

# 化学试题

本试卷共 6 页，满分 100 分，考试时间 75 分钟。

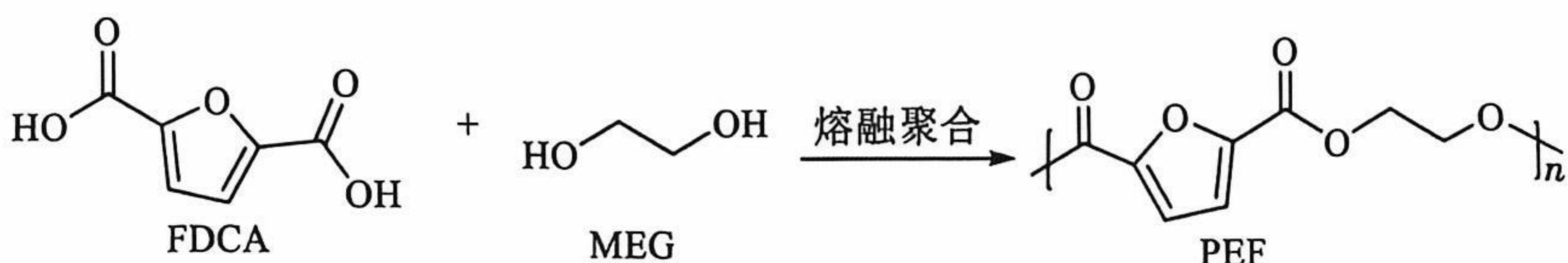
可能用到的相对原子质量：H 1 N 14 Cl 35.5 Co 59

一、选择题(本题共 10 小题，每小题 4 分，共 40 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项符合题目要求)

1.  $\text{NF}_3$  作为芯片制造中常用的蚀刻剂，可精准蚀刻硅材料生成  $\text{SiF}_4$ ，保证芯片精度。下列说法正确的是

- A.  $\text{NF}_3$  中 N 的化合价为 -3  
 B. 芯片的主体成分为  $\text{SiO}_2$   
 C.  $\text{SiF}_4$  分子的空间构型为正四面体  
 D.  $\text{SiF}_4$  难挥发易残留在芯片表面

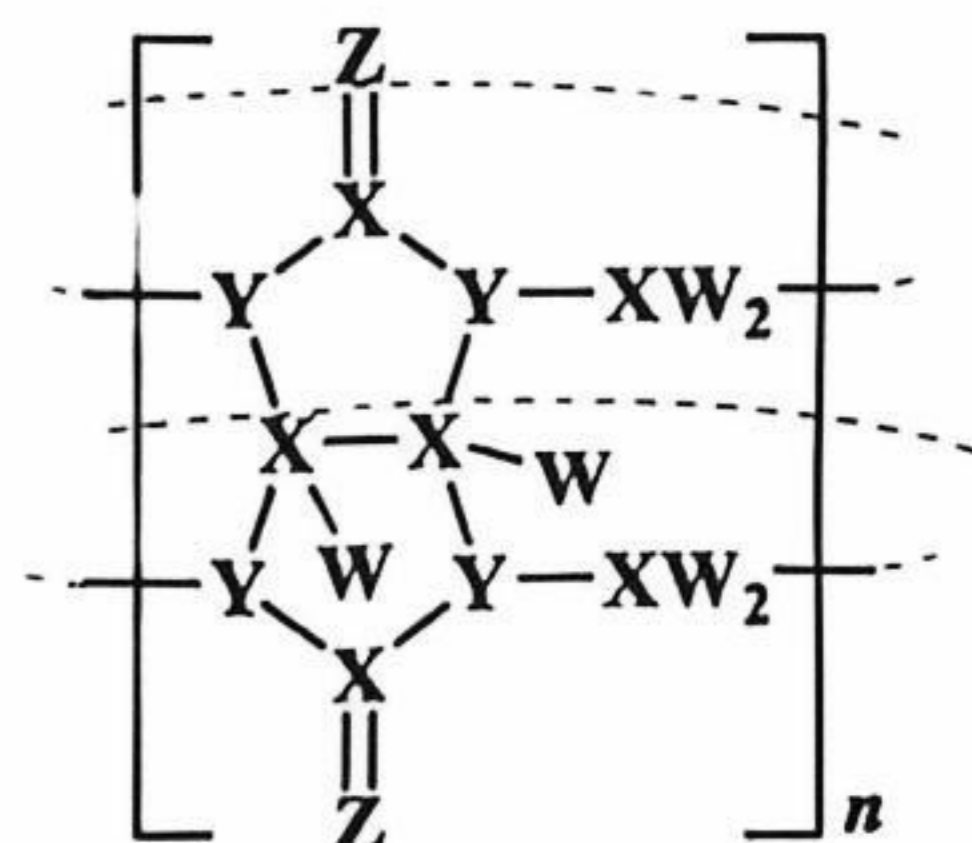
2. PEF 是生物基聚酯材料，合成路线如下。下列说法错误的是



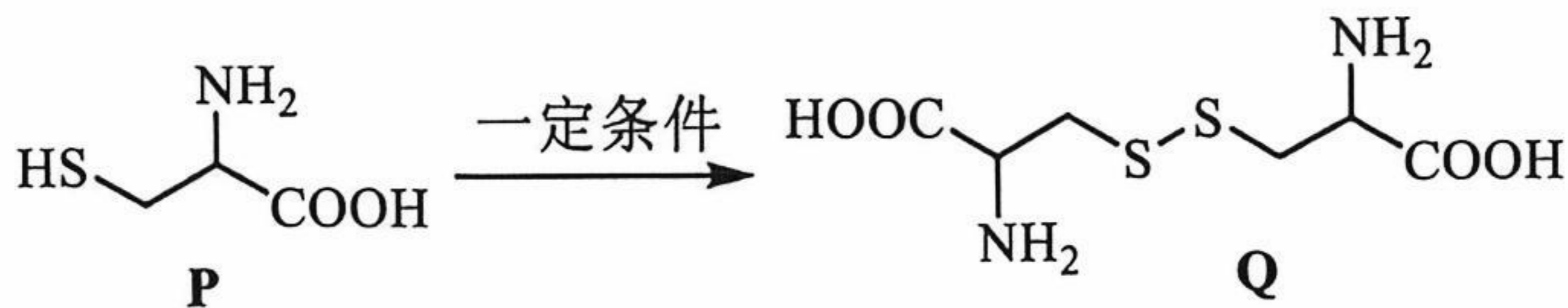
- A. FDCA 为非极性分子  
 B. MEG 中所有原子不能共平面  
 C. 1 mol PEF 最多可消耗  $2n$  mol NaOH  
 D. 熔融聚合为缩聚反应

3.  $\text{CB}[n]$  是超分子组装中广泛应用的大环分子，结构如图所示。W、X、Y、Z 是原子序数依次增大的短周期主族元素，X、Y、Z 相邻，X、Y 是组成生命体的重要元素。下列说法错误的是

- A. 电负性： $Z > Y > X > W$   
 B. 热稳定性： $\text{W}_2\text{Z} < \text{YW}_3$   
 C.  $\text{CB}[n]$  中有 2 种不同化学环境的 W  
 D.  $n$  值不同， $\text{CB}[n]$  环的大小不同，识别的微粒半径大小不同



4. 一定条件下，半胱氨酸(P)可转化为胱氨酸(Q)。设  $N_A$  为阿伏加德罗常数的值。下列说法正确的是



- A. 1 mol -SH 中电子数目为  $7 N_A$   
 B. 1 mol P 的水溶液中氧原子数目为  $2 N_A$   
 C. 1 mol Q 中非极性键的数目为  $N_A$   
 D. 生成 1 mol Q，转移的电子数目为  $2 N_A$

5. 有机物 M( $\text{H}_3\text{C}-\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ ) 可作电池的优良介质。将甲基

