

2026 年江苏省普通高中学业水平选择性考试

本试卷满分为 100 分,考试用时 75 分钟

可能用到的相对原子质量: H—1 C—12 N—14 O—16 Al—27 S—32 Cl—35.5 K—39
Ca—40 Fe—56 Rb—85.5

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. 构建新型能源体系,建设能源强国。下列属于化学能向电能转化的是 ()

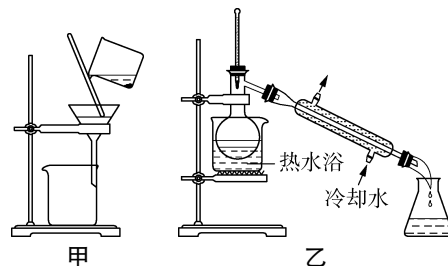
- A. 风力发电 B. 水力发电
C. 燃料电池发电 D. 潮汐发电

2. 反应 $\text{CO}(\text{NHNH}_2)_2 + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} 3\text{H}_2\text{O} + 2\text{N}_2 + \text{CO}_2$ 可除去锅炉水中少量 O_2 。下列说法正确的是 ()

- A. CO_2 分子中含有 σ 键 B. O 的原子结构示意图为 $\text{(+8)} \begin{array}{c} 2 \\ 8 \end{array}$
C. N_2 的结构式为 $\text{N}=\text{N}$ D. H_2O 的电子式为 $\text{H}:\text{O}:\text{H}$

3. 实验室从黄花蒿中提取青蒿素的步骤为研磨→石油醚浸取→过滤→蒸馏浓缩→提纯,部分装置如图所示。下列描述或操作正确的是 ()

- A. 研磨的目的是提高青蒿素的浸取率
B. 青蒿素溶于石油醚的原因是二者密度相近
C. 使用装置甲过滤,将青蒿素留在滤纸上
D. 使用装置乙蒸馏浓缩,冷却水温度要高于石油醚的沸点



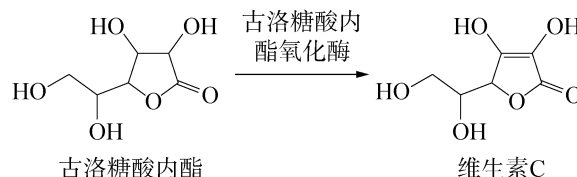
4. 锡(Sn)是中国古代青铜中的重要金属,Sn 位于第五周期第ⅣA 族。下列说法正确的是 ()

- A. 气态分子的热稳定性: $\text{SnH}_4 > \text{CH}_4$ B. 第一电离能: $I_1(50\text{Sn}) > I_1(53\text{I})$
C. 原子半径: $r(\text{Sn}) > r(\text{Si})$ D. 基态 Sn 原子最外层电子排布式为 $5s^2 5p^4$

阅读下列材料,完成 5~7 题:关爱生命,健康第一。糖类、蛋白质、油脂、维生素和无机盐等是人体必需营养物质。在特定酶的作用下,1 mol 葡萄糖 $[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})]$ 被 $\text{O}_2(\text{g})$ 完全氧化成 $\text{CO}_2(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, 释放出约 2 800 kJ 热量,蛋白质和油脂会水解、代谢,部分生物可在体内合成具有还原性的维生素 C(结构如第 5 题图所示)。元素对人体健康有重要影响, Na^+ 、 K^+ 可维持电解质平衡,Fe、Zn 等是重要的微量元素, Fe^{2+} 比 Fe^{3+} 更易被吸收,食盐中添加适量 KIO_3 用于预防碘缺乏。合理用药可治疗疾病, $\text{Al}(\text{OH})_3$ 用于治疗胃酸过多。

5. 下列说法正确的是 ()

- A. 糖类、蛋白质和油脂中均含有 C、H、O、N 四种元素
B. 蛋白质代谢产物尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 分子间可形成氢键
C. 油脂水解的主要产物是乙二醇和脂肪酸
D. 如图所示的反应中,古洛糖酸内酯脱去 H_2O



6. 下列化学反应表示正确的是 ()

- A. 酸性 KI-淀粉溶液检测加碘盐中的 IO_3^- : $\text{IO}_3^- + 3\text{I}^- + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

B. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$ 被 $\text{O}_2(\text{g})$ 完全氧化为 $\text{CO}_2(\text{g})$ 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的热化学方程式: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + 6\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 6\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = 2800 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

C. HCO_3^- 在血液中维持酸碱平衡: $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}^+$

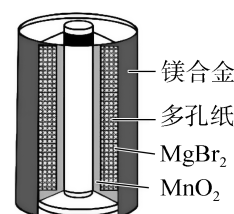
D. $\text{Al}(\text{OH})_3$ 中和过多胃酸: $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$

7. 下列说法正确的是 ()

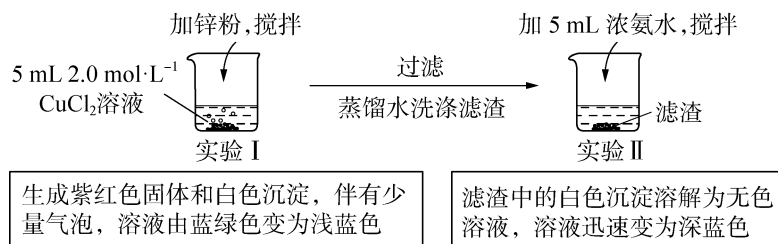
- A. Na^+ 、 K^+ 最外层具有 8 电子稳定结构, 钠、钾化合物均不易分解
- B. 基态 Zn^{2+} 的 d 轨道全充满, 可提供孤电子对与 NH_3 形成配位键
- C. Fe^{2+} 易被氧化, 补血剂 FeSO_4 常与维生素 C 同服
- D. 人体合成蛋白质需要 α -氨基酸, 主要依靠摄入蔗糖补充氨基酸

8. 镁锰干电池的结构如图所示, MgBr_2 作电解质, 干电池的总反应式为 $\text{Mg} + 2\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Mn}_2\text{O}_3 + \text{Mg}(\text{OH})_2$, 该电池的缺点是易“鼓包”。下列说法正确的是 ()

- A. 镁合金作负极, 发生还原反应
- B. 电池工作过程中, Br^- 从负极向正极迁移
- C. 引起“鼓包”的反应: $2\text{Mg} + 2\text{MnO}_2 \rightleftharpoons 2\text{MgO} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{Mn}$
- D. 1 mol MnO_2 参加反应, 理论上外电路中通过电子的总物质的量为 1 mol



9. 为研究 Cu^{2+} 的性质, 实验操作及现象如下图所示。

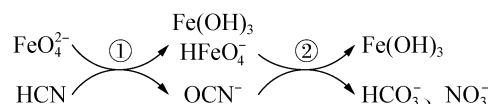


已知: 白色沉淀是 CuCl ; $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$ 具有较强的还原性, 其溶液为无色。下列说法正确的是 ()

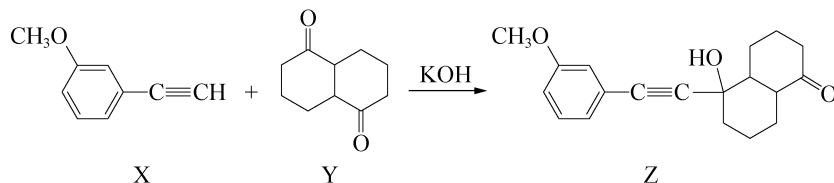
- A. 实验 I 中 Cu^{2+} 发生复分解反应生成 CuCl
- B. 实验 II 中无色溶液中的 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$ 被 O_2 氧化
- C. 实验 I、II 反应后溶液中: $n_1(\text{Cl}^-) < n_{\text{II}}(\text{Cl}^-)$
- D. 实验 I、II 反应后溶液的 pH 均大于 7

