

可能用到的相对原子质量: H—1 C—12 N—14 O—16 Ni—59 Mo—96

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. 下列含氮物质的转化属于氮的固定的是()

- A. $\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3$ B. $\text{NO} \rightarrow \text{N}_2$
C. $\text{NH}_3 \rightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2$ D. $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$

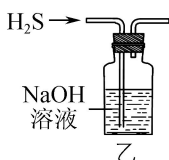
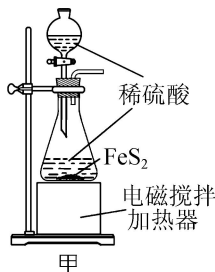
2. 将印刷电路板的碱性蚀刻液与 NaOH 溶液共热可发生反应: $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2\text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{CuO} \downarrow + 4\text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。下列说法正确的是()

- A. Cu^{2+} 的基态核外电子排布式为 $[\text{Ar}]3\text{d}^74\text{s}^2$
B. $1\text{mol } [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 中含 $16\text{mol } \sigma$ 键
C. NH_3 所含键角小于 H_2O
D. 冰属于共价晶体

3. 一种用于烧制陶瓷的黏土中含 $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ 、 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 、 MgSO_4 等物质。下列说法正确的是()

- A. 离子半径: $r(\text{Na}^+) > r(\text{Al}^{3+}) > r(\text{O}^{2-})$ B. 电负性: $\chi(\text{O}) > \chi(\text{C}) > \chi(\text{Si})$
C. 熔点: $\text{SO}_2 > \text{SiO}_2 > \text{CO}_2$ D. 第一电离能: $I_1(\text{Si}) > I_1(\text{Al}) > I_1(\text{Mg})$

4. FeS_2 在酸性条件下可发生反应: $\text{FeS}_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{S} + \text{H}_2\text{S} \uparrow$ 。以 FeS_2 为原料制取 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 晶体的实验操作或原理不能达到实验目的的是()



- A. 用装置甲制取含 FeSO_4 的悬浊液 B. 用装置乙吸收挥发出的 H_2S 气体
C. 用装置丙除去 S 和未反应的 FeS_2 D. 用装置丁蒸干溶液, 获得 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
5. 在给定条件下, 下列制备过程涉及的物质转化均能实现的是()

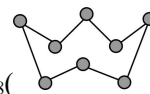
- A. $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow[\Delta]{\text{C}} \text{SO}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{S}} \text{S}$ B. $\text{Fe}_2\text{O}_3 \xrightarrow[\text{高温}]{\text{Al}} \text{Fe} \xrightarrow[\Delta]{\text{少量 Cl}_2} \text{FeCl}_2$
C. $\text{NH}_3 \xrightarrow[\text{催化剂、}\Delta]{\text{O}_2} \text{NO} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{HNO}_3$ D. $\text{NaCl 溶液} \xrightarrow{\text{CO}_2} \text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3$

6. 粗硅制高纯硅的过程中 300°C 时发生反应 $\text{Si}(\text{s}) + 3\text{HCl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SiHCl}_3(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$; $\Delta H < 0$ 。下列说法正确的是()

- A. 该反应一定能自发进行
B. 该反应的平衡常数表达式 $K = \frac{c(\text{SiHCl}_3) \cdot c(\text{H}_2)}{c(\text{Si}) \cdot c^3(\text{HCl})}$
C. 每反应 1mol Si , 会断裂 2mol Si-Si 键
D. 其他条件相同, 使用催化剂可以加快正反应速率, 减慢逆反应速率

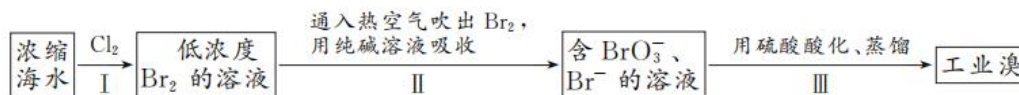
阅读下列材料，完成 7~9 题。

Br_2 具有较强的氧化性，能够将磷氧化为 PBr_3 或 PBr_5 (PBr_5 可以水解得到两种酸)，与氨



反应生成溴化铵和氮气，可以氧化一些非金属阴离子，如 Br_2 与 S^{2-} 反应生成 S_8 ()。

在催化剂作用下，苯与 Br_2 发生取代反应，该反应属于放热反应。醛与 Br_2 在碱的催化下，醛的 α 氢被溴取代生成 α 溴代醛。工业上海水提溴的主要过程如下：



