

可能用到的相对原子质量: H—1 Li—7 C—12 O—16 Al—27 Zn—65 In—115

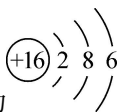
一、单项选择题: 本题共 13 小题, 每小题 3 分, 共 39 分。每小题只有一个选项最符合题意。

1. 材料是人类赖以生存和发展的物质基础, 下列材料主要成分属于有机物的是()

- A. 天然橡胶 B. 不锈钢 C. 足球烯 D. 光导纤维

2. “丹砂能化为汞”出自《神农本草经》, 该过程涉及化学反应: $\text{HgS} + \text{O}_2 \xrightarrow{\quad} \text{Hg} + \text{SO}_2$ 。

下列说法正确的是()



A. S^{2-} 的结构示意图为

B. O_2 属于非极性分子

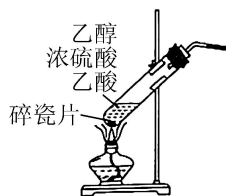
C. HgS 中 S 元素的化合价为 -1

D. SO_2 的空间构型为直线形

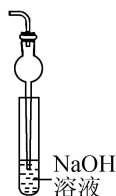
3. 实验室进行乙酸乙酯的制备。下列相关原理、装置及操作正确的是()



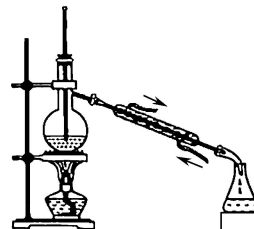
甲



乙



丙



丁

A. 用装置甲混合乙醇与浓硫酸

B. 用装置乙制备乙酸乙酯

C. 用装置丙收集乙酸乙酯

D. 用装置丁提纯乙酸乙酯

4. 尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 是一种氮肥。下列说法正确的是()

A. 原子半径: $r(\text{C}) > r(\text{O})$

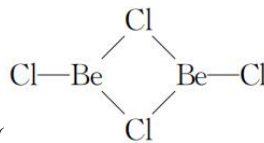
B. 电离能: $I_1(\text{O}) > I_1(\text{N})$

C. 沸点: $\text{CH}_4 > \text{H}_2\text{O}$

D. 酸性: $\text{H}_2\text{CO}_3 > \text{HNO}_3$

阅读下列材料, 完成 5~7 题。

铍及其化合物具有重要应用。铍与铝性质相似, 铍铝合金可用作航空材料, BeH_2 是极好的储氢材料; BeO 可用于制造耐火陶瓷, 晶胞结构如图所示; $(\text{NH}_4)_2\text{BeF}_4$ 固体加热至 280°C



得 BeF_2 分子和两种气态氢化物; 气态 BeCl_2 主要以二聚体()形式存在,

可与 CH_3MgCl 在乙醚中制备 $\text{Be}(\text{CH}_3)_2$; $\text{Be}(\text{NO}_3)_2$ 在 125°C 分解为 N_2O_4 和 $\text{Be}_4\text{O}(\text{NO}_3)_6$ 等。

5. 下列说法正确的是()

A. NH_3 键角大于 NH_4^+

B. BeF_2 为离子化合物

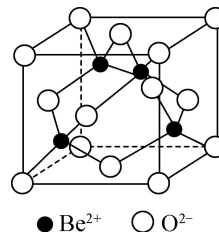
C. BeO 晶胞中 O^{2-} 配位数为 4

D. 1 mol Be_2Cl_4 气体含 4 mol σ 键

6. 下列化学反应表示不正确的是()

A. Be 溶于 NaOH 溶液: $\text{Be} + 2\text{OH}^- \xrightarrow{\quad} \text{BeO}_2^{2-} + \text{H}_2 \uparrow$

B. BeF_2 的制备: $(\text{NH}_4)_2\text{BeF}_4 \xrightarrow{280^\circ\text{C}} \text{BeF}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{HF} \uparrow$



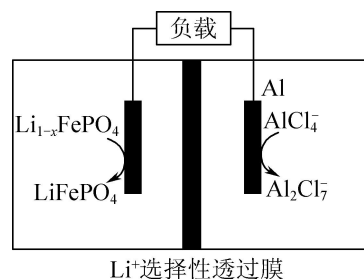
C. 电解 BeCl_2 、 NaCl 混合熔融盐阴极反应： $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$