10. 净水剂高铁酸钾(K_2FeO_4)在酸性条件下极不稳定。向含氰(以 HCN 表示)废水中加入 K_2FeO_4 , 转化过程如图所示。下列说法正确的是 ()

- A. 反应①②中 Fe 元素的化合价均升高
- B. 酸性条件下, K_2FeO_4 转化为 K_2O 和 Fe_2O_3
- C. 理论投料比 $n(\text{K}_2\text{FeO}_4) : n(\text{HCN}) = 10 : 3$
- D. 废水中的 NO_3^- 可被 FeO_4^{2-} 进一步氧化为 N_2



11. 化合物 Z 是一种甾类激素药物的中间体, 可由下列反应制得。



下列说法正确的是

()

A. X 和 Z 均能使 Br_2 的 CCl_4 溶液褪色

B. 1 mol X 最多能和 4 mol H_2 发生加成反应

C. Y 分子中所有碳原子均在同一平面上

D. Z 分子中只含有 1 个手性碳原子

12. 室温下, FeCl_3 和磷酸浓度均为 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的混合溶液用 NaOH 调节 pH。随 pH 增大, 先产生 FePO_4 沉淀, 后逐渐转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀。溶液中 $c(\text{Fe}^{3+})$ 和 $c_{\text{总}}$ (含 P 物种) 随溶液 pH 的变化如图所示。已知: 含 P 物种包括 H_3PO_4 、 H_2PO_4^- 、 HPO_4^{2-} 和 PO_4^{3-} ; H_3PO_4 的 $K_{a1}=7.1 \times 10^{-3}$ 、 $K_{a2}=6.3 \times 10^{-8}$ 、 $K_{a3}=4.5 \times 10^{-13}$ 。下列说法正确的是

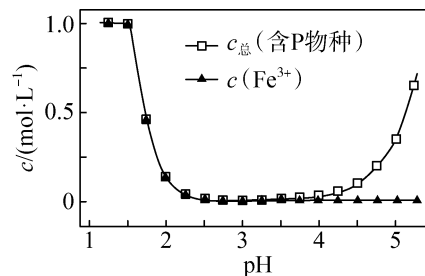
()

A. H_3PO_4 溶液中: $3c(\text{PO}_4^{3-}) + 2c(\text{HPO}_4^{2-}) + c(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = c(\text{H}^+)$

B. pH=4.5 时, 溶液中 $c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c(\text{PO}_4^{3-}) < K_{sp}(\text{FePO}_4)$

C. pH=5 时, 溶液中 $c(\text{HPO}_4^{2-}) < c(\text{H}_3\text{PO}_4)$

D. pH 由 1.5 增大至 5, 溶液中 $c(\text{PO}_4^{3-})$ 逐渐增大



13. CO_2 加氢制乙烯过程中的主要反应如下:



在密闭容器中, $c_{\text{起始}}(\text{CO}_2) : c_{\text{起始}}(\text{H}_2) = 1 : 3$ 时, p_1 、 p_2 压强下 CO_2 的平衡转化率和 p_3 压强下 CO_2 的实际转化率(催化剂作用下反应相同时间, 且 $p_3 > p_2$)随温度的变化如图所示。

下列说法正确的是

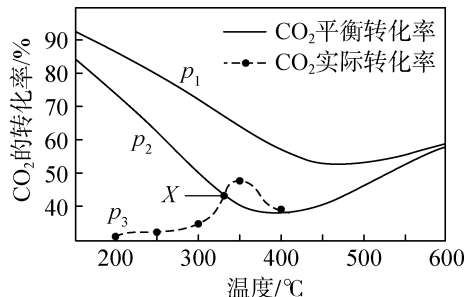
()

A. 压强不变, 温度从 200°C 升高至 300°C , 平衡时 $c(\text{H}_2)$ 减小

B. 300°C 时, 增大反应压强, 平衡时 $n(\text{CO}) : n(\text{CO}_2)$ 减小

C. 200°C 升高至 300°C , p_1 下 CO_2 平衡转化率变化值大于 p_2 下 CO_2 平衡转化率变化值

D. 其他条件不变, 延长 X 点实际反应时间, CO_2 的转化率不变

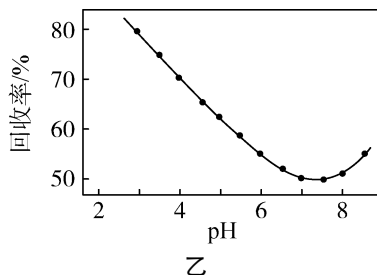
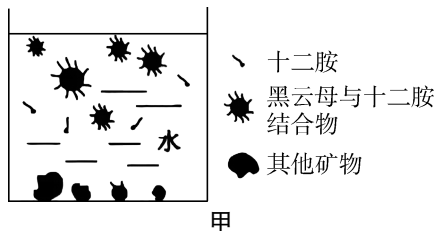


二、非选择题: 共 4 题, 共 61 分。

14. (14 分) 含铷(Rb, 第 I A 族元素) 矿物黑云母生产的 RbCl , 可用于航空航天领域。黑云母的化学式为 $\text{MFe}_3\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_x$, 其中 M 为 Rb 或 K。

(1) 浮选分离。黑云母与十二胺($\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NH}_2$) 结合后会上浮, 与其他矿物分离后回收, 浮选示意图如图甲所示。已知: 黑云母在水中表面带负电荷。

① 黑云母上浮, 是因为十二胺中的 _____ (填“烃基”或“氨基”) 具有疏水性。



② 黑云母的回收率随浮选时水的 pH 变化如图乙所示。酸性条件下浮选时, pH 越小, 黑云母回收率越大的原因是 _____。

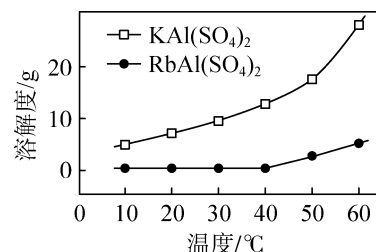
(2) 硫酸酸浸。黑云母具有层状结构, 与硫酸反应得到硫酸盐和 SiO_2 , 酸浸时加入 Mg^{2+} 等金属离子进入

层间,能将 Rb^+ 交换出来,产生的空隙有利于 H^+ 进入,提升酸浸效果。

①某黑云母的化学式中 $x=3$,酸浸液中主要的金属阳离子有 Rb^+ 、 K^+ 、 Al^{3+} 、 Mg^{2+} 、_____ (填离子符号)。

②其他条件不变,酸浸时添加同浓度的 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 比 MgSO_4 浸出效果好,可能的原因是_____。

(3)结晶焙烧。浸出液除杂后得到含 Rb^+ 、 K^+ 、 Al^{3+} 、 SO_4^{2-} 的混合溶液,蒸发浓缩、冷却结晶获得 $\text{RbAl}(\text{SO}_4)_2$ 晶体(相关物质的溶解度曲线如图丙所示),焙烧后获得 Rb_2SO_4 。



