



化 学

本试卷满分 100 分,考试时间 75 分钟。

可能用到的相对原子质量:H—1 C—12 O—16 S—32
Cl—35.5 K—39 Fe—56 Zn—65 As—75 Cd—112
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. 大气中的氮是取之不尽的天然资源。下列工业生产中以氮气作反应物的是 ()

- A. 工业合成氨 B. 湿法炼铜
C. 高炉炼铁 D. 接触法制硫酸

2. 科学家通过核反应 ${}_0^1\text{n}+{}_3^6\text{Li}\longrightarrow{}_1^3\text{H}+{}_2^4\text{He}$ 发现氚(${}_1^3\text{H}$)。下列说法正确的是 ()

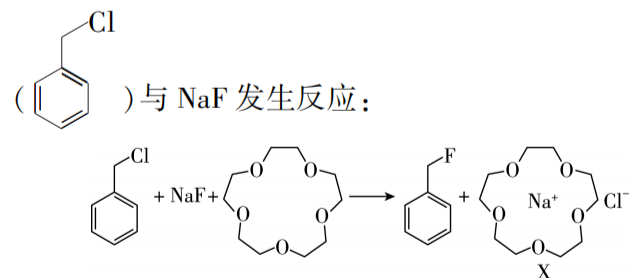
- A. ${}_0^1\text{n}$ 表示一个质子
B. ${}_3^6\text{Li}$ 的基态原子核外电子排布式为 $1\text{s}^12\text{s}^2$
C. ${}_1^3\text{H}$ 与 ${}_1^2\text{H}$ 互为同位素
D. ${}_2^4\text{He}$ 的原子结构示意图为 $\begin{array}{c} \text{He} \\ (+2) \quad 2 \quad 2 \end{array}$

3. 用 $0.050\,00\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 草酸($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$)溶液滴定未知浓度的 NaOH 溶液。下列实验操作规范的是 ()



- A. 配制草酸溶液 B. 润洗滴定管 C. 滴定 D. 读数

4. 在溶有 15-冠-5($\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{O}_5$)的有机溶剂中,苄氯($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}$)与 NaF 发生反应:



下列说法正确的是 ()

- A. 苄氯是非极性分子
B. 电负性: $\chi(\text{F}) < \chi(\text{Cl})$
C. 离子半径: $r(\text{F}^-) > r(\text{Na}^+)$
D. X 中 15-冠-5 与 Na^+ 间存在离子键

阅读下列材料,完成 5~7 题:

中国对人类科学进步与技术发展贡献卓著。黑火药(主要成分: KNO_3 、S 和 C)是中国古代四大发明之一。侯德榜发明的“联合制碱法”将合成氨法与氨碱法联合,突破了国外制碱技术封锁。我国科学家在世界上首次人工合成结晶牛胰岛素;采用有机合成与酶促合成相结合的方法,人工合成了酵母丙氨酸转移核糖核酸。徐光宪提出的稀土串级萃取理论使我国稀土提取技术取得重大进步。屠呦呦等采用低温、乙醚冷浸提取的青蒿素($\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_5$,含 $-\text{O}-\text{O}-$)在治疗疟疾中起到重要作用。闵恩泽研制新型催化剂解决了重油裂解难题。

5. 下列说法正确的是 ()

- A. 硫黄有 S_2 、 S_2^{2-} 、 S_4 等多种同素异形体
B. 高温下青蒿素分子结构稳定
C. NH_3 分子中 $\text{H}-\text{N}-\text{H}$ 键角大于 CH_4 分子中 $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ 键角
D. 题图所示的碱基鸟嘌呤与胞嘧啶通过氢键互补配对



6. 下列化学反应表示正确的是 ()

