

# 南平市 2026 届高三年级第二次适应性练习卷

## 化学

本试卷共 8 页。考试时间 75 分钟。满分 100 分

注意事项：

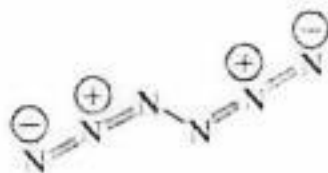
1. 答题前，考生务必在试题卷、答题卡规定的地方填写自己的准考证号、姓名。考生要认真核对答题卡上粘贴的条形码的“准考证号、姓名”与考生本人准考证号、姓名是否一致。
2. 回答选择题时，选出每小题答案后，用 2B 铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其它答案标号。回答非选择题时，将答案写在答题卡上。写在本试卷上无效。
3. 考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

可能用到的相对原子质量：H 1 Li 7 C 12 N 14 O 16 S 32 Fe 56 Zn 65

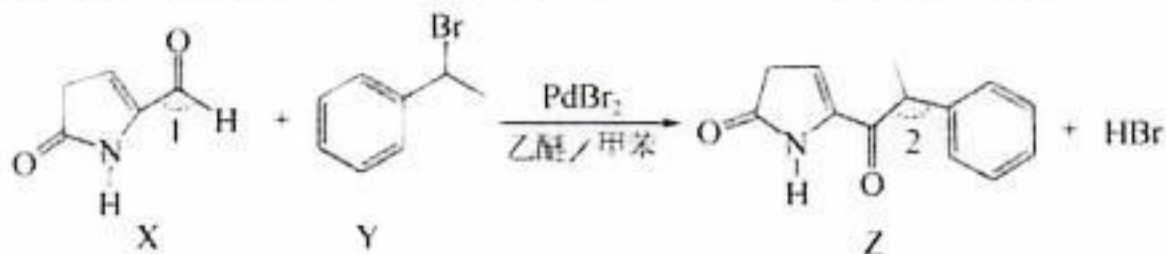
一、选择题：本题共 10 小题，每小题 4 分，共 40 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是最符合题目要求的。

1. 高能量密度“六氮分子”(N<sub>6</sub>)结构如图所示，须在极低温下储存。下列说法正确的是

- A. 与氮气互为同系物
- B. 属于无机高分子材料
- C. 每个氮原子均含孤电子对
- D. 常温下可作高能炸药



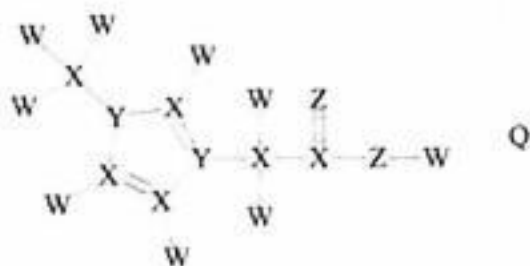
2. 利用钯催化不对称偶联的一种芳基化反应原理如下。下列说法正确的是



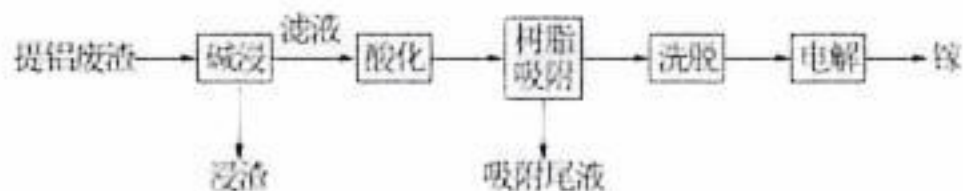
- A. 键角： $\angle 1 > \angle 2$
- B. X、Z 所含官能团相同
- C. Y 所含碳原子一定共平面
- D. Y、Z 可用酸性高锰酸钾溶液鉴别

3. 某离子液体由原子序数依次增大的 W、X、Y、Z、Q 五种短周期元素组成，其中 X、Y、Z 同周期，结构如图所示。下列说法正确的是

- A. 第一电离能： $Y > Z > X$
- B. 最简单氢化物的沸点： $Z < X$
- C. Y<sub>2</sub>Z 为直线形的非极性分子
- D. 氧化物对应水化物酸性： $Y < Q$



4. 以粉煤灰提铝废渣[主要含  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Ga}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ]为原料回收镓的工艺流程如图

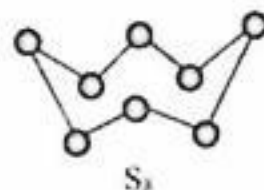


已知：树脂为多氨基纤维，可与  $\text{Ga}(\text{III})$  形成配位键

下列说法正确的是

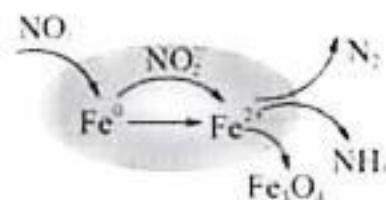
- A. “碱浸”时发生  $\text{Ga}^3+ + 4\text{OH}^- = [\text{Ga}(\text{OH})_4]^-$
- B. “浸渣”在蒸发皿中煅烧得到  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- C. “酸化”时酸性过强会降低树脂对  $\text{Ga}(\text{III})$  的吸附
- D. “电解”时在阳极得到镓
5. 将  $\text{NO}$  和  $\text{CS}_2$  混合点燃时发出“狗吠”声，被称作“犬吠反应”，反应原理为  $32\text{NO} + 8\text{CS}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 16\text{N}_2 + 8\text{CO}_2 + 8\text{SO}_2 + 8\text{S}_8$ 。下列说法错误的是

- A. 生成  $0.1 \text{ mol CO}_2$  转移电子数目为  $0.8N_A$
- B. 标准状况下  $1.12 \text{ L N}_2$  中  $\pi$  键数目为  $0.1N_A$
- C.  $12.8 \text{ g S}_8$  (结构如图所示) 中  $\sigma$  键数目为  $0.4N_A$
- D. 消耗  $3.2 \text{ mol NO}$ ，产物中以  $\text{sp}^2$  杂化的中心原子数目为  $1.6N_A$

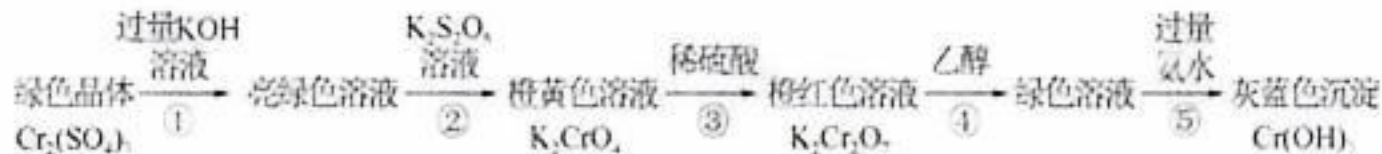


6. 石墨载体纳米铁去除水体中硝态氮( $\text{NO}_3^-$ )的过程如图所示。通过改性(掺杂  $\text{Cu}/\text{Pd}$ )提高生成  $\text{N}_2$  选择性。下列说法错误的是

- A. 水体中  $\text{CO}_3^{2-}$  会降低硝态氮去除速率
- B. 水体溶解氧增多会减少纳米铁的用量
- C. 改性后水体中总氮去除率升高
- D. 石墨载体和掺杂的  $\text{Cu}/\text{Pd}$  对该反应所起作用不完全相同



7. 探究  $\text{Cr}(\text{III})$ 、 $\text{Cr}(\text{VI})$  的性质，实验流程及现象如下



已知： $\text{Cr}(\text{III})$  与  $\text{Al}(\text{III})$  性质相似。

下列说法错误的是

- A. 亮绿色溶液含  $[\text{Cr}(\text{OH})_4]^-$
- B. 氧化性： $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} > \text{CrO}_4^{2-}$
- C. 与  $\text{Cr}(\text{III})$  的配位能力： $\text{NH}_3 > \text{OH}^-$
- D. 酸性条件下稳定性： $\text{CrO}_4^{2-} < \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

8. 一种全固态电池采用超高镍层状氧化物  $\text{Li}_{1-x}\text{Ni}_{0.9}\text{Co}_{0.05}\text{Mn}_{0.05}\text{O}_2$  (NCM90)和锂-铜(Li-In)合金为电极材料,  $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$  为固态电解质。下列说法正确的是

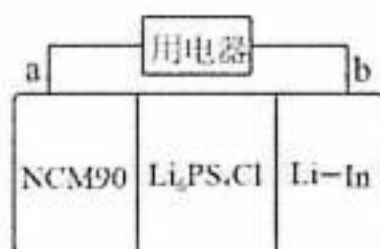
A. 电池工作时通过固态电解质传导电子

B. 放电时 a 电极反应式为



C. 充电时当电路中转移  $1 \text{ mol } e^-$ , b 电极质量减少  $7 \text{ g}$

D. 液态电池的使用温度范围大于全固态电池



9. 探究不同条件下  $\text{FeCl}_3$  溶液和  $\text{Zn}$  粉反应的实验步骤如下:



下列说法错误的是

A. 试剂 X 可选用  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

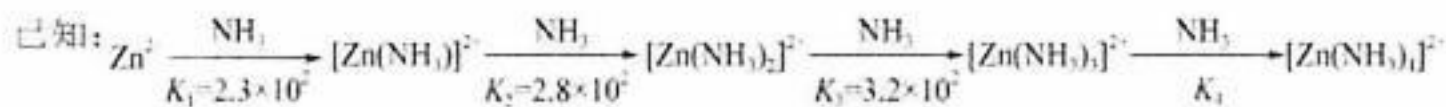
B. 红褐色沉淀包裹在  $\text{Zn}$  表面阻碍反应进行

C. 活化能:  $\text{Fe}^{3+}$  的水解反应  $>$   $\text{Fe}^{3+}$  的还原反应

D. 滴入  $\text{KSCN}$  溶液待红色褪去, 此时有气泡生成

10. 将  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ ZnSO}_4$  溶液与氨水等体积混合, 平衡体系中含锌各微粒  $\{\text{Zn}^{2+}$ ,

$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_n]^{2+} (n = 1-4)\}$  占含锌总微粒的物质的量分数  $X_n$  和  $-\lg c(\text{NH}_3)$  的关系如图所示。

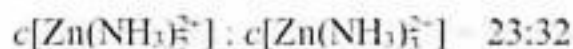


下列说法错误的是

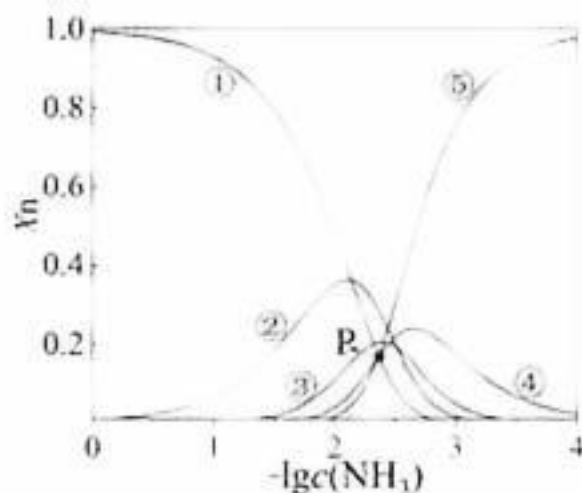
A. 曲线②是  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+}$

B.  $K_4 > K_3$

C. 图中 P 点溶液中,

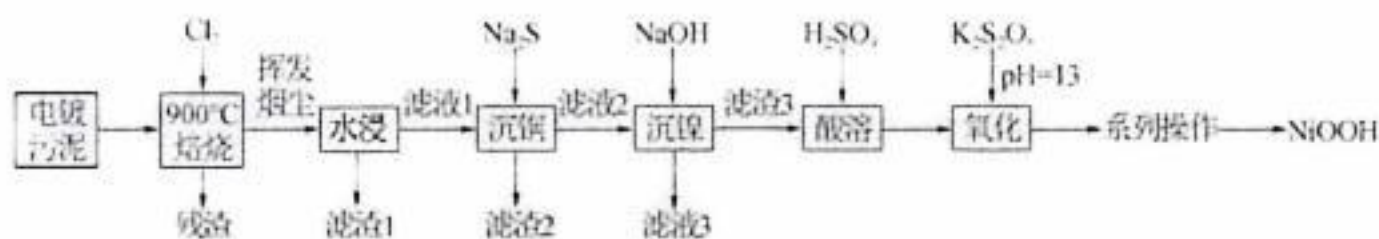


D. 溶液始终存在



## 二、非选择题：本题共 4 小题，共 60 分。

11. (13 分) 羟基氧化镍 (NiOOH) 为难溶于水的固体。利用电镀污泥 (主要含 CuO、NiO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等) 生产羟基氧化镍的工艺流程如图所示。



已知：①  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ ;