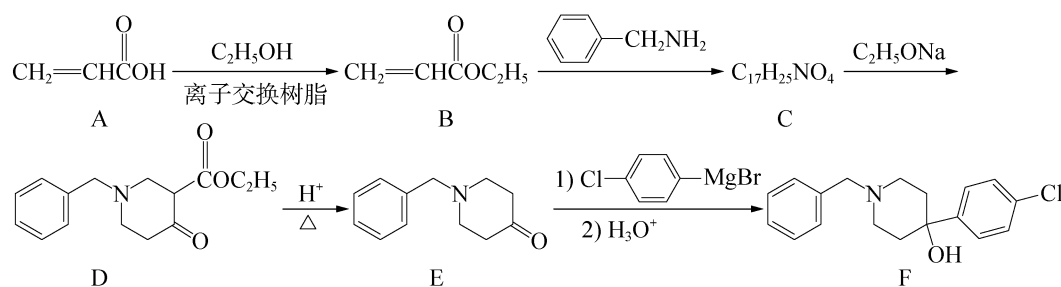
丙

①为提高 $\text{RbAl}(\text{SO}_4)_2$ 的回收率和纯度,结晶后,趁热过滤的适宜温度为_____°C。

②将 $\text{RbAl}(\text{SO}_4)_2$ 在 700 °C 进行焙烧,分解仅得到 Rb_2SO_4 和两种氧化物,该反应的化学方程式为_____。

(4)萃取转化。将含 2.67 g Rb_2SO_4 和 6.96 g K_2SO_4 的混合溶液多次萃取转化,获得 RbCl 和 KCl 混合溶液。已知: Rb 元素回收率为 96%, K 元素回收率为 40% $\left[\text{回收率} = \frac{n_{\text{萃取转化所得}}(\text{M}^+)}{n_{\text{萃取转化前}}(\text{M}^+)} \times 100\%\right]$ 。计算萃取转化所得溶液中的 $\frac{c(\text{Rb}^+)}{c(\text{K}^+)}$ (写出计算过程)。

15. (14 分)F 是合成某种镇痛药物的中间体,其合成路线如下:



(1)A 分子中采取 sp^2 杂化的碳原子数目为_____。

(2)向 A 和 B 的混合溶液中加入饱和 NaHCO_3 溶液,可观察到的现象是_____。

(3) $\text{B} \rightarrow \text{C}$ 发生加成反应,C 的结构简式为_____。

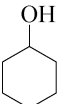
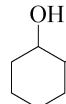
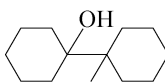
(4)已知: $\text{R}_1-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-\text{R}_2 \xrightarrow{\text{水解}} \text{R}_1-\text{C}(=\text{O})-\text{OH} + \text{R}_2-\text{NH}_2$ (R_1 、 R_2 表示 H 原子或烃基)。

写出同时满足下列条件的 D 的一种同分异构体的结构简式:_____。

①水解生成 X、Y 和 Z 三种有机产物;

- ②X、Y 均含六元环,且都具有酸性;
 ③X 能与 FeCl_3 溶液发生显色反应;
 ④Y 的核磁共振氢谱有 3 组峰,对应的氢原子个数之比为 4 : 1 : 1。

(5)已知: $\text{RBr} \xrightarrow[\text{无水乙醚}]{\text{Mg}} \text{RMgBr}$ (R 表示烃基)。

写出以  和  为原料制备  的合成路线流程图(无机试剂和有机溶剂任用,合成路线流程图示例见本题题干)。

16. (16 分)学习小组对氯碱生产过程中不同阶段的食盐水进行实验研究。

(1)粗盐水的检验和精制。

①用洗净的铂丝蘸取粗盐水进行焰色试验,焰色为黄色,没有观察到 Ca^{2+} 的砖红色。不能确定粗盐水中是否含有 Ca^{2+} 的理由是_____。

②准确量取 100.00 mL Ca^{2+} 浓度约 $160 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的粗盐水置于锥形瓶中,调节至碱性,加入指示剂,用 EDTA ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$) 标准溶液滴定至终点(滴定反应为 $\text{Ca}^{2+} + \text{Y}^{4-} = \text{CaY}^{2-}$),如图甲所示。则 EDTA 标准溶液的浓度应选择_____ (填字母)。

A. $0.01000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

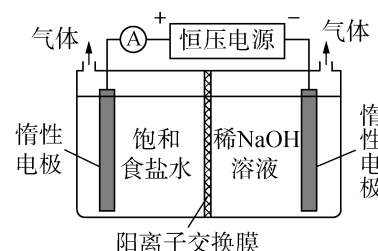
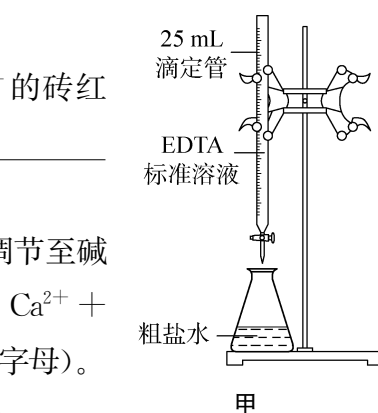
B. $0.02000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

③用 CaO 和 Na_2CO_3 作沉淀剂可将粗盐水中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 转化为 CaCO_3 和 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 除去。粗盐水中 $c(\text{Ca}^{2+}) : c(\text{Mg}^{2+}) = 1 : 2$,沉淀剂的投料比 $n(\text{CaO}) : n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2)离子膜法电解食盐水。模拟氯碱工业生产进行的实验如图乙所示。

①一段时间后,阴极室中 NaOH 溶液的浓度升高,从电解原理角度分析其原因:_____。

②相同电压下,电解相同时间,饱和粗盐水比饱和精制食盐水的电流表读数下降更多,可能原因是_____。



(3)净化和测定。用 Na_2SO_3 溶液除去电解后食盐水(pH 约为 3)中含有的 Cl_2 和 HClO ,并测定处理后溶液中的 $n(\text{SO}_4^{2-})$,实现 NaCl 的循环利用。

① Na_2SO_3 与 HClO 反应的离子方程式为_____。

②请补充完整实验方案:取 100 mL 电解后的食盐水,边搅拌边缓慢滴加 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{SO}_3$ 溶液,

_____, 冷却, 恒重后称量质量, 计算得到 $n(\text{SO}_4^{2-})$ (已知: $800\text{ }^\circ\text{C}$ 灼烧, 定量滤纸不留任何残渣, BaSO_4 不分解。必须使用的试剂、用品和仪器有 $0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ BaCl}_2$ 溶液、KI-淀粉试纸、定量滤纸、已知质量的坩埚)。

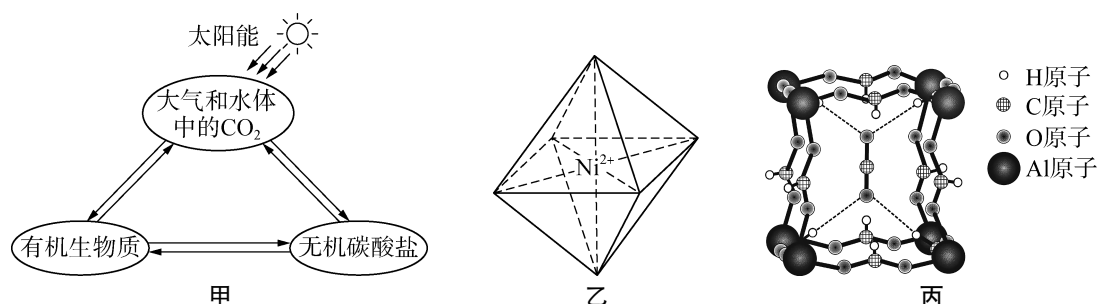
17. (17 分) 碳循环是地球生物圈主要的物质循环。

(1) 自然界中的主要碳循环过程如图甲所示。数百万年前, 大气中的 $^{13}\text{CO}_2$ 经碳循环后, ^{13}C 会存在于 _____ (填字母)。