D. $\text{Be}(\text{NO}_3)_2$ 的受热分解： $8\text{Be}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{125^\circ\text{C}} 2\text{Be}_4\text{O}(\text{NO}_3)_6 + 2\text{N}_2\text{O}_4 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$

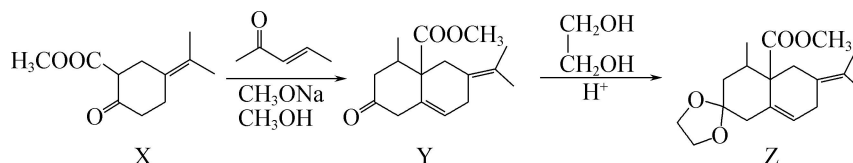
7. 下列说法不正确的是()

- A. 铍铝合金低密度高强度 B. BeH_2 分解产生 H_2
C. CH_3MgCl 水解生成 CH_3OH D. BeO 熔点高

8. 以 LiAlCl_4 为离子导体的铝—磷酸铁锂电池，该电池放电时 Li^+ 嵌入 $\text{Li}_{1-x}\text{FePO}_4$ 形成 LiFePO_4 ，工作原理如图所示，下列关于电池放电时的说法不正确的是()



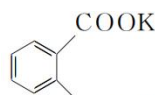
- A. 化学能转化为电能
B. 电极 Al 作负极
C. Li^+ 透过离子交换膜从右向左迁移
D. 正极的电极反应： $\text{Li}_{1-x}\text{FePO}_4 - x\text{e}^- + x\text{Li}^+ = \text{LiFePO}_4$
9. 化合物 Z 是一种药物的中间体，部分合成路线如下：



- 下列说法正确的是()
A. X 分子中所有碳原子共平面 B. 1 mol Y 最多能与 2 mol H_2 发生加成
C. Z 分子存在 3 个手性碳原子 D. X、Y、Z 均能使 Br_2 的 CCl_4 溶液褪色
10. 在给定条件下，下列制备过程涉及的物质转化均可实现的是()

- A. 工业制硫酸： $\text{FeS}_2 \xrightarrow[\text{高温}]{\text{O}_2} \text{SO}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{O}_2, \text{催化剂}} \text{SO}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{H}_2\text{SO}_4$
B. 侯氏制碱法： $\text{NaCl}(\text{aq}) \xrightarrow{\text{CO}_2} \text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3$
C. 海水中提取镁： $\text{Mg}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{稀盐酸}} \text{MgCl}_2(\text{aq}) \xrightarrow{\text{电解}} \text{Mg}$
D. 工业制备硝酸： $\text{N}_2 \xrightarrow[\text{放电}]{\text{O}_2} \text{NO} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{NO}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{HNO}_3$
11. 根据下列实验操作和现象所得到的结论正确的是()

选项	实验操作和现象	结论
A	向饱和 Na_2CO_3 溶液中通入 CO_2 ，溶液变浑浊	NaHCO_3 溶解度小于 Na_2CO_3
B	向等物质的量浓度的 KF 和 KSCN 混合溶液中滴加几滴 FeCl_3 溶液，振荡，溶液颜色无明显变化	结合 Fe^{3+} 的能力： $\text{F}^- > \text{SCN}^-$
C	向 AgNO_3 溶液和淀粉 KI 溶液中分别滴加少量新制氯水，前者有白色沉淀，后者溶液变蓝色	氯气与水的反应存在化学反应限度
D	向淀粉溶液中加入适量 20% H_2SO_4 溶液，加热，冷却后加 NaOH 溶液至中性，再滴加少量碘水，溶液变蓝	淀粉未水解



12. 室温下,通过下列实验探究邻苯二甲酸氢钾(以 KHA 表示)溶液性质。

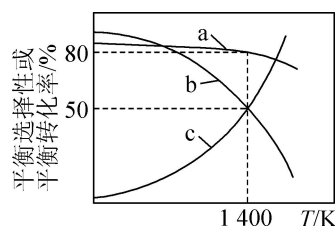
实验 1: 用 pH 计测定 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KHA 溶液的 pH, 测得 pH 约为 4.01。

实验 2: 向 $10.00 \text{ mL } 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KHA 溶液中滴加 $10.00 \text{ mL } 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KOH 溶液。

实验 3: 向 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KHA 溶液中滴加少量澄清石灰水, 产生白色沉淀。

下列有关说法正确的是()