环氧乙烷( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ ) 转化为有机物 M 的催化机理如图所示

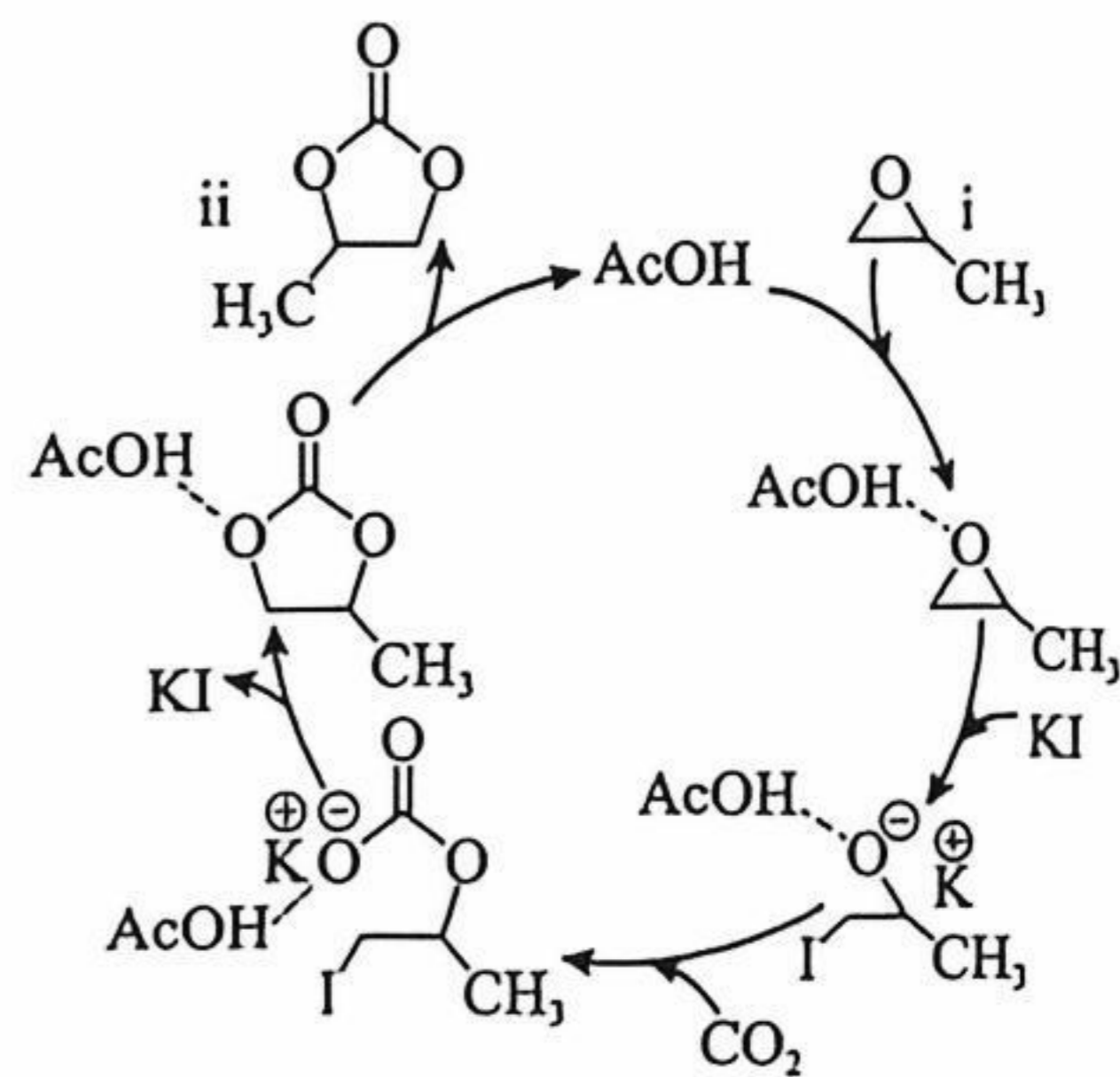
示。在该反应过程中, 下列说法错误的是

A. KI 能降低反应活化能并实现再生

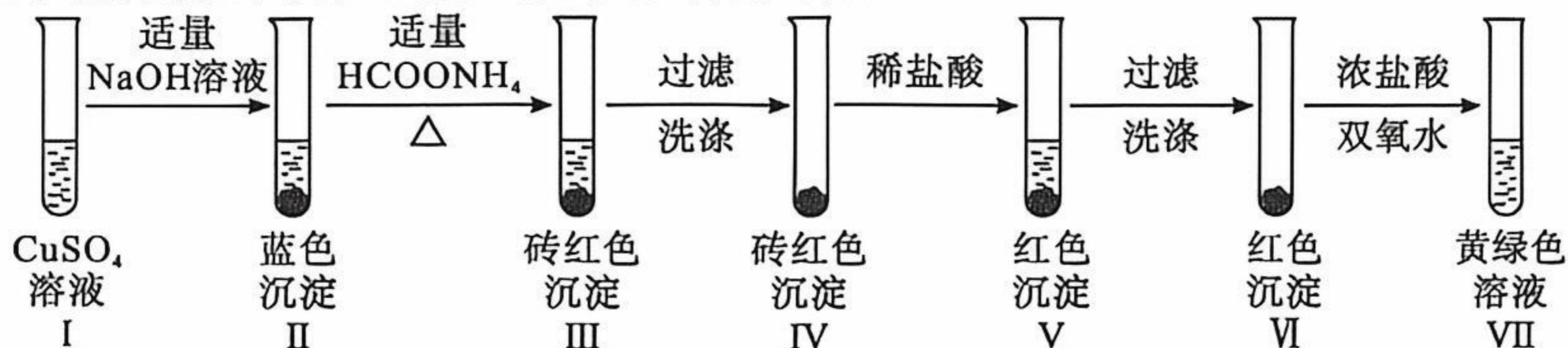
B. 只有共价键的断裂与形成

C. AcOH 与  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$  形成分子间氢键

D. 总反应为  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O} + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{H}_3\text{C}-\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$



6. 某小组设计如下实验, 探究铜及其化合物的转化。



已知:  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  水溶液呈中性。下列说法正确的是

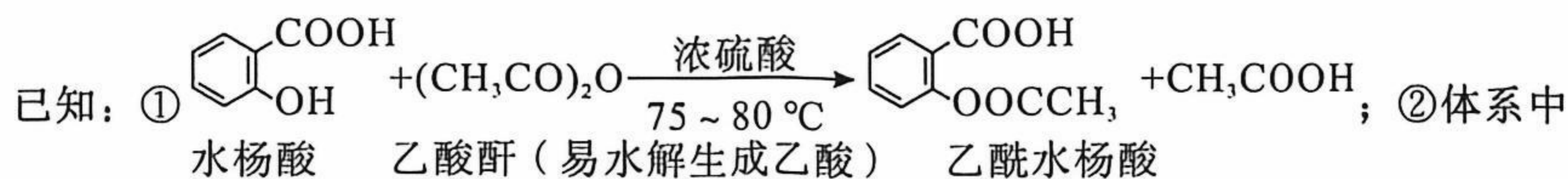
A.  $\text{HCOONH}_4$  水溶液呈碱性

B. II  $\rightarrow$  III, 氧化剂与还原剂物质的量之比为 1 : 2

C. IV  $\rightarrow$  V, 用硝酸代替盐酸现象相同

D. VII 中加水稀释, 溶液由黄绿色变为蓝色

7. 乙酰水杨酸是常用药物之一。某实验小组采用水杨酸与乙酸酐反应制备乙酰水杨酸, 操作流程如下。



有少量聚酯难溶物生成。下列说法错误的是

A. 减压抽滤可加快过滤速度

B. “操作 X” 为分液

C. 盐酸酸化时, 生成乙酰水杨酸

D. 可用  $\text{FeCl}_3$  溶液检验粗产品中是否含有水杨酸

8. 热电池在极端环境下能快速供电。一种热电池的简易装置如图所示, 工作时加热片材料反应放热使电解质 ( $\text{LiCl}-\text{KCl}$  共晶盐) 熔融才可放电。下列说法错误的是

A. 放电时, 外电路电流从  $\text{FeS}_2$  流向  $\text{Li}(\text{Si})$

B. 常温下, 电解质中离子无法迁移, 电池可长期储存

C. 工作时, 加热片材料反应温和, 使电解质缓慢熔化

D. 放电时, 正极电极反应为  $\text{FeS}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{Li}^+ = 2\text{Li}_2\text{S} + \text{Fe}$

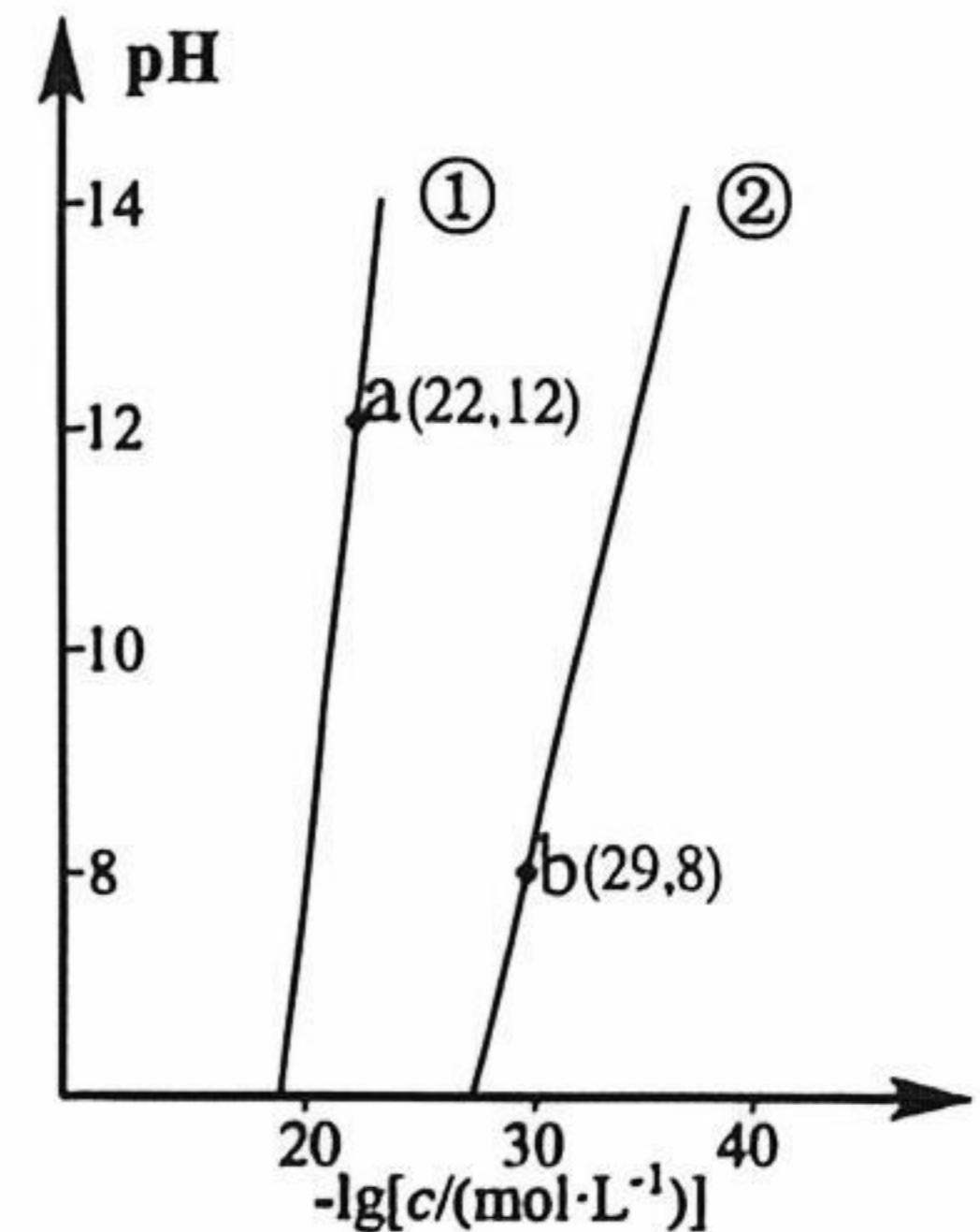


9. 市售 NaOH 中常含  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  杂质，为配制纯净的 NaOH 溶液并标定其浓度，实验方案为：① 除杂：将 NaOH 配制成饱和溶液，置于试剂瓶中密封静置，待  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  完全析出；② 配制：量取一定体积的上层清液，稀释配制成 NaOH 溶液；③ 标定：准确称取苯甲酸固体，加水溶解，加酚酞，用②中配制溶液滴定。下列说法错误的是

- A. ① 中试剂瓶不可使用玻璃塞  
 B. ① 中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  析出的主要原因是  $c(\text{Na}^+)$  很大，导致其溶解度显著降低  
 C. ② 中可用量筒量取上层清液  
 D. ③ 中滴定终点时，仰视读数，标定的  $c(\text{NaOH})$  偏大

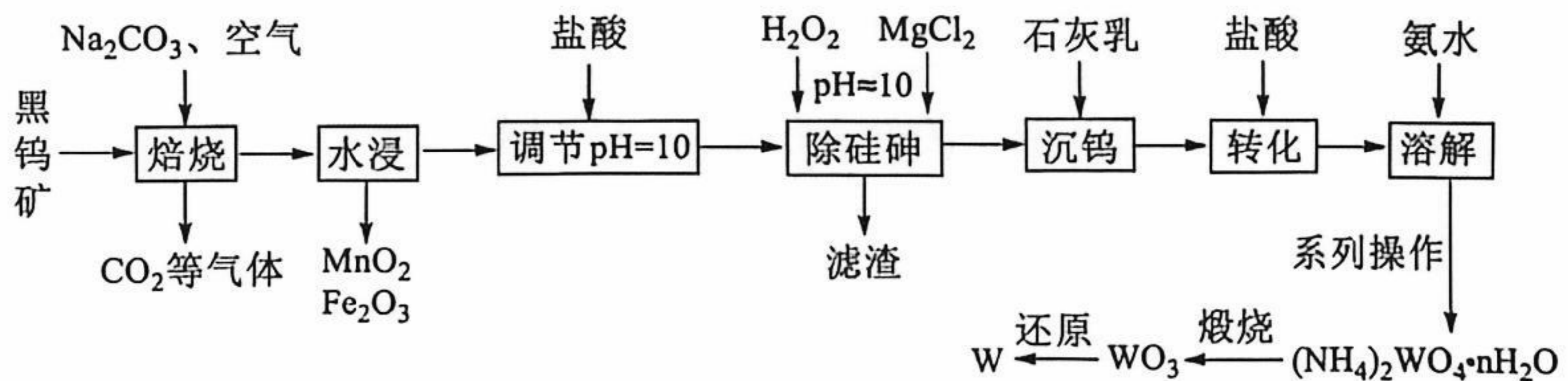
10. 常温下，二元弱酸  $\text{H}_2\text{X}$  的电离平衡常数  $K_{a1} = 1 \times 10^{-7}$ ， $K_{a2} = 1 \times 10^{-14}$ 。AX、 $\text{B}_2\text{X}$  饱和溶液中  $-\lg c(\text{A}^{2+})$ 、 $-\lg c(\text{B}^+)$  与 pH 的关系如图所示。已知：AX、 $\text{B}_2\text{X}$  饱和溶液随 pH 变化过程中， $\text{A}^{2+}$ 、 $\text{B}^+$  离子不水解， $c(\text{HX}^-)$  保持  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  不变。下列说法正确的是

