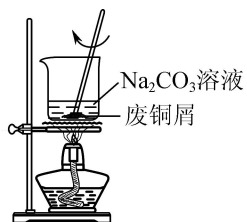


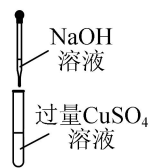
可能用到的相对原子质量: H—1 C—12 N—14 O—16 Na—23 P—31 Fe—56

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。

- 大米是中国人的主食之一, 主要成分是淀粉。下列关于淀粉的说法不正确的是()
A. 属于糖类 B. 含氮元素 C. 是有机高分子 D. 能发生水解反应
- 羟胺(H_2NOH)与丙酮可发生反应: $\text{H}_2\text{NOH} + \text{CH}_3\text{COCH}_3 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{NH} + \text{H}_2\text{O}$ 。下列说法正确的是()
A. H_2NOH 中 O 的轨道杂化方式为 sp 杂化 B. CH_3COCH_3 分子间可形成氢键
C. $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{NH}$ 中 σ 键与 π 键比为 10:1 D. 冰属于共价晶体
- $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ 广泛存在于牙齿和骨骼中。下列说法正确的是()
A. 热稳定性: $\text{PH}_3 > \text{H}_2\text{O}$ B. 离子半径: $r(\text{Ca}^{2+}) > r(\text{P}^{3-})$
C. 第一电离能: $I_1(\text{F}) > I_1(\text{O})$ D. 酸性: $\text{H}_3\text{PO}_4 > \text{HClO}_4$
- 以工业废铜屑为原料制取 CuSO_4 溶液, 进一步制取用于检验醛基的新制 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 。其中原理正确且能达到实验目的的是()



A. 去油污

B. 制 CuSO_4 溶液C. 稀释 CuSO_4 溶液D. 制新制 $\text{Cu}(\text{OH})_2$

- 在给定条件下, 下列涉及含铁物质的转化均能实现的是()

- 炼铁: $\text{AlCl}_3(\text{aq}) \xrightarrow{\text{电解}} \text{Al} \xrightarrow[\text{高温}]{\text{Fe}_2\text{O}_3} \text{Fe}$
- 制备硫酸: $\text{FeS}_2 \xrightarrow[\text{高温}]{\text{O}_2} \text{SO}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{H}_2\text{SO}_4$
- 制备无水 FeCl_3 : $\text{FeCl}_2(\text{aq}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}_2} \text{FeCl}_3(\text{aq}) \xrightarrow{\text{蒸发}} \text{FeCl}_3(\text{s})$
- 海水中铁制品腐蚀: $\text{Fe} \xrightarrow{\text{O}_2, \text{H}_2\text{O}} \text{Fe}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{O}_2, \text{H}_2\text{O}} \text{Fe}(\text{OH})_3$

阅读下列材料, 完成 6~8 题。

钒(V)有金属“维生素”之称。将 NH_4VO_3 溶液加热水解得到气体和 H_3VO_4 沉淀。 H_3VO_4 热分解可制 V_2O_5 。 V_2O_5 是强氧化剂, 与盐酸反应生成 VO^{2+} 和黄绿色气体, 也可用作 SO_2 氧化的催化剂, $\text{SO}_2(\text{g})$ 与 $\text{O}_2(\text{g})$ 反应生成 1 mol $\text{SO}_3(\text{g})$ 释放 98.3 kJ 的热量。一种 V_2O_5 催化 NH_3 脱除烟气中的 NO 的反应为 $4\text{NH}_3(\text{g}) + 6\text{NO}(\text{g}) = 5\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。碱性硼化钒(VB_2)—空气电池是一种高性能电池, 放电时的总反应为 $4\text{VB}_2 + 11\text{O}_2 + 20\text{OH}^- + 6\text{H}_2\text{O} = 4\text{VO}_3^- + 8\text{B}(\text{OH})_4^-$ 。

- 下列说法正确的是()
A. ^{51}V 、 ^{50}V 是钒的两种同素异形体 B. NH_4^+ 中含有离子键和共价键
C. 1 mol $\text{B}(\text{OH})_4^-$ 中含有 4 mol σ 键 D. SO_2 中的键角小于 SO_3 中的键角