- A. 实验 1 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KHA 溶液中: $c(\text{H}_2\text{A}) > c(\text{A}^{2-})$
- B. 实验 2 滴加 KOH 溶液过程中水的电离程度逐渐减小
- C. 实验 2 所得的溶液中: $c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{A}) + c(\text{HA}^-) = c(\text{OH}^-)$
- D. 实验 3 中反应的离子方程式: $\text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- + 2\text{HA}^- = \text{CaA} \downarrow + \text{A}^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$



13. 硫酸工业尾气中 SO_2 可用 CO 处理并回收 S, 涉及的反应如下:

反应 I: $\text{SO}_2(\text{g}) + 3\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{COS}(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g}); \Delta H_1 < 0$

反应 II: $\text{COS}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{S}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}); \Delta H_2$

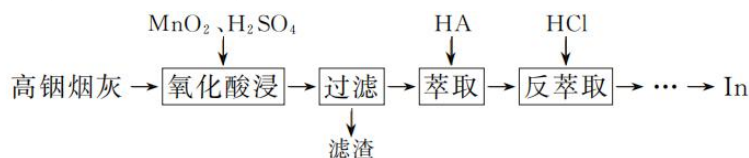
恒压条件下, 按 $n(\text{SO}_2) : n(\text{CO}) = 1 : 3$ 充入原料, 其中 SO_2 的平衡转化率以及 COS 和 S 的平衡选择性随温度的变化如图所示。已知曲线 b 表示 COS 的平衡选择性。(X 的平衡选择性 = $\frac{\text{生成 X 的物质的量}}{\text{转化的 } \text{SO}_2 \text{ 的物质的量}} \times 100\%$, X 为 COS 或 S)

下列说法不正确的是()

- A. 曲线 c 表示 S 的平衡选择性
- B. $\Delta H_2 > 0$
- C. 1400 K 下, 反应 $\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{S}(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ 的平衡常数 $K = 5.12$
- D. 其他条件不变, 增大体系压强 SO_2 的平衡转化率不变

二、非选择题：本题共 4 小题，共 61 分。

14. (15 分)从高钨烟灰中(主要含 In_2O_3 、 In_2S_3 、 PbO 、 SiO_2 等)提取铟的过程如下:



已知：使用有机萃取剂时，搅拌速度过快，易造成有机相乳化。

(1) 氧化酸浸：向高钨烟灰中加入 MnO_2 和稀硫酸充分反应，硫元素被氧化为 SO_4^{2-} 。

① 写出 In_2S_3 反应的离子方程式: _____。

② 过滤所得滤渣含 MnO_2 、 SiO_2 和 _____ (填化学式)。

(2) 萃取：向滤液中加入有机萃取剂(HA)并搅拌，发生反应： In^{3+} (水相)+3HA(有机相) $\rightleftharpoons \text{InA}_3$ (有机相)+3 H^+ (水相)。在一定条件下，搅拌速度与铟萃取率关系如图 1 所示，铟萃取率先增大后减小的可能原因是

(3) 反萃取: $\text{InA}_3(\text{有机相}) + 4\text{HCl}(\text{水相}) \rightleftharpoons \text{HInCl}_4(\text{水相}) + 3\text{HA}(\text{有机相})$, 有机相与水相体积比和反萃取率、水相中铟浓度的关系如图 2 所示, 操作时选择有机相与水相体积比为 , 原因是 。

