

2025 年普通高中学业水平选择性考试(湖南卷)

|    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 题号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 答案 | A | B | A | D | C | D | A | C | B | C  | C  | D  | D  | B  |

### 1. A 【命题点】化学与材料,涉及金属材料的判断

【深度解析】不锈钢为铁合金,属于金属材料,A符合题意;金刚石为碳单质,属于无机非金属材料,B不符合题意;玄武岩纤维是一种高性能无机纤维,其主要成分为 $\text{SiO}_2$ 等,属于无机非金属材料,C不符合题意;超细玻璃纤维的主要成分为二氧化硅等非金属氧化物,属于无机非金属材料,D不符合题意。

### 知识拓展

玄武岩纤维是通过高温熔融玄武岩矿石并拉丝而成,具有耐高温、抗腐蚀等特点,废弃后可在环境中生物降解,对环境无害,广泛应用于航空航天、建筑加固、环保等领域。

**2. B 【命题点】**化学实验基础, 涉及乙烯、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、苯酚、浓氨水的性质

【深度解析】乙炔中含碳碳双键,可被酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液氧化而使酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液褪色, **A 正确**;  $\text{KOH}$  溶液与  $\text{CuSO}_4$  溶液反应生成的  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  为蓝色沉淀, **B 错误**; 苯酚与  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应,溶液呈紫色, **C 正确**; 浓氨水易挥发出  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_3$  能使湿润的红色石蕊试纸变为蓝色, **D 正确**。

**3.A 【命题点】**阿伏加德罗常数的应用,涉及质子数、 $\sigma$ 键数、溶液中微粒数、分子数

【深度解析】 $12\text{ g }^{12}\text{C}$  的物质的量为  $1\text{ mol}$ ,  $\text{C}$  为 6 号元素,  $1\text{ mol }^{12}\text{C}$  含  $6\text{ mol}$  质子, 即  $6N_{\text{A}}$ , **A 正确**;  $1\text{ mol CO}_2$  含  $\sigma$  键数目为  $2N_{\text{A}}$ , 常温常压下,  $6.72\text{ L CO}_2$  的物质的量小于  $0.3\text{ mol}$ , 所以  $6.72\text{ L CO}_2$  中  $\sigma$  键数目小于  $0.6N_{\text{A}}$ , **B 错误**;  $1.0\text{ L pH}=1$  的稀硫酸中  $\text{H}^+$  数目为  $0.1N_{\text{A}}$ , **C 错误**;  $\text{SO}_2$  与  $\text{O}_2$  生成  $\text{SO}_3$  的反应为可逆反应, 无法完全转化, 所以生成的  $\text{SO}_3$  分子数小于  $N_{\text{A}}$ , **D 错误**。

**4.D 【命题点】**物质鉴别, 涉及  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 、 $\text{AlCl}_3$ 、 $\text{KNO}_3$  的鉴别

**【深度解析】**NaOH 溶液与  $\text{AlCl}_3$  溶液反应先生成白色沉淀, NaOH 溶液过量时沉淀溶解, 与  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  溶液共热会生成有刺激性气味的气体,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液和  $\text{KNO}_3$  溶液均不与 NaOH 溶液反应, 无明显现象, 无法区分, **A 不符合题意**;  $\text{AgNO}_3$  溶液与  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液反应生成微溶的  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ , 与  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  溶液反应生成  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  沉淀, 与  $\text{AlCl}_3$  溶液反应生成  $\text{AgCl}$  沉淀, 与  $\text{KNO}_3$  溶液不反应, 这三种沉淀均为白色, 无法区分, **B 不符合题意**;  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液与  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  溶液反应产生  $\text{CO}_2$  气体, 与其余三者均不反应, 无法区分  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{AlCl}_3$ 、 $\text{KNO}_3$  三种溶液, **C 不符合题意**;  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液与  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液反应生成  $\text{BaSO}_4$  白色沉淀, 与  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  溶液反应生成  $\text{BaCO}_3$  白色沉淀并生成有刺激性气味的气体, 与  $\text{AlCl}_3$  溶液反应先生成  $\text{Al}(\text{OH})_3$  白色沉淀,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液过量时沉淀溶解, 与  $\text{KNO}_3$  溶液不反应, 无明显现象, 四种现象均不同, 可区分, **D 符合题意**。