A. 水体中的 CO_2

B. 淀粉

C. 石灰石



(2) 碱液捕集 CO_2 。一定温度下, 用浓氨水吸收含 CO_2 的模拟烟气, 常加入一定浓度的 NiCl_2 溶液, 生成一种空间结构为正八面体的镍氨配合物离子, Ni^{2+} 位于正八面体中心, 如图乙所示, 生成镍氨配合物的离子方程式为 _____, 加入 NiCl_2 溶液的作用是 _____。

(3) 金属有机骨架(简称 MOFs)材料在 CO_2 资源利用中有重要应用。MOFs 材料具有一定数量孔隙, 热稳定性不高。

①一定条件下, 利用一种 Cu 基 MOFs 材料催化电解 KHCO_3 与 KNO_2 碱性混合液制备尿素, 阴极区 HCO_3^- 、 NO_2^- 生成 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 的电极反应式为 _____。

②某 Al 基 MOFs 材料 $\text{Al}(\text{HCOO})_3$ 可吸附 CO_2 , 结构如图丙所示, Al、C、O 形成 _____ (填数字) 元环状结构。为检测其吸附能力, 将 8.98 g 吸附 CO_2 至饱和的 $\text{Al}(\text{HCOO})_3$ (不含其他气体和杂质) 在空气中加热, $350\text{ }^\circ\text{C}$ 时完全分解生成 $2.55\text{ g Al}_2\text{O}_3$, 则材料对 CO_2 的饱和吸附量为 _____ $\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ [已知: CO_2 的饱和吸附量 = $\frac{n_{\text{饱和和吸附}}(\text{CO}_2)}{m(\text{MOFs 材料})}$]。

③一定条件下, 密闭体系中发生反应: $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{HCOOH}$ 。不改变其他条件, 反应相同时间, 加入 $\text{Al}(\text{HCOO})_3$ 能显著提升 HCOOH 的产率。已知: CO_2 分子碳氧键键能大、结构稳定。从结构和反应原理角度分析产率增大的可能原因: _____。

④已知: $\text{Al}(\text{HCOO})_3$ 孔隙尺寸为 $0.41\sim 0.46\text{ nm}$, CO_2 分子直径为 0.33 nm 。为实现 CO_2 的高效捕集和资源利用, 结合相关结构和性质, 综合分析 Al 基 MOFs 材料的优化方向是 _____。

2026 年江苏省普通高中学业水平选择性考试

答案速查

1~5 CAACB 6~10 DCDBC 11~13 ADB

1. C 风力发电是将风的机械能先转化为风机的机械能,再将风机的机械能转化为电能,A 不符合题意;水力发电是将水的机械能先转化为涡轮机的机械能,再将涡轮机的机械能转化为电能,B 不符合题意;燃料电池发电是通过燃料与氧化剂发生氧化还原反应,将燃料储存的化学能直接转化为电能,C 符合题意;潮汐发电是将海水的机械能先转化为涡轮机的机械能,再将涡轮机的机械能转化为电能,D 不符合题意。

2. A CO_2 分子的结构式为 $\text{O}=\text{C}=\text{O}$,每个碳氧双键中含 1 个 σ 键和 1 个 π 键,故 CO_2 分子中含有 σ 键,A 正确;O 原子核外有 8 个

电子,最外层为 6 个电子,O 的原子结构示意图为 $\begin{array}{c} \text{(+8)} \\ \text{2} \\ \text{6} \end{array}$,B 错误;

N_2 的结构式为 $\text{N}\equiv\text{N}$,C 错误;O 原子最外层有 6 个电子,其中 2 个电子分别与 2 个 H 的最外层电子配对,剩余的 4 个电子形成 2 个孤电子对,故 H_2O 的电子式为 $\text{H}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$,D 错误。

3. A 研磨可增大黄花蒿与石油醚间的接触面积,使青蒿素能更充分地溶解在石油醚中,提高青蒿素的浸取率,A 正确;青蒿素的极性较弱,石油醚的主要成分是戊烷和己烷,是典型的非极性溶剂,根据相似相溶原理,青蒿素易溶于石油醚,B 错误;过滤时,青蒿素已经溶解在石油醚中,故过滤后青蒿素留在滤液中,C 错误;蒸馏浓缩时,冷却水的作用是将石油醚蒸气冷凝为液态后回收至锥形瓶中,故冷却水的温度要低于石油醚的沸点,否则达不到冷凝效果,D 错误。

知识拓展 提取青蒿素时,一般选择乙醚作溶剂的原因

高温下青蒿素易分解,而乙醚的沸点低,其沸点为 34.5°C ,则乙醚能在低温下蒸发,故在较低温度下蒸馏,乙醚被蒸发出去,而青蒿素留在蒸馏烧瓶内,保证青蒿素的结构不会被破坏。

4. C 同主族元素从上到下,非金属性逐渐减弱,非金属性 $\text{Sn}<\text{C}$,元素的非金属性越强,其简单气态氢化物的热稳定性越强,故气态分子的热稳定性 $\text{SnH}_4<\text{CH}_4$,A 错误;同周期主族元素从左到右,第一电离能总体呈增大趋势,Sn 和 I 同周期,原子序数 $\text{Sn}<\text{I}$,故第一电离能 $I_1(\text{Sn})<I_1(\text{I})$,B 错误;同主族元素从上到下,原子半径逐渐增大,Si 和 Sn 同主族,Si 在第三周期,Sn 在第五周期,故原子半径 $r(\text{Sn})>r(\text{Si})$,C 正确;Sn 为第 IV A 族元素,最外层有 4 个电子,故基态 Sn 原子最外层电子排布式为 $5s^2 5p^2$,D 错误。

5. B 油脂是高级脂肪酸的甘油酯,不含 N 元素,油脂和糖类中仅含 C、H、O 三种元素,A 错误;尿素分子中存在 N—H 键,N—H 键上的 H 原子可与另一个尿素分子中的 O 原子形成分子间氢键,B 正确;油脂是高级脂肪酸的甘油酯,在酸性条件下水解的产物是丙三醇和高级脂肪酸,在碱性条件下水解的产物是丙三醇和高级脂肪酸盐,C 错误;比较两种有机物的结构简式可知,反应过程中古洛糖酸内酯中的 C—C 脱氢转变为维生素 C 中的 C=C,则古洛糖酸内酯脱去 2 个 H 原子,D 错误。

6. D 离子方程式得失电子不守恒,电荷不守恒,正确的离子方程式为 $\text{IO}_3^- + 5\text{I}^- + 6\text{H}^+ = 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$,A 错误;根据材料可知,1 mol 葡萄糖 $[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})]$ 被 $\text{O}_2(\text{g})$ 完全氧化为 $\text{CO}_2(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$,释放出约 2 800 kJ 热量,为放热反应, ΔH 应为负值,正确的热化学方程式为 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + 6\text{O}_2(\text{g}) = 6\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H = -2\,800\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$,B 错误; HCO_3^- 与 H_2CO_3 在血液中通

过平衡 $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 维持酸碱平衡,酸性物质增多,平衡正向移动,避免 H^+ 的浓度显著增大,碱性物质增多, OH^- 与 H^+ 结合生成水,平衡逆向移动,避免 OH^- 的浓度显著增大,C 错误;胃酸中主要含盐酸, $\text{Al}(\text{OH})_3$ 可与盐酸反应,离子方程式正确,D 正确。