7. 下列说法正确的是()

A. 基态溴原子的电子排布式为 $[\text{Ar}]4s^24p^5$ B. PBr_3 中 P 原子的轨道杂化类型为 sp^3

杂化

C. S_8 是由极性键构成的非极性分子 D. BrO_3^- 的空间结构为平面三角形

8. 下列化学用语表示正确的是()

A. PBr_5 水解反应的化学方程式： $\text{PBr}_5 + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{HBrO}$

B. 溴与氨反应的化学方程式： $3\text{Br}_2 + 8\text{NH}_3 \rightleftharpoons 6\text{NH}_4\text{Br} + \text{N}_2$

C. 乙醛与溴反应生成 α 溴代乙醛的化学方程式： $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{Br}_2 \xrightarrow{\text{OH}^-} \text{CH}_3\text{C}(=\text{O})\text{Br} + \text{HBr}$

D. 纯碱溶液吸收 Br_2 的离子方程式： $\text{Br}_2 + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{Br}^- + \text{BrO}_3^- + \text{CO}_2 \uparrow$

9. 下列说法正确的是()

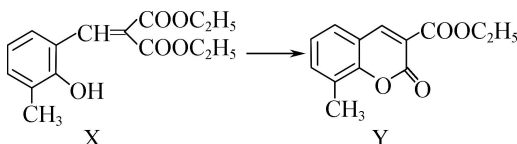
A. 浓硫酸是苯与 Br_2 发生取代反应的催化剂

B. 使用催化剂可以降低苯与 Br_2 反应的焓变

C. 海水提溴中的步骤 II、III 可以实现溴元素的富集

D. 可以用淀粉溶液检验步骤 III 蒸馏后所得母液中是否含有 Br_2

10. 有机物 Y 是一种医药中间体，其合成路线如下。下列有关说法正确的是()



A. X 存在顺反异构现象

B. X 能与甲醛发生缩聚反应

C. $\text{X} \rightarrow \text{Y}$ 时有 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 生成

D. 1 mol Y 最多能与 2 mol NaOH 反应

11. 室温下，下列实验方案能达到实验目的的是()

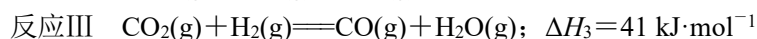
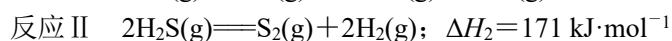
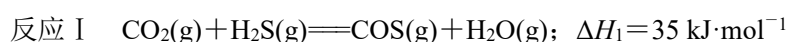
选项	实验探究方案	实验目的
A	向滴有酚酞的 10 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{Cl}$ 溶液中加入 10 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液，观察现象	证明 NH_4Cl 可与 NaOH 溶液反应
B	将 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液加到 HI 溶液中，充分溶解后，滴入 CCl_4 后振荡、静置，观察 CCl_4 层颜色变化	证明氧化性： $\text{Fe}^{3+} > \text{I}_2$

C	在氨水中滴入酚酞溶液，加热煮沸一段时间，观察溶液颜色变化	验证升高温度可促进 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 的电离
D	向淀粉溶液中加入适量 20% H_2SO_4 溶液，加热，冷却后，加 NaOH 溶液至溶液呈碱性，加新制 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ，加热，观察现象	证明淀粉水解后有还原性糖生成