- A.  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHX}$  溶液中  $c(\text{H}_2\text{X}) < c(\text{X}^{2-})$   
 B.  $2\text{HX}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{X} + \text{X}^{2-}$  的平衡常数  $K = 10^7$   
 C. 曲线②代表  $-\lg c(\text{B}^+)$  与 pH 的关系  
 D.  $K_{sp}(\text{AX}) > K_{sp}(\text{B}_2\text{X})$



## 二、非选择题(共 4 大题, 共 60 分)

11. (16 分) 钨(W)广泛用于国防军事、航空航天、信息制造等领域。工业上以黑钨矿(主要成分为  $\text{FeWO}_4$ 、 $\text{MnWO}_4$ ，含少量 As、Si 的化合物)为原料制备高品质钨粉的工艺流程如下。



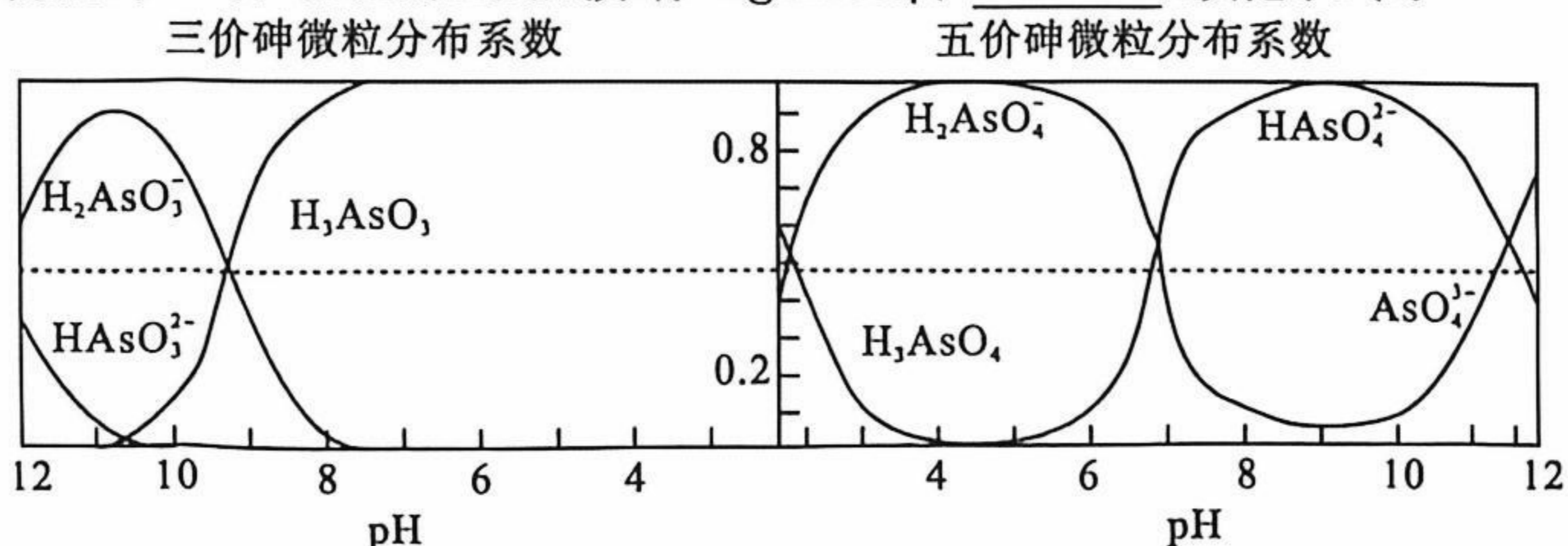
- 已知：①水浸液含  $\text{WO}_4^{2-}$ ，As 元素以 As(III) 和 As(V) 形式存在；  
 ②常温下， $K_{sp}(\text{CaWO}_4) = 8.8 \times 10^{-9}$ ， $K_{sp}[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 5.5 \times 10^{-6}$ ；  
 ③  $\text{H}_2\text{WO}_4$  是一种难溶于水的酸。

(1) 基态 W 原子的价电子排布式为  $5d^4 6s^2$ ，其在元素周期表中的位置是\_\_\_\_\_。

(2) “焙烧”时， $\text{FeWO}_4$  发生反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

(3) 常温下， $\text{H}_3\text{AsO}_3$ 、 $\text{H}_3\text{AsO}_4$  溶液中含砷微粒的分布系数图如下。

- ① “调节  $\text{pH}=10$ ” 时，As(III) 元素的主要存在形式是\_\_\_\_\_。  
 ② “除硅砷” 时，先氧化后沉淀， $\text{H}_2\text{O}_2$  主要参与反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。  
 ③ “除硅砷” 时，滤渣的主要成分有  $\text{MgHAsO}_4$ 、\_\_\_\_\_ (填化学式)。



(4)“沉钨”时，当溶液中  $c(\text{WO}_4^{2-})=1.6 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，此时溶液 pH \_\_\_\_\_。