7. C 虽然 Na^+ 、 K^+ 最外层具有 8 电子稳定结构,但部分钠、钾化合物易分解,如 NaHCO_3 、 KHCO_3 受热均易分解,A 错误;基态 Zn^{2+} 的 3d 轨道全充满,但其 4s、4p 轨道都是空轨道, Zn^{2+} 可提供空轨道,与 NH_3 中 N 原子上的孤电子对形成配位键,基态 Zn^{2+} 不提供孤电子对,B 错误; Fe^{2+} 易被氧化,由材料可知,维生素 C 具有还原性,可防止 Fe^{2+} 被氧化,故补血剂 FeSO_4 常与维生素 C 同服,C 正确;蔗糖水解生成葡萄糖和果糖,无法直接提供氨基酸,D 错误。

8. D 干电池的总反应式中,Mg 由 0 价升高为 +2 价,失电子,被氧化,则镁合金作负极,发生氧化反应, MnO_2 作正极,发生还原反应,A 错误; Br^- 为阴离子,原电池工作时,阴离子从正极向负极迁移,故 Br^- 从正极向负极迁移,B 错误;电池“鼓包”,说明电池内部有气体产生,但 Mg 是强还原剂,会继续被反应生成的 O_2 氧化,即反应不会生成 O_2 ,引起“鼓包”的原因是 Mg 与水反应产生了 H_2 ,C 错误;电池总反应中,Mn 元素由 MnO_2 中的 +4 价降低为 Mn_2O_3 中的 +3 价,故 1 mol MnO_2 参加反应,理论上外电路中通过电子的总物质的量为 1 mol,D 正确。

9. B 启发性分析 实验 I 向 5 mL $2.0\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ CuCl_2 溶液

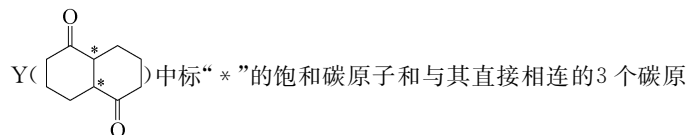
中加入锌粉,生成紫红色固体(Cu)和白色沉淀,已知白色沉淀为 CuCl ,说明发生反应 $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn} = \text{Cu} + \text{Zn}^{2+}$ 、 $2\text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^- + \text{Zn} = 2\text{CuCl} + \text{Zn}^{2+}$,由于 CuCl_2 溶液中的 Cu^{2+} 水解,溶液呈弱酸性,酸性条件下 Zn 可发生反应 $\text{Zn} + 2\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\uparrow$,故伴有少量气泡,溶液由蓝绿色变为浅蓝色,是溶液中的 $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ 转化为 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$,即溶液中仍存在 Cu^{2+} ,说明锌粉完全反应;过滤、洗涤得到滤渣(含 Cu 和 CuCl)。实验 II 向滤渣中加入浓氨水, CuCl 白色沉淀溶解为无色溶液,已知 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$ 溶液为无色,说明 CuCl 转化为 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$,无色溶液迅速变为深蓝色,已知 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$ 具有较强的还原性,说明无色溶液中的 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$ 被空气中的 O_2 氧化为 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 。

CuCl 中 Cu 元素为 +1 价, Cu^{2+} 转化为 CuCl ,Cu 元素的化合价降低,说明发生了氧化还原反应(复分解反应为非氧化还原反应),A 错误;由分析可知,无色溶液中的 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$ 被空气中的 O_2 氧化为深蓝色的 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$,B 正确;由分析可知,实验 I 溶液中部分 Cl^- 转化为 CuCl 进入滤渣,实验 II 加入浓氨水, CuCl 转化为 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$, Cl^- 进入溶液中,若实验 I 只发生反应 $2\text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^- + \text{Zn} = 2\text{CuCl} + \text{Zn}^{2+}$,则 CuCl_2 中有一半 Cl^- 转化为 CuCl ,而实验 I 还发生反应 $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn} = \text{Cu} + \text{Zn}^{2+}$,且溶液中还有部分 CuCl_2 未参与反应,则实验 I 中剩余的 Cl^- 大于实验 II 中的,即反应后溶液中 $n_1(\text{Cl}^-) > n_{\text{II}}(\text{Cl}^-)$,C 错误;实验 I 中的 CuCl_2 溶液呈弱酸性,加入锌粉反应后有 CuCl_2 剩余,溶液的 pH 小于 7,实验 II 中向滤渣中加入浓氨水,反应后溶液的 pH 大于 7,D 错误。

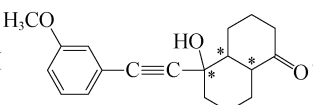
10. C 反应①中 FeO_4^{2-} 转化为 HFeO_4^- 和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, FeO_4^{2-} 和 HFeO_4^- 中 Fe 元素均为 +6 价,部分 Fe 元素的化合价不变,部分 Fe 元素的化合价由 +6 降低为 +3,反应②中 HFeO_4^- 转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,Fe 元素的化合价由 +6 降低为 +3,A 错误; K_2O 与 Fe_2O_3 都是碱性氧化物,都能与酸反应,故在酸性条件下 K_2FeO_4 不可能转化为 K_2O 与 Fe_2O_3 ,B 错误;由转化过程可知, FeO_4^{2-} 与

HCN 反应最终生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 HCO_3^- 和 NO_3^- , Fe 由 +6 价降低为 +3 价, 降低 3 价, C 由 +2 价升高为 +4 价, N 由 -3 价升高为 +5 价, 升高 10 价, 根据得失电子守恒有 $n(\text{K}_2\text{FeO}_4) : n(\text{HCN}) = 10 : 3$, **C 正确**; $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2$, 元素的化合价降低, 发生还原反应, 应加入还原剂将 NO_3^- 还原为 N_2 , **D 错误**。

11. A X 和 Z 分子中均含有碳碳三键, 均能与 Br_2 发生加成反应, 使 Br_2 的 CCl_4 溶液褪色, **A 正确**; 1 mol X 中苯环消耗 3 mol H_2 , 碳碳三键消耗 2 mol H_2 , 故 1 mol X 最多能和 5 mol H_2 发生加成反应, **B 错误**; 饱和碳原子与其相连的 4 个原子形成四面体结构,



子不能共平面, 故 Y 分子中所有碳原子不可能在同一平面上, **C 错**

误; Z() 标“*”的碳原子为手性碳原子) 分子中含有 3 个手性碳原子, **D 错误**。

12. D H_3PO_4 溶液中, 根据电荷守恒有 $3c(\text{PO}_4^{3-}) + 2c(\text{HPO}_4^{2-}) + c(\text{H}_2\text{PO}_4^-) + c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+)$, **A 错误**; 由题干信息可知, 随 pH 增大, 先产生 FePO_4 沉淀, 由图可知, pH = 4.5 时, $c(\text{Fe}^{3+}) \approx 0$, $c_{\text{总}}(\text{含 P 物种}) < 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 说明含 P 物种未完全进入溶液, 一定有 P 元素形成 FePO_4 沉淀, 此时溶液为 FePO_4 的饱和溶液, 故溶液中 $c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c(\text{PO}_4^{3-}) = K_{\text{sp}}(\text{FePO}_4)$, **B 错误**; $K_{\text{a}} = \frac{c(\text{H}_2\text{PO}_4^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_3\text{PO}_4)}$, $K_{\text{a}_2} = \frac{c(\text{HPO}_4^{2-}) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{PO}_4^-)}$, $K_{\text{a}_1} \cdot K_{\text{a}_2} = \frac{c^2(\text{H}^+) \cdot c(\text{HPO}_4^{2-})}{c(\text{H}_3\text{PO}_4)}$, 则 $\frac{c(\text{HPO}_4^{2-})}{c(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{K_{\text{a}_1} \cdot K_{\text{a}_2}}{c^2(\text{H}^+)}$, pH = 5 时, $c(\text{H}^+) = 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 代入可得, $\frac{c(\text{HPO}_4^{2-})}{c(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{7.1 \times 10^{-3} \times 6.3 \times 10^{-8}}{(10^{-5})^2} = 4.473 > 1$, 故 $c(\text{HPO}_4^{2-}) > c(\text{H}_3\text{PO}_4)$, **C 错误**; pH > 3.5 时, $c_{\text{总}}(\text{含 P 物种})$ 逐渐增大, 说明部分 FePO_4 开始转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 随 pH 增大, $c(\text{OH}^-)$ 增大, $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c^3(\text{OH}^-)$ 不变, 则 $c(\text{Fe}^{3+})$ 减小, $K_{\text{sp}}(\text{FePO}_4) = c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c(\text{PO}_4^{3-})$ 不变, 则 $c(\text{PO}_4^{3-})$ 增大, pH 在 1.5 ~ 3.5 时, 随 pH 增大, $c(\text{Fe}^{3+})$ 减小, $K_{\text{sp}}(\text{FePO}_4) = c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c(\text{PO}_4^{3-})$ 不变, 则 $c(\text{PO}_4^{3-})$ 增大, 故 pH 在 1.5 ~ 5, $c(\text{PO}_4^{3-})$ 随 pH 增大而增大, **D 正确**。