### 5.C 【命题点】物质性质的解释,涉及酸性、熔点及沸点比较

【深度解析】—CH<sub>3</sub> 是推电子基团,使羧基中羟基的极性减弱,故乙酸的酸性弱于甲酸, **A 正确**;二者均为离子晶体,且 C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>3</sub><sup>+</sup> 的体积大于 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>,则 C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>3</sub>NO<sub>3</sub> 的离子键相对较弱,所以其熔点较低, **B 正确**;Fe、Na 均属于金属晶体,由于金属 Fe 的金属键相对较强,所以其熔点较高,金属性是金属元素失电子的性质,与金属熔点无关, **C 错误**;H<sub>2</sub>O 中存在分子

间氢键,而  $\text{H}_2\text{S}$  分子间无氢键,故  $\text{H}_2\text{O}$  的沸点高于  $\text{H}_2\text{S}$ ,D 正确。

## 归纳总结

电子效应对酸碱性的影响:吸电子基团可降低其他基团的电子云密度,使含氧酸中羟基的极性增强,从而增强其酸性;推电子基团可增大其他基团的电子云密度,使羟基的极性减弱, $\text{O}-\text{H}$  不易断裂,酸性减弱。对于含氮类物质,吸电子基团可降低 N 原子电子云密度,使其结合  $\text{H}^+$  能力减弱,碱性减弱;推电子基团可增大 N 原子电子云密度,使其结合  $\text{H}^+$  能力增强,碱性增强。

**6.D 【命题点】**元素推断与元素周期律,涉及电负性、分子极性、电解质、金属腐蚀与防护

## 元素梳理

| 信息                            | 分析   | 结论     |
|-------------------------------|--|--------|
| X、Y、Z、M 的原子序数依次增大,分别位于不同的前四周期 | X 位于第一周期,由题中分子式可知 X 不是具有全满结构的 He,且 Z 位于第三周期,M 位于第四周期   | X 为 H  |
| Y 的最外层电子数是内层的 3 倍             | 最外层电子数 $\leq 8$ ,内层电子数 $\geq 2$ ,则 Y 的核外电子排布为 $\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ 2 \quad 6 \\ \diagdown \quad \diagup \end{array}$ | Y 为 O  |
| X 和 Y 的最外层电子数之和等于 Z 的最外层电子数   | Y 的最外层电子数为 6,X 的最外层电子数为 1,可知 Z 的最外层电子数为 7,且 Z 位于第三周期   | Z 为 Cl |
| M 的价层电子排布是 $3d^{10}4s^2$      | M 的电子排布式为 $1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^2$ ,故 M 为第 30 号元素   | M 为 Zn |

**【深度解析】**元素非金属性越强,电负性越大,非金属性: $X(H) < Y(O)$ ,故电负性: $X(H) < Y(O)$ ,**A 错误**;O 形成的两种单质为  $O_2$ 、 $O_3$ , $O_2$  是非极性分子,但  $O_3$  是极性分子(V 形结构导致分子正、负电中心不重合),**B 错误**; $X(H)$ 、 $Y(O)$ 、 $Z(Cl)$  形成的化合物并非全部为强电解质,如  $HClO$  属于弱电解质,**C 错误**;M 为 Zn,Zn 比 Fe 活泼,铁管上镶嵌 Zn 会形成 Zn-Fe 原电池,Zn 作负极,保护铁管,**D 正确**。

**7.A 【命题点】**晶胞结构分析,涉及均摊法、第一电离能、晶体密度计算等

【深度解析】铋离子位于顶点,与其距离相等且最近的  $O^{2-}$  位于棱心,分别位于其上、下、前、后、左、右,共有 6 个, **A 正确**;晶胞中铋离子位于顶点,所以晶胞中含有的铋离子个数为  $8 \times \frac{1}{8} = 1$ , **B 错误**;同主族元素从上到下第一电离能逐渐减小,同周期元素从左到右第一电离能呈增大趋势,所以第一电离能:  $Ba < (Be) < O$ , **C 错误**;晶胞中  $Ba^{2+}$  或  $K^{+}$  位于体心,其个数总和为 1,  $O^{2-}$  位于棱心,有  $12 \times \frac{1}{4} = 3$  个,所以 1 个晶胞中含 1 个