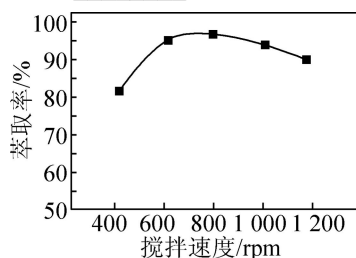


图 1

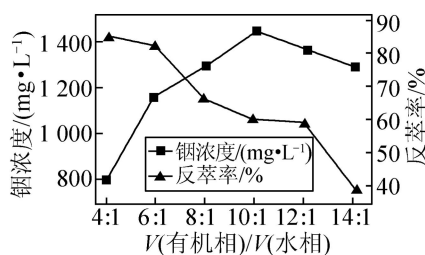
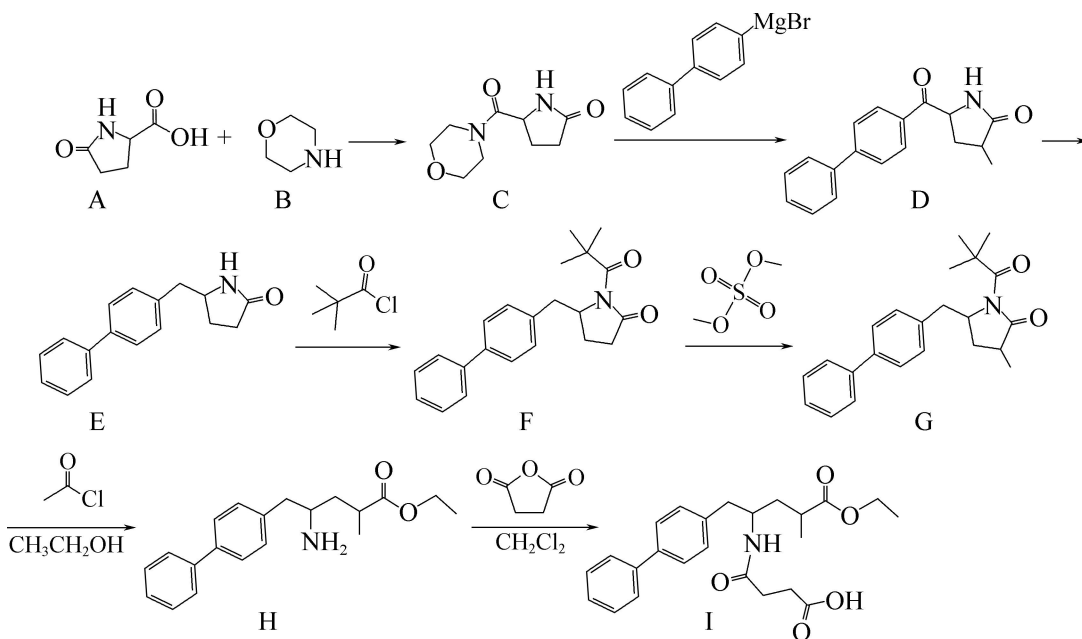


图 2

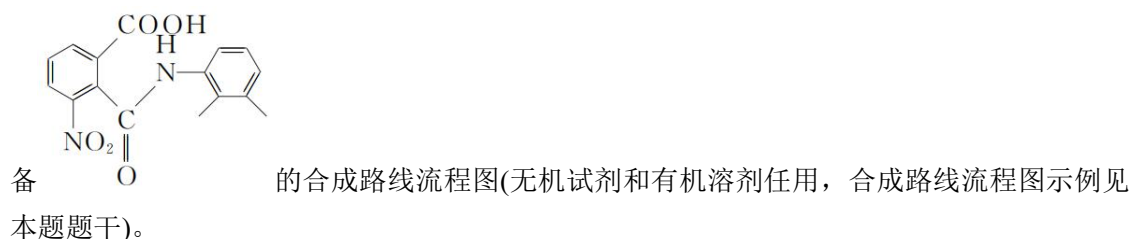
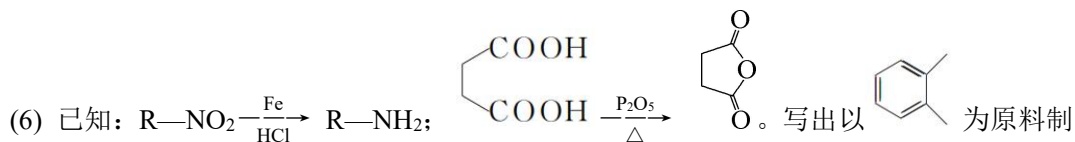
(4) 制备铈：分液，向水相中加入足量 Zn，反应的化学方程式为_____。

若锌粉的利用率为 78%，获得 6.9 kg 钢时需要使用锌粉 _____ kg(写出计算过程)。

15. (15 分) 化合物 **M** 可用于心衰治疗，一种合成路线如下：



- (1) A 分子中含有的官能团为_____。
- (2) B 分子中采取 sp^3 杂化的原子数目有_____个。
- (3) E→F 的反应类型为_____。
- (4) F→G 中有副产物 $C_{24}H_{29}NO_2$ 生成，该副产物的结构简式为_____。
- (5) C 的一种同分异构体同时满足下列条件：能与 $FeCl_3$ 溶液发生显色反应，分子中含有 4 种不同化学环境的氢原子。写出该同分异构体的结构简式：_____。



16. (15 分) $[Co(NH_3)_6]Cl_2$ 可用于脱除 NO 气体及制备 $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ 。