② 25°C,  $K_{a1}(\text{H}_2\text{S}) = 1.0 \times 10^{-7}$ ,  $K_{a2}(\text{H}_2\text{S}) = 1.0 \times 10^{-13}$ ;

$K_{sp}(\text{CuS}) = 6.3 \times 10^{-36}$ ,  $K_{sp}(\text{NiS}) = 1.0 \times 10^{-21}$ ;

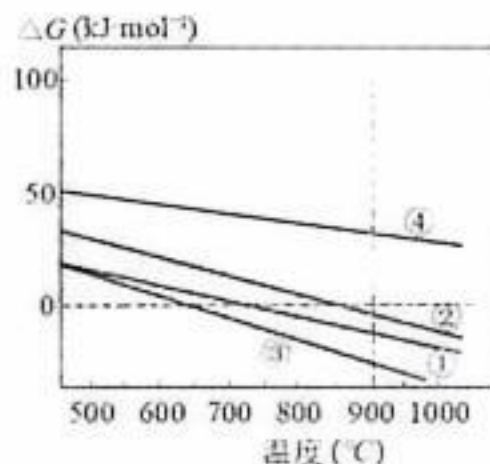
③ 当离子浓度  $c \leq 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$  时，认为该离子沉淀完全。

回答下列问题：

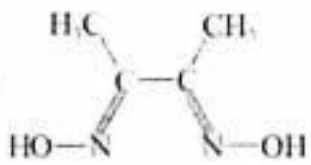
(1) 据图判断“900°C 焙烧”的残渣主要有\_\_\_\_\_

(填标号)

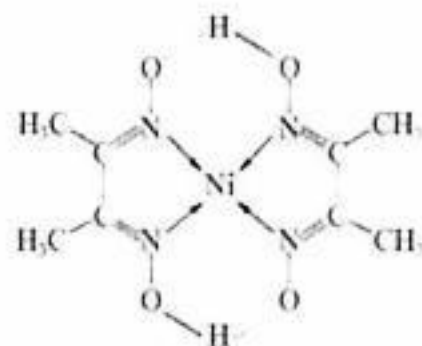
a. CuO    b. NiO    c. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>    d. Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



(2) “沉铜”时，溶液中  $\text{Cu}^{2+}$  和  $\text{Ni}^{2+}$  的起始浓度均为  $0.01 \text{ mol L}^{-1}$ ，加入  $\text{Na}_2\text{S}(\text{s})$ ，并调节溶液  $\text{pH} = 2$ ， $\text{Cu}^{2+}$  恰好完全除去时，溶液中  $c(\text{HS}^-) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mol L}^{-1}$

(3) 用丁二酮肟 (  ) 检验少量  $\text{Ni}^{2+}$ 。

若“滤液 3”中有  $\text{Ni}^{2+}$  会生成结构稳定的鲜红色螯合物 (结构如图所示)



① 鲜红色螯合物存在的作用力有\_\_\_\_\_ (填标号)

a. 氢键    b. 离子键    c. 配位键    d. 金属键

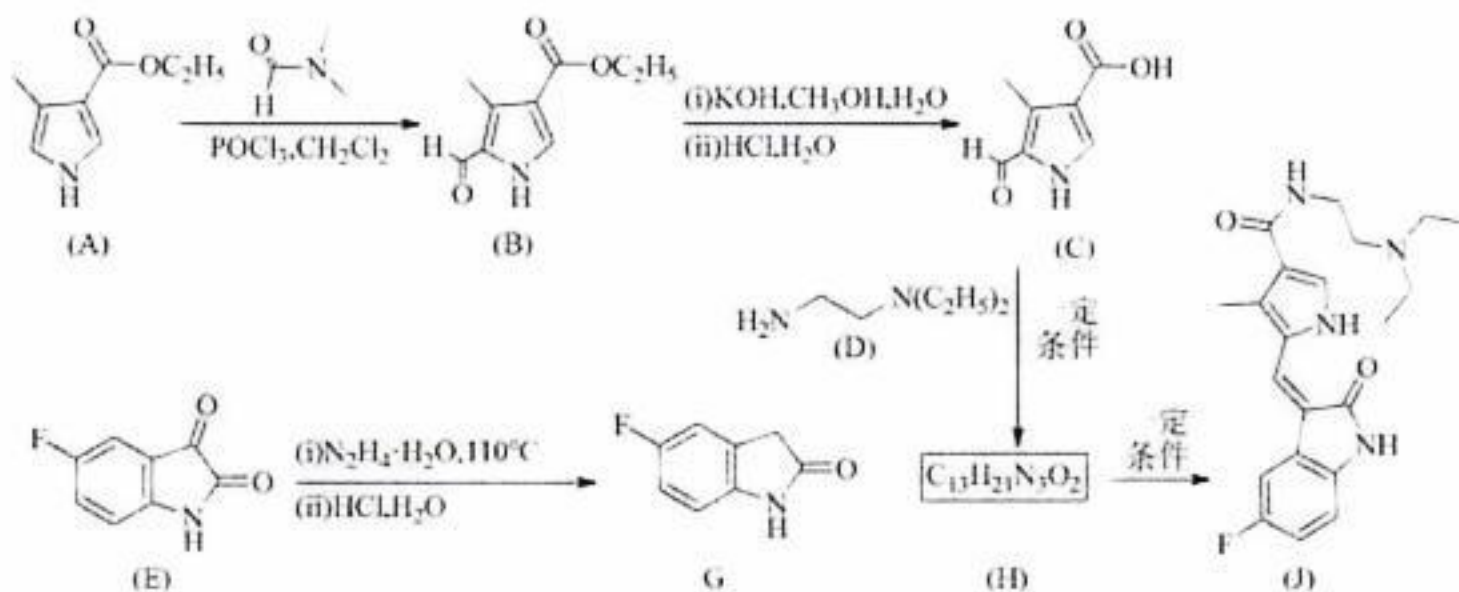
② 丁二酮肟分子中 N 比 O 更易与  $\text{Ni}^{2+}$  形成配位键的原因为\_\_\_\_\_

(4) “酸溶”时，不宜用盐酸的原因为\_\_\_\_\_

(5) “氧化”时，反应的离子方程式为\_\_\_\_\_

(6) “系列操作”为\_\_\_\_\_、洗涤、低温干燥

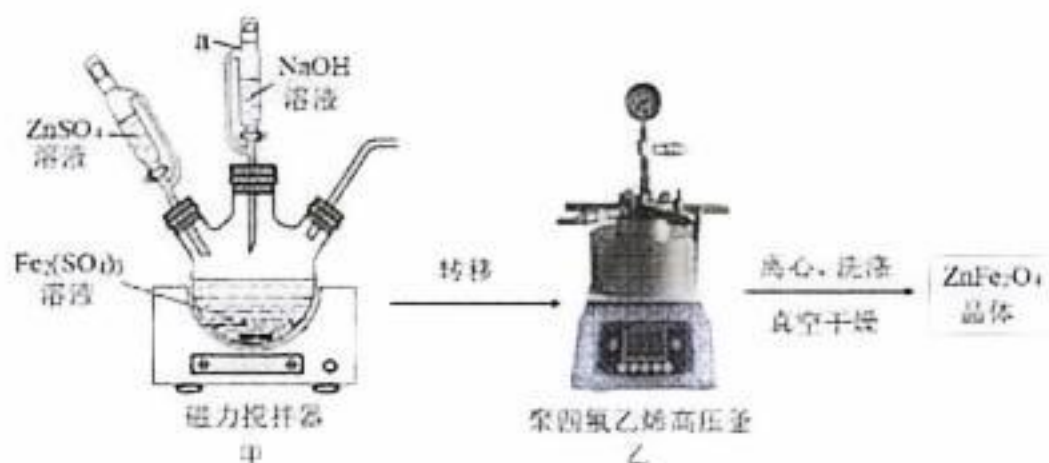
12. (13分) 舒尼替尼自由碱 J 是一种抗肿瘤药物的活性成分, 其合成路线如下:



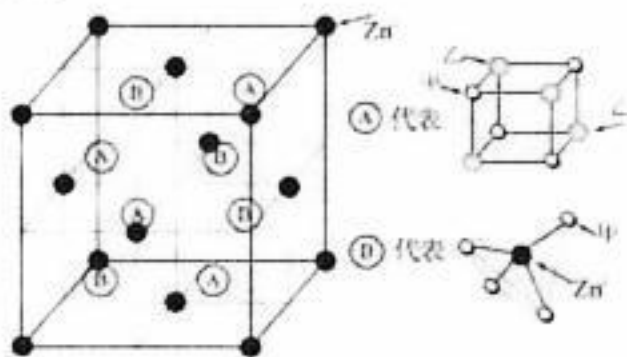
回答下列问题:

- (1) B 的含氧官能团名称为\_\_\_\_\_
- (2) A → B 除生成 B 外, 另一有机产物的结构简式为\_\_\_\_\_
- (3) B → C 的第(i)步在 KOH 水溶液中加入甲醇的目的为\_\_\_\_\_
- (4) N 原子结合质子能力: E \_\_\_\_\_ D. (填 “>” 或 “<”)
- (5) E → G 的反应类型为\_\_\_\_\_
- (6) G 的同分异构体中, 同时满足下列条件的结构简式为\_\_\_\_\_ (忽略立体异构, 写出一种)
  - ①含有苯环
  - ②官能团与 G 的相同
  - ③有手性碳
- (7) C + D → H 的化学方程式为\_\_\_\_\_

13. (18分) 纳米复合氧化物  $ZnFe_2O_4$  是一种气敏性材料, 利用氢氧化钠水热法制备纳米  $ZnFe_2O_4$  的实验如图所示. 回答下列问题:



- (1) 仪器 a 的名称为\_\_\_\_\_
- (2) 甲装置中先逐滴加入  $ZnSO_4$  溶液，再加入过量  $NaOH$  溶液，生成红褐色沉淀和  $Na_2[Zn(OH)_4]$ 。再将混合物全部转移至乙装置中，保持  $150^\circ C$  反应 6h，生成  $ZnFe_2O_4$  的化学方程式为\_\_\_\_\_
- (3) 下列操作或说法正确的是\_\_\_\_\_ (填标号)
- 磁力搅拌器通过搅拌子旋转导致颗粒团聚，降低固液混合程度
  - 乙装置所用聚四氟乙烯材料化学稳定性高，耐腐蚀性强
  - “洗涤”时利用无水乙醇的挥发性尽快除去物质表面的水
  - “真空干燥”时容器内压强减小使水的沸点升高，更有利于干燥
- (4) 测  $ZnFe_2O_4$  纯度：称取 5.000 g 样品，用一定浓度硫酸溶解后配成 1 L 溶液，取 100.00 mL 溶液滴加  $SnCl_2$  溶液，充分反应后，除去过量的  $Sn^{2+}$ ，用  $0.0500\ mol\cdot L^{-1}$  酸性  $KMnO_4$  溶液滴定至终点，平均消耗  $KMnO_4$  溶液 12.00 mL。 (已知： $2Fe^{3+} + Sn^{2+} = 2Fe^{2+} + Sn^{4+}$ ， $5Fe^{2+} + 8H^+ + MnO_4^- = 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$ )
- ① 滴定终点的判断方法为\_\_\_\_\_
  - ②  $ZnFe_2O_4$  的纯度为\_\_\_\_\_ 若未完全除去过量的  $Sn^{2+}$ ，测得  $ZnFe_2O_4$  的纯度\_\_\_\_\_ (填“偏高”“偏低”或“无影响”)
- (5)  $ZnFe_2O_4$  晶胞结构如图所示



- ①  $\text{A}$   $\text{B}$  分布在晶胞内部八个小格中，表示  $O^{2-}$  的是\_\_\_\_\_ (填“甲”或“乙”)，判断的依据为\_\_\_\_\_
- ② 晶胞中甲形成的空隙类型有\_\_\_\_\_ (填标号)
  - 正四面体
  - 立方体
  - 三角形
  - 正八面体
- ③ 铁酸锌纳米缺陷材料( $ZnFe_2O_4$ )<sub>x</sub> 制得的传感器可检测空气中痕量的甲醛。  
 $ZnFe_2O_4$  中  $Fe^{2+}$  与  $Fe^{3+}$  的物质的量比为\_\_\_\_\_ 在紫外光的作用下，吸附在传感器表面的  $O_2$  会转化为  $O_3$ ，与甲醛反应过程中，传感器电流将\_\_\_\_\_ (填“变大”“变小”或“不变”)

14. (16分) 碳酸丙烯酯(PC)是锂离子电池的常用溶剂。CO<sub>2</sub>与环氧丙烷(PO)制备PC的过程中存在如下反应:

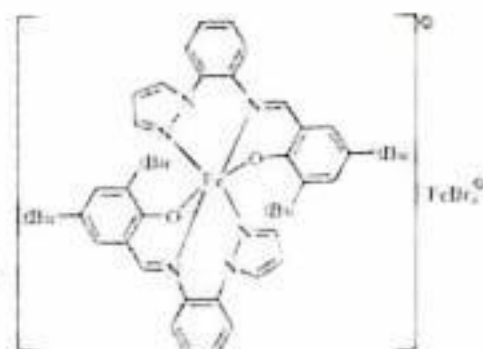
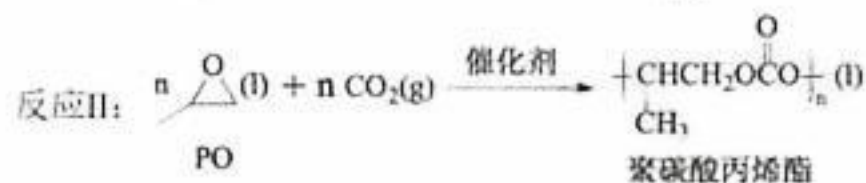
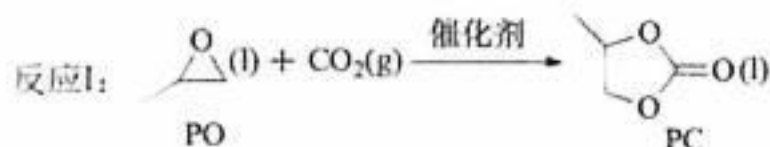


图1 (tBu代表一种烷基)

已知: 一定温度下, 元素的最稳定单质生成 1 mol 纯物质的反应焓变称为该物质的摩尔生成焓, 元素的最稳定单质的摩尔生成焓为 0。一些物质的摩尔生成焓数据如下表:

| 物质                            | CO <sub>2</sub> (g) | PO(l)  | PC(l)  |
|-------------------------------|---------------------|--------|--------|
| 摩尔生成焓/(kJ·mol <sup>-1</sup> ) | -393.5              | -122.6 | -613.2 |

(1) 反应 I 的  $\Delta H =$  \_\_\_\_\_ kJ·mol<sup>-1</sup>

(2) 在催化剂  $[(a-\text{Fe})^+\text{FeBr}_4^-]$  (结构如图 1) 的作用下, CO<sub>2</sub> 与 PO 反应生成 PC 的机理如图 2 所示:

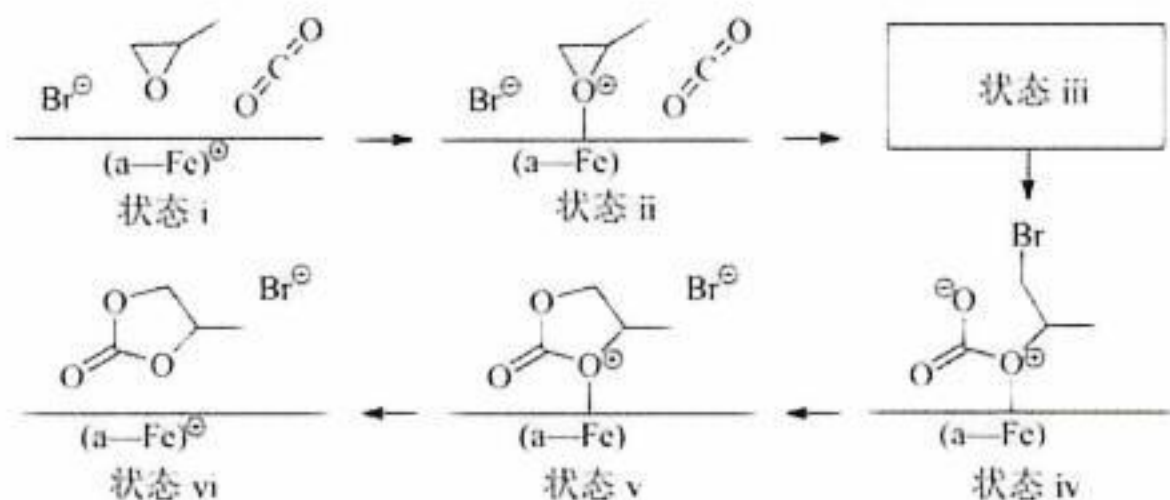
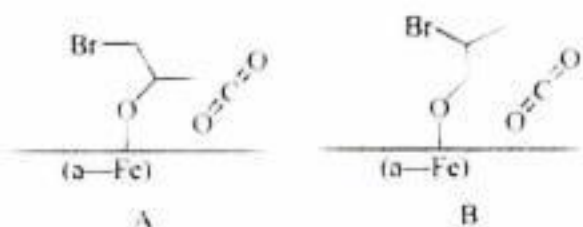




图2

①图 1 阳离子中 Fe 元素的化合价为 \_\_\_\_\_

②表示状态 iii 的为 \_\_\_\_\_ (填标号)

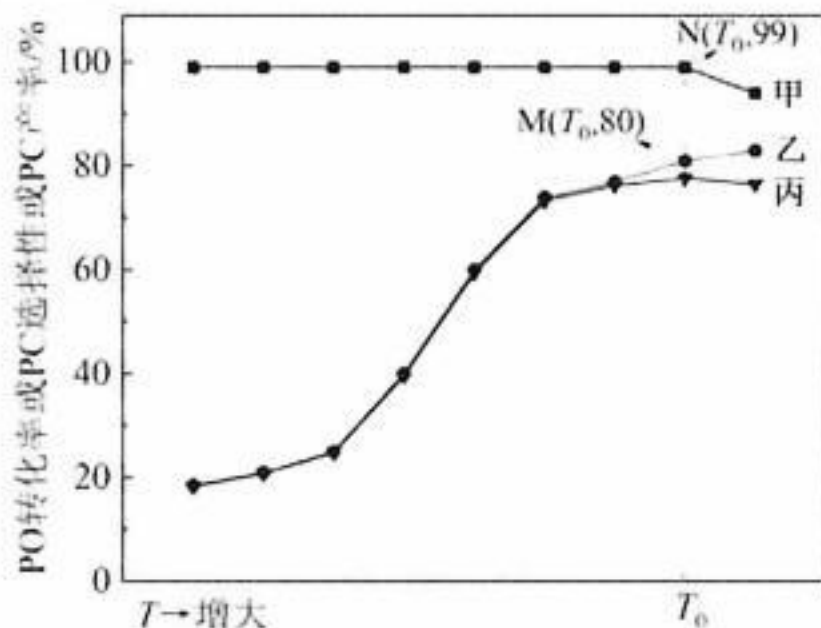


③  与 CO<sub>2</sub> 反应的机理同 PO 相似,  与 CO<sub>2</sub> 反应的主要产物的结构简式为 \_\_\_\_\_

(3) 某温度下，向刚性密闭容器中加入等物质的量的  $\text{CO}_2$  和  $\text{PO}$ ，下列能说明反应 I 达到平衡状态的是\_\_\_\_\_ (填标号)

- A. 容器内压强不再变化                      B. 聚碳酸丙烯酯的物质的量不再变化  
 C.  $\frac{n(\text{PO})}{n(\text{CO}_2)}$  不变                              D.  $v_{\text{正}}(\text{PO}) = v_{\text{逆}}(\text{PC})$

(4) 向密闭容器中加入 0.1 mol  $\text{PO}$ ，保持  $\text{CO}_2$  压强恒为 2 MPa，反应相同时间，反应温度对  $\text{PO}$  转化率、 $\text{PC}$  选择性、 $\text{PC}$  产率的影响如图所示



已知： $\text{PC 选择性} = \frac{\text{转化为PC的PO的物质的量}}{\text{转化的PO的总物质的量}} \times 100\%$

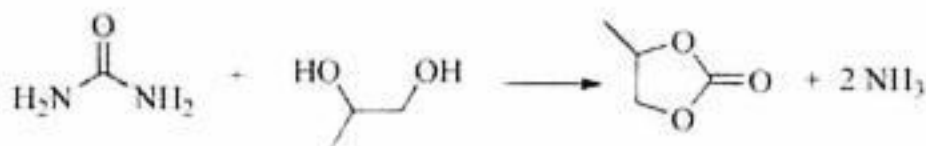
①表示  $\text{PO}$  转化率的曲线为\_\_\_\_\_ (填“甲”“乙”或“丙”)

② $T_0$  之前，曲线乙和曲线丙几乎完全重叠在一起的原因为\_\_\_\_\_

③已知  $T_0$  时体系达平衡，该温度下反应 I 的平衡常数  $K =$  \_\_\_\_\_

(列出计算式， $K = \frac{x(\text{PC})}{x(\text{PO}) \cdot \frac{p(\text{CO}_2)}{0.1\text{MPa}}}$ ， $x$  为物质的量分数)

(5) 制备碳酸丙烯酯还有一种尿素法，其原理为



与尿素法相比，从绿色化学的角度分析  $\text{CO}_2$  与  $\text{PO}$  合成法的优势为\_\_\_\_\_ (写点即可)

# 南平市 2026 届高三年级第二次适应性练习卷

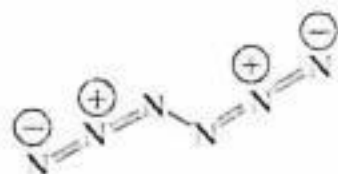
## 化学命题意图及详解

可能用到的相对原子质量：H 1 Li 7 C 12 N 14 O 16 S 32 Fe 56 Zn 65

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，只有一项是最符合题目要求的。

1. 高能量密度“六氮分子”(N<sub>6</sub>)结构如图所示，须在极低温下储存。下列说法正确的是

- A. 与氮气互为同系物
- B. 属于无机高分子材料
- C. 每个氮原子均含孤电子对
- D. 常温下可作高能炸药

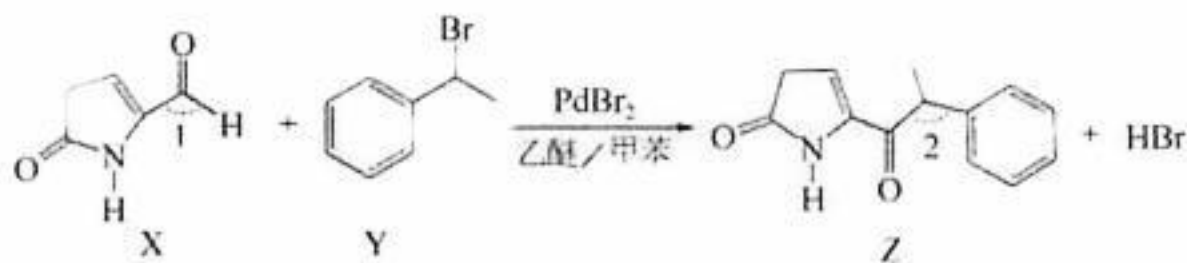


**【命题意图】**本题以被评为2025年度分子的高能量密度“六氮分子”(N<sub>6</sub>)中性氮的前沿研究成果为情境，考查其同素异形体、材料科学、孤电子对以及断键能量等核心知识。六氮分子在室温下通过气相反应，利用叠氮化银合成了该分子，并在超低温条件下将其捕获。由于断开中心键所需的能量极高，该分子不会立即分解为N<sub>2</sub>和N<sub>3</sub>，温度升高时很不稳定，可作高能炸药。试题以我国科技发展的最新成果与化学基础知识有机结合，既体现了化学学科对科技发展的促进作用，又引导学生关注国家科技进步，增强民族自信心。

**【解析】**“六氮分子”(N<sub>6</sub>)与氮气互为同素异形体，不是同系物，A项错误；可作为高能量储能的无机材料，非高分子材料，B项错误；由于中间两个带正电的N无孤电子对，C项错误；N<sub>6</sub>为高能量密度，须在极低温下储存说明极低温时稳定，常温下可作高能炸药，D项正确。

**【答案】**D

2. 利用钯催化不对称偶联的一种芳基化反应原理如下。下列说法正确的是



- A. 键角：∠1 > ∠2
- B. X、Z 所含官能团相同
- C. Y 所含碳原子一定共平面
- D. Y、Z 可用酸性高锰酸钾溶液鉴别

**【命题意图】**本题以钯催化不对称偶联的一种芳基化反应为载体，综合考查有机物的键角大小、官能团性质、碳原子共面、鉴别方法等核心知识。试题通过合成路线中 X、Y、Z 三种物质的结构对比，考查学生对有机物键角大小比较（涉及平面三角、四面体结构键角变化）、有机物官能团的简单辨识、碳原子共面问题的理解、有机物鉴别方法的选择判断。提高考生在真实合成情境中综合运用有机化学知识分析问题的能力。

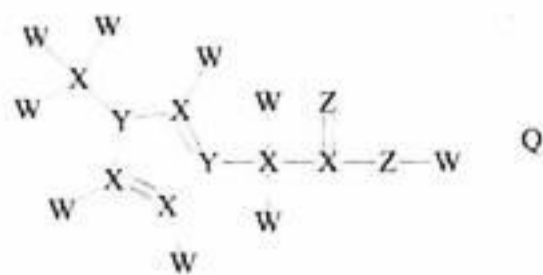
【解析】X中 $\angle 1$ 碳原子为 $sp^2$ 杂化键角为 $120^\circ$ ，Z中 $\angle 2$ 碳原子为 $sp^3$ 杂化键角约为 $109.5^\circ$ 。