“Ba<sub>0.6</sub>K<sub>0.4</sub>BiO<sub>3</sub>”,质量是 $\frac{354.8}{N_A}$  g,晶胞体积为 $(a \times 10^{-7})^3$  cm<sup>3</sup>,

$$\text{所以晶体密度 } \rho = \frac{m}{V} = \frac{\frac{354.8}{N_A} \text{ g}}{(a \times 10^{-7})^3 \text{ cm}^3} = \frac{3.548 \times 10^{23}}{a^3 \cdot N_A} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3},$$

D 错误。

8. C 【命题点】物质结构与氧化还原反应,涉及化合价、空间结构、氧化剂与还原剂、转移电子数

【深度解析】NaSbO<sub>3</sub> 中 Na 为 +1 价, O 为 -2 价, 根据化合物中各元素正、负化合价代数和为 0 可得 Sb 的化合价为 +5, A 正确; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 的中心 N 原子价层电子对数是  $3 + \frac{5+1-3 \times 2}{2} = 3$ , 采用 sp<sup>2</sup> 杂化, 无孤电子对, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 空间结构为平面三角形, B 正确; 反应中氧化剂为 NaNO<sub>3</sub> (4 mol) 和 O<sub>2</sub> (3 mol), 总物质的量为 7 mol, 还原剂为 Sb (4 mol), 所以氧化剂与还原剂物质的量之比为 7:4, C 错误; 当 3 mol O<sub>2</sub> 参与反应时, 有 4 mol Sb 失去电子, Sb 元素化合价升高 5, 则整个反应总共转移 4 mol × 5 = 20 mol 电子, D 正确。

9. B 【命题点】电解原理, 涉及离子迁移、离子浓度变化、物质检验、总反应

#### 模型解读

题图装置为电解池, 左侧物质变化为  $\text{NO}_3^- \xrightarrow{+2e^-} \text{NO}_2^- \xrightarrow{+6e^-} \text{NH}_3$ , N 元素化合价降低, 则左侧电极为阴极, 右侧物质变化为  $\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2$ , Cl 元素化合价升高, 则右侧电极为阳极, 电极反应式分别为

| 电极       | 电极反应式   |
|----------|---|
| a 极 (阴极) | ① $\text{NO}_3^- + 2e^- + \text{H}_2\text{O} = \text{NO}_2^- + 2\text{OH}^-$<br>② $\text{NO}_2^- + 6e^- + 5\text{H}_2\text{O} = \text{NH}_3 \uparrow + 7\text{OH}^-$<br>①+②: $\text{NO}_3^- + 8e^- + 6\text{H}_2\text{O} = \text{NH}_3 \uparrow + 9\text{OH}^-$ |
| b 极 (阳极) | $2\text{Cl}^- - 2e^- = \text{Cl}_2 \uparrow$  |

【深度解析】电解过程中, 阳离子向阴极移动, 所以 K<sup>+</sup> 向左室迁移, A 正确; 电解过程中, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> 先生成再消耗, 是中间产物, 其浓度是增大还是减小, 取决于其生成速率与消耗速率的相对大小, 故无法判断其浓度变化, B 错误; b 处生成氯气, 与水反应生成 HCl 和 HClO, 蓝色石蕊试纸遇 HCl 变红, 后被 HClO 漂白而褪色, C 正确; 由两极电极反应式可得电解总反应为  $\text{NO}_3^- + 8\text{Cl}^- + 6\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{NH}_3 \uparrow + 9\text{OH}^- + 4\text{Cl}_2 \uparrow$ , D 正确。

10. C 【命题点】有机物的结构与性质, 涉及核磁共振氢谱、官能团的性质、聚合反应

【深度解析】X 是对称结构, 两个亚甲基等效, 两个羧基等效, 则 X 的核磁共振氢谱有 2 组峰, A 错误; 1 mol Y 含有 2 mol 羧基和 1 mol 碳溴键, 二者均能与 NaOH 溶液反应, 则 1 mol Y 最多可消耗 3 mol NaOH, B 错误; 天冬氨酸中含有羧基, 能和碱反应生成羧酸盐, 含有氨基, 能和酸反应生成盐, 属于两性化合物, C 正确; 天冬氨酸含有羧基和氨基, 可通过缩聚反应合成聚天冬氨酸, D 错误。

11. C 【命题点】SnCl<sub>2</sub> 的制备实验, 涉及实验操作、实验原理、溶液配制等

#### 实验分析

SnCl<sub>2</sub> 具有还原性, 先通入一段时间 HCl(g), 排出装置内的空气, 再开启管式炉加热, 以防止 Sn 及生成的 SnCl<sub>2</sub> 被氧化 (B 正确)。