(1) $[Co(NH_3)_6]Cl_2$ 溶液制备。在图 1 所示装置中，用 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ CoCl}_2$ 溶液与 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氨水反应可制得 $[Co(NH_3)_6]Cl_2$ 溶液。

- ① 图 1 中仪器 a 的名称为_____，基态 Co^{2+} 的核外电子排布式为_____。
- ② 反应 $Co(OH)_2 + 6NH_3 \rightleftharpoons [Co(NH_3)_6]^{2+} + 2OH^-$ 的平衡常数 $K = \underline{\hspace{2cm}}$ 。
- {已知： $K_{sp}[Co(OH)_2] = 10^{-14.23}$ ， $Co^{2+} + 6NH_3 \rightleftharpoons [Co(NH_3)_6]^{2+}$ 平衡常数 $K = 10^{5.11}$ }

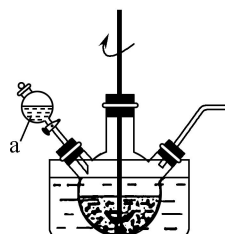


图 1

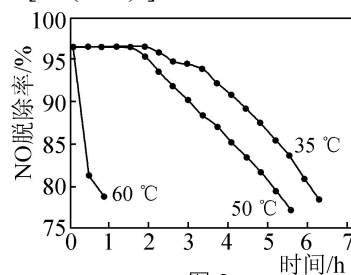


图 2

(2) 脱除 NO 气体。已知： $[Co(NH_3)_6]^{2+}$ 对 NO 吸收能力很强，而 $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ 对 NO 的吸收能力极低；脱除 NO 气体总反应式为 $4[Co(NH_3)_6]^{2+} + 2NO + 2O_2 + H_2O \rightleftharpoons 4[Co(NH_3)_6]^{3+} + 2OH^- + NO_3^- + NO_2^-$ 。

① 实验得到 NO 脱除率与温度、时间变化如图 2 所示；NO 脱除率随温度、时间变化的原因为_____。

② 钴氨溶液经过多次循环吸收 NO 后，其吸收 NO 的能力会降低，向钴氨溶液中加入 KI 溶液可恢复其吸收 NO 的能力，写出该反应的离子方程式：_____。

(3) $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ 晶体制备。已知： $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ 晶体易溶于热水和稀盐酸中，在冰水、浓盐酸、无水乙醇中溶解度较小。请补充完整实验方案：在通风橱中将制得的 $[Co(NH_3)_6]Cl_2$ 溶液加热至 $55 \text{ } ^\circ\text{C}$ 左右，边搅拌边加入适量 NH_4Cl ，再加入

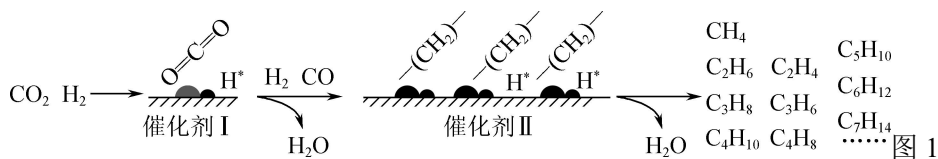
_____，低

温烘干，得到 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 晶体。

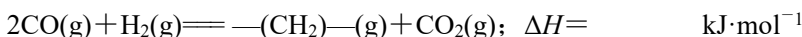
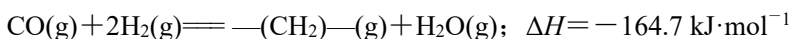
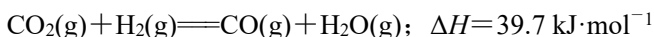
(实验中须使用：4% H_2O_2 溶液、红色石蕊试纸、冰水、浓盐酸、无水乙醇)

17. (16 分) CO_2 的催化加氢反应可以产生多种高附加值产品，如甲醇、碳氢化合物等。

I. 由 CO_2 制碳氢化合物的过程如图 1 所示。



(1) 涉及部分反应：



(2) 催化剂 I 可使用铁基催化剂。

① 方铁矿(Fe_{1-x}O)可用作催化剂，当 $x=0.05$ 时，晶体中 $n(\text{Fe}^{2+}) : n(\text{Fe}^{3+})$ 为_____。

② 地球化学研究发现，地幔层(温度 $1000 \sim 1300^\circ\text{C}$)中磁铁矿与石墨矿会转化为方铁矿，该反应的化学方程式为_____。