7. 关于反应 $4\text{NH}_3(\text{g}) + 6\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons 5\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$; $\Delta H < 0$, 下列说法正确的是()

A. 该反应能自发进行

B. 该反应的平衡常数 $K = \frac{c^5(\text{N}_2)}{c^4(\text{NH}_3) \cdot c^6(\text{NO})}$

C. 反应物所含键能总和大于生成物所含键能总和

D. 上述反应中生成 1 mol N_2 , 转移电子数目为 $6 \times 6.02 \times 10^{23}$

8. 下列化学反应表示不正确的是()

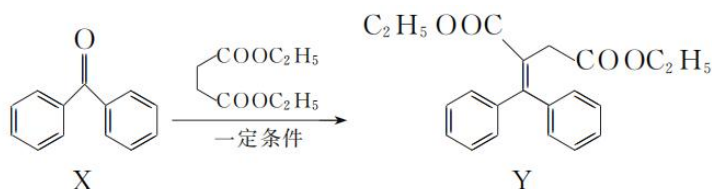
A. NH_4VO_3 加热充分水解的化学方程式: $\text{NH}_4\text{VO}_3 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{H}_3\text{VO}_4 \downarrow + \text{NH}_3 \uparrow$

B. V_2O_5 与盐酸反应的离子方程式: $\text{V}_2\text{O}_5 + 2\text{Cl}^- + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{VO}^{2+} + \text{Cl}_2 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$

C. 碱性硼化钒—空气电池的负极反应式: $\text{VB}_2 - 11\text{e}^- + 12\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{VO}_3^- + 2\text{B}(\text{OH})_4^- + 16\text{H}^+$

D. SO_2 催化氧化的热化学方程式: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{V}_2\text{O}_5} 2\text{SO}_3(\text{g}); \Delta H = -196.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

9. 有机物 Y 可通过如下转化合成得到。下列说法正确的是()



A. X 中所有原子不可能位于同一平面

B. $\text{X} \rightarrow \text{Y}$ 的转化反应类型为加成反应

C. Y 分子存在顺反异构体

D. 1 mol Y 与 NaOH 溶液反应, 最多可以消耗 2 mol NaOH

10. 室温下, 为测定锥形瓶中 20.00 mL NaOH 溶液的浓度, 滴加酚酞作指示剂, 用 $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 标准溶液进行滴定。下列说法正确的是()

A. 由浓盐酸稀释后获得的稀盐酸, 其准确浓度可以直接由计算得到

B. 到达滴定终点时, 溶液由无色变为粉红色

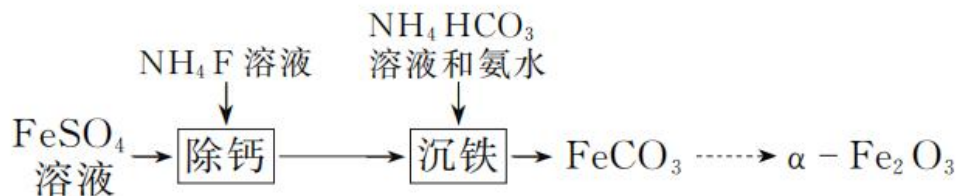
C. 越接近滴定终点, 溶液 pH 的变化幅度越大

D. 若盛装 HCl 标准溶液的酸式滴定管水洗后未用待装液润洗, 则会使所测 NaOH 溶液的浓度偏小

11. 室温下, 下列实验方案不能达到探究目的的是()

选项	实验方案	探究目的
A	测量 HA(一种一元酸)稀溶液的 pH, 将该溶液体积稀释 10 倍后再次测量 pH	探究 HA 是否为弱酸
B	测量 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaHSO_3 溶液的 pH	比较 HSO_3^- 的电离常数与水解常数大小
C	用 pH 试纸分别测定浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ CH_3COONa 溶液与 NaCN 溶液的 pH	比较 CH_3COO^- 与 CN^- 结合 H^+ 能力的大小
D	用饱和 Na_2CO_3 溶液浸泡 BaSO_4 沉淀后, 向所得沉淀中加入盐酸, 观察是否有气泡产生	比较 $K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3)$ 和 $K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4)$ 大小