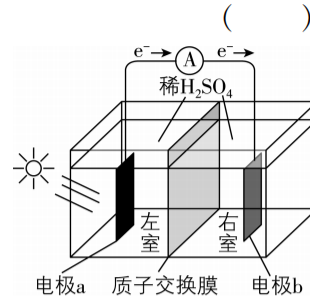
- A. 黑火药爆炸:
 $2\text{KNO}_3 + \text{C} + 3\text{S} \longrightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{N}_2 \uparrow + 3\text{SO}_2 \uparrow$
B. 电解饱和 NaCl 溶液制 NaOH:
 $\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow + \text{ClO}^-$
C. 重油裂解获得的丙烯制聚丙烯:
 $n\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{催化剂}} [\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)]_n$
D. 向饱和氨盐水中通入过量 CO_2 :
 $\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$

7. 下列物质组成或性质与分离提纯方法对应关系正确的是 ()

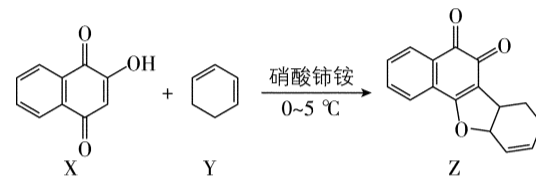
- A. 蛋白质能水解,可用饱和 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液提纯蛋白质
B. 乙醚与青蒿素组成元素相同,可用乙醚提取青蒿素
C. CCl_4 难溶于水、比水易溶解 I_2 ,可用 CCl_4 萃取碘水中的 I_2
D. 不同的烃密度不同,可通过分馏从石油中获得汽油、柴油

8. 以稀 H_2SO_4 为电解质溶液的光解水装置如图所示,总反应为 $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{光}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ 。下列说法正确的是 ()

- A. 电极 a 上发生氧化反应生成 O_2
B. H^+ 通过质子交换膜从右室移向左室
C. 光解前后, H_2SO_4 溶液的 pH 不变
D. 外电路每通过 0.01 mol 电子,电极 b 上产生 0.01 mol H_2



9. 化合物 Z 是一种具有生理活性的多环呋喃类化合物,部分合成路线如下:

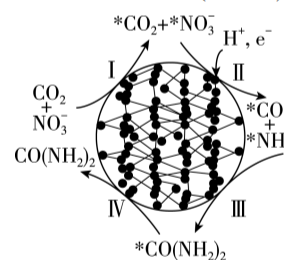


下列说法正确的是 ()

- A. 1 mol X 最多能和 4 mol H_2 发生加成反应
B. Y 分子中 sp^3 和 sp^2 杂化的碳原子数目比为 1:2
C. Z 分子中所有碳原子均在同一个平面上
D. Z 不能使 Br_2 的 CCl_4 溶液褪色

10. CO_2 与 NO_3^- 通过电催化反应生成 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$,可能的反应机理如图所示(图中吸附在催化剂表面的物种用“*”标注)。下列说法正确的是 ()

- A. 过程 II 和过程 III 都有极性共价键形成
B. 过程 II 中 NO_3^- 发生了氧化反应
C. 电催化 CO_2 与 NO_3^- 生成 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 的反应方程式:
 $\text{CO}_2 + 2\text{NO}_3^- + 18\text{H}^+ \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{通电}} \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 7\text{H}_2\text{O}$
D. 常温常压、无催化剂条件下, CO_2 与 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 反应可生产 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$



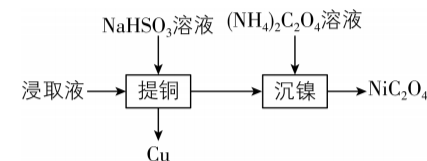
11. 探究含铜化合物性质的实验如下:

- 步骤 I 取一定量 5% CuSO_4 溶液,加入适量浓氨水,产生蓝色沉淀。
步骤 II 将沉淀分成两等份,分别加入相同体积的浓氨水、稀盐酸,沉淀均完全溶解,溶液分别呈现深蓝色、蓝色。
步骤 III 向步骤 II 所得的深蓝色溶液中插入一根打磨过的铁钉,无明显现象;继续加入稀盐酸,振荡后静置,产生少量气泡,铁钉表面出现红色物质。

下列说法正确的是 ()