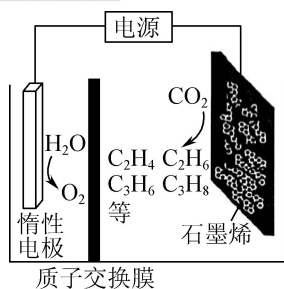


图 2

II. 电催化 CO_2 还原制备碳氢化合物，其装置原理如图 2 所示。

(3) 电池工作过程中，阴极生成 C_3H_6 的电极反应式为_____。

(4) 每转移 2 mol 电子，阳极室溶液质量减少_____g。

III. 把 ZnZrO_x 附着在分子筛 SSZ13 上，可催化 CO 、 H_2 生成 CH_3OH 及碳氢化合物，部分反应机理如图 3 所示。催化剂中 $n(\text{Zn})/n(\text{Zr})$ 、 CO 转化率、烃的选择性关系如图 4 所示。

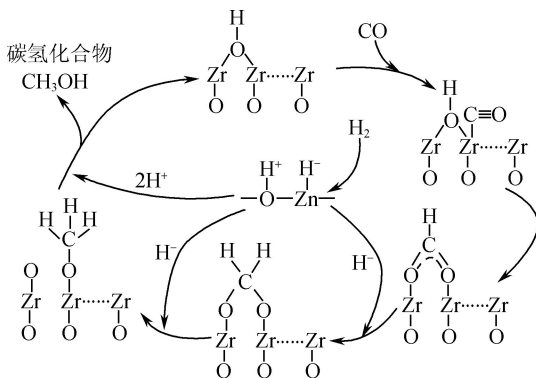


图 3

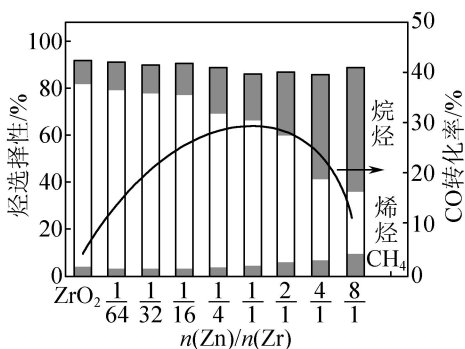


图 4

(5) $n(\text{Zn})/n(\text{Zr})$ 大于 1 后， CO 转化率降低的可能原因为_____。

(6) 随 $n(\text{Zn})/n(\text{Zr})$ 增加，烯烃选择性减小，烷烃增加的可能原因为_____。

化学参考答案及评分标准

1. A 2. B 3. B 4. A 5. C 6. C 7. C 8. D 9. D 10. A 11. B 12. D 13. D

14. (15 分)

(1) ① $\text{In}_2\text{S}_3 + 12\text{MnO}_2 + 24\text{H}^+ = 2\text{In}^{3+} + 12\text{Mn}^{2+} + 3\text{SO}_4^{2-} + 12\text{H}_2\text{O}$ (3 分)(化学式 2 分, 配平 1 分)② PbSO_4 (2 分)

(2) 搅拌速度增大, 有机相和水相的接触面积增大, 提高萃取率; 但搅拌速度过快, 容易造成有机相的乳化, 进入有机层的铟离子减少, 导致铟的萃取率降低 (3 分)(答对一点给 2 分, 全对得 3 分)

(3) 4:1 (1 分) 反萃取率最高 (2 分)

(4) $4\text{Zn} + 2\text{HInCl}_4 = 2\text{In} + 4\text{ZnCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ (2 分)(化学式 1 分, 配平 1 分, 气体符号暂不扣分) $2n(\text{Zn}) \sim n(\text{In})$

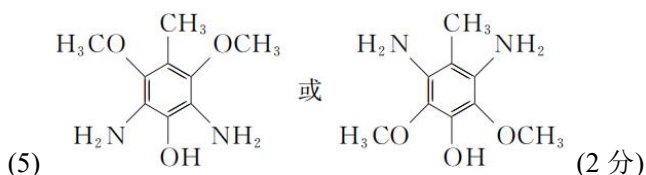
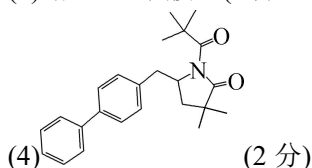
$$n(\text{In}) = \frac{m(\text{In})}{M(\text{In})} = \frac{6.9 \text{ kg} \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}}{115 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 60.0 \text{ mol}$$

$$n(\text{Zn}) = 2n(\text{In}) = 2 \times 60.0 \text{ mol} = 120.0 \text{ mol} \quad (1 \text{ 分})$$