(5)“转化”时，盐酸的作用是\_\_\_\_\_。

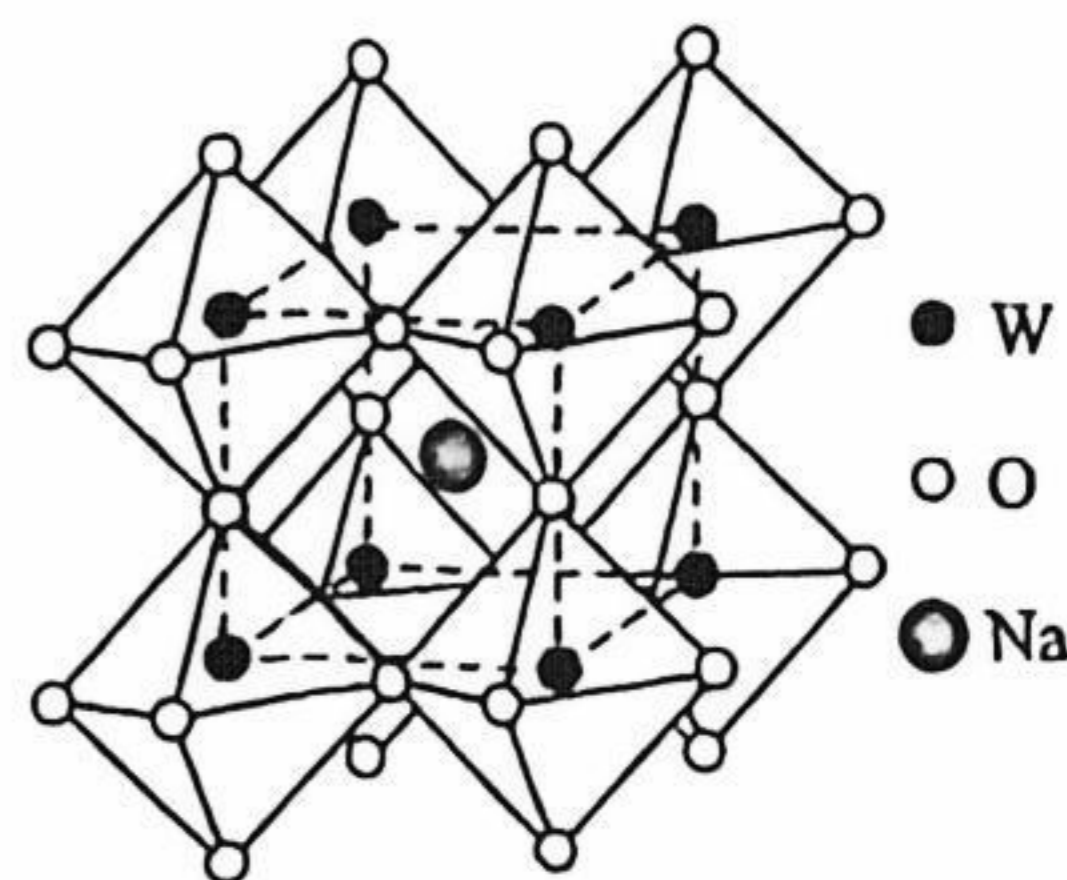
(6)该流程中可循环利用的物质有\_\_\_\_\_ (填化学式)。

(7)W 元素与 Na、O 元素形成的一种化合物的部分晶体结构如图所示，虚线框为晶胞边界。

已知：W 原子位于 O 原子形成的正八面体的体心，Na 原子位于 W 原子形成的立方体的体心。

① 晶体中与 1 个 O 紧邻的 Na 有\_\_\_\_\_个。

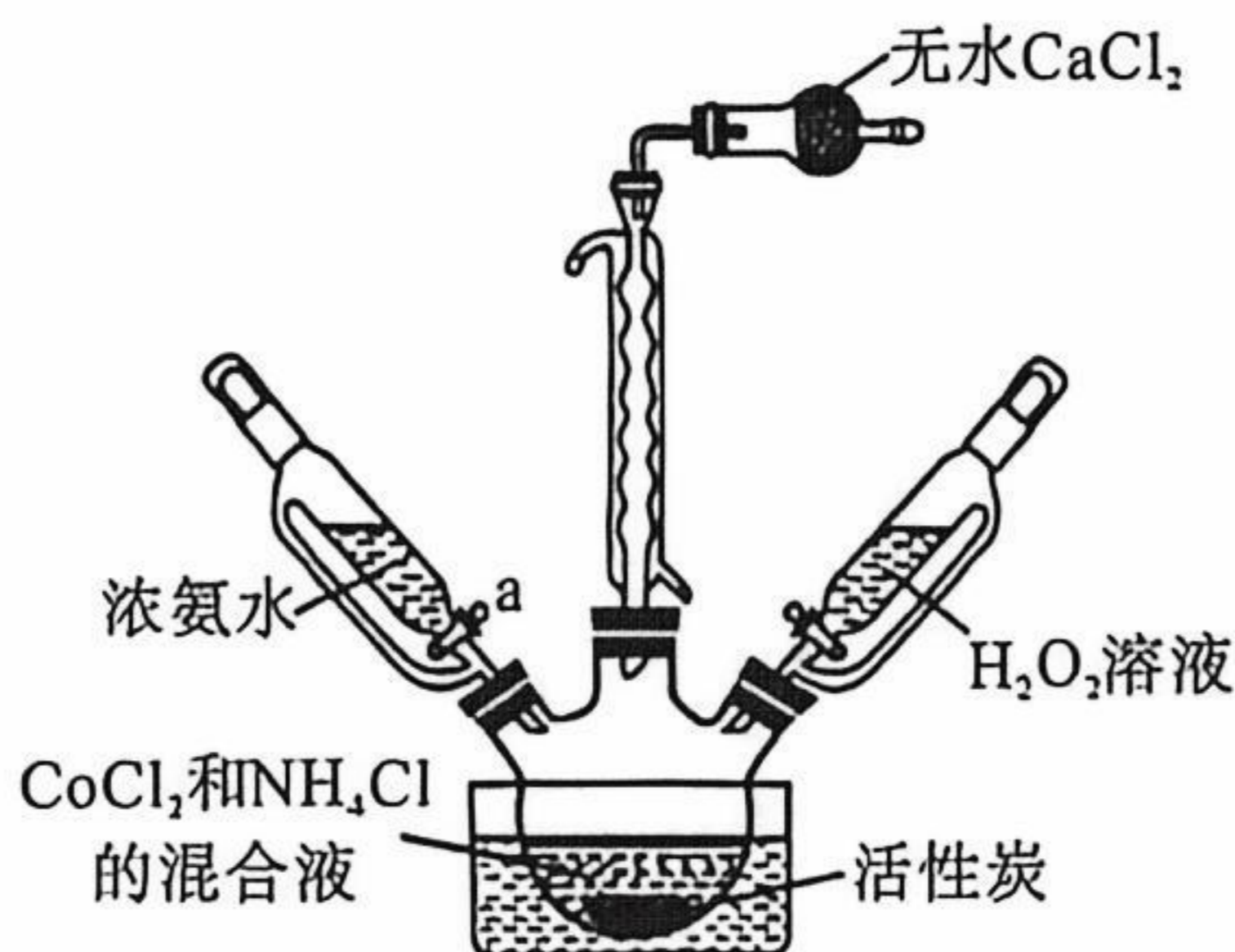
② 晶体的化学式为\_\_\_\_\_。



12. (16 分)三氯化六氨合钴  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ ，化学式量为 267.5) 为橙黄色晶体，难溶于乙醇，微溶于冷水，易溶于热的稀盐酸。某学习小组在实验室中制备并测定其纯度。已知： $\text{Co}^{3+}$  的氧化性强于  $\text{H}_2\text{O}_2$ ； $\text{NH}_3$  与  $\text{Co}^{3+}$  配位紧密，不易在盐酸中发生解离。

I. 制备  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$

装置如图所示，步骤如下：



- 向三颈烧瓶中依次加入  $\text{CoCl}_2$  和  $\text{NH}_4\text{Cl}$  的混合溶液、一定量活性炭、足量的双氧水和浓氨水，水浴加热至  $50 \sim 60 \text{ }^\circ\text{C}$ ，反应 20 min。
- 冷却，过滤，得黑黄色固体。
- 向黑黄色固体中加入  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  左右的一定浓度的盐酸溶解，充分搅拌后，\_\_\_\_\_ (填分离操作)。
- 向滤液中加入适量浓盐酸，冷却结晶后过滤，用乙醇洗涤 2~3 次，低温干燥得到产品。

(1) 仪器 a 的名称是\_\_\_\_\_，无水  $\text{CaCl}_2$  的作用为\_\_\_\_\_。

(2) 步骤 i 中 Co 元素的转化路径是\_\_\_\_\_ (填标号)。

a.  $\text{Co}^{2+} \rightarrow \text{Co}^{3+} \rightarrow [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$       b.  $\text{Co}^{2+} \rightarrow [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+} \rightarrow [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$

(3) 制备  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  的化学方程式为\_\_\_\_\_。

(4) 实验中发现蒸汽上升至冷凝管中上部甚至接近上口，应采取的措施是\_\_\_\_\_。

(5) 将步骤 iii 补充完整\_\_\_\_\_。

(6) 为筛选适宜催化剂活性炭的用量，开展对比实验，结果表明随催化剂用量的增加，产率先增大后减小，原因是\_\_\_\_\_。

11. 测定产品中 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  纯度

已知：制备的产品中存在 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{H}_2\text{O}]\text{Cl}_3$  和 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$  两种杂质； $\text{Co}^{2+}$  水溶液为粉红色。

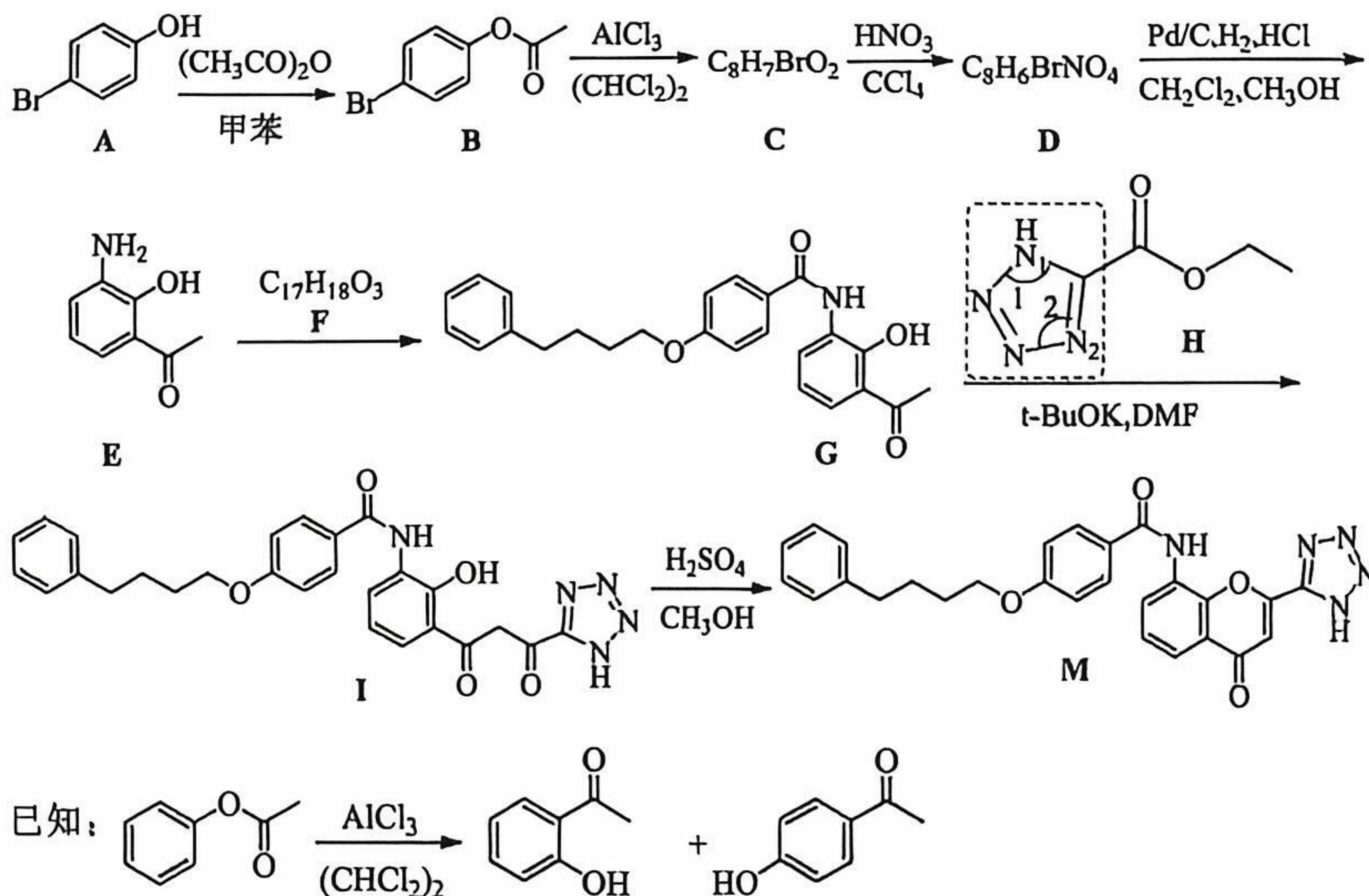
(7) 准确称取  $a$  g 产品，实验测得  $n(\text{NH}_3) = 5.8 \times 10^{-3}$  mol。将测氨实验残渣全部转移至碘量瓶中，用适量稀硫酸使钴元素全部转化为  $\text{Co}^{3+}$ ，加入过量 KI 溶液后立即盖上碘量瓶塞，于暗处放 10 min，加水稀释，用  $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  标准溶液滴定至接近终点，加入几滴淀粉溶液，继续滴定至终点，重复实验三次，平均消耗  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  标准溶液 10.00 mL。

(发生反应： $2\text{Co}^{3+} + 2\text{I}^- = \text{I}_2 + 2\text{Co}^{2+}$ ， $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ )。

① 反应达到滴定终点的现象是\_\_\_\_\_，且半分钟内不恢复原来的颜色。

② 测得产品中  $n(\text{Co}^{3+}) : n(\text{NH}_3) = 1 : \underline{\hspace{2cm}}$ ，产品中 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  的纯度为 \_\_\_\_\_ % (用含  $a$  的式子表示)。

13. (14 分) 普仑司特(M)是治疗支气管哮喘的药物，其合成路线如下：



(1) B 中所含官能团有\_\_\_\_\_ (填名称)。

(2) D 的结构简式为\_\_\_\_\_。

(3)  $\text{E} + \text{F} \rightarrow \text{G}$  的化学反应方程式为\_\_\_\_\_。

(4) H 中虚线框内所有原子共平面， $\angle 1$  \_\_\_\_\_  $\angle 2$  (填 “>” “<” 或 “=”)，判断依据是\_\_\_\_\_。

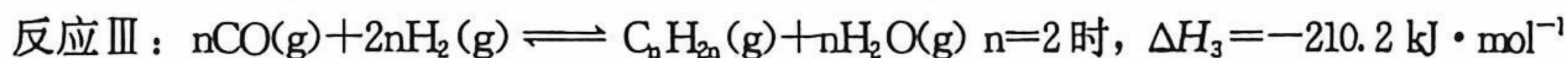
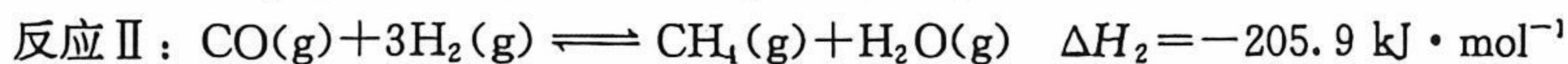
(5)  $\text{I} \rightarrow \text{M}$  经历了两步反应，第一步为加成反应；第二步为\_\_\_\_\_ (填反应类型)。

