应。

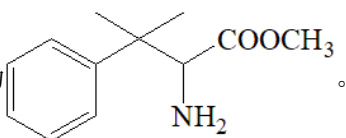
【小问 3 详解】

D 的分子式为 $C_{12}H_{14}O_3$ ，其一种同分异构体在碱性条件水解，酸化后得 2 种产物，其中一种含苯环且有 2 种含氧官能团，2 种产物均能被银氨溶液氧化，说明该同分异构体为酯，且水解产物都含有醛基，则水解产物中，有一种是甲酸，另外一种含有羟基和醛基，该同分异构体属于甲酸酯；同时，该同分异构体分子

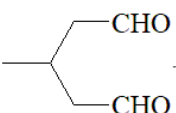
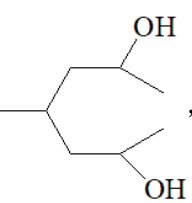
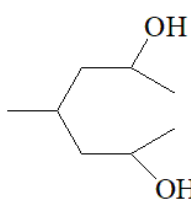
中含有 4 种不同化学环境的氢原子，则该同分异构体的结构简式为 。

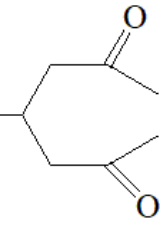
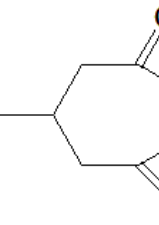
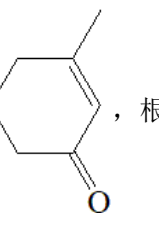


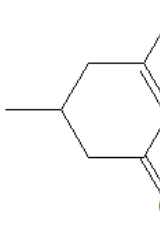
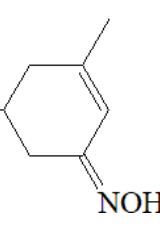
【小问 4 详解】

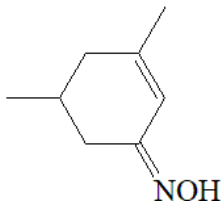
由分析可知，F 的结构简式为 。

【小问 5 详解】

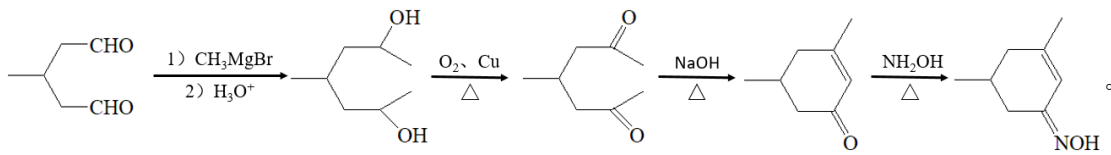
根据已知的第一个反应可知， 与 CH_3MgBr 反应生成 ， 再被氧

化为 ，根据已知的第二个反应可知， 可以转化为 ，根据流程

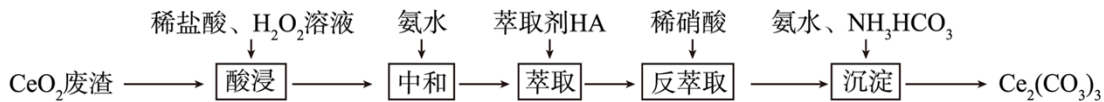
图中 D→E 的反应可知， 和 NH_2OH 反应生成 ；综上所述，



的合成路线为：



16. 实验室以二氧化铈(CeO_2)废渣为原料制备 Cl^- 含量少的 $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3$ ，其部分实验过程如下：

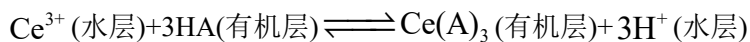


(1) “酸浸”时 CeO_2 与 H_2O_2 反应生成 Ce^{3+} 并放出 O_2 ，该反应的离子方程式为_____。

(2) pH 约为 7 的 CeCl_3 溶液与 NH_4HCO_3 溶液反应可生成 $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3$ 沉淀，该沉淀中 Cl^- 含量与加料方式有关。得到含 Cl^- 量较少的 $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3$ 的加料方式为_____ (填序号)。

A. 将 NH_4HCO_3 溶液滴加到 CeCl_3 溶液中 B. 将 CeCl_3 溶液滴加到 NH_4HCO_3 溶液中

(3) 通过中和、萃取、反萃取、沉淀等过程，可制备 Cl^- 含量少的 $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3$ 。已知 Ce^{3+} 能被有机萃取剂(简称 HA)萃取，其萃取原理可表示为