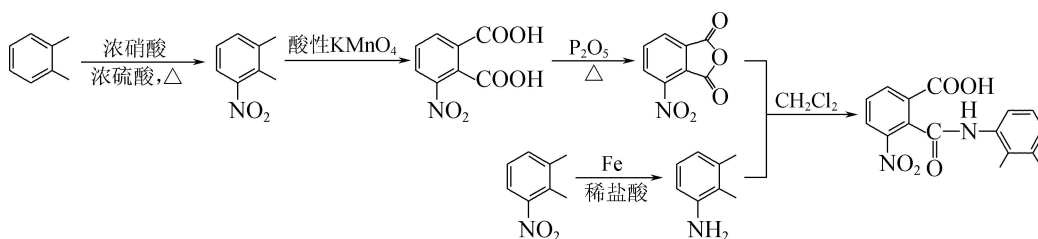
$$m(\text{Zn}) = \frac{n(\text{Zn}) \cdot M(\text{Zn})}{78\%} = \frac{120.0 \text{ mol} \times 65 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{78\%} = 10\,000 \text{ g} = 10.0 \text{ kg} \quad (1 \text{ 分})$$

15. (15 分)

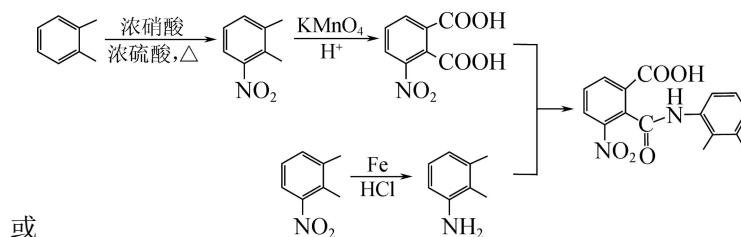
(1) 羧基、酰胺基 (2 分, 错字不得分) (2) 6 (2 分) (3) 取代反应 (2 分)



(6)



(5 分, 一步 1 分, 物质错从该步熔断, 条件错或者漏写扣 1 分)



(5 分，一步 1 分，4 步都对得 5 分，物质错从该步熔断，条件错或者漏写扣 1 分；若有机合成路线都对，其中有条件错或者漏写，则得 3 分)

16. (15 分)

(1) ① 分液漏斗(或滴液漏斗)(2 分) [Ar]3d⁷(2 分)

② 10^{-9.12}(2 分)

(2) ① 温度升高，NO、O₂ 的溶解度下降，NO 脱除率下降；随着时间的延长[Co(NH₃)₆]²⁺ 转化为[Co(NH₃)₆]³⁺，而[Co(NH₃)₆]³⁺对 NO 的吸收能力极低，NO 脱除率下降(3 分)(答对一点给 2 分，全对得 3 分)

② 2[Co(NH₃)₆]³⁺ + 2I⁻ = 2[Co(NH₃)₆]²⁺ + I₂(2 分)(化学式 1 分，配平 1 分)

(3) 4% H₂O₂ 溶液至产生的气体不能使湿润的红色石蕊试纸变蓝(1 分)，冰水浴冷却(1 分)，再加入浓盐酸(无水乙醇)至有大量晶体析出(1 分)，过滤，用无水乙醇洗涤 2~3 次(1 分)(其他合理答案也给分)

17. (16 分)

(1) -204.4(2 分)

(2) ① 8.5 (2 分)(只要计算数值等于 8.5 均得分)

② (1-x)Fe₃O₄ + (1-4x)C $\xrightarrow{1000 \sim 1300\text{ }^{\circ}\text{C}}$ 3Fe_{1-x}O + (1-4x)CO(3 分)(化学式 1 分，配平 1

分，条件 1 分)

(3) 3CO₂ + 18H⁺ + 18e⁻ = C₃H₆ + 6H₂O(3 分，只要有错就不得分)

(4) 18(2 分)

(5) Zr 含量减少，吸附的 CO 量减少，CO 转化率降低(2 分)

(6) 随 Zn 的量增多，吸附 H₂ 的量增多，产生 H⁺、H⁻增多，与烯烃反应，使烷烃量增加，烯烃量减少(2 分)