A项正确：X中含酰胺基和醛基，Z中含碳碳双键、酰胺基和羧基，B项错误：Y的结构中苯环外侧的碳原子有可能不共平面，C项错误：Y中与苯环直接相连的碳原子上有氢原子，Z含碳碳双键及与苯环直接相连的碳原子上也有氢原子，都能使酸性高锰酸钾溶液褪色，D项错误。

【答案】A

3. 某离子液体由原子序数依次增大的W、X、Y、Z、Q五种短周期元素组成，其中X、Y、Z同周期，结构如图所示。下列说法正确的是

- A. 第一电离能： $Y > Z > X$   
 B. 最简单氢化物的沸点： $Z < X$   
 C.  $Y_2Z$ 为直线形的非极性分子  
 D. 氧化物对应水化物酸性： $Y < Q$

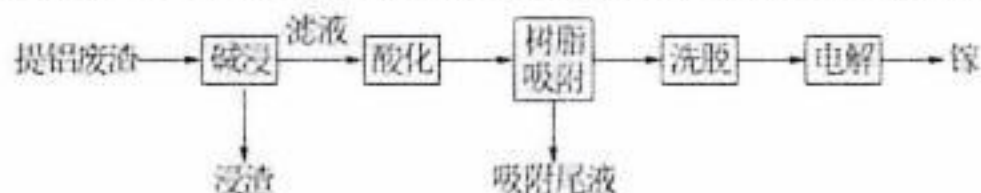


【命题意图】本题以“离子液体”为载体，结合有机阳离子结构推断元素，考查学生从陌生情境中提取化学信息的能力。核心考点包含短周期元素、第一电离能比较、最简单氢化物沸点比较、等电子体原理分析分子空间构型、判断分子的极性、元素非金属性强弱与含氧酸酸性强弱的关系等知识点。引导教学从“死记硬背性质”转向“理解结构决定性质的本质”。如电离能的反常源于电子排布稳定性、分子极性由键的极性与分子对称性共同决定；强调化学概念的严谨性，如“氧化物对应水化物”未限定最高价时，无法直接比较酸性；体现化学与材料科学的联系，离子液体是新型绿色溶剂，命题情境贴近学科前沿，激发学生对应用化学的兴趣。

【解析】根据题干条件以及离子液体结构图中各元素的成键特征可推出：W、X、Y、Z、Q五种元素分别为H、C、N、O、Cl。第二周期C、N、O的第一电离能顺序： $N > O > C$ ，选项A的顺序与实际一致，A项正确。Z、X元素最简单氢化物分别为： $H_2O$ 、 $CH_4$ ，水存在分子间氢键，实际沸点顺序： $H_2O > CH_4$ ，即 $Z > X$ ，B项错误。根据等电子体原理： $N_2O$ 是 $CO_2$ 的等电子体，空间结构与 $CO_2$ 相同，为直线形，其结构式为 $N=N=O$ ，故正负电荷中心不重合，分子结构不对称，为极性分子，C项错误。该选项未限定“最高价”，表述不严谨，D项错误。

【答案】A

4. 以粉煤灰提铝废渣[主要含 $Fe(OH)_3$ 、 $Ga(OH)_3$ 、 $Al(OH)_3$ ]为原料回收镓的工艺流程如图。



已知：树脂为多氨基纤维，可与 $Ga(III)$ 形成配位键。

下列说法正确的是

- A. “碱浸”时发生  $Ga^{3+} + 4OH^- \rightarrow [Ga(OH)_4]$

- B. “浸渣”在蒸发皿中煅烧得到  $\text{Fe}_2\text{O}_3$   
 C. “酸化”时酸性过强会降低树脂对  $\text{Ga(III)}$  的吸附  
 D. “电解”时在阳极得到镓

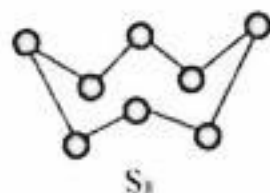
**【命题意图】**本题以粉煤灰提铝废渣回收镓的真实工业生产为情境，检验学生对元素化合物、实验仪器规范使用、配位化学、电化学等核心知识的综合应用能力。通过提取“多氨基纤维与  $\text{Ga(III)}$  形成配位键”等关键信息，考查学生信息加工与逻辑推理能力，同时借由工业流程中物质转化分析，强化学生的物质转化认知与实验操作规范意识，引导学生从“知识点记忆”转向“真实情境下的问题解决”，体现化学学科在工业生产与资源利用中的应用价值。

**【解析】**选项 A,  $\text{Ga(OH)}_3$  和  $\text{Al(OH)}_3$  相似，难溶于水，不能拆，“碱浸”时正确的离子方程式应为： $\text{Ga(OH)}_3 + \text{OH}^- = [\text{Ga(OH)}_4]^-$ ，因此 A 错误；“浸渣”主要成分为  $\text{Fe(OH)}_3$ ，煅烧应在坩埚中进行，蒸发皿用于蒸发浓缩溶液，不能用于高温煅烧固体，仪器选择错误，因此 B 错误；树脂为多氨基纤维，氨基 ( $-\text{NH}_2$ ) 可与  $\text{Ga(III)}$  形成配位键。若“酸化”时酸性增强， $\text{H}^+$  会与氨基结合生成  $-\text{NH}_3^+$ ，使氨基的配位能力下降，从而降低树脂对  $\text{Ga(III)}$  的吸附，因此 C 选项正确；“电解”的目的是将  $\text{Ga(III)}$  还原为金属镓 ( $\text{Ga}$ )，还原反应发生在阴极，阳极发生氧化反应，无法得到金属镓，因此 D 选项错误。

**【答案】** C

5. 将  $\text{NO}$  和  $\text{CS}_2$  混合点燃时发出“狗吠”声，被称作“犬吠反应”，反应原理为  $32\text{NO} + 8\text{CS}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 16\text{N}_2 + 8\text{CO}_2 + 8\text{SO}_2 + \text{S}_8$ 。下列说法错误的是

- A. 生成  $0.1 \text{ mol CO}_2$  转移电子数目为  $0.8N_A$   
 B. 标准状况下  $1.12 \text{ L N}_2$  中  $\pi$  键数目为  $0.1N_A$   
 C.  $12.8 \text{ g S}_8$  (结构如图所示) 中  $\sigma$  键数目为  $0.4N_A$   
 D. 消耗  $3.2 \text{ mol NO}$ ，产物中以  $\text{sp}^2$  杂化的中心原子数目为  $1.6N_A$



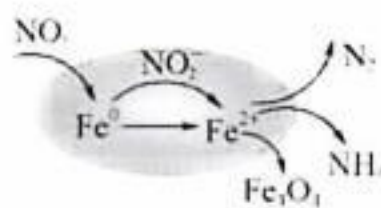
**【命题意图】**本题以  $\text{NO}$  和  $\text{CS}_2$  混合点燃的“犬吠反应”为背景，旨在考查学生对物质结构与性质以及物质的量概念的理解和掌握程度。试题融合氧化还原反应电子转移、共价键数目、中心原子杂化等知识，关注物质微观结构、反应本质，着重考查考生的信息提取与加工能力、逻辑推理与论证能力，诊断学生在“宏观辨识与微观探析”和“证据推理与模型认知”等学科核心素养方面的发展水平。

**【解析】**由化学方程式信息可知  $\text{NO}$  转化为  $\text{N}_2$ ，化合价由 +2 价变为 0 价，得到的电子有： $32 \times 2 = 64$ ， $\text{CS}_2$  中 S 元素由 -2 价部分变为  $\text{SO}_2$  的 +4 价，部分变为  $\text{S}_8$  的 0 价，失去的电子有： $8 \times 6 + 8 \times 2 = 64$ ，生成  $0.1 \text{ mol CO}_2$  转移电子数目为  $0.8N_A$ ，A 项正确；每个  $\text{N}_2$  中含  $\pi$  键 2 个，标准状况下  $1.12 \text{ L N}_2$  为  $0.05 \text{ mol}$   $\pi$  键数目为  $0.1N_A$ ，B 项正确；由  $\text{S}_8$  结构图可知， $12.8 \text{ g}$  即  $0.05 \text{ mol}$   $\sigma$  键数目为  $0.4N_A$ ，C 项正确；由化学方程式信息可知消耗  $3.2 \text{ mol NO}$ ，生成的产物中以  $\text{sp}^2$  杂化的只有  $\text{SO}_2$ ，由方程式可知中心原子数目为  $0.8N_A$ ，D 项错误。

**【答案】** D

6. 石墨载体纳米铁去除水体中硝态氮( $\text{NO}_3^-$ )的过程如图所示。通过改性(掺杂 Cu/Pd)提高生成  $\text{N}_2$  选择性。下列说法错误的是

- A. 水体中  $\text{CO}_3^{2-}$  会降低硝态氮去除速率  
 B. 水体溶解氧增多会减少纳米铁的用量  
 C. 改性后水体中总氮去除率升高  
 D. 石墨载体和掺杂的 Cu/Pd 对该反应所起作用不完全相同



**【命题意图】** 本题以石墨载体纳米铁去除水体中硝态氮( $\text{NO}_3^-$ )为背景,旨在考查学生对铁和氮元素及其化合物转化关系的理解,重点涉及反应速率、氧化还原反应、实验条件控制、掺杂 Cu/Pd 后反应影响因素。通过纳米铁还原性对溶液中硝态氮转化,综合考查学生对实验设计、反应原理的掌握,体现了课标中“变化观念与平衡思想”“宏观辨识与微观探析”“科学态度与社会责任”等素养要求。

**【解析】** 水体中  $\text{CO}_3^{2-}$  会与  $\text{Fe}^{2+}$  反应生成  $\text{FeCO}_3$  沉淀覆盖载体表面,降低硝态氮去除速率, A 正确; 因纳米铁具有强还原性, 水体溶解氧增多会将纳米铁氧化, 增加了纳米铁用量, B 错误; 改性后水体提高了生成  $\text{N}_2$  选择性, 以气体形式排放, 水体中总氮量减少, 去除率升高, C 正确; 石墨载体纳米铁和掺杂 Cu/Pd 均会与铁之间构成原电池, 但掺杂 Cu/Pd 会更多将 N 元素转化为  $\text{N}_2$ , 提高生成  $\text{N}_2$  选择性, 两者对该反应所起作用不完全相同, D 正确。

**【答案】** B

7. 探究 Cr(III)、Cr(VI) 的性质, 实验流程及现象如下



已知: Cr(III) 与 Al(III) 性质相似

下列说法错误的是

- A. 亮绿色溶液含  $[\text{Cr}(\text{OH})_4]^-$   
 B. 氧化性:  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} > \text{CrO}_4^{2-}$   
 C. 与 Cr(III) 的配位能力:  $\text{NH}_3 > \text{OH}^-$   
 D. 酸性条件下稳定性:  $\text{CrO}_4^{2-} < \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

**【命题意图】** 本题以探究“Cr(III)、Cr(VI) 的性质”为信息载体,考查学生结合题目信息,分析反应的实质,深化对反应的认识能力。试题涉及溶液中溶质变化、物质氧化还原性判断、配体配位能力比较、酸性条件下稳定性比较等知识,着重考查考生从配位化合物反应机理中提取信息、逻辑推理与论证能力,诊断学生在“变化观念与平衡思想”和“证据推理与模型认知”等学科核心素养方面的发展水平。

**【解析】** 由已知: Cr(III) 与 Al(III) 性质相似,过量的 KOH 与 Cr(III) 反应生成  $\text{K}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$ , A 项正确; 因氧化剂的氧化性大于生成物的氧化性,由反应②可知, B 项正确; 结合反应④和⑤分析,过量氨水中生成灰蓝色沉淀可知  $\text{OH}^-$  比  $\text{NH}_3$  更易与 Cr(III) 配

位，C 项错误：由反应③可知，加入稀硫酸反应后生成  $K_2Cr_2O_7$ ，酸性条件下稳定性  $Cr_2O_7^{2-}$  大于  $CrO_4^{2-}$ ，D 项正确。

【答案】C

8. 一种全固态电池采用超高镍层状氧化物  $Li_{1-x}Ni_{0.9}Co_{0.05}Mn_{0.05}O_2$  (NCM90)和锂-铟(Li-In)合金为电极材料， $Li_6PS_5Cl$  为固态电解质。下列说法正确的是