石英管内发生反应:  $\text{Sn} + 2\text{HCl} \xrightarrow{\text{高温}} \text{SnCl}_2 + \text{H}_2$

【深度解析】SnCl<sub>2</sub> 易水解, 则导气管 a 需接一个装有碱石灰的干燥管, 吸收尾气 HCl 的同时还能防止水蒸气进入装置使 SnCl<sub>2</sub> 水解, A 正确; SnCl<sub>2</sub> 具有还原性, 若通入气体更换为 Cl<sub>2</sub>, SnCl<sub>2</sub> 可能被氧化为 SnCl<sub>4</sub>, 无法制备纯净的 SnCl<sub>2</sub>, C 错误; 配制 SnCl<sub>2</sub> 溶液时, 加入盐酸可抑制 Sn<sup>2+</sup> 水解, 加入金属 Sn 可防止 Sn<sup>2+</sup> 被氧化, D 正确。

12. D 【命题点】微工艺流程, 涉及原料预处理、试剂的选择、K<sub>sp</sub> 应用、离子方程式

【深度解析】粉碎工业废料能增大废料与浸出液的接触面积, 有利于提高金属元素的浸出率, A 正确; 由已知①知, 富集液中 Cd<sup>2+</sup>、Mn<sup>2+</sup> 浓度相当, 要用沉淀法分离 Cd<sup>2+</sup>、Mn<sup>2+</sup>, 应根据二者的 K<sub>sp</sub> 相差较大的难溶物类型选择沉淀剂, 由金属化合物的 K<sub>sp</sub> 可知, CdCO<sub>3</sub>、MnCO<sub>3</sub> 的 K<sub>sp</sub> 接近, 而 CdS 与 MnS 的 K<sub>sp</sub> 相差较大, 所以试剂 X 选择含 S<sup>2-</sup> 的试剂, 得到 CdS 滤饼, B 正确; 若先加入 NaHCO<sub>3</sub> 溶液进行“沉锰”, 已知富集液中 Cd<sup>2+</sup>、Mn<sup>2+</sup> 浓度相当, 且二者碳酸盐的 K<sub>sp</sub> 接近, 则 Cd<sup>2+</sup> 也会沉淀, 无法分离 Cd<sup>2+</sup> 和 Mn<sup>2+</sup>, 所以“沉镉”和“沉锰”的顺序不能对换, C 正确; “沉锰”时, 加入的 NaHCO<sub>3</sub> 溶液应过量, 生成的 H<sup>+</sup> 会与过量的 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 继续反应生成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O, 故反应的离子方程式为  $\text{Mn}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{MnCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ , D 错误。

13. D 【命题点】水溶液中的离子平衡, 涉及 pH 计算、粒子浓度大小比较、守恒关系等

#### 要点图解

$$K_{a1} = \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}, K_{a2} = \frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})c(\text{H}^+)}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}, \text{根据 } K_{a1} > K_{a2} \text{ 可知, 当 } \lg X = 0 \text{ 时, } \text{p}K_a = \text{pH}, \text{ 则 } \lg \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} = 0$$

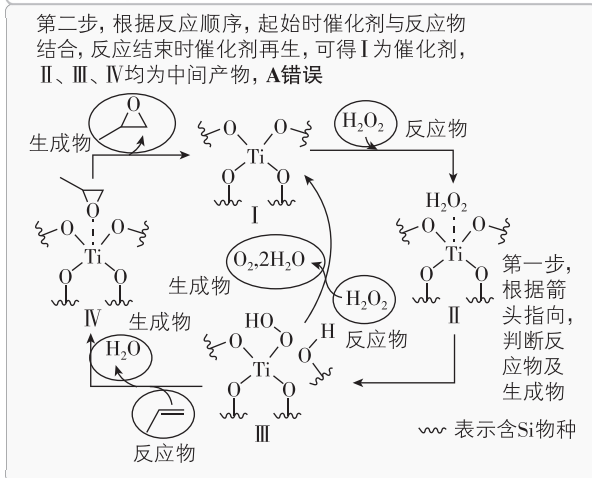
时, pH 更小, 故  $\text{p}K_{a1} = 1.2$ 、 $\text{p}K_{a2} = 3.8$ , 即  $K_{a1} = 10^{-1.2}$ 、 $K_{a2} = 10^{-3.8}$ 。