12. 室温下, 用含少量 Ca^{2+} 的 FeSO_4 溶液制备软磁性材料 $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ 的过程如图所示。下列说法正确的是()



已知： $K_{\text{sp}}(\text{CaF}_2)=5.3\times 10^{-9}$ ， $K_{\text{a}}(\text{HF})=6.3\times 10^{-4}$ 、 $K_{\text{b}}(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O})=1\times 10^{-5}$ 。

A. $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NH}_4\text{F}$ 溶液中： $c(\text{NH}_4^+)>c(\text{F}^-)$

B. $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NH}_4\text{F}$ 溶液中： $c(\text{F}^-)>c(\text{NH}_4^+)+c(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O})$

C. “除钙”得到的上层清液中： $c(\text{Ca}^{2+})=\frac{K_{\text{sp}}(\text{CaF}_2)}{c(\text{F}^-)}$

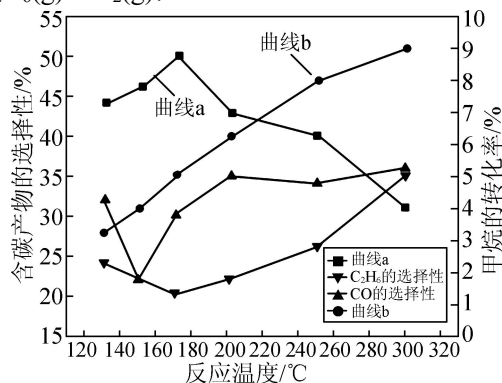
D. $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水和 $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NH}_4\text{HCO}_3$ 溶液等体积混合： $2c(\text{H}_2\text{CO}_3)+c(\text{HCO}_3^-)+c(\text{H}^+)=c(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O})+c(\text{OH}^-)$

13. 甲烷、水蒸气重整反应是制备甲醇的重要方法之一。体系中主要有以下几个反应发生：

反应 I： $\text{CH}_4(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})=\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})$ ； $\Delta H=-124.1\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

反应 II： $\text{CH}_4(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})=\text{CO}(\text{g})+3\text{H}_2(\text{g})$ ； $\Delta H=-240.1\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

反应 III： $2\text{CH}_4(\text{g})=\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})$ ； $\Delta H=+46.4\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$



将 CH_4 、 H_2O 、 Ar 以 1 : 4 : 2 的体积比投入反应体系中，反应一定时间，测得 CH_4 转化率和含碳产物选择性随反应温度的变化如右图所示。 CH_3OH 或 CO 的选择性 = $\frac{n(\text{CH}_3\text{OH}) \text{ 或 } n(\text{CO})}{n(\text{反应的 CH}_4)} \times 100\%$ ， C_2H_6 的选择性 = $\frac{2n(\text{C}_2\text{H}_6)}{n(\text{反应的 CH}_4)} \times 100\%$ 。下列说法正确的是()

A. 曲线 a 表示 CH_3OH 的选择性

B. 170~300 °C 时，温度越高，生成的 CH_3OH 越多

C. 170 °C 时反应 I 的平衡常数小于 300 °C 时

D. 其他条件一定，起始时将 CH_4 、 H_2O 、 Ar 以 4 : 1 : 2 的体积比投入反应体系中，则 170 °C，甲烷的转化率大于 5%

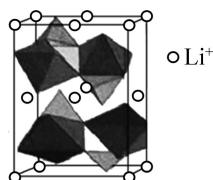
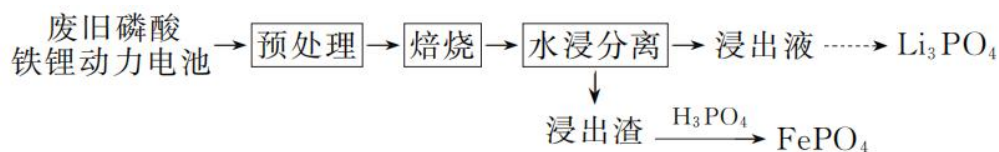
三、非选择题：本题共 5 小题，共 61 分。