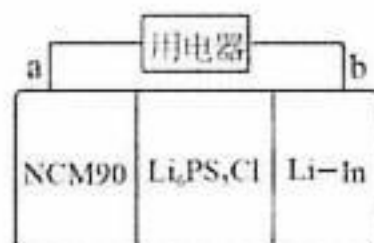
A. 电池工作时通过固态电解质传导电子

B. 放电时 a 电极反应式为



C. 充电时当电路中转移  $1 \text{ mol } e^-$ ，b 电极质量减少 7 g

D. 液态电池的使用温度范围大于全固态电池



【命题意图】本题以一种全固态电池为情境，聚焦电化学领域的能源存储前沿技术。试题旨在考查考生对原电池与电解池基本原理的理解，包括电解质的功能（区分离子传导与电子传导）、充放电过程中电极反应式的书写与判断、基于电子守恒的电极质量变化定量计算，以及全固态电池与传统液态电池性能特点的比较。综合考查了模型认知、证据推理、信息迁移和科学计算等关键能力，引导考生体会新型化学电源技术在提升安全性和宽温域适应性方面的优势，理解化学对推动能源革命和可持续发展的重要价值，落实“科学态度与社会责任”的学科核心素养，体现高考评价体系“基础性、综合性、应用性、创新性”的命题要求。@湖北中高招 公众号

【解析】电池工作时，固态电解质的作用是提供离子迁移通道，而非电子传导。该选项混淆了离子导体与电子导体的本质区别，A 错误。首先需判断 a、b 电极的属性。全固态电池中高镍层状氧化物 NCM90 为正极，Li-In 合金为负极。放电时，正极 (a 电极) 发生还原反应，Li 嵌入正极材料。正极反应式为： $Li_{1-x}Ni_{0.9}Co_{0.05}Mn_{0.05}O_2 + xLi + xe^- = LiNi_{0.9}Co_{0.05}Mn_{0.05}O_2$ ，B 正确。b 电极为 Li-In 合金，充电时 b 电极连接电源负极，发生还原反应： $Li + e^- = Li$ ，转移  $1 \text{ mol } e^-$  时，理论上生成  $1 \text{ mol } Li$ ，质量增加 7 g，C 错误。全固态电池由于采用无机固态电解质，无液态电解液的挥发、凝固等问题，通常具有更宽的工作温度范围。因此，全固态电池的使用温度范围大于液态电池，选项 D 错误。

【答案】B

9. 探究不同条件下  $FeCl_3$  溶液和 Zn 粉反应的实验步骤如下：



下列说法错误的是

- A. 试剂 X 可选用  $K_3[Fe(CN)_6]$
- B. 红褐色沉淀包裹在 Zn 表面阻碍反应进行
- C. 活化能:  $Fe^{3+}$  的水解反应  $>$   $Fe^{3+}$  的还原反应
- D. 滴入 KSCN 溶液待红色褪去, 此时有气泡生成

**【命题意图】** 本题对不同条件下  $FeCl_3$  溶液和 Zn 粉反应进行实验探究, 考查  $Fe^{2+}$  离子的检验、 $Fe^{3+}$  的水解反应与还原反应的平衡移动的影响, 考生信息获取与加工能力、分析与推理能力。通过实验现象及反应过程对  $FeCl_3$  溶液和 Zn 粉反应的进一步认识, 反应活化能对化学反应速率的影响, 结合产生的现象, 了解  $Fe(OH)_3$  沉淀对锌粉的包裹, 及控制反应条件, 消除  $Fe(OH)_3$  对锌粉的包裹, 使 Zn 持续与  $Fe^{3+}$ 、 $Fe^{2+}$  反应, 最终得到铁单质。侧重考查“证据推理与模型认知”等化学学科核心素养。

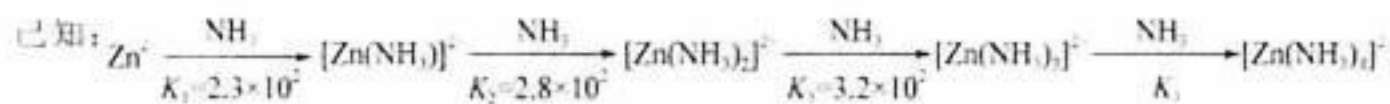
**【解析】**  $FeCl_3$  溶液加入过量 Zn 粉后, 先产生红褐色沉淀, 因产生的沉淀对锌粉进行包裹, 将溶液过滤后检测无  $Fe^{2+}$  也无 Fe 单质生成。若在溶液中滴加浓盐酸后出现了红褐色沉淀消失, 加入 KSCN 溶液会从红色变为无色, 最后有 Fe 单质生成, 说明 Zn 与  $Fe^{3+}$ 、 $Fe^{2+}$  发生了反应。@湖北中高招 公众号

当溶液中有  $Fe^{3+}$  时需检验  $Fe^{2+}$ , 可用  $K_3[Fe(CN)_6]$  是否生成蓝色沉淀来判断, A 正确; 反应在加入过量 Zn 粉时产生了红褐色沉淀, 且反应过滤后未检测出  $Fe^{2+}$  和 Fe 单质, 及当再加入浓盐酸后能生成 Fe 单质, 说明生成的  $Fe(OH)_3$  沉淀包裹了锌粉, 阻碍了反应进行, B 正确; 从加入过量 Zn 后产生少量气泡且生成红褐色沉淀, 说明  $Fe^{3+}$  易水解, 加入 Zn 消耗  $H^+$ , 从而使  $Fe^{3+}$  的水解平衡正向移动, 得到红褐色的  $Fe(OH)_3$  沉淀, 说明  $Fe^{3+}$  的水解反应易于  $Fe^{3+}$  的还原反应, 活化能更小, C 错误; 当加入浓盐酸后, 消除  $Fe(OH)_3$  对锌粉的包裹, 使 Zn 持续与  $Fe^{3+}$ 、 $Fe^{2+}$  反应, 最终得到铁单质, 当滴入 KSCN 溶液待红色褪去, 因此时溶液还保持 pH 为 1 酸性强, Zn 与溶液中的  $H^+$  反应产生气泡, D 正确。

**【答案】** C

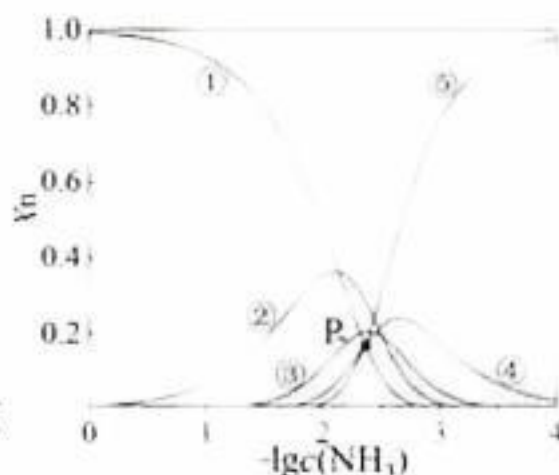
10. 将  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ ZnSO}_4$  溶液与氨水等体积混合, 平衡体系中含锌各微粒 ( $Zn^{2+}$ 、

$[Zn(NH_3)_n]^{2+}$  ( $n = 1-4$ )) 占含锌总微粒的物质的量分数  $X_n$  和  $-\lg c(\text{NH}_3)$  的关系如图所示。



下列说法错误的是

- A. 曲线②是  $[Zn(NH_3)_3]^{2+}$
- B.  $K_4 > K_3$
- C. 图中 P 点溶液中,  $c[Zn(NH_3)_2^{2+}] : c[Zn(NH_3)_3^{2+}] = 23:32$

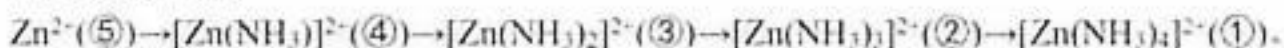


#### D. 溶液始终存在

$$0.1 + c(\text{H}^+) + c(\text{NH}_3) = 2c(\text{SO}_4^{2-}) + c(\text{OH}^-)$$

**【命题意图】** 本题以  $\text{Zn}^{2+}$  与氨水的逐级配位反应为真实化学情境，聚焦关键能力与核心素养的考查。在知识维度，它突破单一知识点考查，将逐级配位平衡、平衡常数定量计算、复杂配合物体系电荷守恒、物质的量分数图像解读等核心内容深度融合，检验学生对配位化学、化学平衡原理及电解质溶液守恒规律的综合应用能力，强化对“配合物形成”这一高考高频考点的本质理解。在素养维度，通过微观配位作用与宏观浓度分布曲线的关联，渗透“宏观辨识与微观探析”的学科思维，借助平衡移动与常数大小比较，强化“变化观念与平衡思想”。依托证据推理与模型认知的解题过程，让学生在解题中体会化学平衡理论在复杂体系分析中的实际应用价值。引导学生从定性描述走向定量分析，提升复杂化学问题的逻辑推理与解决能力。

**【解析】** 将与氨水等体积混合， $\text{NH}_3$  浓度逐渐增大时， $\text{Zn}^{2+}$  依次与  $\text{NH}_3$  结合生成  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)]^{2+}$ 、 $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$ 、 $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+}$ 、 $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 。  
横坐标从右列左倒着看，随着  $-\lg c(\text{NH}_3)$  减小（ $\text{NH}_3$  浓度逐渐增大），含锌微粒的配位数依次增大：



因此曲线②代表  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+}$ 。A 正确。

看①②交点  $c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}) = c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+})$ ， $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+} + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 。

平衡常数  $K_4 = c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}) / \{c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+}) \cdot c(\text{NH}_3)\} = 1/c(\text{NH}_3)$ 。

看②③交点  $c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{2+}) = c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+})$ ， $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{2+} + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+}$ 。

平衡常数  $K_3 = c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+}) / \{c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{2+}) \cdot c(\text{NH}_3)\} = 1/c(\text{NH}_3)$ 。

①②交点在左边， $c(\text{NH}_3)$  更大，分母更大， $K_4$  更小，所以  $K_4 < K_3$ ，B 错误。

关键信息：P 点为  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  (①)、 $[\text{Zn}(\text{NH}_3)]^{2+}$  (④)、 $\text{Zn}^{2+}$  (⑤) 的交点，根据图像含义，交点处两种微粒的物质的量分数  $X_n$  相等。

即  $c(\text{Zn}^{2+}) = c([\text{Zn}(\text{NH}_3)]^{2+}) = c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+})$ 。

写出两步逐级配位平衡及平衡常数表达式：

①  $\text{Zn}^{2+} + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{NH}_3)]^{2+}$ ，平衡常数  $K_1 = c([\text{Zn}(\text{NH}_3)]^{2+}) / \{c(\text{Zn}^{2+}) \cdot c(\text{NH}_3)\}$

$= 1/c(\text{NH}_3) = 2.3 \times 10^2$  @ 闽北中高招 公众号

②  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{2+} + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+}$ ，平衡常数

$K_3 = c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+}) / \{c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{2+}) \cdot c(\text{NH}_3)\} = 3.2 \times 10^2$

两式相除，消去  $c(\text{NH}_3)$ ，推导浓度比关系：

$K_1/K_3 = c([\text{Zn}(\text{NH}_3)]^{2+}) / \{c(\text{Zn}^{2+}) \cdot c(\text{NH}_3)\} \div c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+}) / \{c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{2+}) \cdot c(\text{NH}_3)\}$

$= [c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{2+}) / c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+})] = (2.3 \times 10^2) / (3.2 \times 10^2) = 2.3/3.2 = 23/32$

即  $c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{2+}) : c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+}) = 23:32$ ，C 正确。

混合溶液中，存在电荷守恒：

$$c(\text{H}^+) + c(\text{NH}_4^+) + 2c(\text{Zn}^{2+}) + 2c([\text{Zn}(\text{NH}_3)]^{2+}) + 2c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{2+}) + 2c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+}) +$$

$2c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}) = 2c(\text{SO}_4^{2-}) + c(\text{OH}^-)$ ； $\text{ZnSO}_4$  与氨水等体积混合稀释后，

$\text{Zn}^{2+}$  的总浓度（物料守恒）： $c(\text{Zn}^{2+}) + c([\text{Zn}(\text{NH}_3)]^{2+}) + c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{2+}) +$

$$c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+}) + c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \div 2 = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

将上式两边同乘 2，得：

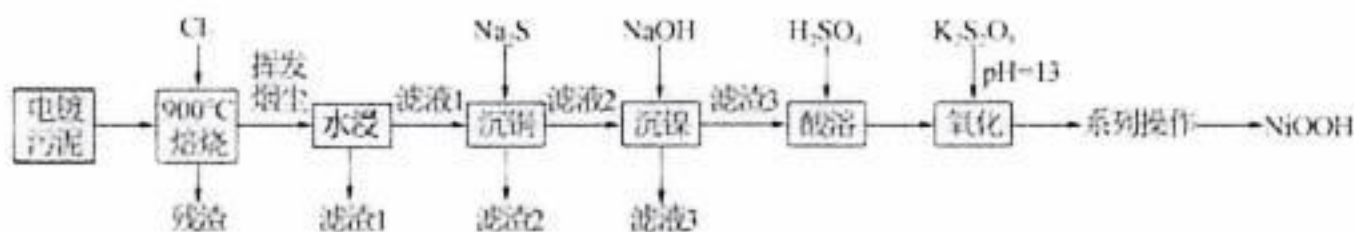
$$2[c(\text{Zn}^{2+}) + c([\text{Zn}(\text{NH}_3)]^{2+}) + c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{2+}) + c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_3]^{2+}) + c([\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+})] = 0.1 \text{ mol} \cdot$$