【深度解析】 $K_{a1} \times K_{a2} = \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} \times \frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})c(\text{H}^+)}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)} = \frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})c^2(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} = 10^{-5.0}$ , 当溶液中  $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$  时,  $c(\text{H}^+) = 10^{-2.5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , pH = 2.5, A 正确; 当溶液呈中性时, pH = 7, 结合题图知,  $\frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} > 1$ ,  $\frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)} > 1$ , 即  $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) > c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) > c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ , B 正确; 实验 2 中两溶液混合后,  $c(\text{Ba}^{2+}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 若此时  $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) > K_{sp}(\text{BaC}_2\text{O}_4) = 10^{-6.6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则有 BaC<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 沉淀生成, 根据

实验 1 计算  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液中  $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ , 向 H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 溶液中滴入 KOH 溶液, pH 增大, 题图中实线部分表示滴入 KOH 溶液后的 pH, 由此可知  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液中 pH = 1.2,  $\frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} = 10^0 = 1$ ,  $\frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)} = 10^{-2.6}$ , 设  $c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) = c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则  $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = 10^{-2.6}x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 由物料守恒可得,  $x + x + 10^{-2.6}x = 0.2$ , 则  $x \approx 0.1$ , 故  $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = 10^{-2.6}x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx 10^{-3.6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 实验 2 中两溶液混合后,  $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) \approx \frac{1}{2} \times 10^{-3.6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \gg 10^{-6.6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则有沉淀生成, C 正确; 由电荷守恒可得  $2c(\text{Ba}^{2+}) + c(\text{H}^+) = c(\text{Cl}^-) + 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{OH}^-)$ , 题中缺  $c(\text{OH}^-)$ , D 错误。

14. B 【命题点】反应机理,涉及催化剂、成键断键判断、化合价变化、原子利用率

要点图解



【深度解析】过程中存在  $\text{H}_2\text{O}_2$  中  $\text{O}-\text{O}$  非极性键的断裂,以及  $\text{O}_2$  中非极性键的形成,还存在  $\text{O}-\text{H}$  极性键的断裂,以及  $\text{O}-\text{C}$  极性键的形成,B 正确;过程中 Ti 形成的化学键始终是 4 个  $\text{Ti}-\text{O}$ ,所以 Ti 元素的化合价不变,C 错误;根据机理分析可得生成环氧丙烷的方程式为  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2+\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{CH}_3\text{CH}(\text{O})\text{CH}_2+\text{H}_2\text{O}$ ,原子利用率小于 100%,D 错误。

热点解读

催化反应机理类试题为近年来湖南卷命题的热点,2021 年以含 Fe 催化剂催化  $\text{HCOOH}$  分解为情境,2022 年以生物酶体系催化海洋中  $\text{NO}_2^-$  还原为情境,2023 年以含 Ru 催化剂电催化氧化  $\text{NH}_3$  合成  $\text{N}_2\text{H}_4$  为情境。试题以真实的催化过程为情境,以物质变化图像为载体,考查在转化过程中的成键断键机理、化合价变化、总反应的判断等,需要学生依据图像提取关键信息,解读信息并解决具体问题,难度较大,对能力要求较高。

15. (14 分)

(1) A (2) a

(3) 利用盐析效应,降低苯胺的溶解度,使其析出,提升产率  
(4) 上

(5) 防止其挥发损失并提高冷凝效率 防止高温下冷凝管因温差过大而炸裂

(6) B (7) 75%

【命题点】综合制备实验,涉及试剂的保存及用途、实验操作、实验原理及分析、产率计算等

【深度解析】(1) 常温下,硝基苯为液态物质,实验室保存在细口瓶中,A 正确。

(2) 冷凝管中冷凝水为下进上出,进水口为 a。

(3) 苯胺在水中有一定溶解度,利用盐析效应,加入  $\text{NaCl}$  固体,溶液中离子浓度增加,会导致苯胺的溶解度降低,溶解在水中的大部分苯胺析出,提升实验产率。

(4) 乙醚的密度小于水,所以分层后,醚层位于上层。

(5) 乙醚沸点低,易挥发,冰水浴可防止其挥发损失并提高冷凝效率;苯胺的沸点为  $184^\circ\text{C}$ ,回收乙醚后,为防止高温下冷凝管因温差过大而炸裂,需要放出冷凝管中的冷凝水再蒸馏。