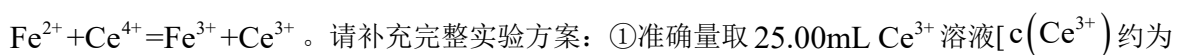


①加氨水“中和”去除过量盐酸，使溶液接近中性。去除过量盐酸的目的是_____。

②反萃取的目的是将有机层 Ce^{3+} 转移到水层。使 Ce^{3+} 尽可能多地发生上述转移，应选择的实验条件或采取的实验操作有_____ (填两项)。

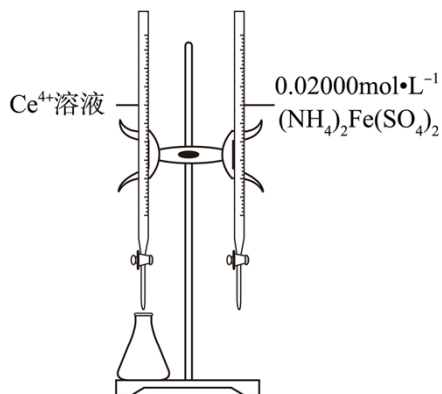
③与“反萃取”得到的水溶液比较，过滤 $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3$ 溶液的滤液中，物质的量减小的离子有_____ (填化学式)。

(4) 实验中需要测定溶液中 Ce^{3+} 的含量。已知水溶液中 Ce^{4+} 可用准确浓度的 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 溶液滴定。以苯代邻氨基苯甲酸为指示剂，滴定终点时溶液由紫红色变为亮黄色，滴定反应为



$0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$]，加氧化剂将 Ce^{3+} 完全氧化并去除多余氧化剂后，用稀硫酸酸化，将溶液完全转移到

250mL 容量瓶中后定容；②按规定操作分别将 $0.02000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 和待测 Ce^{4+} 溶液装入如图所示的滴定管中：③_____。



【答案】 (1) $2\text{CeO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}^+ = 2\text{Ce}^{3+} + \text{O}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$

(2) B (3) ①. 降低溶液中氢离子的浓度，促进碳酸氢根离子的电离，增大溶液中碳酸根离子的浓度 ②. 酸性条件，多次萃取 ③. Ce^{3+}

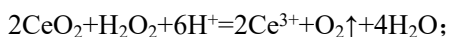
(4) 从左侧滴定管中放出一定体积的待测 Ce^{4+} 溶液，加入指示剂苯代邻氨基苯甲酸，用 $0.02000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 来滴定，当滴入最后半滴标准液时，溶液由紫红色变为亮黄色，即达到滴定终点，记录标准液的体积

【解析】

【分析】 首先用稀盐酸和过氧化氢溶液酸浸二氧化铈废渣，得到三价铈，加入氨水调节 pH 后用萃取剂萃取其中的三价铈，增大三价铈浓度，之后加入稀硝酸反萃取其中的三价铈，再加入氨水和碳酸氢铵制备产物，以此解题。

【小问 1 详解】

根据信息反应物为 CeO_2 与 H_2O_2 ，产物为 Ce^{3+} 和 O_2 ，根据电荷守恒和元素守恒可知其离子方程式为：



【小问 2 详解】

反应过程中保持 CeCl_3 少量即可得到含 Cl^- 量较少的 $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3$ ，故选 B；

【小问 3 详解】

①增大碳酸根离子的浓度有助于生成产物，故答案为：降低溶液中氢离子的浓度，促进碳酸氢根离子的电离，增大溶液中碳酸根离子的浓度；

②根据萃取原理可知，应选择的实验条件是酸性条件，为了使 Ce^{3+} 尽可能多地发生上述转移，可以采用多

次萃取；

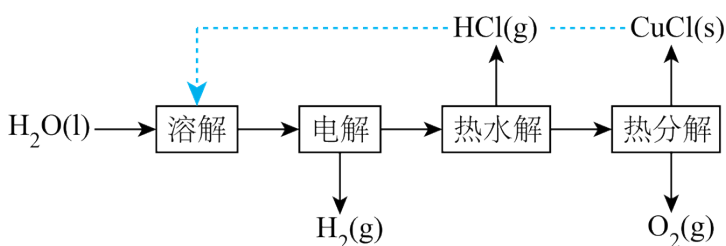
③“反萃取”得到的水溶液中含有浓度较大的 Ce^{3+} ，过滤后溶液中 Ce^{3+} 离子浓度较小，故答案为： Ce^{3+} ；