14. (4 分) 过氧化铜(CuO_2)常用作处理废水的氧化剂和有机合成的催化剂。

(1) 一种制备 CuO_2 的方法为向 NH_4Cl 、 CuSO_4 的混合液中，加入过量 NaOH 溶液，得到深蓝色的 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ 溶液。继续向溶液中滴加 H_2O_2 溶液至有大量 CuO_2 沉淀产生。写出由 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ 溶液反应生成 CuO_2 的离子方程式：_____。

(2) 将一定质量的 CuO_2 粗品(杂质不参加反应)与过量酸性 KI 溶液充分反应，有 CuI 和 I_2 生成。写出该反应的离子方程式：_____。

15. (14 分)一种 NaHSO_4 辅助焙烧正极废料磷酸亚铁锂(LiFePO_4)回收锂盐、铁盐的主要工艺流程如下:



(1) LiFePO_4 晶胞结构如右图所示, 晶胞中 O 围绕 Fe 和 P 分别形成 4 个正八面体和 4 个正四面体。图中 Li^+ 未画全, 请将没有画出的 Li^+ 补全。

(2) “预处理”过程中需要除去少量杂质铝, 通常采用 NaOH 溶液浸泡剔除, 写出该反应的离子方程式: _____。

(3) “焙烧”指将 $\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 与废料磷酸亚铁锂粉末按一定质量比混合后, 在有氧条件下高温加热。焙烧时有 LiNaSO_4 、 FePO_4 、 Fe_2O_3 和 P_2O_5 生成。则反应生成的 Fe_2O_3 和 P_2O_5 的物质的量之比为_____。

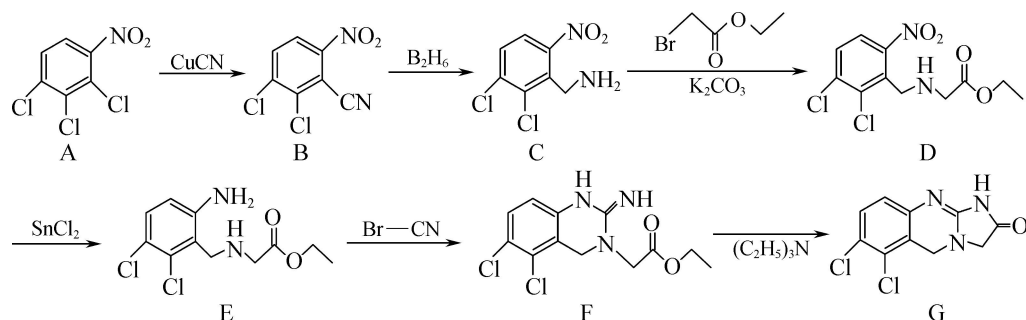
(4) “水浸分离”后, 向除去 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 杂质的浸出液中加入氨水调节溶液 pH 至 6~7, 然后再加入过量的 Na_3PO_4 溶液, 生成 Li_3PO_4 沉淀。加过量 Na_3PO_4 溶液的目的是_____。[已知 $K_{\text{sp}}(\text{Li}_3\text{PO}_4) = 2.4 \times 10^{-14}$]

(5) “水浸分离”后, 向洗净后的浸出渣(FePO_4 和 Fe_2O_3 的混合物)中加入 40% H_3PO_4 前, 需对滤渣中物质组成进行测定, 实验如下: 准确称量样品 1.244 0 g, 边搅拌边向其中加入过量 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液, 充分反应之后, 过滤, 将所得固体洗净、烘干、灼烧、冷却后称量所得固体的质量 0.960 0 g。

① 反应 $\text{FePO}_4 + 3\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{PO}_4^{3-}$ 的平衡常数 K 的数值为_____。{已知: $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 4 \times 10^{-39}$, $K_{\text{sp}}(\text{FePO}_4) = 1 \times 10^{-15}$ }