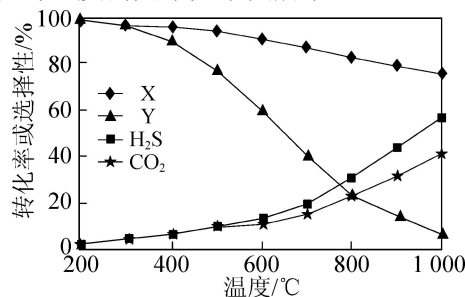
12. NaOH 溶液可以吸收废气中的 NO_2 ，生成 NaNO_3 和 NaNO_2 。现用 100 mL $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 溶液吸收含 NO_2 的废气(无其他含氮气体，忽略溶液体积的变化)。已知： $K_a(\text{HNO}_2)=5\times 10^{-4}$ 、 $K_a(\text{H}_2\text{CO}_3)=4\times 10^{-7}$ 。室温下，下列说法正确的是()

- A. $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaNO_2 溶液中存在： $c(\text{H}^+)=c(\text{OH}^-)+c(\text{HNO}_2)$
 B. $n_{\text{总}}(\text{N})=0.01 \text{ mol}$ 时吸收液中存在： $c(\text{Na}^+)=c(\text{NO}_3^-)+c(\text{NO}_2^-)+c(\text{HNO}_2)$
 C. 吸收过程中溶液中可能存在： $c(\text{NO}_3^-)<c(\text{NO}_2^-)$
 D. 用 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ Na_2CO_3 溶液吸收废气可发生反应： $\text{CO}_3^{2-}+\text{NO}_2=\text{NO}_3^-+\text{CO}_2$

13. 一种以 CO_2 、 H_2S 为原料制取 COS 的过程中主要反应如下：



将等物质的量的 $\text{CO}_2(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$ 充入反应器中，压强一定，平衡时 $\text{CO}_2(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$ 的转化率、 $\text{COS}(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 选择性与温度的关系如下图所示。



$$\text{COS}(\text{g}) \text{ 或 } \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \text{ 选择性} = \frac{n_{\text{生成}}(\text{COS}) \text{ 或 } n_{\text{生成}}(\text{H}_2\text{O})}{n_{\text{转化}}(\text{H}_2\text{S})}$$

下列说法正确的是()

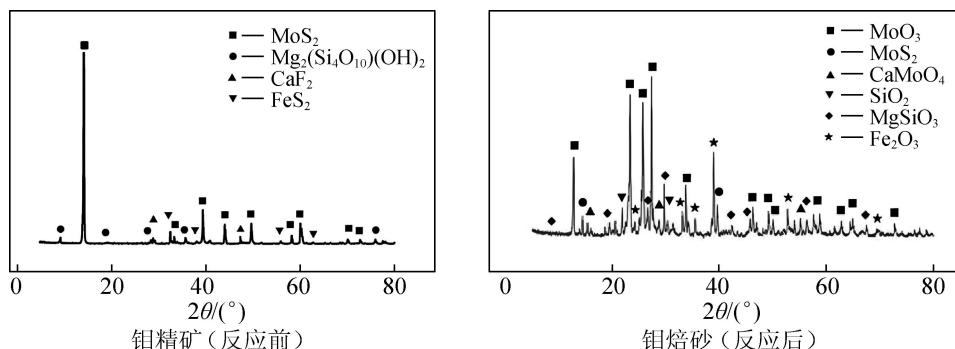
- A. X 代表的物质是 COS
 B. 温度越高，平衡时所得 H_2O 的物质的量越少
 C. 400 °C 之前，容器内只发生反应 I
 D. 600 °C 时，其他条件一定，适当增大起始反应的压强，既能加快反应速率也能提高 COS 的平衡选择性

二、非选择题：本题共 4 小题，共 61 分。

14. (15 分)工业以钼精矿为原料制备 MoO_3 的过程如下：



(1) “焙烧”：将钼精矿置于石英反应罐中并通入空气，高温充分反应得到钼焙砂。冷却后采用 XRD 分析焙烧前后物相的变化如图所示。写出焙烧时生成 MoO_3 的化学反应方程式：_____。