【小问 4 详解】

应该用标准液滴定待测 Ce^{4+} 溶液，用苯代邻氨基苯甲酸作指示剂，故答案为：从左侧滴定管中放出一定体积的待测 Ce^{4+} 溶液，加入指示剂苯代邻氨基苯甲酸，用 $0.02000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 来滴定，当滴入最后半滴标准液时，溶液由紫红色变为亮黄色，即达到滴定终点，记录标准液的体积。

17. 氢气是一种清洁能源，绿色环保制氢技术研究具有重要意义。

(1) “ $\text{CuCl}\cdot\text{H}_2\text{O}$ 热电循环制氢”经过溶解、电解、热水解和热分解 4 个步骤，其过程如图所示。



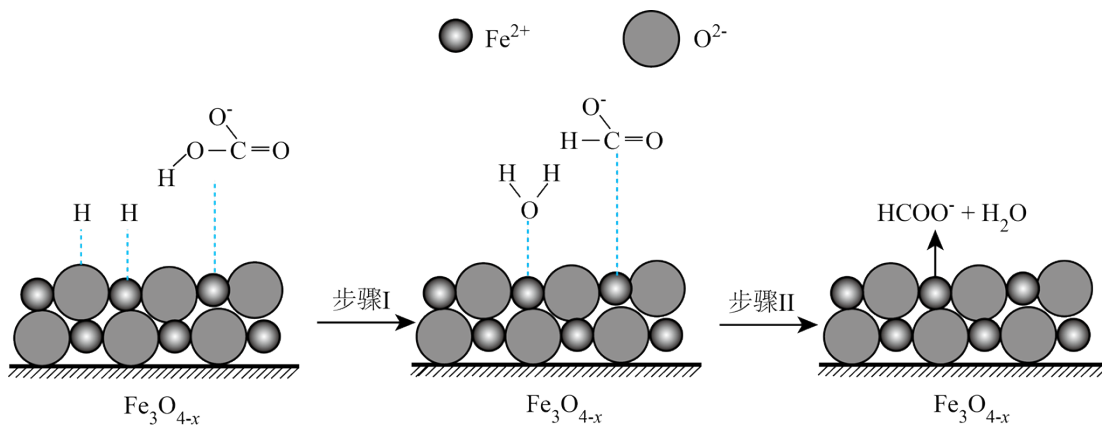
①电解在质子交换膜电解池中进行。阳极区为酸性 CuCl_2 溶液，阴极区为盐酸，电解过程中 CuCl_2 转化为 CuCl_4^{2-} 。电解时阳极发生的主要电极反应为_____ (用电极反应式表示)。

②电解后，经热水解和热分解的物质可循环使用。在热水解和热分解过程中，发生化合价变化的元素有_____ (填元素符号)。

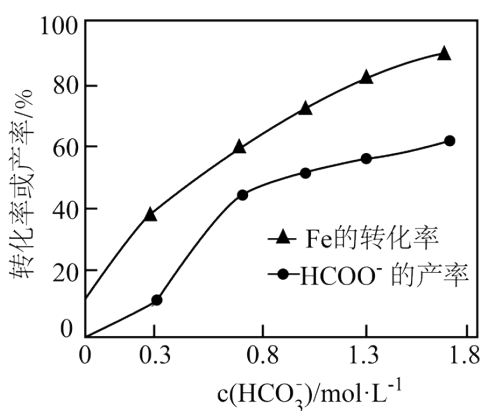
(2) “ $\text{Fe}\cdot\text{HCO}_3^- \cdot \text{H}_2\text{O}$ 热循环制氢和甲酸”的原理为：在密闭容器中，铁粉与吸收 CO_2 制得的 NaHCO_3 溶液反应，生成 H_2 、 HCOONa 和 Fe_3O_4 ； Fe_3O_4 再经生物柴油副产品转化为 Fe 。