13. B 将题干中 2 个反应分别标记为反应 I 和反应 II, $\Delta H_1 < 0$, $\Delta H_2 > 0$, 则反应 I 为放热反应, 反应 II 为吸热反应, 温度升高, 反应 I 平衡逆向移动, 反应 II 平衡正向移动, 设反应 I 逆向移动生成 a mol CO_2 , 同时生成 3a mol H_2 , 反应 II 正向移动消耗 b mol CO_2 , 同时消耗 b mol H_2 , 由图可知, 温度从 200 °C 升高到 300 °C, CO_2 的平衡转化率下降, 说明 $a > b$, 则 $3a > a > b$, 即反应 I 生成 H_2 的量远大于反应 II 消耗 H_2 的量, 故平衡时 $c(\text{H}_2)$ 增大, **A 错误**; 反应 II 的平衡常数 $K = \frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2)}$, 则 $\frac{c(\text{CO})}{c(\text{CO}_2)} = K \cdot \frac{c(\text{H}_2)}{c(\text{H}_2\text{O})}$, 反应 I 为气体分子数减小的反应, 反应 II 为气体分子数不变的反应, 增大压强, 反应 II 平衡不移动, 反应 I 平衡正向移动, 导致 $c(\text{H}_2)$ 减小, $c(\text{H}_2\text{O})$ 增大, 而温度不变, 平衡常数 K 不变, 则 $\frac{c(\text{CO})}{c(\text{CO}_2)}$ 减小, 即

$\frac{n(\text{CO})}{n(\text{CO}_2)}$ 减小, **B 正确**; 由图可知, 200 °C 升高至 300 °C, p_2 下曲线的下降幅度大于 p_1 下曲线的下降幅度, 即 p_2 下 CO_2 的平衡转化率下降得更快, 故 p_2 下 CO_2 的平衡转化率变化值更大, **C 错误**; X 点是 p_3 下 CO_2 的实际转化率和 p_2 下 CO_2 的平衡转化率的交点, $p_3 > p_2$,

增大压强, 反应 I 平衡正向移动, 反应 II 平衡不移动, CO_2 的平衡转化率增大, 则 p_3 下 X 点 CO_2 的实际转化率小于 CO_2 的平衡转化率, 即 p_3 下 X 点未达到平衡状态, 故 p_3 下延长 X 点实际反应时间, CO_2 的转化率会增大, **D 错误**。

14. (1) ① 羟基 (1 分) ② 十二胺的氨基与 H^+ 反应产生更多 $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NH}_3^+$, $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NH}_3^+$ 结合更多的黑云母 (2 分) (2) ① Fe^{2+} 、 Fe^{3+} (1 分) ② 酸性条件下, NO_3^- 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 交换出更多 Rb^+ , 产生更多空隙 (3 分) (3) ① 40 (2 分)



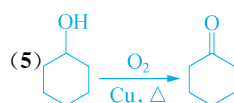
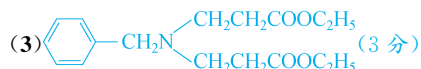
(4) $n(\text{Rb}_2\text{SO}_4) = \frac{2.67 \text{ g}}{267 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.01 \text{ mol}$

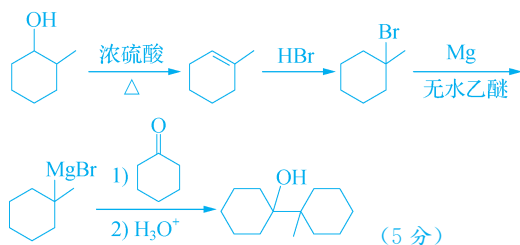
$n(\text{K}_2\text{SO}_4) = \frac{6.96 \text{ g}}{174 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.04 \text{ mol}$

根据原子守恒, 经萃取后 $\frac{c(\text{Rb}^+)}{c(\text{K}^+)} = \frac{0.01 \text{ mol} \times 2 \times 96\%}{0.04 \text{ mol} \times 2 \times 40\%} = \frac{3}{5}$ (3 分)

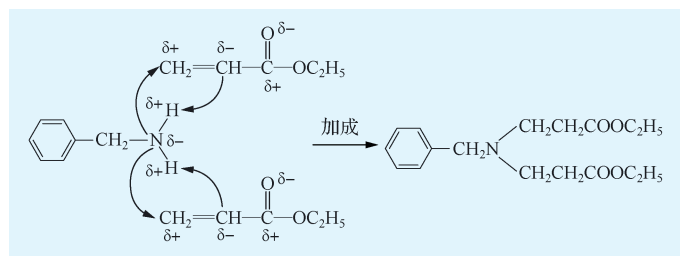
解析: (1) ① 十二胺中的羟基 ($-\text{C}_{12}\text{H}_{25}$) 属于疏水基团, 氨基 ($-\text{NH}_2$) 能与水形成氢键, 属于亲水基团, 因此十二胺中的羟基具有疏水性。② pH 越小, $c(\text{H}^+)$ 越大, $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NH}_2$ 与 H^+ 反应生成 $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NH}_3^+$, $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NH}_3^+$ 带正电荷, 黑云母在水中表面带负电荷, 带正电荷的 $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NH}_3^+$ 通过静电作用吸附更多带负电荷的黑云母, 使其上浮, 从而增大黑云母的回收率。(2) ① 某黑云母的化学式中 $x=3$, 则其化学式为 $\text{MFe}_3\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_3$, M 为 +1 价, 根据化合物中各元素化合价的代数和为 0 可知, 3 个 Fe 的化合价之和为 +7, 说明 3 个 Fe 中有 2 个 Fe^{2+} 和 1 个 Fe^{3+} , 因此酸浸液中含有的主要金属阳离子还有 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 。② 首先看到 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 与 MgSO_4 的阳离子相同, 阴离子不同, 再由 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 中的 NO_3^- 想到, 其在酸性条件下具有强氧化性, 能将酸浸液中的 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 然后结合酸浸时加入 Mg^{2+} 等金属离子进入层间, 能将 Rb^+ 交换出来可知, 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} 后, Fe^{3+} 所带的正电荷更多, 能交换出更多的 Rb^+ , 产生更多空隙, 使更多 H^+ 进入, 从而提升酸浸效果。(3) ① 由图可知, $\text{RbAl}(\text{SO}_4)_2$ 的溶解度在 10 ~ 40 °C 较小, 几乎为 0, 40 °C 后其溶解度随温度升高慢慢变大, 若 40 °C 后过滤, $\text{RbAl}(\text{SO}_4)_2$ 的回收率下降, 且 40 °C 下, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ 的溶解度较大, 故为提高 $\text{RbAl}(\text{SO}_4)_2$ 的回收率和纯度, 趁热过滤的温度应为 40 °C。② 根据信息可写出 $\text{RbAl}(\text{SO}_4)_2 \rightarrow \text{Rb}_2\text{SO}_4$, Rb 的化合价不变, 说明反应为非氧化还原反应, 两种氧化物只能是 Al 和 S 的氧化物, 分别为 Al_2O_3 和 SO_3 , 可写出 $\text{RbAl}(\text{SO}_4)_2 \rightarrow \text{Rb}_2\text{SO}_4 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SO}_3 \uparrow$, 最后根据原子守恒配平即可。(4) 根据 Rb_2SO_4 和 K_2SO_4 的质量, 分别求得其物质的量, 进而可求得 $n(\text{Rb}^+)$ 和 $n(\text{K}^+)$, 再根据 Rb 元素和 K 元素的回收率可求得萃取转化后溶液中 $n(\text{Rb}^+)$ 和 $n(\text{K}^+)$, 在同一溶液中由 $\frac{c(\text{Rb}^+)}{c(\text{K}^+)} = \frac{n(\text{Rb}^+)}{n(\text{K}^+)}$ 进行计算。