(6) X 为 E 的同分异构体，满足下列条件且含有手性碳原子的结构简式为\_\_\_\_\_。

① 含有苯环；② 含有一  $\text{NO}_2$ 。

(7) 结合流程与信息，不能用苯酚代替 A 作为原料的原因是\_\_\_\_\_。

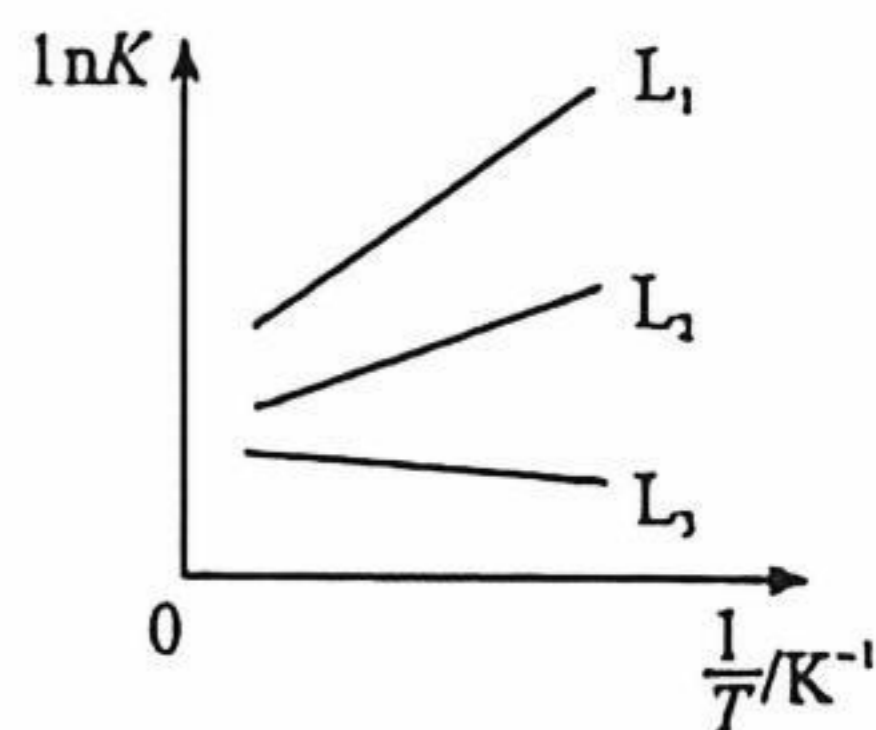
14. (14分)利用  $\text{CO}_2$  催化加氢制备低碳烃是实现碳资源循环利用的关键途径之一。 $\text{CO}_2$  催化加氢制烯烃( $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ )主要反应如下:



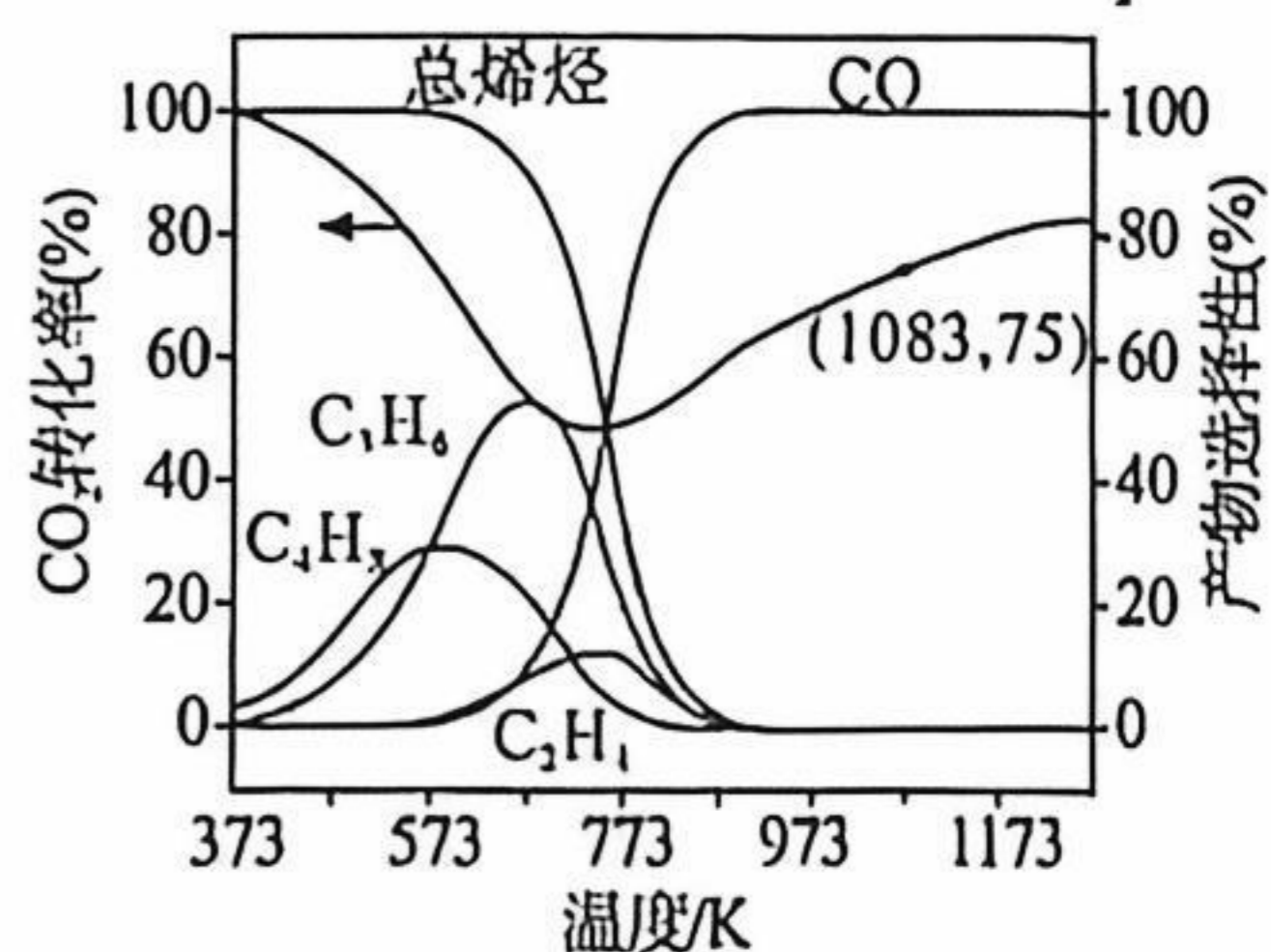
(2) 平衡常数与温度之间满足关系  $\ln K = -\frac{\Delta H}{RT} + C$  ( $R$ 、 $C$  为常数)。

反应 I、II 和 IV 的  $\ln K$  与  $\frac{1}{T}$  的关系如图所示, 其中表示反应

IV 的直线为      (填 “ $L_1$ ” “ $L_2$ ” 或 “ $L_3$ ”)。



(3)  $n(\text{CO}_2) : n(\text{H}_2)$  投料比为 1 : 3、压强为 1 MPa 时, 无烷烃产物的平衡体系中  $\text{CO}_2$  转化率和产物 ( $\text{CO}$ 、 $\text{C}_2\text{H}_4$ 、 $\text{C}_3\text{H}_6$ 、 $\text{C}_4\text{H}_8$  及总烯烃) 选择性随反应温度变化曲线如图所示。



① 有利于低碳烯烃 ( $2 \leq n \leq 4$ ) 生成的温度范围为      (填标号)。

- a. 373 ~ 573 K      b. 573 ~ 773 K  
c. 773 ~ 973 K      d. 973 ~ 1173 K

② 已知反应 I 的速率方程为  $v_{\text{正}} = k_{\text{正}} \cdot p(\text{CO}_2) \cdot p(\text{H}_2)$ ,  $v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} \cdot p(\text{CO}) \cdot p(\text{H}_2\text{O})$ ,  $k_{\text{正}}$ 、 $k_{\text{逆}}$  为速率常数。 $p(\text{X})$  代表 X 组分的分压。在 1083 K 下进行反应, 反应 I 的

$\frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(4) 相同条件下, 相较于 Fe/MC, 双金属 (Fe-Co/MC) 协同催化  $\text{CO}_2$  可提高  $\text{C}_2\text{H}_4$  选择性。 $\text{CO}_2$  在 Fe/MC、Fe-Co/MC 表面反应后的催化剂样品的 XRD 图如图 1 所示。 $\text{CO}_2$  在 Fe-Co/MC 表面催化制  $\text{C}_2\text{H}_4$  的反应机理如图 2 所示。

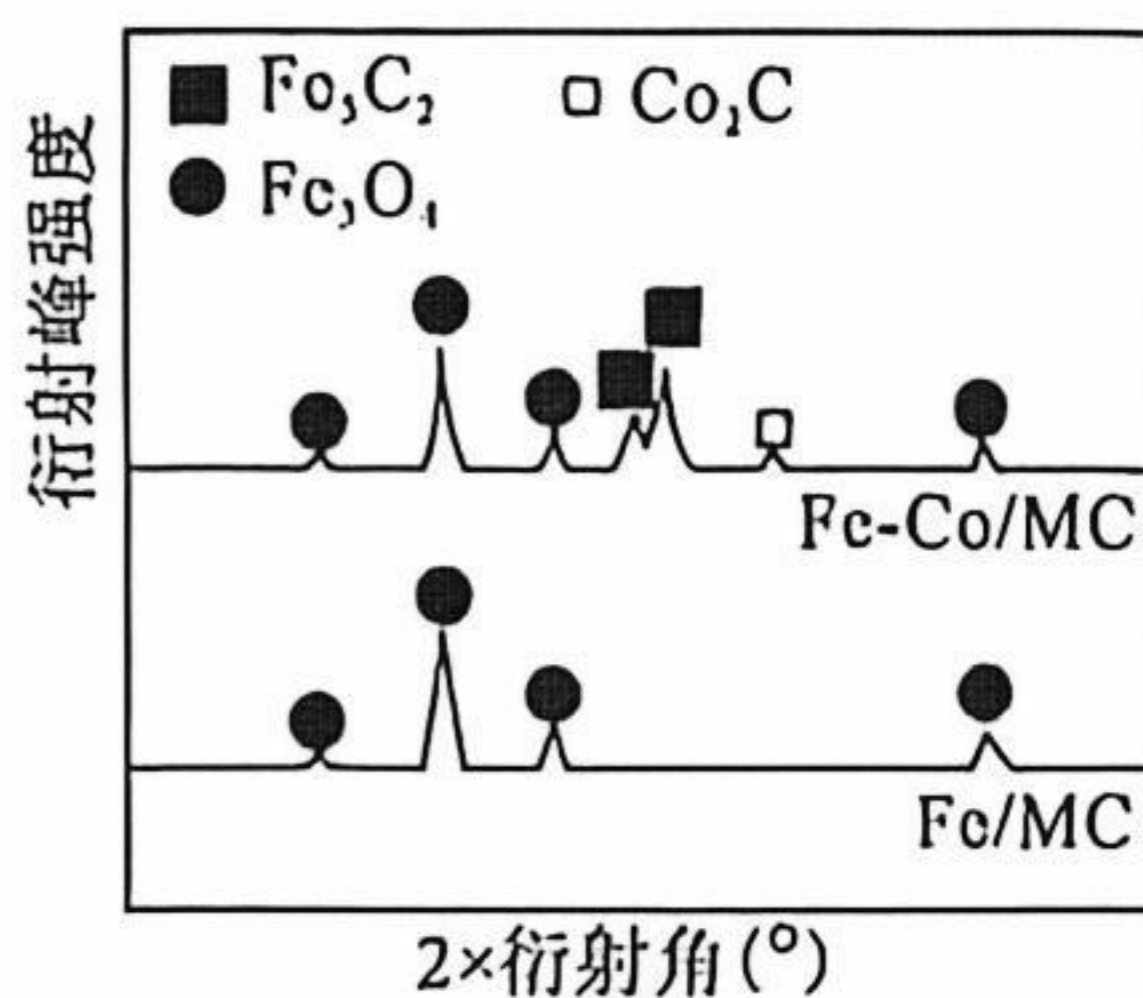


图 1

① 已知: 电负性 Fe 为 1.83、Co 为 1.88。使用 Fe-Co/MC 催化  $\text{CO}_2$  加氢时, Co 的引入增加了催化剂的      (填 “碱性” 或 “酸性”) 位点, 增强了  $\text{CO}_2$  酸性分子的吸附。在 Fe-Co/MC 双金属活性位点中, 电子云更偏向      (填 “Fe” 或 “Co”)。