$\text{L}^{-1}$ ，代入电荷守恒，简化后得： $0.1 + c(\text{H}^+) + c(\text{NH}_3) = 2c(\text{SO}_4^{2-}) + c(\text{OH}^-)$ ，D 正确。

**【答案】** B。

二、非选择题：本题共 4 小题，共 60 分。

11. (13 分) 羟基氧化镍 (NiOOH) 为难溶于水的固体。利用电镀污泥 (主要含 CuO、NiO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等) 生产羟基氧化镍的工艺流程如图所示。



已知：①  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ ;

② 25°C,  $K_{a1}(\text{H}_2\text{S}) = 1.0 \times 10^{-7}$ ,  $K_{a2}(\text{H}_2\text{S}) = 1.0 \times 10^{-13}$ ;

$K_{sp}(\text{CuS}) = 6.3 \times 10^{-36}$ ,  $K_{sp}(\text{NiS}) = 1.0 \times 10^{-21}$ ;

③ 当离子浓度  $c \leq 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$  时，认为该离子沉淀完全。

回答下列问题：

(1) 据图判断“900°C 焙烧”的残渣主要有\_\_\_\_\_。

(填标号)

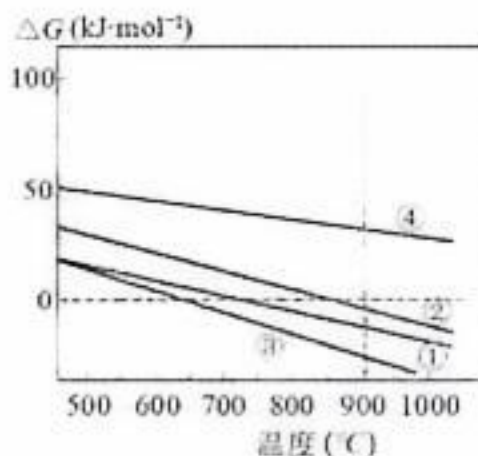
a. CuO    b. NiO    c. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>    d. Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

①  $2\text{CuO} + 2\text{Cl}_2(\text{g}) = 2\text{CuCl}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$


②  $2\text{NiO} + 2\text{Cl}_2(\text{g}) = 2\text{NiCl}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

③  $2\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{Cl}_2(\text{g}) = 4\text{AlCl}_3(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g})$

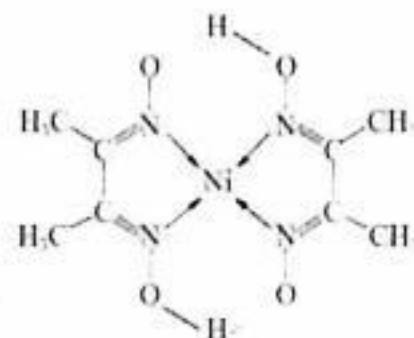
④  $2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 6\text{Cl}_2(\text{g}) = 4\text{CrCl}_3(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g})$



(2) “沉铜”时，溶液中 Cu<sup>2+</sup> 和 Ni<sup>2+</sup> 的起始浓度均为 0.01 mol L<sup>-1</sup>。加入 Na<sub>2</sub>S(s)，并调节溶液 pH = 2，Cu<sup>2+</sup> 恰好完全除去时，溶液中 c(HS<sup>-</sup>) = \_\_\_\_\_ mol L<sup>-1</sup>。

(3) 用丁二酮肟 (  ) 检验少量 Ni<sup>2+</sup>。

若“滤液 3”中有 Ni<sup>2+</sup> 会生成结构稳定的鲜红色螯合物 (结构如图所示)



① 鲜红色螯合物存在的作用力有\_\_\_\_\_ (填标号)

a. 氢键    b. 离子键    c. 配位键    d. 金属键

② 丁二酮肟分子中 N 比 O 更易与 Ni<sup>2+</sup> 形成配位键的原因为\_\_\_\_\_。

(4) “酸溶”时，不宜用盐酸的原因为\_\_\_\_\_。

(5) “氧化”时，反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

(6) “系列操作”为\_\_\_\_\_、洗涤、低温干燥。

**【命题意图】** 本题以电镀污泥资源化利用为真实工业情境，紧扣高考化学“真实情境、问题导向、素养立意”的命题原则，全面考查学生化学学科核心知识与关键能力。考点覆盖元素化合物、化学反应原理、化学实验、物质结构四大主干模块，精准对接高频考点，兼顾基础与选拔功能，基础题考查工艺流程分析、实验基本操作，中档题聚焦化学键、氧化还原反应，难题侧重水溶液中离子平衡计算，梯度合理，区分度鲜明。

本题注重考查学生的理解辨析能力、分析推测能力、计算建模能力与归纳论证能力，要求学生能从工艺流程中提取关键信息，结合吉布斯自由能、溶度积、电离平衡、配位键等知识，分析物质转化、判断反应可行性、计算离子浓度、书写离子方程式。

通过情境创设与问题设计，渗透宏观辨识与微观探析、变化观念与平衡思想、证据推理与模型认知、科学探究与创新意识等核心素养，引导学生建立“宏微结合、动静统一”的思维模式，学会运用化学知识解决工业生产中的实际问题，既检验学生的知识掌握程度，也培养学生的化学学科思维与综合应用能力。

**【解析】**

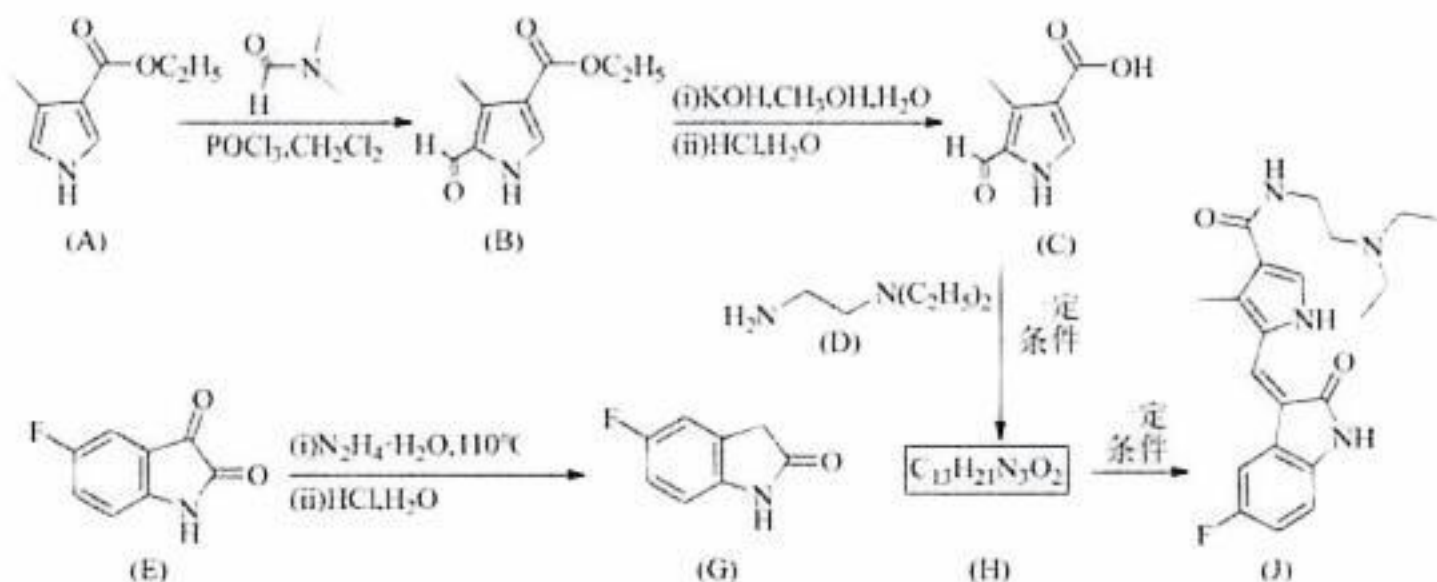
- (1)  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ ， $\Delta G < 0$  时反应自发进行， $900\text{ }^\circ\text{C}$  焙烧④  $\Delta G > 0$ ，其不能自发进行，残渣主要有  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  选 d
- (2) “沉铜”时，溶液中  $\text{Cu}^{2+}$  起始浓度均为  $0.01\text{ mol L}^{-1}$ ，恰好完全除去时， $c(\text{Cu}^{2+}) \leq 1.0 \times 10^{-5}\text{ mol L}^{-1}$ ，代入  $K_{\text{sp}}(\text{CuS}) = 6.3 \times 10^{-36}$ ，求出  $c(\text{S}^{2-}) = 6.3 \times 10^{-34}$ ，此时溶液  $\text{pH} = 2$ ， $c(\text{H}^+) = 1.0 \times 10^{-2}$ ，代入  $K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{S}) = 1.0 \times 10^{-13}$ ，得出溶液中  $c(\text{HS}^-) = 6.3 \times 10^{-20}\text{ mol L}^{-1}$
- (3) ① a. 氢键：结构中虚线为分子内氢键，存在氢键作用。  
 b. 离子键：螯合物为中性配合物，无阴阳离子，不存在离子键。  
 c. 配位键： $\text{Ni}^{2+}$  与 N 原子之间形成配位键（N 提供孤电子对， $\text{Ni}^{2+}$  提供空轨道）  
 d. 金属键：金属键存在于金属晶体中，该配合物无金属键。因此选 a、c。  
 ② 配位键的形成要求配体原子有孤电子对，且能给出孤电子对。N 的电负性小于 O，对孤电子对的束缚力更弱，更容易将孤电子对提供给的空轨道，因此更易形成配位键。（或者 N 原子与  $\text{Ni}^{2+}$  配位可形成五元环结构，更稳定）
- (4) 盐酸有还原性，会消耗  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ （或  $\text{Cl}^-$  和  $\text{Ni}^{2+}$  会形成稳定配合离子，降低反应速率），碱性环境不会产生  $\text{Cl}_2$
- (5)  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{Ni}^{2+} + 6\text{OH}^- \rightleftharpoons 2\text{NiOOH}\downarrow + 2\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$
- (6)  $\text{NiOOH}$  为难溶于水的固体，氧化后生成沉淀，需通过过滤（或抽滤）分离出固体，再洗涤除去表面的  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{K}^+$  等杂质，最后低温干燥（防止高温分解）得到产品。

**【答案】**

- (1) d (2分)
- (2)  $6.3 \times 10^{-20}$  (2分)
- (3) ① ac (2分)  
 ② N 电负性比 O 更小，更容易给出电子（或者 N 原子与  $\text{Ni}^{2+}$  配位可形成五元环结构，更稳定）(2分，答案合理即给分)

- (4) 盐酸有还原性，会消耗  $K_2S_2O_8$ （或  $Cl^-$  和  $NF^-$  会形成稳定配合离子，降低反应速率）（2分）  
 答案合理即给分）
- (5)  $S_2O_8^{2-} + 2NF^- + 6OH^- \rightarrow 2NiOOH\downarrow + 2SO_4^{2-} + 2H_2O$  （2分）
- (6) 过滤（1分）