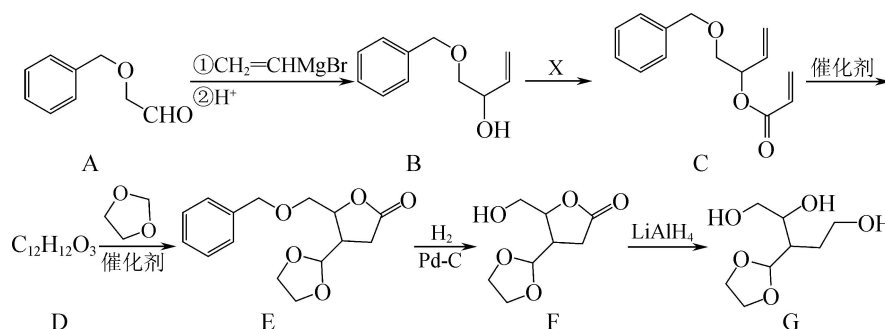
(2) “预处理”：将钼焙砂和 HNO_3 、 NH_4NO_3 混合溶液按一定比例混合，加热反应一段时间，过滤后，得到含 H_2MoO_4 、多钼酸铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_n\text{O}_{(3n+1)}]$ 、 SiO_2 等滤渣。[已知 $(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_n\text{O}_{(3n+1)}$ 在水中存在平衡： $(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_n\text{O}_{(3n+1)}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{MoO}_4^{2-}(\text{aq}) + (n-1)\text{MoO}_3(\text{s})$]

- ① “预处理”需在通风设备中进行，原因是_____。
- ② 写出 CaMoO_4 转化为 $(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_n\text{O}_{(3n+1)}$ 的化学方程式：_____。
- ③ 其他条件一定，适当增大 NH_4NO_3 浓度，所得滤渣中 Mo 的含量增大，原因是_____。

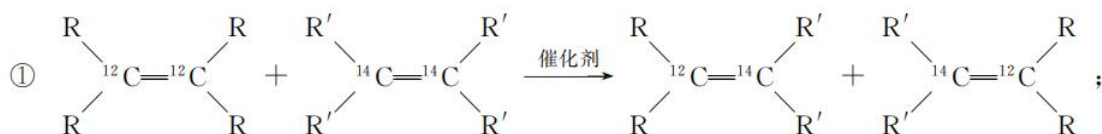
(3) “氨浸”：将预处理后所得滤渣用氨水浸泡，其中的 H_2MoO_4 、 $(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_n\text{O}_{(3n+1)}$ 可转化为可溶的 $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ ，还有少量的 CaMoO_4 难溶于氨水。为进一步提高 Mo 元素的浸出率，可在氨水中加入的物质是_____。

(4) 五钼酸铵 $[(\text{NH}_4)_4\text{Mo}_5\text{O}_{17}]$ ， $M = 824 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 在氮气中焙烧，可逐步分解，最终得到 MoO_3 。取 1.648 g 五钼酸铵固体在氮气氛围中焙烧，有气体 NH_3 和 H_2O 生成，维持 300°C 时加热当固体质量不再变化时，所得固体[组成为 $(\text{NH}_4)_a\text{Mo}_b\text{O}_c$ ，Mo 为 +6 价]质量为 1.57 g 。计算 300°C 所得固体的化学式，并写出计算过程。

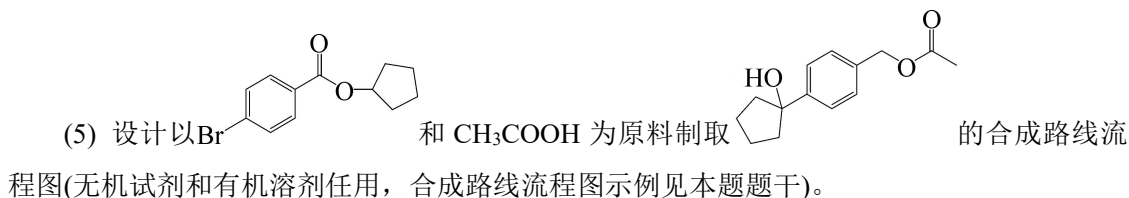
15. (15 分) 化合物 G 是一种抗病毒药物的中间体，其一种合成路线如下：