② 计算样品中 Fe_2O_3 的质量分数, 并写出计算过程。

16. (15 分)G 是一种口服抗血小板聚集药物, 其合成路线如下:



(1) G 分子中氮原子的轨道杂化方式有_____。

(2) C \rightarrow D 的转化中, 除使用 K_2CO_3 外, 还可以使用下列物质中的_____ (填字母)。

A. CH_3COOH B. CH_3OH C. $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$

(3) $\text{E} \rightarrow \text{F}$ 包括两步反应，第一步为取代反应，第二步为_____反应。

(4) $\text{F} \rightarrow \text{G}$ 反应后生成两种产物，除 G 外，另一产物的结构简式为_____。

(5) D 的一种同分异构体同时满足下列条件，写出其结构简式：_____。

① 不能使 FeCl_3 溶液发生显色反应，水解后可生成三种有机产物 X、Y 和 Z；

② X、Y 均为 α 氨基酸；

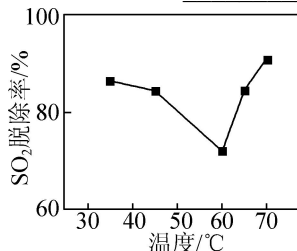
③ Z 能使 FeCl_3 溶液发生显色反应，含有 2 个 Cl 和 3 种化学环境不同的氢。

(6) 已知： $\text{R}-\text{CN}$ (R 表示烃基) 在浓硫酸或其他酸作用下会转化为 $\text{R}-\text{COOH}$ 。

设计以 BrCH_2COOH 、 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 、 为原料制取  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)。

17. (16 分) SO_2 、NO 是常见的污染气体，研究脱硫或脱硝对保护环境具有重要意义。

(1) 用 NaHCO_3 溶液可以吸收烟气中的 SO_2 。不改变 NaHCO_3 溶液的浓度、烟气的组成和反应的温度，可以提高 SO_2 气体吸收率的方法有_____ (任写一种)。



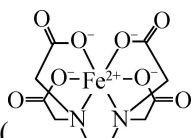
(2) 尿素 [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] 可以脱除烟气中的 SO_2 。已知尿素在溶液中可发生水解反应： $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{NCOONH}_4$ (该反应为吸热反应)， $\text{H}_2\text{NCOONH}_4$ 可以吸收 SO_2 。现向 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的尿素溶液中通入含 SO_2 的烟气 (SO_2 占烟气的体积比为 0.000 5%，其余为空气)，其他条件及反应时间一定，测得不同温度下烟气中 SO_2 脱除率如右图所示。

① 写出 $\text{H}_2\text{NCOONH}_4$ 吸收含 SO_2 的烟气后生成 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 和 CO_2 的化学方程式：_____。

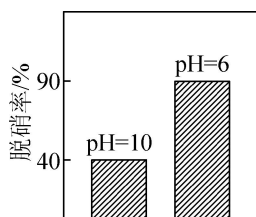
② 温度低于 60°C 时，温度越高，脱硫率越低的主要原因是_____。

③ 温度高于 60°C 时，温度越高，脱硫率越高的主要原因是_____。

(3) 一种用 $\text{Fe}(\text{II})\text{EDTA}$ 、 HCOOHHCOONa 混合溶液联合脱除烟气中 NO 的流程如下：



① Fe(II)-EDTA()是 Fe^{2+} 和乙二胺四乙酸根形成的配合物。其他条件一定，调节 Fe(II)-EDTA 络合液的 pH，



测得不同 pH 条件下，脱硝率与 pH 的关系如右图所示。pH=10 时的脱硝率低于 pH=6 时的原因

② 写出用活性氢 ($\text{H}\cdot$) 还原 Fe(II)-EDTANO 的离子反应方程式：

③ 烟气中的 O_2 会将 Fe(II)-EDTA 氧化为 Fe(III)-EDTA，从而降低 Fe(II)-EDTA 与 NO 的配合能力。将 HCOOH-HCOONa 混合溶液改为加入 Fe 粉，该方法既可以脱除烟气中 NO，同时脱硝率不受烟气中的 O_2 的影响。铁粉的作用有。