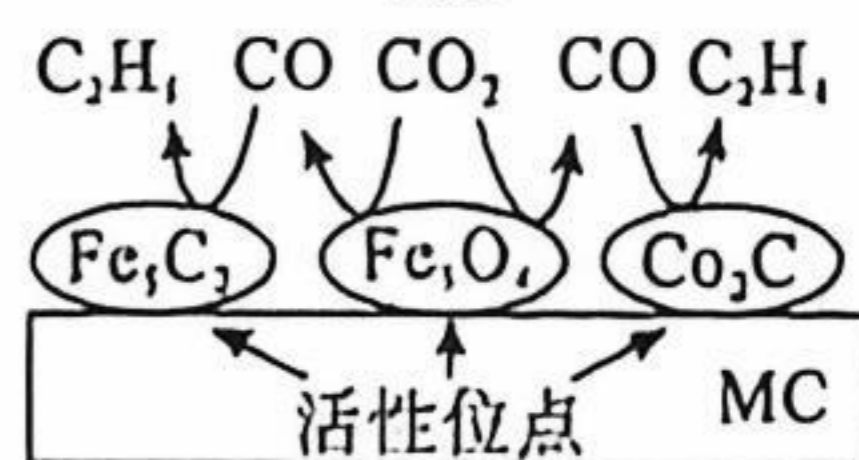


图 2

② 由图 1、图 2 可知, Co 的引入促进了铁基活性位点      (填化学式) 的生成, 高效催化 CO 发生 C-C 偶联生成  $\text{C}_2\text{H}_4$ 。

③ 研究表明  $\frac{n(\text{Fe})}{n(\text{Co})}$  对  $\text{C}_2\text{H}_4$  的产量有显著影响。当  $\frac{n(\text{Fe})}{n(\text{Co})}$  过高时,  $\text{C}_2\text{H}_4$  的产量较低的原因是     。

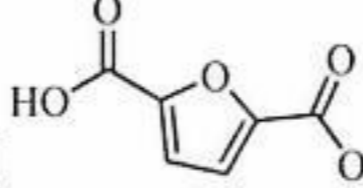
④ 我国科学家研制的 Fe-Co/MC 催化剂在酸性条件下可高效电催化  $\text{CO}_2$  还原为  $\text{C}_2\text{H}_4$ 。生成  $\text{C}_2\text{H}_4$  的电极反应式为     。

## 2026 届高中毕业年级教学质量检测化学试题解析

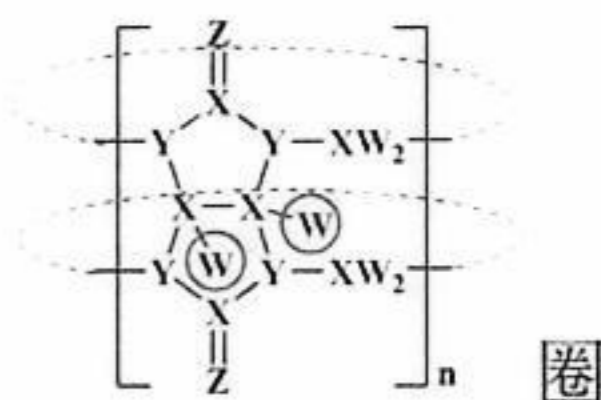
### 一、选择题

1. C 【解析】A 项，F 元素只有 -1 价，电负性： $F > N$ ，故  $NF_3$  中 N 的化合价为 +3；B 项，芯片的主体成分为 Si；D 项， $SiF_4$  常温下为气态，蚀刻时不会残留在芯片表面，从而保证精度。

2. A 【解析】A 项，FDCA 分子正负电荷重心不重合，属于极性分子；B 项，MEG 中含  $sp^3$  杂化的碳原子，

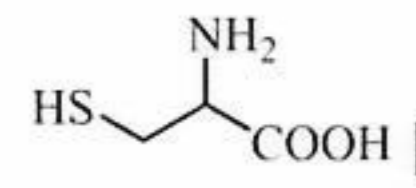
所有原子不能共平面；C 项，1 mol PEF 水解得  $n$  mol ，可消耗  $2n$  mol NaOH。

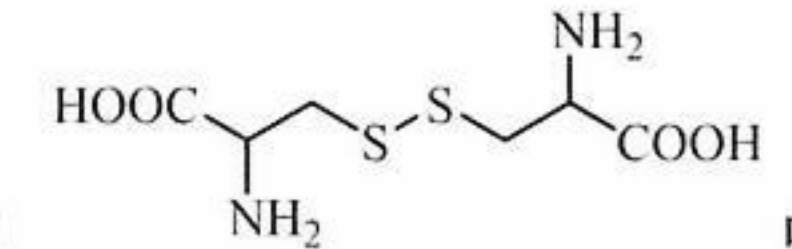
3. B 【解析】根据结构式中各元素原子的成键数目与题干信息可推测，W 是 H、X 是 C、Y 是 N、Z 是 O。

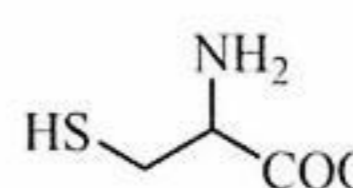


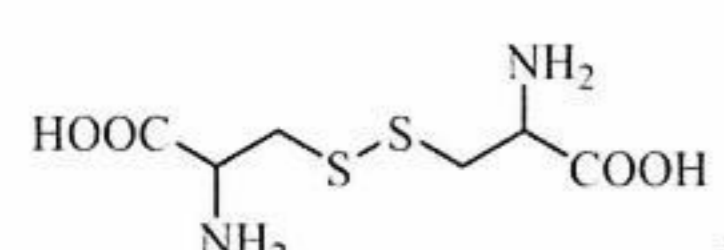
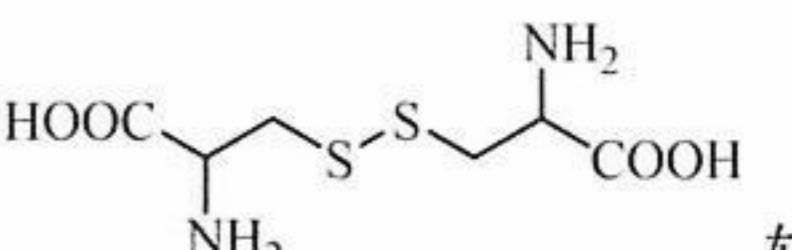
B 项，非金属性： $O > N$ ，热稳定性： $H_2O > NH_3$ ；C 项， $CB[n]$  中重复单元呈环状连接，圈出的 W 为同种化学环境的 H，则  $CB[n]$  中只有 2 种不同环境的 H。

4. D 【解析】A 项，1 mol  $-SH$  中价电子数  $7 N_A$ ，电子数为  $17 N_A$ ；B 项，水中也含有氧原子，所以含 1 mol

 的水溶液中氧原子数目大于  $2 N_A$ ；C 项，同种原子之间形成的共价键属于非极性共价键（化学键的极性本质上受成键元素电负性及原子所处化学环境共同影响，化学环境改变会引起原子电子云密度变

化，进而使键的极性发生变化，该内容高中阶段一般不作深入讨论），则 1 mol  中非

极性键的数目为  $5 N_A$ ，包括  $N_A$  个 S-S 键和  $4 N_A$  个 C-C 键；D 项， 中 S 元素的化合价为 -2，

 中 S 元素的化合价为 -1，其他元素未变价，故生成 1 mol  转移的电子数为  $2 N_A$ 。

5. B 【解析】A 项，从机理图可知，KI 参与反应又再生，KI 是催化剂，降低反应活化能；B 项，催化过程

中  也涉及离子键的断裂与形成；C 项，图中  为氢键。

6. D 【解析】铜及其化合物的转化如下： $CuSO_4 \rightarrow Cu(OH)_2$ （蓝色沉淀） $\rightarrow Cu_2O$ （砖红色） $\rightarrow Cu$ （红色） $\rightarrow H_2[CuCl_4]$ （黄绿色）。A 项，由于乙酸中的甲基（ $-CH_3$ ）为推电子基，导致 O-H 键的极性较弱，较难电离出  $H^+$ ，故酸性： $HCOOH > CH_3COOH$ ；由题干已知信息可知， $CH_3COO^-$  和  $NH_4^+$  水解程度相同，则  $HCOO^-$  比  $NH_4^+$  水解程度弱，故  $HCOONH_4$  溶液呈酸性；B 项，根据反应：

$HCOONH_4 + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{\Delta} Cu_2O + NH_3 \uparrow + CO_2 \uparrow + 3H_2O$ ，其中  $Cu(OH)_2$  是氧化剂， $HCOONH_4$  是还原剂，故二者物质的量之比为 2:1；C 项，硝酸能与 Cu 反应，可能无法得到红色 Cu 沉淀；D 项，溶液中存在  $[CuCl_4]^{2-} + 4H_2O \rightleftharpoons [Cu(H_2O)_4]^{2+} + 4Cl^-$ ，加水稀释平衡正向移动，颜色由黄绿色变为蓝色。

7. B 【解析】根据流程中加入的反应物的物质的量可知，乙酸酐过剩其倒入冷水后易水解转化为易溶于水的乙酸，则析出晶体通过减压抽滤得到的“固体”主要是乙酰水杨酸和聚酯难溶物，加饱和  $NaHCO_3$  溶液，聚酯不溶，乙酰水杨酸转化为易溶的乙酰水杨酸钠，减压抽滤或过滤，去除聚酯。盐酸酸化时，乙酰水杨酸钠转化为乙酰水杨酸。B 项，“操作 X”为减压抽滤或过滤；D 项，水杨酸分子含有酚羟基可与  $FeCl_3$  溶液发生显色反应。

8. C 【解析】A 项，放电时，外电路电流方向由正极（FeS<sub>2</sub>）流向负极[Li(Si)]；B 项，常温下电解质为固态，离子无法迁移，不易放电，电池可长期储存；C 项，热电池需在极端环境下快速供能，加热片应能迅速放热，使电解质快速熔化，形成高效的离子导体。