- A. 步骤 I 产生的蓝色沉淀为 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$
B. 步骤 II 的两份溶液中: $c_{\text{深蓝色}}(\text{Cu}^{2+}) < c_{\text{蓝色}}(\text{Cu}^{2+})$
C. 步骤 III 中无明显现象是由于铁钉遇深蓝色溶液迅速钝化
D. 步骤 III 中产生气体、析出红色物质的反应为
 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{Fe} \longrightarrow \text{Cu} + \text{Fe}^{2+} + 4\text{NH}_3 \uparrow$

12. 室温下,有色金属冶炼废渣(含 Cu、Ni、Si 等的氧化物)用过量的较浓 H_2SO_4 溶液酸浸后,提取铜和镍的过程如下所示。



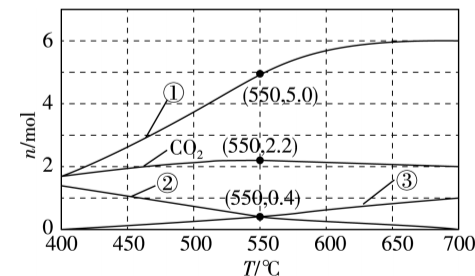
已知: $K_a(\text{HSO}_4^-) = 1.2 \times 10^{-2}$, $K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 1.2 \times 10^{-2}$, $K_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 6.0 \times 10^{-8}$ 。下列说法正确的是 ()

- A. 较浓 H_2SO_4 溶液中: $c(\text{H}^+) = 2c(\text{SO}_4^{2-}) + c(\text{OH}^-)$
B. NaHSO_3 溶液中: $2\text{HSO}_3^- \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{SO}_3$ 的平衡常数 $K = 5.0 \times 10^{-6}$
C. $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液中: $c(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}) + c(\text{OH}^-) = c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{H}^+)$
D. “提铜”和“沉镍”后的两份滤液中: $c_{\text{提铜}}(\text{Na}^+) = c_{\text{沉镍}}(\text{Na}^+)$

13. 甘油($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$)水蒸气重整获得 H_2 过程中的主要反应:

- 反应 I $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3(\text{g}) \longrightarrow 3\text{CO}(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H > 0$
反应 II $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H < 0$
反应 III $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H < 0$

$1.0 \times 10^5\text{ Pa}$ 条件下, $1\text{ mol C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ 和 $9\text{ mol H}_2\text{O}$ 发生上述反应达平衡状态时,体系中 CO 、 H_2 、 CO_2 和 CH_4 的物质的量随温度变化的理论计算结果如图所示。下列说法正确的是 ()

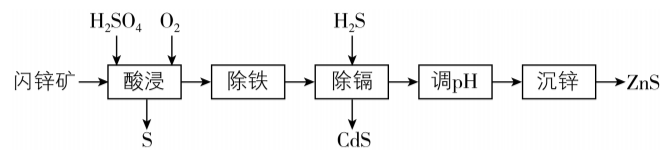


- A. $550\text{ }^\circ\text{C}$ 时, H_2O 的平衡转化率为 20%
B. $550\text{ }^\circ\text{C}$ 反应达平衡状态时, $n(\text{CO}_2):n(\text{CO}) = 11:25$
C. 其他条件不变,在 $400\sim 550\text{ }^\circ\text{C}$ 范围,平衡时 H_2O 的物质的量随温度升高而增大
D. 其他条件不变,加压有利于增大平衡时 H_2 的物质的量

二、非选择题:共4题,共61分。

14. (14分) ZnS 可用于制备光学材料和回收砷。

(1) 制备 ZnS。由闪锌矿[含 ZnS、FeS 及少量硫化镉(CdS)等]制备 ZnS 的过程如下:



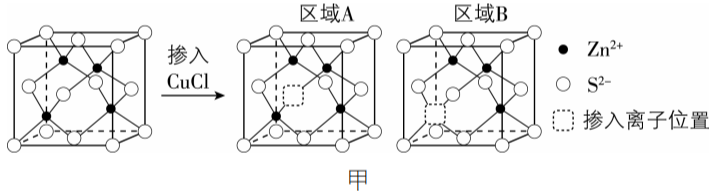
已知: $K_{\text{sp}}(\text{ZnS}) = 1.6 \times 10^{-24}$, $K_{\text{sp}}(\text{CdS}) = 8.0 \times 10^{-27}$, $K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{S}) = 1.0 \times 10^{-7}$, $K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{S}) = 1.2 \times 10^{-13}$ 。当离子浓度小于 $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,认为离子沉淀完全。

①酸浸时通入 O_2 可提高 Zn^{2+} 浸出率的原因是_____。

②通入 H_2S 除镉。通过计算判断当溶液 $\text{pH} = 0$ 、 $c(\text{H}_2\text{S}) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, Cd^{2+} 是否沉淀完全(写出计算过程)。

③沉锌前调节溶液的 pH 至 $4 \sim 5$, 加入的氧化物为_____ (填化学式)。

(2) 制备光学材料。如图甲所示, ZnS 晶体中掺入少量 CuCl 后, 会出现能量不同的“正电”区域、“负电”区域, 光照下发出特定波长的光。

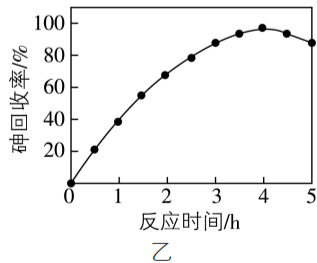


区域 A “□” 中的离子为_____ (填离子符号), 区域 B 带_____ (填“正电”或“负电”)。

(3) 回收砷。用 ZnS 去除酸性废液中的三价砷[As(III)], 并回收生成的 As_2S_3 沉淀。

已知: 溶液中 As(III) 主要以弱酸 H_3AsO_3 形式存在, $\text{As}_2\text{S}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}_3\text{AsO}_3 + 3\text{H}_2\text{S}$ 。

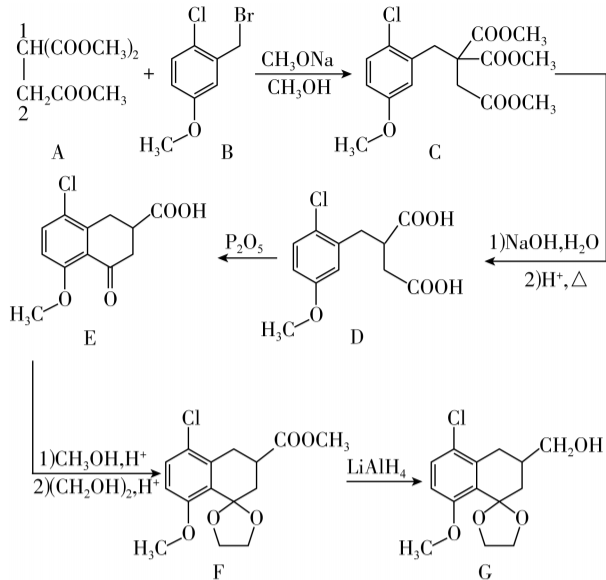
60 $^{\circ}\text{C}$ 时, 按 $n(\text{S}) : n(\text{As}) = 7 : 1$ 向酸性废液中加入 ZnS, 砷回收率随反应时间的变化如图乙所示。



①写出 ZnS 与 H_3AsO_3 反应生成 As_2S_3 的离子方程式:_____。

②反应 4 h 后, 砷回收率下降的原因有_____。

15. (15分) G 是一种四环素类药物合成中间体, 其合成路线如下:



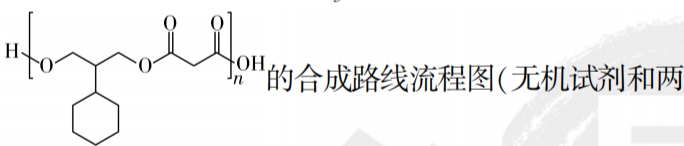
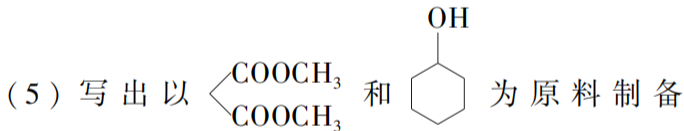
(1) A 分子中, 与 2 号碳相比, 1 号碳的 C—H 键极性相对_____ (填“较大”或“较小”)。

(2) D \rightarrow E 会产生与 E 互为同分异构体且含五元环的副产物, 其结构简式为_____。

(3) E 分子中含氧官能团名称为醚键、羰基和_____, F 分子中手性碳原子数目为_____。

(4) 写出同时满足下列条件的 G 的一种同分异构体的结构简式:_____。

①含有 3 种不同化学环境的氢原子; ②碱性条件下水解后酸化, 生成 X 和 Y 两种有机产物, $n(\text{X}) : n(\text{Y}) = 2 : 1$, X 的相对分子质量为 60, Y 含苯环且能与 FeCl_3 溶液发生显色反应。



碳以下的有机试剂任用, 合成路线示例见本题题干)。

16. (15分) 海洋出水铁质文物表面有凝结物, 研究其形成原理和脱氯方法对保护文物意义重大。

(1) 文物出水清淤后, 须尽快浸泡在稀 NaOH 或 Na_2CO_3 溶液中进行现场保护。

①玻璃中的 SiO_2 能与 NaOH 反应生成_____ (填化学式), 故不能使用带磨口玻璃塞的试剂瓶盛放 NaOH 溶液。

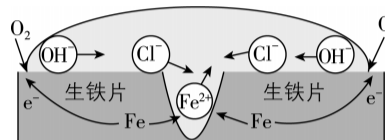
②文物浸泡在碱性溶液中比暴露在空气中能减缓氧腐蚀, 其原因有_____。

(2) 文物表面凝结物种类受文物材质和海洋环境等因素的影响。

①无氧环境中, 文物中的 Fe 与海水中的 SO_4^{2-} 在细菌作用下形成 FeS 等含铁凝结物。写出 Fe 与 SO_4^{2-} 反应生成 FeS 和 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的离子方程式:_____。

②有氧环境中, 海水中的铁质文物表面形成 FeOOH 等凝结物。

(i) 铁在盐水中腐蚀的可能原理如图所示。依据原理设计如下实验: 向 NaCl 溶液中加入 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液(能与 Fe^{2+} 形成蓝色沉淀)和酚酞, 将混合液滴到生铁片上。预测该实验的现象为_____。



(ii) 铁的氢氧化物吸附某些阳离子形成带正电的胶粒, 是凝结物富集 Cl^- 的可能原因。该胶粒的形成过程中, 参与的主要阳离子有_____ (填离子符号)。

(3) 为比较含氯 FeOOH 在 NaOH 溶液与蒸馏水中浸泡的脱氯效果, 请补充实验方案: 取一定量含氯 FeOOH 模拟样品, 将其分为两份, _____。

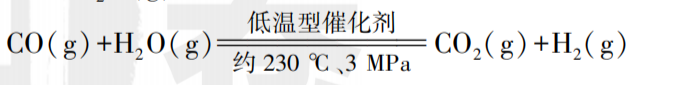
比较滴加 AgNO_3 溶液体积[$K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10}$]。实验须遵循节约试剂用量的原则, 必须使用的试剂: 蒸馏水、 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液、 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HNO_3 溶液、 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ AgNO_3 溶液]。

17. (17分) 合成气(CO 和 H_2) 是重要的工业原料气。

(1) 合成气制备甲醇: $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 。CO 的结构式为 $\text{C} \equiv \text{O}$, 估算该反应的 ΔH 需要_____ (填数字) 种化学键的键能数据。

(2) 合成气经“变换”“脱碳”获得纯 H_2 。

①合成气变换。向绝热反应器中通入 CO、 H_2 和过量的 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$:

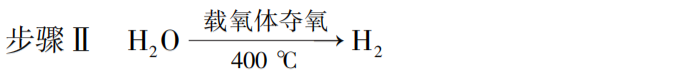
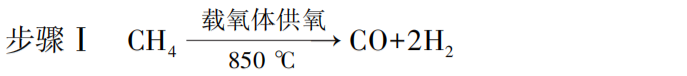


$\Delta H < 0$ 催化作用受接触面积和温度等因素影响, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的比热容较大。 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 过量能有效防止催化剂活性下降, 其原因有_____。

②脱碳在钢制吸收塔中进行, 吸收液成分: 质量分数 30% 的 K_2CO_3 吸收剂、 K_2CrO_4 (Cr 正价有 +3、+6) 缓蚀剂等。 K_2CO_3 溶液浓度偏高会堵塞设备, 导致堵塞的物质是_____ (填化学式)。 K_2CrO_4 减缓设备腐蚀的原理是_____。

(3) 研究 CH_4 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 与不同配比的铁铈载氧体 [$\frac{x}{2} \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot (1-x) \text{CeO}_2$, $0 \leq x \leq 1$, Ce 是活泼金属, 正

价有 +3、+4] 反应, 气体分步制备原理示意如图甲所示。相同条件下, 先后以一定流速通入固定体积的 CH_4 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 依次发生的主要反应:



①步骤 I 中, 产物气体积分数、 CH_4 转化率、 $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CO})}$

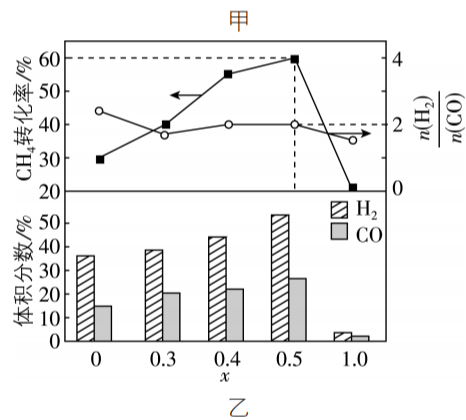
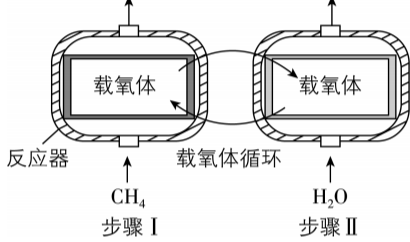
与 x 的关系如图乙所示。 $x = 0$ 时, $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CO})}$ 大于理论

值 2 的可能原因有_____;

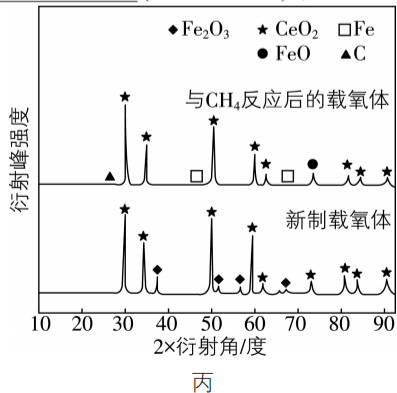
$x = 0.5$ 时, 通入标准状况下 300 mL 的 CH_4 至反应结

束, CO 的选择性 = $\frac{n_{\text{生成}}(\text{CO})}{n_{\text{转化}}(\text{CH}_4)} \times 100\% = 80\%$, 则生成

标准状况下 CO 和 H_2 的总体积为_____ mL。



② $x = 0.5$ 时, 新制载氧体、与 CH_4 反应后的载氧体的 X 射线衍射谱图如图丙所示(X 射线衍射用于判断某晶态物质是否存在, 不同晶态物质出现衍射峰的衍射角不同)。步骤 II 中, 能与 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 反应的物质有_____ (填化学式)。



③结合图示综合分析, 步骤 I 中 Fe_2O_3 的作用、气体分步制备的价值:_____。