18. (12 分) 丙烯是一种重要的化工原料，可以由 CO_2 、丙烷为原料制得。

(1) 一种催化电解 CO_2 制取丙烯的装置原理如图 1 所示，电解质溶液为稀硫酸。写出生成丙烯的电极反应式：。

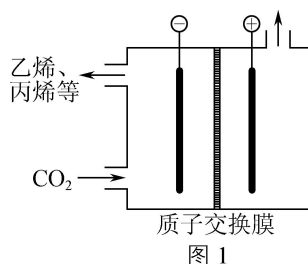


图 1

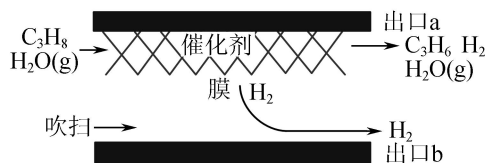


图 2

(2) 丙烷催化脱氢制备丙烯： $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) = \text{C}_3\text{H}_6(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ ； ΔH 。

① $\text{H}_2(\text{g})$ 、 $\text{C}_3\text{H}_6(\text{g})$ 、 $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$ 三种物质的燃烧热分别为 $286 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 、 $2049 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 、 $2218 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，则 $\Delta H =$ 。

② 保持压强和温度一定，将一定比例的 $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 混合后通过一种催化剂—膜系统制取丙烯，工作原理如图 2 所示。该过程中可以提高反应平衡转化率的措施有。

(3) 丙烷催化氧化制取丙烯的原理为 $2\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{C}_3\text{H}_6(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ； $\Delta H = -236 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。反应产物中除 C_3H_6 外，还有 CH_4 、 CO 和 C 等。其他条件一定，丙烷的转化率、丙烯的产率、丙烯的选择性随温度的变化如图 3 所示。

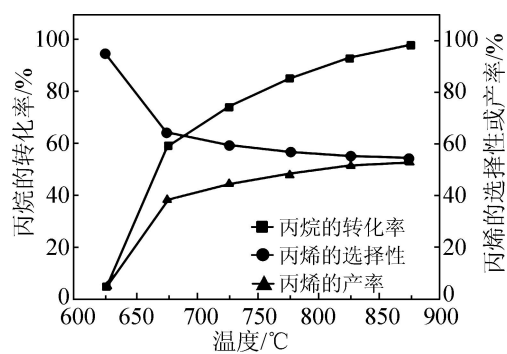


图 3

① 675 °C 后，随着温度的升高，丙烷的转化率上升幅度变慢，原因可能是

_____。

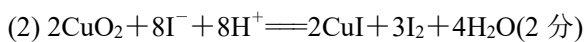
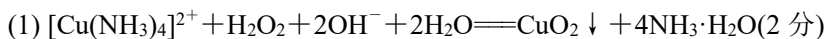
② 研究发现，控制其他条件相同，仅改变反应体系中丙烷和氧气投料比 $\left[\frac{n(\text{C}_3\text{H}_8)}{n(\text{O}_2)}\right]$ 。

当投料比较低时， C_3H_6 的选择性较低，可能的原因是

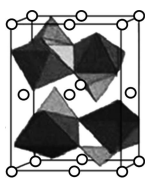
_____。

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

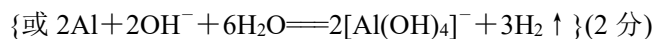
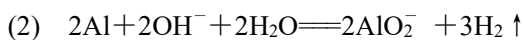
14. (4 分)



15. (14 分)



(1) (2 分)



(3) 1 : 1 (2 分)

(4) 提高 Li^+ 的沉淀率 (2 分)(5) ① 2.5×10^{23} (2 分)

$$\textcircled{2} \text{ 反应后所得 } n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{0.9600 \text{ g}}{160 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 6 \times 10^{-3} \text{ mol} \text{ (1 分)}$$

$$\text{浸出渣中 } 2n(\text{Fe}_2\text{O}_3) + n(\text{FePO}_4) = 6 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 2$$

$$160 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times n(\text{Fe}_2\text{O}_3) + 151 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times n(\text{FePO}_4) = 1.244 \text{ g}$$

$$\text{解得 } n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0.004 \text{ mol} \text{ (2 分)}$$