已知



- (1) F→G 的反应类型为_____反应。
- (2) 已知物质 X 的分子式为 C_3H_3OCl ，则 X 的结构简式为_____。
- (3) D 的结构简式为_____。
- (4) 写出符合下列条件的 C 的一种同分异构体的结构简式：_____。
- ① 能与 $FeCl_3$ 溶液发生显色反应；
- ② 能发生水解反应，酸性条件下水解所得 2 种有机产物均含 2 种化学环境不同的氢。



16. (16 分)三氧化二镍(Ni_2O_3)常用作磁性材料，具有强氧化性。以镍铜矿(含有 NiS 、 CuS 、 SiO_2 以及少量的不溶杂质)为原料制备 Ni_2O_3 。

(1) 煅烧。将一定量的镍铜矿与 $CaCO_3$ 混合后，粉碎后在富氧空气中充分煅烧。煅烧时加入 $CaCO_3$ 的目的是_____。

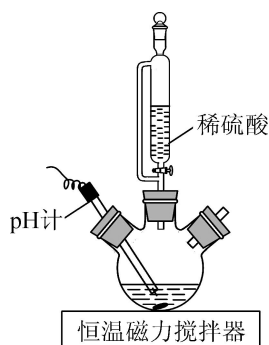


图 1

(2) 酸浸。将煅烧得到的固体(含 CuO 、 CaO 、 Ni_2O_3 、 $CaSO_4$ 、 $CaSiO_3$)加入三颈瓶中(装置如图 1 所示)，通过恒压滴液漏斗缓慢滴加稍过量的稀硫酸，充分反应。

① 反应后所得溶液中含 Cu^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Ni^{2+} ，写出酸浸时 Ni_2O_3 发生反应的化学方程式：_____。

② 如何判断“酸浸”反应已经完成：_____。

(3) 除杂。将三颈瓶中悬浊液倒出、过滤后，向所得滤液中加入足量 Ni 粉，充分反应后过滤，调节滤液的 pH，向滤液中加入 NaF 溶液将 Ca^{2+} 沉淀除去。[溶液中 $c(Ni^{2+})=1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ， $K_{sp}[Cu(OH)_2]=1\times 10^{-20}$ ， $K_{sp}[Ni(OH)_2]=1\times 10^{-15}$ ， $K_{sp}(CaF_2)=1.6\times 10^{-10}$ ，离子浓度 $\leq 10^{-5}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 沉淀完全]

① 加入 Ni 粉的目的是除去溶液中的 Cu^{2+} 。不选择用调节 pH 的方法除去 Cu^{2+} 的原因是_____。

② 实际消耗 Ni 粉的量大于理论用量，原因是_____。

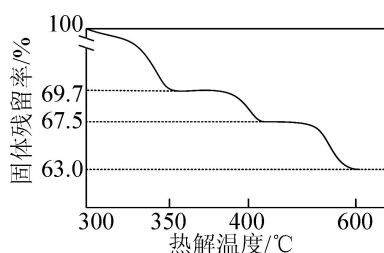


图 2

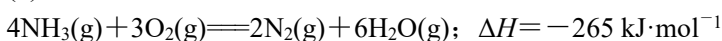
(4) 制备 Ni_2O_3 : 请补充完整由除杂后得到的 NiSO_4 溶液制取 Ni_2O_3 的实验方案: 量取 100 mL NiSO_4 , 测得其中 NiSO_4 的浓度为 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, _____, 得到 Ni_2O_3 。
(可选用的试剂: $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHCO}_3$ 溶液、稀盐酸、 BaCl_2 溶液)

已知: NiCO_3 样品在空气中煅烧, 样品的固体残留率

$\left(\frac{\text{固体样品的剩余质量}}{\text{固体样品的起始质量}} \times 100\% \right)$ 随热解温度的变化如图 2 所示。