9. D 【解析】A 项，强碱溶液不能使用玻璃塞；B 项，浓 NaOH 溶液中 Na<sup>+</sup> 的浓度大，同离子效应，导致 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶解度显著降低；C 项，步骤②中 NaOH 溶液只是粗略配制，后续还要精确标定，不需要高精度量器；D 项，滴定终点时仰视读数，导致 V(NaOH) 偏大，根据 c(NaOH)·V(NaOH) = n(苯甲酸)，

$c(\text{NaOH}) = \frac{n(\text{苯甲酸})}{V(\text{NaOH})}$ ，标定的 c(NaOH) 偏小。

10. D 【解析】A 项，根据 K<sub>a1</sub> 计算， $K_h(\text{HX}^-) = \frac{K_w}{K_{a1}} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-7}} = 1 \times 10^{-7}$ ，则 K<sub>h</sub>(HX<sup>-</sup>) > K<sub>a2</sub>，则水解产物 c(H<sub>2</sub>X)

大于电离产物 c(X<sup>2-</sup>)；B 项，根据盖斯定律，该方程的  $K = \frac{K_{a2}}{K_{a1}} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-7}} = 1 \times 10^{-7}$ ；C 项，已知

$K_{a2} = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{X}^{2-})}{c(\text{HX}^-)}$ ，可得  $c(\text{X}^{2-}) = \frac{K_{a2} \cdot c(\text{HX}^-)}{c(\text{H}^+)}$ ，则  $K_{sp}(\text{AX}) = c(\text{A}^{2+}) \cdot c(\text{X}^{2-}) = c(\text{A}^{2+}) \cdot \frac{K_{a2} \cdot c(\text{HX}^-)}{c(\text{H}^+)}$ ，即

$c(\text{H}^+) = \frac{c(\text{A}^{2+}) \cdot K_{a2} \cdot c(\text{HX}^-)}{K_{sp}(\text{AX})}$ ， $\text{pH} = -\lg \frac{c(\text{A}^{2+}) \cdot K_{a2} \cdot c(\text{HX}^-)}{K_{sp}(\text{AX})} = -\lg c(\text{A}^{2+}) - \lg \frac{K_{a2} \cdot c(\text{HX}^-)}{K_{sp}(\text{AX})}$ 。已知，c(HX<sup>-</sup>) 始终

保持 0.1 mol·L<sup>-1</sup> 不变，则  $\text{pH} = -\lg c(\text{A}^{2+}) + b$  (常数)。同理， $K_{sp}(\text{B}_2\text{X}) = c^2(\text{B}^+) \cdot c(\text{X}^{2-}) = c^2(\text{B}^+) \cdot \frac{K_{a2} \cdot c(\text{HX}^-)}{c(\text{H}^+)}$ ，

$\text{pH} = -\lg \frac{c^2(\text{B}^+) \cdot K_{a2} \cdot c(\text{HX}^-)}{K_{sp}(\text{B}_2\text{X})} = -2\lg c(\text{B}^+) - \lg \frac{K_{a2} \cdot c(\text{HX}^-)}{K_{sp}(\text{B}_2\text{X})} = -2\lg c(\text{B}^+) + q$  (常数)。则 -lgc(B<sup>+</sup>) 对应曲线斜率更

大，依据图像可知，-lgc(B<sup>+</sup>) 对应曲线①，-lgc(A<sup>2+</sup>) 对应曲线②；D 项，利用曲线 a 点数据可计算 K<sub>sp</sub>(B<sub>2</sub>X)：

a 点，pH=12，c(B<sup>+</sup>)=10<sup>-22</sup> mol·L<sup>-1</sup>， $K_{sp}(\text{B}_2\text{X}) = c^2(\text{B}^+) \cdot c(\text{X}^{2-}) = c^2(\text{B}^+) \cdot \frac{K_{a2} \cdot c(\text{HX}^-)}{c(\text{H}^+)} = (10^{-22})^2 \times \frac{10^{-14} \times 0.1}{10^{-12}} = 10^{-47}$ 。

利用曲线 b 点数据可计算 K<sub>sp</sub>(AX)：b 点，pH=8，c(A<sup>2+</sup>)=10<sup>-29</sup> mol·L<sup>-1</sup>，

$K_{sp}(\text{AX}) = c(\text{A}^{2+}) \cdot c(\text{X}^{2-}) = c(\text{A}^{2+}) \cdot \frac{K_{a2} \cdot c(\text{HX}^-)}{c(\text{H}^+)} = 10^{-29} \times \frac{10^{-14} \times 0.1}{10^{-8}} = 10^{-36}$ 。

## 二、非选择题

11. (16 分)

(1) 第六周期 VIB 族 (2 分)

(2)  $4\text{FeWO}_4 + \text{O}_2 + 4\text{Na}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{\text{焙烧}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{CO}_2 + 4\text{Na}_2\text{WO}_4$  (2 分)

(3) ① H<sub>2</sub>AsO<sub>3</sub><sup>-</sup> (1 分) ② H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>AsO<sub>3</sub><sup>-</sup> + OH<sup>-</sup> = HAsO<sub>4</sub><sup>2-</sup> + 2H<sub>2</sub>O (2 分) ③ MgSiO<sub>3</sub> (1 分)

(4) 13 (2 分)

(5) 使 CaWO<sub>4</sub> 转化为 H<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> 或防止钙镁元素进入产品等 (答案合理即可得分，1 分)

(6) NH<sub>3</sub> (2 分)

(7) ① 4 (1 分) ② NaWO<sub>3</sub> (2 分)

【解析】(1) 电子层数=周期序数，可推测 W 位于第 6 周期；族序数：价电子数为 6，对应第 VIB 族。

(2) 根据“焙烧”产生 CO<sub>2</sub> 气体，“水浸”溶液中含 WO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 且分离出 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，可推测反应物还有 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、O<sub>2</sub>，产物为 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> 和 CO<sub>2</sub>，利用得失电子和元素守恒写出方程式。

(3) ① 根据 pH=10 和含三价砷微粒分布系数图可判断；② 除硅砷时，溶液 pH≈10，根据五价砷微粒分布系数图可判断，H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 氧化 H<sub>2</sub>AsO<sub>3</sub><sup>-</sup> 生成 HAsO<sub>4</sub><sup>2-</sup>；③ 由流程可知，Si 的存在形式为 SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>，加入 MgCl<sub>2</sub> 溶液后，形成 MgSiO<sub>3</sub> 沉淀。

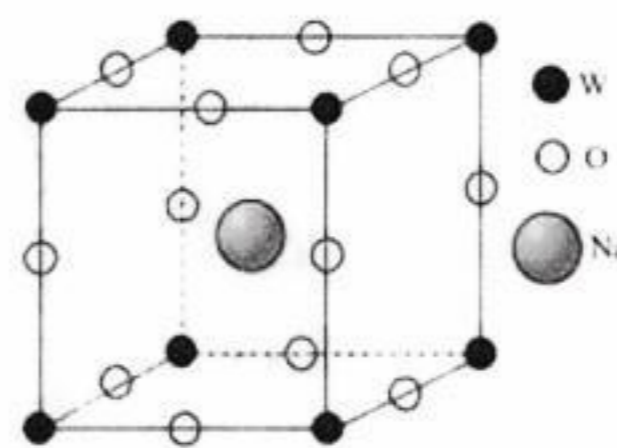
(4) 常温下,  $c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{K_{sp}(\text{CaWO}_4)}{c(\text{WO}_4^{2-})} = \frac{8.8 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-5}} = 5.5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 根据  $K_{sp}[\text{Ca}(\text{OH})_2] = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-)$ ,

$$c(\text{OH}^-) = \sqrt{\frac{K_{sp}[\text{Ca}(\text{OH})_2]}{c(\text{Ca}^{2+})}} = \sqrt{\frac{5.5 \times 10^{-6}}{5.5 \times 10^{-4}}} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ 可得 } \text{pH} = 13.$$

(5) 盐酸将碳酸钙、氢氧化镁等杂质溶解, 将钨酸钙转化为钨酸。

(6) 循环利用的本质是: 流程中产生的物质, 返回到前段步骤重新作为原料使用。 $(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  煅烧生成  $\text{WO}_3$  和  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_3$  可在“溶解”的步骤中循环利用。

(7) 根据题目信息, 可推知该晶体的晶胞结构如图所示:



12. (16分)

(1) 恒压滴液漏斗 (1分) 吸收氨气 (1分)

(2) b (1分) (3)  $2\text{CoCl}_2 + 10\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow[50\sim 60^\circ\text{C}]{\text{活性炭}} 2[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3 + 12\text{H}_2\text{O}$  (2分)

(4) 降低水浴加热的温度 (2分) (5) 趁热过滤 (2分)

(6) 活性炭用量增加, 反应速率增大, 单位时间内生成的产物增加, 产率增大; 当活性炭用量过大, 吸附部分产品, 导致产率减小 (2分)

(7) ① 当滴入最后半滴  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  标准溶液时, 溶液由蓝色变为粉红色 (2分) ② 5.8 (1分)  $\frac{21.4}{a}$  (2分)

【解析】(1) 氨水易挥发且受热易分解产生  $\text{NH}_3$ , 故无水  $\text{CaCl}_2$  的作用是吸收挥发出来的  $\text{NH}_3$ 。

(2) 由题干信息可知, 氧化性  $\text{Co}^{3+} > \text{H}_2\text{O}_2$ , 则  $\text{H}_2\text{O}_2$  无法将  $\text{Co}^{2+}$  氧化为  $\text{Co}^{3+}$ 。因此, 转化路径为  $\text{Co}^{2+}$  先与氨水反应转化为  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ , 还原性增强, 才可被  $\text{H}_2\text{O}_2$  氧化。

(3) 根据制备步骤可知反应物为  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{CoCl}_2$ 、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$ , 生成物为  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 。

(4) 该现象说明温度过高, 应降低加热的温度。

(5) 过滤的目的是除去活性炭。“趁热”的目的是防止溶液温度下降  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  晶体析出。

(6) 活性炭具有吸附性, 过多活性炭会吸附较多的产品, 产率减小。

(7) ①  $\text{I}_2$  遇淀粉溶液显蓝色, 滴定终点,  $\text{I}_2$  恰好消耗完全, 蓝色褪去, 溶液最终呈现  $\text{Co}^{2+}$  的粉红色。

② 根据反应关系:  $2\text{Co}^{3+} \sim \text{I}_2 \sim 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , 得  $n(\text{Co}^{3+}) = n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 10.00 \times 10^{-3} \text{ L} = 1.000 \times 10^{-3} \text{ mol}$ , 所以  $n(\text{Co}^{3+}) : n(\text{NH}_3) = (1.000 \times 10^{-3} \text{ mol}) : (5.8 \times 10^{-3} \text{ mol}) = 1 : 5.8$ 。设  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  的物质的量为  $n_1$ , 杂质