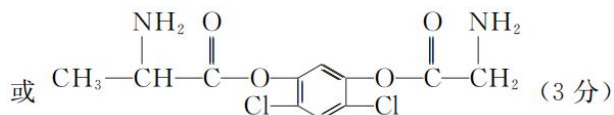
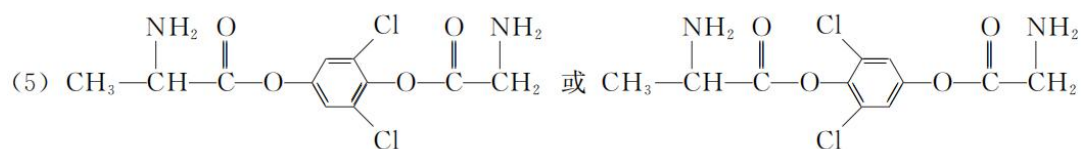
$$w(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{0.004 \text{ mol} \times 160 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1.244 \text{ g}} = 51.4\% \text{ (1 分)}$$

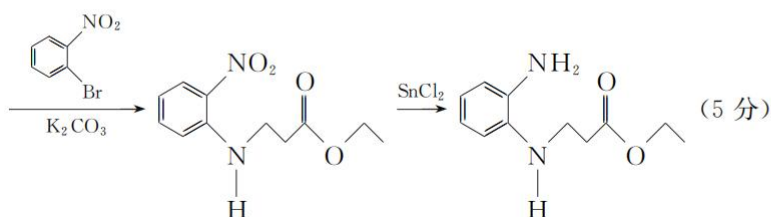
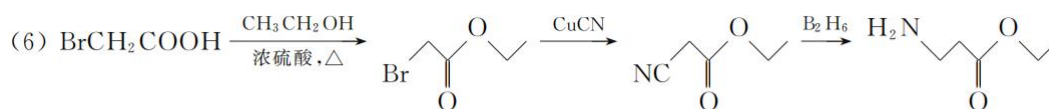
16. (15 分)

(1) sp^2 杂化和 sp^3 杂化 (2 分)

(2) C (1 分)

(3) 加成反应 (2 分)

(4) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ (2 分)



17. (16 分)

(1) 减缓气体的通入速率(或使用多孔球泡或充分搅拌)(2 分)

(2) ① $2\text{H}_2\text{NCOONH}_4 + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{CO}_2$ (3 分)

② 温度低于 60°C 时, 温度越高, SO_2 气体在水中的溶解度降低(2 分)

③ 温度高于 60°C 时, 温度越高, 尿素水解程度越大, 使溶液中 $\text{H}_2\text{NCOONH}_4$ 的浓度越大, 使脱硫率越高(2 分)

(3) ① $\text{pH}=10$ 时, Fe^{2+} 生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀, $\text{Fe}(\text{II})\text{EDTA}$ 浓度减小, NO 的吸收效率降低(2 分)

② $\text{HCOOH} + \text{Fe}(\text{II})\text{EDTA} + \text{NO} + 5\text{H}^+ = \text{Fe}(\text{II})\text{EDTA} + \text{NH}_4^+ + \text{HCOO}^- + \text{H}_2\text{O}$ (3 分)

③ 作 NO 脱除的还原剂、防止 $\text{Fe}(\text{II})\text{EDTA}$ 被 O_2 氧化(2 分)

18. (12 分)

(1) $3\text{CO}_2 + 18\text{e}^- + 18\text{H}^+ = \text{C}_3\text{H}_6 + 6\text{H}_2\text{O}$ (3 分)

(2) ① $+117\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ (3 分)

② 利用催化剂—膜分离出氢气; 丙烷中混合水蒸气, 使反应物和生成物体系压强减小(2 分)

(3) ① 温度升高后催化剂活性变化不大(2 分)

② 氧气过量, 丙烷发生深度氧化生成 CO 和 C 等(2 分)