15. (1) 3 (1 分) (2) 有气泡产生, 液体分层 (2 分)

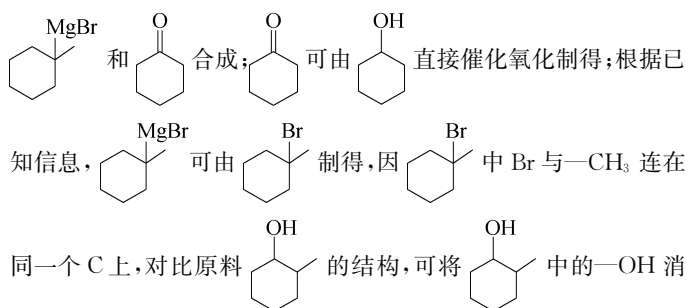




解析: (1) A 分子中碳碳双键和羧基上的碳原子均为 sp^2 杂化, 有 3 个碳原子采取 sp^2 杂化。(2) A 分子中含有羧基, 可与 $NaHCO_3$ 溶液反应产生 CO_2 , 同时生成易溶于水的丙烯酸钠, B 是丙烯酸乙酯, 不溶于水, 会出现分层现象, 故观察到的现象是产生气泡, 液体分层。(3) B→C 发生加成反应, B 分子中含有 5 个 C 和 2 个 O, $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{NH}_2$ 中含有 7 个 C 和 1 个 N, 而 C 分子中含有 17 个 C、1 个 N 和 4 个 O, 说明是 2 分子 B 与 1 分子 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{NH}_2$ 发生加成反应生成 C, 再结合 D 的结构简式可知, B→C 发生加成反应的机理如图所示。



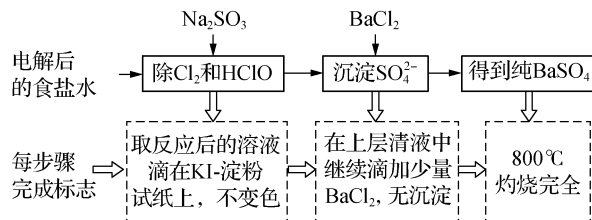
(4) D 分子中含有 15 个 C、3 个 O、1 个 N 和 7 个不饱和度。D 的同分异构体满足: ①水解生成 X、Y 和 Z 三种有机产物, D 分子中含 3 个 O 和 1 个 N, 则含有 1 个酯基 ($-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-$) 和 1 个酰胺基 ($-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-$), 用去 2 个 C、3 个 O、1 个 N 和 2 个不饱和度; ③X 能与 FeCl_3 溶液发生显色反应, 说明 X 中含有酚羟基(具有酸性), 即 X 中存在 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ 结构, 用去 4 个不饱和度, 则同分异构体中存在 $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}-\text{C}(=\text{O})-$ 结构, 还剩 1 个不饱和度和 7 个 C; ②X、Y 中均含六元环, 则 Y 中含有的六元环为 C_6H_{10} ; ④Y 的核磁共振氢谱有 3 组峰, 且对应的氢原子个数之比为 4:1:1, 说明 Y 的结构高度对称, Y 具有酸性, 说明含有羧基, 则 Y 的结构简式为 $\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{COOH}$, 此时可推测同分异构体的部分结构为 $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-$, 还剩余 1 个饱和 C, 由水解产物 X、Y 和 Z 均为有机产物可知, 剩余的 1 个饱和 C 连在酰氨基上, 由此可写出同分异构体的结构简式。(5) 分析目标产物 $\text{C}_{17}\text{H}_{25}\text{NO}_4$ 和原料的结构, 采用逆推法分析。模仿 E→F, 目标产物可由



去后, 再与 HBr 加成制得 $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{Br}$ 。具体的合成路线流程图见参考答案。

16. (1) ①粗盐水中有大量 Na^+ , 钠的焰色会掩盖 Ca^{2+} 的焰色 (1 分) ②B (2 分) ③2:3 (2 分) (2) ①水在阴极反应被消耗, 有 OH^- 生成; Na^+ 经阳离子交换膜迁移至阴极室 (2 分) ②粗盐水中的 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 通过阳离子交换膜, 与 OH^- 反应生成的 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 附着在阳离子交换膜表面, 影响阳离子迁移 (2 分) (3) ① $\text{HClO} + \text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ (2 分) ②用玻璃棒蘸取反应后的溶液滴在 KI-淀粉试纸上, 若不变色, 停止滴加 Na_2SO_3 溶液; 边搅拌边滴加 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ BaCl}_2$ 溶液至有大量白色沉淀产生, 静置, 在上层清液中滴加 BaCl_2 溶液, 若无沉淀产生; 用定量滤纸过滤, 用水洗净滤渣, 将滤渣与滤纸移至坩埚中, 800°C 灼烧完全 (5 分)