(6) 该反应为放热反应,若温度过高,产物苯胺会与乙酸发生取代反应,导致产率下降,缓慢滴加硝基苯是为了控制反应温度,而非单纯减小速率,A 错误;蒸馏时需添加沸石以

防止暴沸,B 正确;硝基苯及苯胺的官能团不同,在红外光谱中有不同的吸收峰,可区分,C 错误;乙醚是一种有毒物质,具有挥发性,尾气需要处理,D 错误。

(7) 根据反应原理可知,0.08 mol 硝基苯理论上可制备 0.08 mol 苯胺,即苯胺的理论产量为  $0.08 \text{ mol} \times 93 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 7.44 \text{ g}$ ,实际产量为 5.58 g,所以产率为  $\frac{5.58}{7.44} \times 100\% = 75\%$ 。

16. (14 分)

(1)  $3\text{d}^8 4\text{s}^2$

(2)  $\text{SiO}_2 + \text{SO}_2 + \text{Co}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CoSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

(3)  $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[200^\circ\text{C}]{\text{高压}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{H}^+$  高温使  $\text{Fe}(\text{OH})_3$

分解为  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,防止形成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体吸附其他金属阳离子

(4) 0.01 (5)  $\text{Co}^{2+}$   $\text{Ni}^{2+}$   $\text{sp}^2$

【命题点】工艺流程,涉及价层电子排布式、化学方程式、离子方程式、 $K_{\text{sp}}$  相关计算、萃取、杂化类型等

流程分析

原料:  $\text{MnO}_2$ 、 $\text{FeO}(\text{OH})$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Co}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{CuO}$

目标产物: 电池级镍钴锰混合溶液、Mn

除杂元素:  $\text{Si}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Cu}$

酸浸还原:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{CuO}$  在  $\text{H}_2\text{SO}_4$  中溶解得金属阳离子  $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{MnO}_2$ 、 $\text{FeO}(\text{OH})$ 、 $\text{Co}_2\text{O}_3$  溶解并被还原为  $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{SiO}_2$  不与  $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  反应而进入滤渣;

沉铁: 向滤液中通入空气,将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ,调节  $\text{pH} = 3.2$ ,可使  $\text{Fe}^{3+}$  转化为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀,在  $200^\circ\text{C}$ 、高压条件下  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  分解为  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;……………第(3)问

沉铝: 加  $\text{NaOH}$ ,调节溶液  $\text{pH} = 5.2$ ,使  $\text{Al}^{3+}$  转化为  $\text{Al}(\text{OH})_3$  沉淀,此时未产生  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,则溶液中  $Q_c = c(\text{Cu}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) < K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2]$ ,即溶液中  $\text{Ni}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Co}^{2+}$  均未发生变化;

第一次萃取:  $\text{Cu}^{2+}$  被萃取进入萃取液 1,  $\text{Ni}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Co}^{2+}$  未发生变化;

第二次萃取:  $\text{Ni}^{2+}$ 、少量  $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Co}^{2+}$  被萃取进入萃取液 2,最终制得电池级镍钴锰混合溶液;……………第(5)问  
电解: 萃余液 2 中残留的  $\text{Mn}^{2+}$  进一步电解得 Mn。

【深度解析】(1) Ni 为 28 号元素,所以基态 Ni 原子的价层电子排布式为  $3\text{d}^8 4\text{s}^2$ 。

(2) “酸浸还原”时,“滤渣”的主要成分是  $\text{SiO}_2$ ;  $\text{SO}_2$  将 +3 价 Co 还原为 +2 价 Co,同时由于硫酸的作用得到  $\text{CoSO}_4$ ,化学方程式为  $\text{SO}_2 + \text{Co}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CoSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ 。

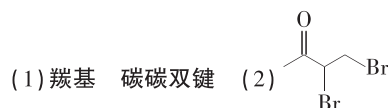
(3) “沉铁”时,  $\text{Fe}^{2+}$  转化为  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,铁元素化合价上升,则  $\text{O}_2$  作氧化剂,反应的离子方程式为  $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[200^\circ\text{C}]{\text{高压}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{H}^+$ ;已知金属氢氧化物胶体具有吸附性,可吸附金属阳离子,则加热至  $200^\circ\text{C}$  的主要原因是防止形成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体而吸附其他金属阳离子,导致产率下降。