12. (13分) 舒尼替尼自由碱 J 是一种抗肿瘤药物的活性成分，其合成路线如下：



回答下列问题：

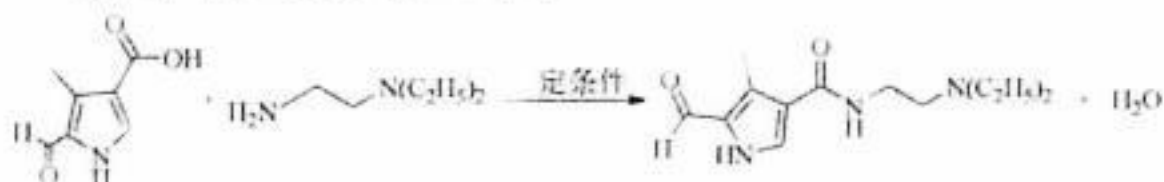
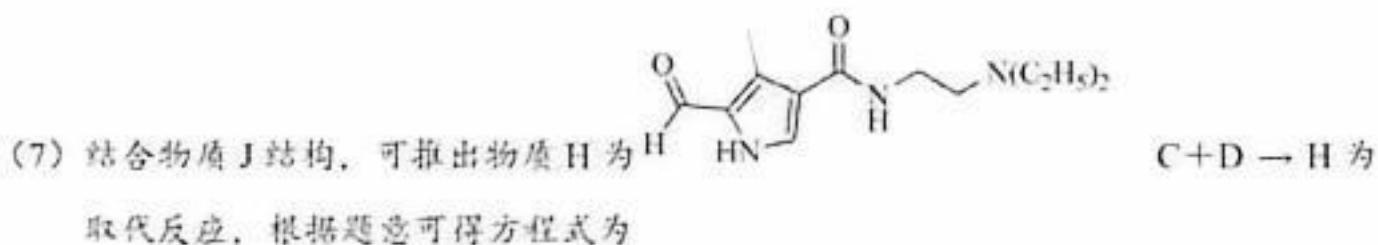
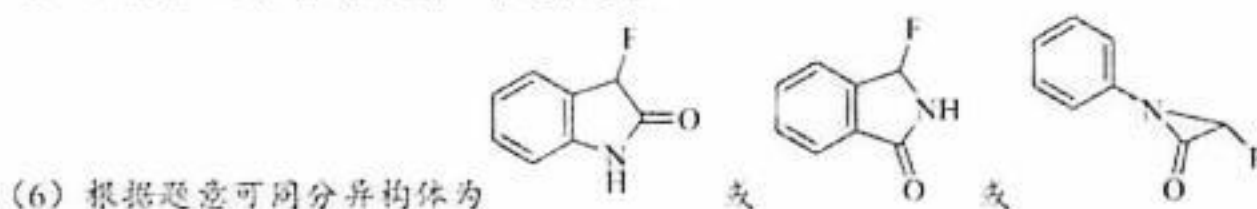
- (1) B 的含氧官能团名称为\_\_\_\_\_
- (2) A  $\rightarrow$  B 除生成 B 外，另一有机产物的结构简式为\_\_\_\_\_
- (3) B  $\rightarrow$  C 的第(i)步在 KOH 水溶液中加入甲醇的目的为\_\_\_\_\_
- (4) N 原子结合质子能力：E \_\_\_\_\_ D （填“>”或“<”）
- (5) E  $\rightarrow$  G 的反应类型为\_\_\_\_\_
- (6) G 的同分异构体中，同时满足下列条件的结构简式为\_\_\_\_\_（忽略立体异构，写出一种）  
 ①含有苯环                      ②官能团与 G 的相同                      ③有手性碳
- (7) C + D  $\rightarrow$  H 的化学方程式为\_\_\_\_\_

**【命题意图】** 本题以抗肿瘤药物舒尼替尼自由碱的合成路线为真实情境，聚焦有机化合物的组成、结构、性质与合成等核心内容。试题重点考查官能团的识别与命名、反应产物的判断、溶剂在有机合成中的作用、氮原子碱性强弱的判断、有机反应类型判断、限定条件下同分异构体的书写、有机化学方程式的规范书写。在能力层面，着重考查考生从合成流程中提取关键信息的获取能力、基于结构特征进行推理的模型认知能力，以及运用有机化学语言进行规范表达的能力。在核心素养层面，引导考

生建立“宏观辨识与微观探析”、“证据推理与模型认知”、“科学态度与社会责任” 本题旨在推动有机化学教学从碎片化记忆转向结构化、情境化的问题解决。体悟药物研发中绿色化学理念与化学守护人类健康的价值。

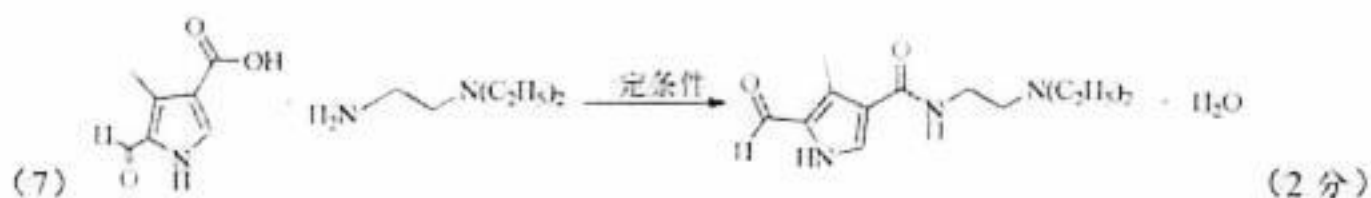
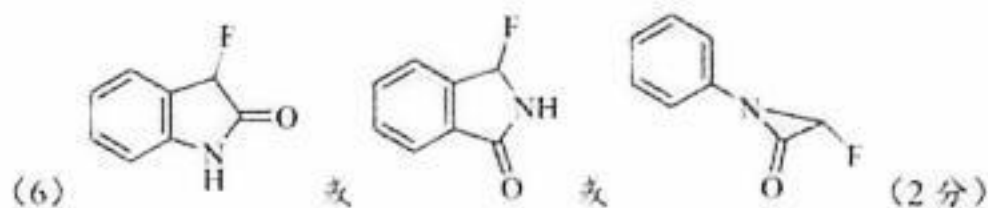
**【解析】**

- (1) 通过观察物质 B 可知含氧官能团名称为醛基、酯基。
- (2) A→B 为取代反应，另一产物为  $\text{HN}(\text{CH}_3)_2$ 。
- (3) 该反应为酯的水解反应，甲醇作为溶剂可增大 KOH 在有机物中的溶解度，加快反应速率。
- (4) 物质 D 中的 N 是  $\text{sp}^3$  杂化，有孤电子。物质 E 中的 N 是  $\text{sp}^2$  杂化，N 提供一对电子用于成  $\pi$  键，碱性弱。
- (5) 物质 E→G，去氧增氢，为还原反应。

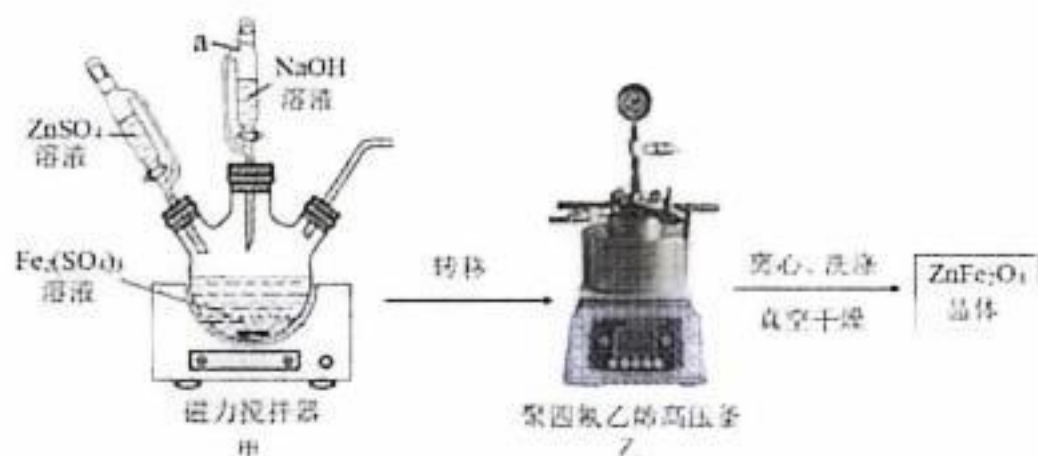


**【答案】**

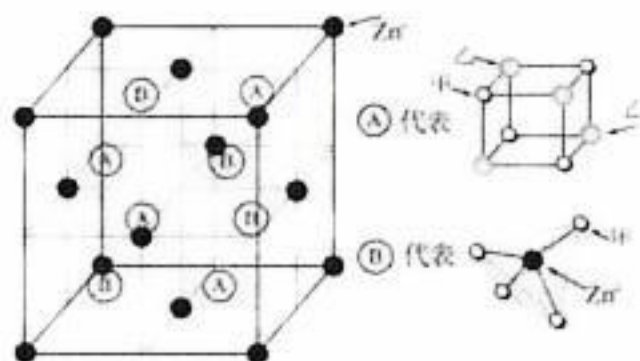
- (1) 醛基、酯基 (2分，各1分)
- (2)  $\text{HN}(\text{CH}_3)_2$  (2分)
- (3) 增大物质 B 的溶解性，加快反应速率 (2分)
- (4) - (2分)
- (5) 还原反应 (1分)



13. (18分) 纳米复合氧化物  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  是一种气敏性材料，利用氢氧化钠水热法制备纳米  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  的实验如图所示。回答下列问题：



- (1) 仪器 a 的名称为\_\_\_\_\_。
- (2) 甲装置中先逐滴加入  $\text{ZnSO}_4$  溶液，再加入过量  $\text{NaOH}$  溶液，生成红褐色沉淀和  $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ 。再将混合物全部转移至乙装置中，保持  $150^\circ\text{C}$  反应 6h，生成  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  的化学方程式为\_\_\_\_\_。
- (3) 下列操作或说法正确的是\_\_\_\_\_ (填标号)。
- a. 磁力搅拌器通过搅拌子旋转导致颗粒团聚，降低固液混合程度
  - b. 乙装置所用聚四氟乙烯材料化学稳定性高，耐腐蚀性强
  - c. “洗涤”时利用无水乙醇的挥发性尽快除去物质表面的水
  - d. “真空干燥”时容器内压强减小使水的沸点升高，更有利于干燥
- (4) 测  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  纯度：称取 5.000 g 样品，用一定浓度硫酸溶解后配成 1 L 溶液，取 100.00 mL 溶液滴加  $\text{SnCl}_2$  溶液，充分反应后，除去过量的  $\text{Sn}^{2+}$ ，用  $0.0500 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液滴定至终点，平均消耗  $\text{KMnO}_4$  溶液 12.00 mL (已知： $2\text{Fe}^{3+} + \text{Sn}^{2+} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{Sn}^{4+}$ ， $5\text{Fe}^{2+} + 8\text{H}^+ + \text{MnO}_4^- = 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ )。
- ① 滴定终点的判断方法为\_\_\_\_\_。
- ②  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  的纯度为\_\_\_\_\_。若未完全除去过量的  $\text{Sn}^{2+}$ ，测得  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  的纯度\_\_\_\_\_ (填“偏高”“偏低”或“无影响”)。
- (5)  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  晶胞结构如图所示。



①②③分布在晶胞内部八个小格中,表示 $O^{2-}$ 的是\_\_\_\_\_ (填“甲”或“乙”),

判断的依据为\_\_\_\_\_

②晶胞中甲形成的空隙类型有\_\_\_\_\_ (填标号)

a. 正四面体      b. 立方体      c. 三角形      d. 正八面体

③铁酸锌纳米缺陷材料( $ZnFe_2O_3$ )制得的传感器可检测空气中痕量的甲醛

$ZnFe_2O_3$ 中 $Fe^{2+}$ 与 $Fe^{3+}$ 的物质的量比为\_\_\_\_\_ 在紫外光的作用下,吸附在传感器表面的 $O_2$ 会转化为 $O_3$ ,与甲醛反应过程中,传感器电流将\_\_\_\_\_ (填“变大”“变小”或“不变”)

**【命题意图】**本题以制备纳米复合氧化物 $ZnFe_2O_4$ 为素材背景,知识层面重点考查化学实验基础知识和基本技能、实验现象分析、实验操作目的、化学方程式的书写、实验装置的作用与选择、定量分析等必备知识。通过制备过程中的实验操作、装置用途等考查实验中的复杂问题的应变能力,融入分子结构与性质、氧化还原反应等核心知识。着重考查学生多角度、多侧面、多层次地思考问题、理解问题,多渠道处理信息,培养学生的发散思维和创新能力。

**【解析】**

(1) 本题考查实验仪器的基本辨识能力,仪器a的名称为恒压滴液漏斗。

(2) 本题考查陌生化学方程式的书写,红褐色沉淀为 $Fe(OH)_3$ ,反应的化学方程式为



(3) 本题考查实验操作的分析判断。图甲使用的磁力搅拌器,通过搅拌子旋转不会导致颗粒团聚,会提高固液混合均匀,a错误;乙装置所用聚四氟乙烯材料为有机高分子材料其特点是化学稳定性高,耐腐蚀性强,b正确;“洗涤”时利用无水乙醇的挥发性尽快除去物质表面的水,c正确;“真空干燥”时会使容器内压强减小,但水的沸点会降低,d错误,故选bc。

(4) 本题考查氧化还原滴定及计算。①因滴定时标准液为酸性 $KMnO_4$ 溶液呈紫红色,不需用其它指示剂,滴定终点的判断方法为:当滴入最后半滴标准液时,溶液变浅红色,且30s内不变色。②由 $5Fe^{2+} \sim 5Fe^{3+} \sim MnO_4^-$

$$\begin{array}{ccc} 5 & & 1 \\ n(Fe^{3+}) & & 0.05 \times 12 \times 10^{-3} \end{array}$$

$$1\text{ L 溶液中} Fe^{3+} \text{ 为: } n(Fe^{3+}) = 3 \times 10^{-3} \times 1000 / 100 = 3 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n(ZnFe_2O_4) = 1/2 n(Fe^{3+}) = 1.5 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$m(ZnFe_2O_4) = 1.5 \times 10^{-2} \times 241 = 3.615 \text{ g}$$

$$ZnFe_2O_4 \text{ 的纯度} = \frac{3.615}{5.00} \times 100\% = 72.3\%$$

若未完全除去过量的 $Sn^{2+}$ ,因 $Sn^{2+}$ 有还原性,会消耗 $KMnO_4$ ,测得 $ZnFe_2O_4$ 的纯度偏高

(5) ①(A)(B)分布在晶胞内部八个小格中,表示 $O^{2-}$ 的是为甲。(A)和(B)在晶胞中各有四个,黑色球为 $Zn^{2+}$ 共有 $1/8 \times 8 + 4 = 8$ ,乙球为 $4 \times 4 = 16$ ,甲球为 $4 \times 8 = 32$ ,三球比值为1:2:4,由化学式 $ZnFe_2O_4$ 可知甲球为 $O^{2-}$