①实验中发现，在 300°C 时，密闭容器中 NaHCO_3 溶液与铁粉反应，反应初期有 FeCO_3 生成并放出 H_2 ，该反应的离子方程式为_____。

②随着反应进行， FeCO_3 迅速转化为活性 $\text{Fe}_3\text{O}_{4-x}$ ，活性 $\text{Fe}_3\text{O}_{4-x}$ 是 HCO_3^- 转化为 HCOO^- 的催化剂，其可能反应机理如图所示。根据元素电负性的变化规律。如图所示的反应步骤 I 可描述为_____。



③在其他条件相同时，测得 Fe 的转化率、 HCOO^- 的产率随 $c(\text{HCO}_3^-)$ 变化如题图所示。 HCOO^- 的产率随 $c(\text{HCO}_3^-)$ 增加而增大的可能原因是_____。



(3) 从物质转化与资源综合利用角度分析，“Fe- HCO_3^- - H_2O 热循环制氢和甲酸”的优点是_____。

【答案】(1) ①. $\text{CuCl}_2 + 2\text{Cl}^- - \text{e}^- = \text{CuCl}_4^{2-}$ ②. Cu、O

(2) ①. $\text{Fe} + 2\text{HCO}_3^- \xrightarrow{300^\circ\text{C}} \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2 \uparrow$ ②. H 的电负性大于 Fe，小于 O，在活性

$\text{Fe}_3\text{O}_{4-x}$ 表面， H_2 断裂为 H 原子，一个吸附在催化剂的铁离子上，略带负电，一个吸附在催化剂的氧离子

上，略带正电，前者与 HCO_3^- 中略带正电的碳结合，后者与 HCO_3^- 中略带负电的羟基氧结合生成 H_2O ，

HCO_3^- 转化为 HCOO^- ③. 随 $c(\text{HCO}_3^-)$ 增加，生成 FeCO_3 和 H_2 的速率更快、产量增大，生成 HCOO^-

的速率更快、产率也增大

(3) 高效、经济、原子利用率高、无污染

【解析】

【小问 1 详解】

①电解在质子交换膜电解池中进行， H^+ 可自由通过，阳极区为酸性 CuCl_2 溶液，电解过程中 CuCl_2 转化

为 CuCl_4^{2-} ，电解时阳极发生的主要电极反应为： $\text{CuCl}_2 + 2\text{Cl}^- - \text{e}^- = \text{CuCl}_4^{2-}$ ；

②电解后，经热水解得到的 HCl 和热分解得到的 CuCl 等物质可循环使用，从图中可知，热分解产物还有 O_2 ，从详解①中得知，进入热水解的物质有 CuCl_4^{2-} ，故发生化合价变化的元素有 Cu 、 O 。

【小问 2 详解】

①在 300°C 时，密闭容器中 NaHCO_3 溶液与铁粉反应，反应初期有 FeCO_3 生成并放出 H_2 ，离子方程式为： $\text{Fe} + 2\text{HCO}_3^- \xrightarrow{300^\circ\text{C}} \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{H}_2 \uparrow$ ；

②H 的电负性大于 Fe，小于 O，在活性 $\text{Fe}_3\text{O}_{4-x}$ 表面， H_2 断裂为 H 原子，一个吸附在催化剂的铁离子上，略带负电，一个吸附在催化剂的氧离子上，略带正电，前者与 HCO_3^- 中略带正电的碳结合，后者与 HCO_3^- 中略带负电的羟基氧结合生成 H_2O ， HCO_3^- 转化为 HCOO^- ；

③在其他条件相同时，随 $c(\text{HCO}_3^-)$ 增加，其与铁粉反应加快，从图中得知 Fe 的转化率也增大，即生成 FeCO_3 和 H_2 的速率更快，量更大，则得到活性 $\text{Fe}_3\text{O}_{4-x}$ 的速度更快，量也更多，生成 HCOO^- 的速率更快，产率也更大。

【小问 3 详解】

“Fe- HCO_3^- - H_2O 热循环制氢和甲酸”系统将 HCO_3^- 转化为 HCOO^- 和生成 H_2 的速率快，原子利用率高，不产生污染物，Fe 初期生成 FeCO_3 后迅速转化为活性 $\text{Fe}_3\text{O}_{4-x}$ ， $\text{Fe}_3\text{O}_{4-x}$ 氧化为 Fe_3O_4 再经生物柴油副产品转化为 Fe，得到循环利用，故该原理的优点是：高效、经济、原子利用率高、无污染。