(4) 由表中数据可得  $K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2] = c(\text{Cu}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) = 0.1 \times (10^{-9.3})^2 = 10^{-19.6}$ ,“沉铝”时,未产生  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  沉淀,则  $Q_c = c(\text{Cu}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) < K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2]$ ,可得  $c(\text{Cu}^{2+}) < \frac{K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2]}{c^2(\text{OH}^-)} = \frac{10^{-19.6}}{(10^{-8.8})^2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

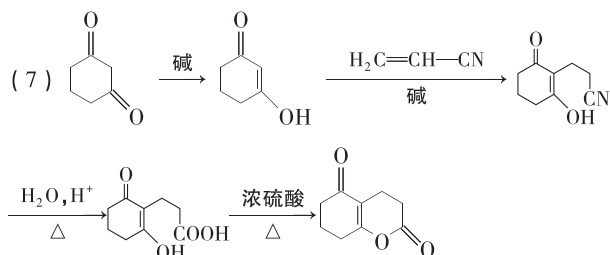
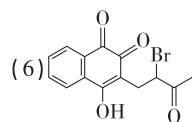
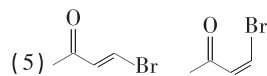
(5) “第二次萃取”时,有部分  $\text{Mn}^{2+}$  进入萃余液 2,则主要萃取的是  $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ ,因此  $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$  与混合萃取剂形成的配合物更稳定;六元 N 杂环是平面结构,则 N 原子采取  $\text{sp}^2$  杂化。



## 17. (15分)



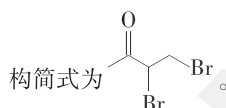
(3) 氧化反应 (4) 可能



【命题点】有机合成与推断,涉及官能团的名称、反应类型、结构简式、顺反异构、碳原子共面、合成路线设计等

【深度解析】(1) A中含有的官能团为羰基和碳碳双键。

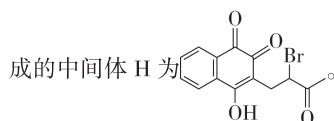
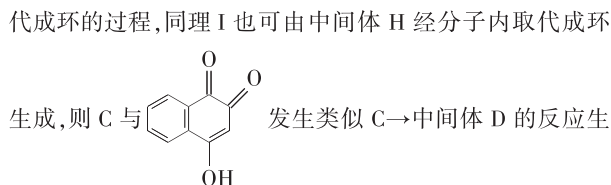
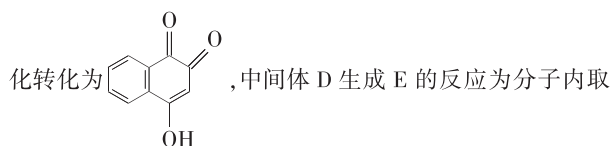
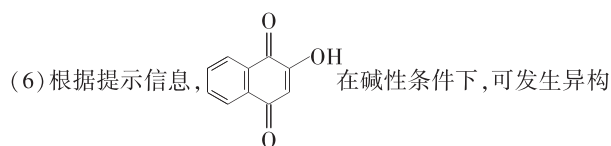
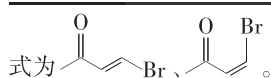
(2) A中的碳碳双键与  $\text{Br}_2$  发生加成反应生成 B,则 B 的结



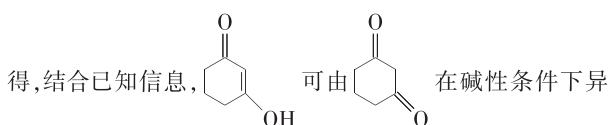
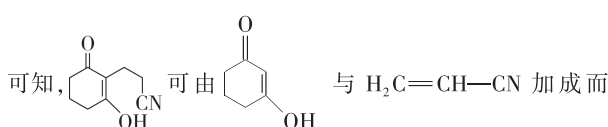
(3) 观察 E、F 的结构可知, E→F 发生五元环上的“去氢”反应,反应类型是氧化反应。

(4) F 中除最右侧甲基碳原子为  $\text{sp}^3$  杂化,其余均为  $\text{sp}^2$  杂化,苯环、羰基及五元杂环分别确定一个平面,且平面间均通过单键相连,旋转单键可使所有碳原子共面。