②晶胞中甲形成的空隙类型有两种,由(B)形成的空隙为正四面体,由(A)形成的空隙为正八面体,故选 ad

③设 $ZnFe_2O_{3.8}$ 中 $Fe^{2+}$ 与 $Fe^{3+}$ 的物质的量分别为x,y

$$\begin{cases} x+y=2 \\ 2x+3y=3.8 \times 2 \end{cases} \text{ 得 } x:y=1:4$$

传感器表面的 $O_2$ 转化为 $O_3$ ,增强了氧化性,传感器电流将变大

**【答案】**

(1) 恒压滴液漏斗 (1分)

(2)  $2Fe(OH)_3 + Na_2[Zn(OH)_4] \xrightarrow{\text{高压, } \Delta} ZnFe_2O_4 + 2NaOH + 4H_2O$  (2分)

(3) bc (2分)

(4) ① 当滴入最后半滴酸性高锰酸钾标准液时,溶液变为浅红色,且半分钟内不恢复原色 (2分,“溶液颜色由黄色变为浅红色”也得2分)

② 72.3% (2分) 偏高 (1分)

(5) ① 甲 (1分) 由化学式可知, $Zn^{2+}$ 与 $O^{2-}$ 个数比为1:4,晶胞中 $Zn^{2+}$ 个数为8, $O^{2-}$ 个数为32,则甲为 $O^{2-}$  (2分,答案合理即给分)

② ad (2分)

③ 1:4 (2分) 变大 (1分)

14. (16分) 碳酸丙烯酯(PC)是锂离子电池的常用溶剂。 $CO_2$ 与环氧丙烷(PO)制备PC的过程中存在如下反应:

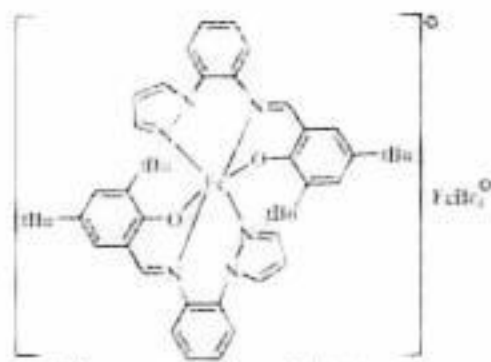
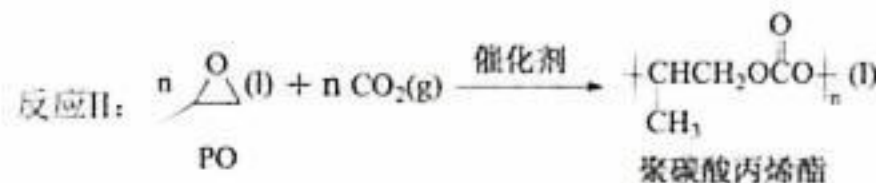
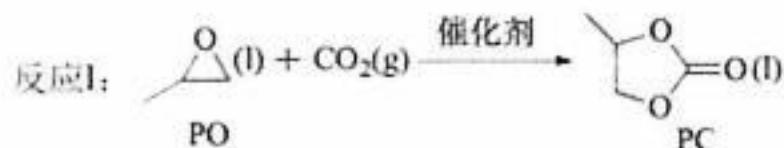


图1 (tBu代表一种烷基)

已知:一定温度下,元素的最稳定单质生成1 mol 纯物质的反应焓变称为该物质的摩尔生成焓,元素的最稳定单质的摩尔生成焓为0。一些物质的摩尔生成焓数据如下表:

| 物质                           | $CO_2(g)$ | $PO(l)$ | $PC(l)$ |
|------------------------------|-----------|---------|---------|
| 摩尔生成焓/ $(kJ \cdot mol^{-1})$ | -393.5    | -122.6  | -613.2  |

(1) 反应I的  $\Delta H =$  \_\_\_\_\_  $kJ \cdot mol^{-1}$

(2) 在催化剂  $[(a-Fe)^{\ominus}FeBr_4^{\ominus}]$  (结构如图1)的作用下, $CO_2$ 与PO反应生成PC的机理如图2所示:

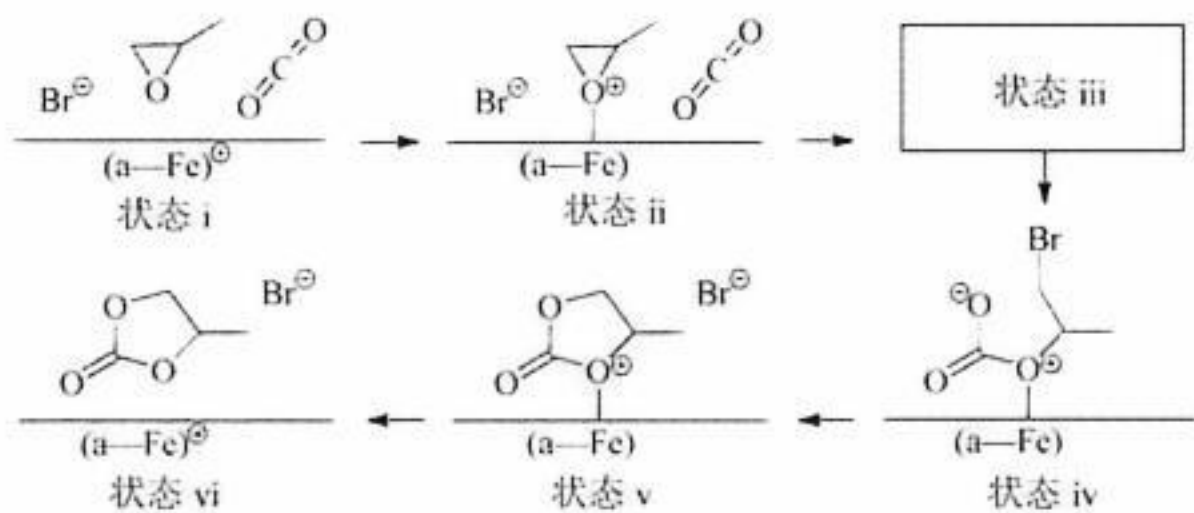
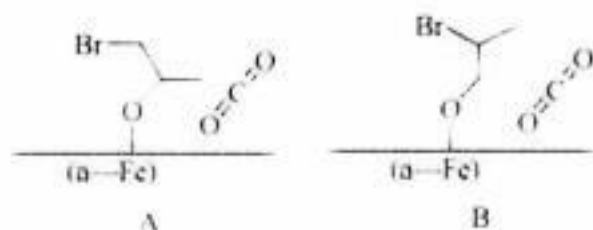




图2

①图1阳离子中 Fe 元素的化合价为\_\_\_\_\_

②表示状态 iii 的为\_\_\_\_\_ (填标号)

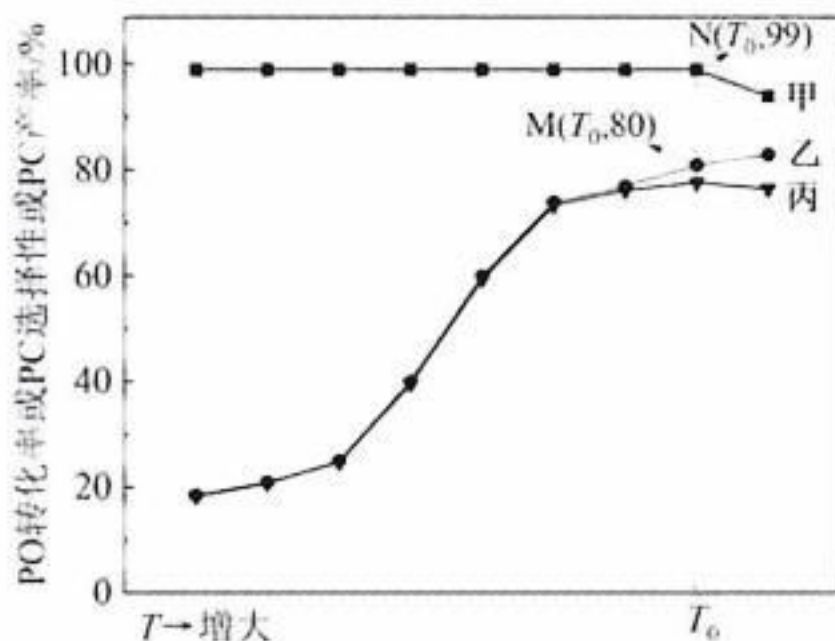


③  与 CO<sub>2</sub> 反应的机理同 PO 相似,  与 CO<sub>2</sub> 反应的主要产物的结构简式为\_\_\_\_\_

(3) 某温度下, 向刚性密闭容器中加入等物质的量的 CO<sub>2</sub> 和 PO, 下列能说明反应 I 达到平衡状态的是\_\_\_\_\_ (填标号)

- A. 容器内压强不再变化                      B. 聚碳酸丙烯酯的物质的量不再变化
- C.  $\frac{n(\text{PO})}{n(\text{CO}_2)}$  不变                                  D.  $v_{\text{正}}(\text{PO}) = v_{\text{逆}}(\text{PC})$

(4) 向密闭容器中加入 0.1 mol PO, 保持 CO<sub>2</sub> 压强恒为 2 MPa, 反应相同时间, 反应温度对 PO 转化率、PC 选择性、PC 产率的影响如图所示





- (3) A 选项：因温度和体积不变，体系中只有  $\text{CO}_2$  一种气体，故容器内压强与  $\text{CO}_2$  的物质的量成正比，“容器内压强不再变化”可标志反应达到平衡状态。
- B 选项：随反应进行，聚碳酸丙烯酯的物质的量不断变化，故“聚碳酸丙烯酯的物质的量不再变化”可标志反应达到平衡状态。
- C 选项：无论反应 I 还是反应 II，PO 与  $\text{CO}_2$  均按 1:1 进行反应，且反应开始时加入等物质的量的 PO 和  $\text{CO}_2$ ，故 PO 和  $\text{CO}_2$  的物质的量始终相等，“ $\frac{n(\text{PO})}{n(\text{CO}_2)}$  不变”不可标志平衡状态。
- D 选项：PO 的消耗和 PC 的生成为相同方向，故“ $v_{\text{消}}(\text{PO})=v_{\text{生}}(\text{PC})$ ”不可标志平衡状态。

- (4) ①② 反应 I 和 II 为竞争反应，当 PC 的选择性接近 100% 时，主要发生反应 I，此时，PO 的转化率与 PC 的产率数据几乎完全相等。故甲代表 PC 的选择性，乙代表 PO 的转化率，丙代表 PC 的产率。

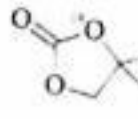
③ 将 M 点的转化率数据及 N 点的选择性数据代入  $K$  的表达式，

$$K = \frac{x(\text{PC})}{x(\text{PO}) \frac{p(\text{CO}_2)}{0.1 \text{MPa}}} = \frac{\frac{n(\text{PC})}{n_{\text{总}}}}{\frac{n(\text{PO})}{n_{\text{总}}} \frac{p(\text{CO}_2)}{0.1 \text{MPa}}} = \frac{n(\text{PC})}{n(\text{PO}) \frac{p(\text{CO}_2)}{0.1 \text{MPa}}} = \frac{0.1 \times 80\% \times 99\%}{0.1 \times 20\% \times \frac{2}{0.1}} = \frac{0.99}{5} = 0.198$$

- (5) 通过对比反应 I 和尿素法的原理方程可知， $\text{CO}_2$  与 PO 合成法的原子利用率为 100%，故原子经济性高，且不产生污染性气体  $\text{NH}_3$ 。

### 【答案】

- (1) -97.1 (2分) (多写单位扣1分)

- (2) ① +3 (2分) ② A (2分) ③  (2分)

- (3) AB (2分)

- (4) ① 乙 (1分)

②  $T_0$  之前，PC 的选择性接近 100% (2分)

③  $\frac{0.1 \times 80\% \times 99\%}{0.1 \times 20\% \times \frac{2}{0.1}}$  (或 0.198，其它合理代数式均给分) (2分)

- (5) 原子经济性高 (或不产生污染性气体等合理角度均给分) (1分)