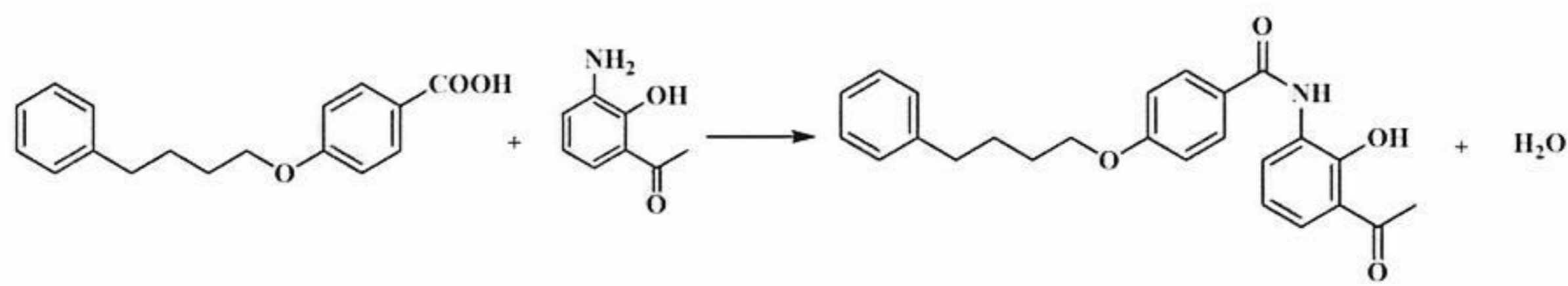
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{H}_2\text{O}]\text{Cl}_3$  和  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$  总的物质的量为  $n_2$ , 根据十字交叉法:  $\begin{matrix} 6 & & 0.8 \\ & 5.8 & \\ 5 & & 0.2 \end{matrix}$ ,  $\frac{n_1}{n_2} = 0.8 : 0.2 = 4 : 1$ ,

结合 Co 元素守恒可知:  $n_1 + n_2 = 1.000 \times 10^{-3} \text{ mol}$ , 解得:  $n_1 = 0.8 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ,  $n_2 = 0.2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ , 则纯度

$$= \frac{0.8 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 267.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{a \text{ g}} \times 100\% = \frac{21.4}{a} \%$$

13 (14分)

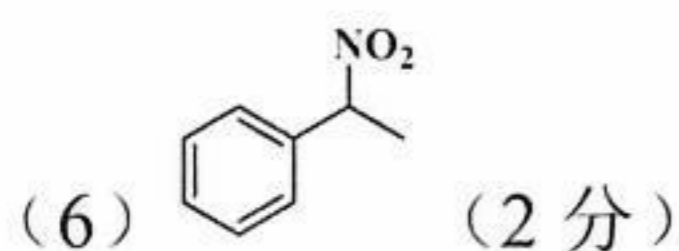
(1) 碳溴键、酯基 (2分) (2)  (2分)



(3) (2分)

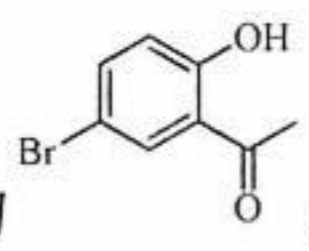
(4) > (1分)  $\text{N}_1$ 、 $\text{N}_2$  原子均为  $\text{sp}^2$  杂化,  $\text{N}_1$  无孤电子对,  $\text{N}_2$  有一对孤电子对, 孤电子对与成键电子对之间的排斥力大于成键电子对与成键电子对之间的排斥力, 键角减小, 故  $\angle 1$  大于  $\angle 2$  (2分)

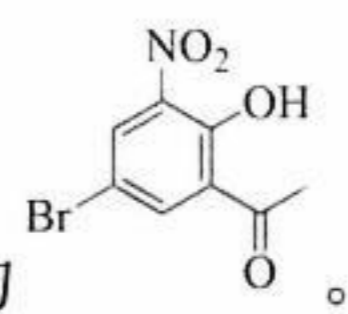
(5) 消去反应 (1分)

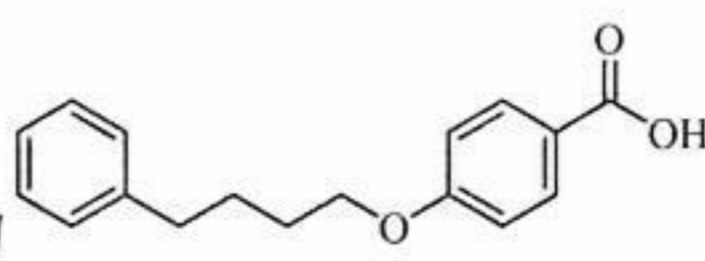


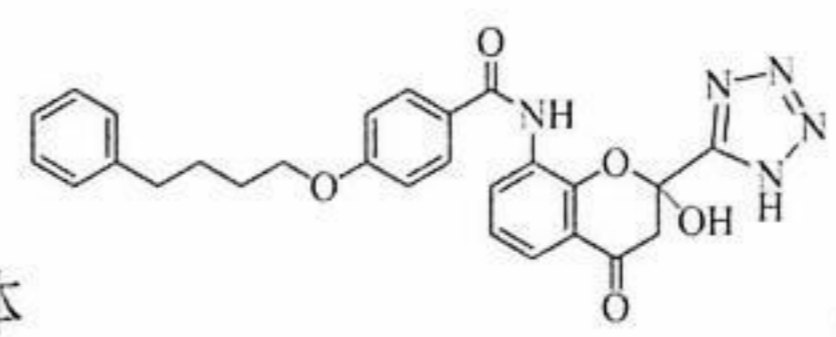
(7) 苯酚对位没有取代基, 发生 B→C 反应时, 会生成对位被取代的副产物 (2分)

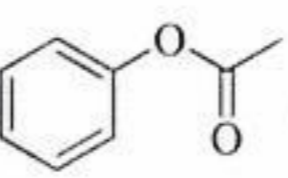
【解析】(2) 根据已知信息, B→C 过程, 乙酰基会取代苯酚的邻位或者对位上的 H, 通过 E 的结构简式

可知乙酰基在 -OH 的邻位, 确定 C 的结构简式为 , 对比 C、D 的分子式及反应条件可知 C→D 发

生硝化反应, 根据 E 的结构简式推出一 NO<sub>2</sub> 在 -OH 的邻位, 得出 D 为 .

(3) 对比 E、G 的结构简式可知, F 的结构简式为 , 与 E 发生取代反应脱去 1 分子水, 形成酰胺基。

(5) I→M, 羟基与羰基先发生分子内加成反应得到中间体 , 羟基再发生消去反应形成碳碳双键。

(7) 根据流程可知, 苯酚与 (CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O 反应生成 , 发生 B→C 反应时, 乙酰基会取代苯酚的邻位或者对位, 流程中需要合成邻位取代产物, 若苯酚对位没有取代基, 会生成对位被取代的副产物。

14. (14分)

(1) -134.2 (2分) (2) L<sub>2</sub> (1分) (3) ① b (2分) ② 1 (2分)

(4) ① 碱性 (1分) Co (1分) ② Fe<sub>5</sub>C<sub>2</sub> (1分)

③  $\frac{n(\text{Fe})}{n(\text{Co})}$  过高时, 不利于 Fe<sub>5</sub>C<sub>2</sub>、Co<sub>2</sub>C 生成, 无法提供足够的活性位点 (2分)

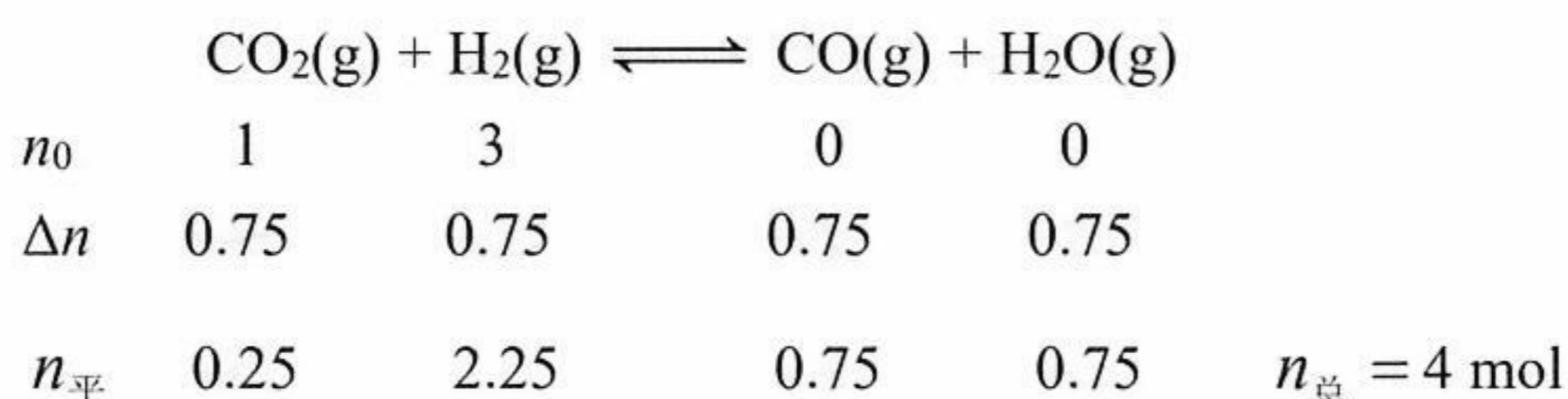
④  $2\text{CO}_2 + 12\text{H}^+ + 12\text{e}^- = \text{C}_2\text{H}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$  (2分)

【解析】(1) 根据盖斯定律, 由 2×I+III 得,  $\Delta H_4 = 2\Delta H_1 + \Delta H_3 = -134.2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

(2) 根据  $\ln K = -\frac{\Delta H}{RT} + C$ ,  $\Delta H$  越小,  $-\Delta H$  越大, 直线斜率越大; 已知  $\Delta H_2 < \Delta H_4 < \Delta H_1$ , 斜率  $L_1 > L_2 > L_3$ , 因此表示反应 IV 的直线为 L<sub>2</sub>。

(3) ① 根据图像中 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> 和 C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> 的含量最大时进行判断。

② 设  $n(\text{CO}_2) = 1 \text{ mol}$ ,  $n(\text{H}_2) = 3 \text{ mol}$  由图可知, 1083 K 时, 只发生反应 I, 二氧化碳的转化率为 75%, 列出三段式 (单位为 mol):



当达到平衡时, 由  $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$  可得,  $\frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}} = \frac{p(\text{CO}) \cdot p(\text{H}_2\text{O})}{p(\text{CO}_2) \cdot p(\text{H}_2)} = \frac{(p_{\text{总}} \times \frac{0.75}{4}) \times (p_{\text{总}} \times \frac{0.75}{4})}{(p_{\text{总}} \times \frac{2.25}{4}) \times (p_{\text{总}} \times \frac{0.25}{4})} = \frac{(1 \times \frac{0.75}{4}) \times (1 \times \frac{0.75}{4})}{(1 \times \frac{2.25}{4}) \times (1 \times \frac{0.25}{4})} = 1$ 。

(4) ① 根据题中信息 CO<sub>2</sub> 是酸性气体, 易与碱性位点结合; Co 的引入增强了 CO<sub>2</sub> 的吸附, 说明碱性位点增加。Co 的电负性更大, 对电子云吸引能力更强; ② 对比 XRD 谱图, Fe-Co/MC 催化反应后增加铁基 Fe<sub>5</sub>C<sub>2</sub> 的特征衍射峰, 说明 Co 的引入生成了 Fe<sub>5</sub>C<sub>2</sub> 活性位点。