(5) B 生成 C 的过程是端位的 Br 与 3 号碳原子上的 H 消去形成碳碳双键,也可以是 3 号碳原子上的 Br 与端位的 H 原子发生消去反应,此时 2 个双键碳原子均连接 2 个不同的原子或原子团,存在顺反异构,考虑立体异构, G 的结构简

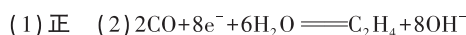


(7) 目标产物可由 发生分子内酯化反应得到,



构而得,具体合成路线见答案。

## 18. (15分)



(3) -126 B

(4) ①  $^*\text{C}_2\text{H}_5 + ^*\text{C}_2\text{H}_4 = ^*\text{C}_4\text{H}_9$  由  $^*\text{C}_4\text{H}_9$  生成  $\text{C}_4\text{H}_8$  时,活化能较大,反应速率慢 ② CO 的量增多,流速一定,则  $\text{C}_2\text{H}_4$ 、 $\text{H}_2$  的浓度减小,反应 i、ii 平衡逆向移动 0.16

【命题点】化学反应原理综合,涉及电解原理、反应热计算、自发条件判断、决速步骤、平衡移动、 $K_p$  计算等

【深度解析】(1) 由题图甲可知,电极 N 上 CO 转化为  $\text{C}_2\text{H}_4$ , C 元素化合价降低,发生还原反应,电极 N 为阴极,则电极 M 为阳极,与电源正极相连。

(2) CO 在碱性环境中得电子转化为  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,电极反应式为  $2\text{CO} + 8\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} = \text{C}_2\text{H}_4 + 8\text{OH}^-$ 。

(3) 目标反应=反应 ii - 反应 i,根据盖斯定律,  $\Delta H = \Delta H_2 - \Delta H_1 = -230.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (-104.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -126 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;该反应为熵减的放热反应,依据  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$  时,反应能自发进行,可得反应在低温下易自发进行。

(4) ① 决速步骤为反应过程中活化能最大的步骤,由题图乙可知,生成  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  过程经过 TS II 的步骤活化能最大,该步骤的反应式为  $^*\text{C}_2\text{H}_5 + ^*\text{C}_2\text{H}_4 = ^*\text{C}_4\text{H}_9$ 。② 由“反应近似达到平衡”可知,随着  $x$  的增大,  $\text{C}_2\text{H}_4$  的转化率减小是平衡移动导致的,随  $x$  的增大,CO 的量增多,流速一定,则  $\text{C}_2\text{H}_4$ 、 $\text{H}_2$  的浓度减小,反应 i、ii 平衡逆向移动,  $\text{C}_2\text{H}_4$  的转化率减小; $x=2$  时,入口处  $p_0(\text{CO}) = p_0(\text{C}_2\text{H}_4) = 100 \text{ kPa} \times \frac{2}{5} =$

$40 \text{ kPa}$ ,  $p_0(\text{H}_2) = 100 \text{ kPa} \times \frac{1}{5} = 20 \text{ kPa}$ ,由题图丙可得  $\text{C}_2\text{H}_4$

的转化率为 90%,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  的选择性为 80%,  $\text{C}_4\text{H}_8$  的选择性为 20%,恒容反应器中物质的量之比等于压强之比,所以可得平衡时  $p_{\text{平}}(\text{C}_2\text{H}_4) = 40 \text{ kPa} \times (1 - 90\%) = 4 \text{ kPa}$ ,根据选择性的定义,可得反应 ii 消耗的  $p_{\text{耗}}(\text{C}_2\text{H}_4) = 40 \text{ kPa} \times 90\% \times 80\% = 28.8 \text{ kPa}$ ,可列关系式如下:

$$2\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})$$

| 变化量/kPa   | 28.8 | 14.4 | 14.4 |
|---|------|------|------|
| 可得平衡时 $p_{\text{平}}(\text{H}_2) = 20 \text{ kPa} - 14.4 \text{ kPa} = 5.6 \text{ kPa}$ ,  |      |      |      |
| $p_{\text{平}}(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 14.4 \text{ kPa}$ ,所以反应 ii 的 $K_p =$   |      |      |      |
| $\frac{p_{\text{平}}(\text{C}_4\text{H}_{10})}{p_{\text{平}}^2(\text{C}_2\text{H}_4)p_{\text{平}}(\text{H}_2)} = \frac{14.4}{4^2 \times 5.6} (\text{kPa})^{-2} \approx 0.16 (\text{kPa})^{-2}$ |      |      |      |