解析: (1) ①粗盐水的焰色为黄色, 说明含有 Na^+ , 钠元素的黄色火焰比较明亮, 容易掩盖其他元素的焰色, 若粗盐水中含有 Ca^{2+} , 钠元素的黄色火焰会掩盖 Ca^{2+} 的砖红色, 导致无法观察到 Ca^{2+} 的砖红色, 故不能确定粗盐水中是否含有 Ca^{2+} 。②粗盐水中 $c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{160 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 若用 25 mL EDTA 标准溶液滴定 100 mL 溶液中的 Ca^{2+} , 根据滴定反应可得关系式 $\text{Ca}^{2+} \sim \text{EDTA}$, 则 $4 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.1 \text{ L} = 25 \times 10^{-3} \text{ L} \times c(\text{EDTA})$, 解得 $c(\text{EDTA}) = 0.016 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 用 25 mL 滴定管, 实际用于滴定的 EDTA 标准溶液的体积会略小于 25 mL, 故 $c(\text{EDTA}) > 0.016 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 故选 B。③粗盐水中 $c(\text{Ca}^{2+}) : c(\text{Mg}^{2+}) = 1 : 2$, 则 $n(\text{Ca}^{2+}) : n(\text{Mg}^{2+}) = 1 : 2$, 设粗盐水中 $n(\text{Ca}^{2+})$ 为 1 mol, $n(\text{Mg}^{2+})$ 为 2 mol, 沉淀剂 CaO 与水反应可转化为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 可将 Mg^{2+} 转化为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 除去, 发生反应 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Mg}^{2+} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{Ca}^{2+}$, 根据 Ca 原子守恒可知, 除去 2 mol Mg^{2+} 需要消耗 2 mol CaO , 同时又产生 2 mol Ca^{2+} , 此时粗盐水中共有 3 mol Ca^{2+} (包括原有的和新产生的), 用沉淀剂 Na_2CO_3 除去 Ca^{2+} 的反应为 $\text{CO}_3^{2-} + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow$, 共需消耗 3 mol Na_2CO_3 , 故 $n(\text{CaO}) : n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2 : 3$ 。(2) ①由图可知, 右侧惰性电极与电源负极相连, 为阴极, 阴极上 H_2O 得电子, 发生还原反应转化为 H_2 , 同时生成 OH^- , 电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$, 阴极上水被消耗, 产生 OH^- , OH^- 浓度增大, 中间的交换膜为阳离子交换膜, 为了平衡电荷, 阳极室的 Na^+ 会通过阳离子交换膜移向阴极室, 故阴极室中 NaOH 溶液的浓度升高。②要在粗盐水的“粗”上思考, 粗盐水中含有阳离子 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} , 可通过阳离子交换膜进入阴极区, 在阴极区阳离子交换膜附近的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 与 OH^- 反应转化为沉淀 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$, 它们附着在阳离子交换膜表面, 阻碍阳离子向阴极迁移, 进而影响电解反应, 故饱和粗盐水比饱和精制食盐水的电流表读数下降更多。(3) ① HClO 具有强氧化性, SO_3^{2-} 具有较强的还原性, HClO 与 SO_3^{2-} 会发生氧化还原反应, 可先写出 $\text{HClO} + \text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$, 得失电子已守恒, 再根据电荷守恒, 在右侧补 1 个 H^+ (溶液 pH 约为 3) 即可配平。②该实验方案总体分 3 个步骤完成: 先用 Na_2SO_3 溶液除去电解后食盐水中的 Cl_2 和 HClO , 然后用 BaCl_2 溶液沉淀溶液中的 SO_4^{2-} (形成白色沉淀 BaSO_4), 最后经过滤、洗涤、灼烧得到 BaSO_4 , 冷却后称量 BaSO_4 的质量, 进而计算 $n(\text{SO}_4^{2-})$, 实验设计流程如下:



17. (除特殊标注外, 每空 2 分)

(1) ABC (2) $\text{Ni}^{2+} + 6\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+} + 6\text{H}_2\text{O}$
减少 NH_3 的挥发, 提高氨水的利用率 (3) ① $16\text{HCO}_3^- + 2\text{NO}_2^- + 12\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 15\text{CO}_3^{2-}$ ② $16 \quad 2.47 \times 10^{-3}$
③ CO_2 中带负电的 O 与 $\text{Al}(\text{HCOO})_3$ 中带正电的 H 静电吸引, 弱化 CO_2 的碳氧键; $\text{Al}(\text{HCOO})_3$ 捕获 CO_2 , 提高局部反应物浓度; 催化活性增强 (3 分) ④ 调节材料更合适的孔隙尺寸, 增多孔隙数量; 增强结构的热稳定性

解析: (1) 由碳循环图可知, 大气中的 $^{13}\text{CO}_2$ 经碳循环后, ^{13}C 可存在于水体中的 CO_2 、有机生物物质 (如淀粉)、无机碳酸盐 (如石灰石) 中。(2) 镍氨配合物离子的空间结构为正八面体, Ni^{2+} 位于正八面体中心, 说明 6 个顶点上的配体相同, 为 6 个 NH_3 , 故镍氨配合物离子为 $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$, 故 Ni^{2+} 和浓氨水反应生成 $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 的离子方程式为 $\text{Ni}^{2+} + 6\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+} + 6\text{H}_2\text{O}$; 用浓氨水吸收含 CO_2 的烟气时, 浓氨水与 CO_2 反应过程中会放出热量, 使 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 受热分解, 且会使浓氨水中的 NH_3 挥发, 从而降低 CO_2 的吸收效率, 加入 NiCl_2 溶液后, Ni^{2+} 与部分 NH_3 反应生成稳定的 $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$, 可减少 NH_3 挥发, 提高氨水的利用率, 增大 CO_2 的吸收量。(3) ① 离子在阴极区得电子, 发生还原反应, 可先写出 $\text{HCO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{e}^- \rightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2$, N 元素由 +3 价降低为 -3 价, 根据元素质量守恒和得失电子守恒可写出 $\text{HCO}_3^- + 2\text{NO}_2^- + 12\text{e}^- \rightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2$, 再根据电荷守恒, 用 OH^- (碱性混合溶液) 平衡电荷, 可写出 $\text{HCO}_3^- + 2\text{NO}_2^- + 12\text{e}^- \rightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 15\text{OH}^-$, 最后根据 H、O 原子守恒, 在左侧补 9 个 H_2O , 写出 $\text{HCO}_3^- + 2\text{NO}_2^- +$

$9\text{H}_2\text{O} + 12\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 15\text{OH}^-$, 考虑到生成的 OH^- 会与 HCO_3^- 继续发生反应 $\text{OH}^- + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$, 则电极反应式为 $16\text{HCO}_3^- + 2\text{NO}_2^- + 12\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 15\text{CO}_3^{2-}$ 。
② 由图可知, 每个环的每条棱上有 2 个 O、1 个 C, 则环形结构 (4 条棱) 中有 4 个 Al、8 个 O 和 4 个 C, 共 16 个原子, 即形成 16 元环状结构。 $n(\text{Al}_2\text{O}_3) = \frac{2.55 \text{ g}}{102 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.025 \text{ mol}$, 根据 Al 原子守恒, $n[\text{Al}(\text{HCOO})_3] = 2n(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0.05 \text{ mol}$, $m[\text{Al}(\text{HCOO})_3] = 0.05 \text{ mol} \times 162 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 8.1 \text{ g}$, 故 $n_{\text{饱和吸附}}(\text{CO}_2) = \frac{(8.98 - 8.1) \text{ g}}{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.02 \text{ mol}$, CO_2 的饱和吸附量 $= \frac{n_{\text{饱和吸附}}(\text{CO}_2)}{m(\text{MOFs 材料})} = \frac{0.02 \text{ mol}}{8.1 \text{ g}} \approx 2.47 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{g}^{-1}$ 。
③ 从结构角度分析。由图丙可知, CO_2 中带负电的 O 与 $\text{Al}(\text{HCOO})_3$ 中带正电的 H 静电吸引, 弱化了 CO_2 的碳氧键, 降低了 CO_2 的稳定性, 使反应更易发生, 故能提升 HCOOH 的产率; 从反应原理角度分析, 即从浓度、温度、压强、催化剂角度思考。 $\text{Al}(\text{HCOO})_3$ 可吸附 CO_2 , 则 $\text{Al}(\text{HCOO})_3$ 表面 CO_2 的浓度增大, 加快反应速率, 且 $\text{Al}(\text{HCOO})_3$ 可使催化剂活性增强, 进一步加快反应速率, 从而提升 HCOOH 的产率。
④ 题干中给出的 $\text{Al}(\text{HCOO})_3$ 孔隙尺寸和 CO_2 分子直径不太匹配, 故可优化材料的孔隙尺寸, 使其与 CO_2 的分子直径更接近, 实现 CO_2 的高效捕集; 另外, MOFs 材料具有一定数量空隙, 孔隙越多, 吸附 CO_2 的量越多, 故可以适当增多孔隙数量; 由 MOFs 材料的热稳定性不高可知, 还可从增强材料结构的热稳定性方向进行优化。