17. (15 分) 氨气既是化工原料, 也是清洁能源, 研究氨气的合成具有重要意义。

(1) 已知氨气的部分反应及信息如下:



$\text{NH}_3(\text{l})$ 的密度为 $0.68 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$

1 L $\text{NH}_3(\text{l})$ 完全燃烧生成 $\text{N}_2(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 可以产生的热量是_____。

(2) 一种合成气(含体积分数为 54% 的 H_2 、35% 的 CO 、7% 的 CO_2 和 4% 的 N_2) 可通过如图 1 所示转化制取合成氨气的原料。

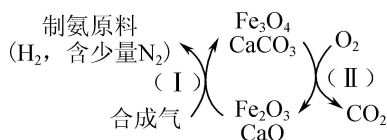


图 1

① 若转化 I 中 CO 、 CO_2 完全反应, 得到的 Fe_3O_4 和 CaCO_3 的物质的量之比为_____。

② 实际进行转化(I)反应时, 合成气中需添加一定量的水蒸气。添加水蒸气的目的是_____。

③ 其他条件一定, 将添加了水蒸气的合成气通过装有 Fe_2O_3 和 CaO 的反应管, 测得出口处 CO 的体积分数与反应温度的关系如图 2 所示。

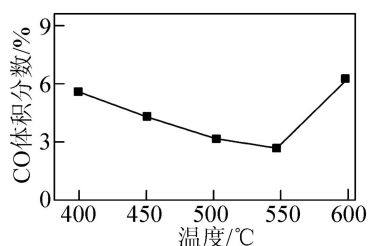


图 2

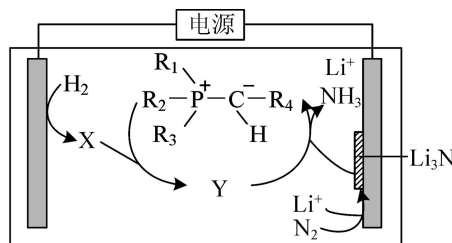


图 3

I. 400~550 °C, 温度越高, 出口处 CO 体积分数越低的原因是_____。

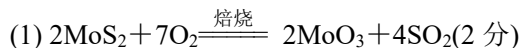
II. 高于 550 °C, 出口处 CO 体积分数随温度升高增大的原因是_____。

-
- _____。
- (3) 一种 H_2 、 N_2 可持续电催化合成氨的原理如图 3(图中 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 可表示烃基)所示。
- ① 物质 Y 的结构简式为_____。
- ② 与 N_2 、 H_2 直接合成氨的工艺相比，该方法的优点除产氨效率高外，还有_____(任写一点)。
-

化学参考答案及评分标准

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

14. (15 分)

(2) ① “预处理”过程中, HNO_3 会反应生成有毒的氮氧化物气体 (2 分)② $n\text{CaMoO}_4 + (2n-2)\text{HNO}_3 + 2\text{NH}_4\text{NO}_3 = (\text{NH}_4)_2\text{Mo}_n\text{O}_{(3n+1)} + n\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (n-1)\text{H}_2\text{O}$ (3 分)③ 增大 NH_4NO_3 浓度, 可以增大 NH_4^+ 浓度, 抑制 $(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_n\text{O}_{(3n+1)}$ 在水中的平衡正向进行 (2 分)(3) Na_2CO_3 (2 分)

(4) $n[(\text{NH}_4)_4\text{Mo}_5\text{O}_{17}] = \frac{1.648 \text{ g}}{824 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.002 \text{ mol}$

$$n(\text{Mo}) = 0.002 \text{ mol} \times 5 = 0.01 \text{ mol}$$

$$m(\text{Mo}) = 0.01 \text{ mol} \times 96 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.96 \text{ g}$$

则根据质量守恒和电荷守恒, $1.57 \text{ g } (\text{NH}_4)_a\text{Mo}_b\text{O}_c$ 中存在如下等式:

$$n(\text{NH}_4^+) \times 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + n(\text{O}^{2-}) \times 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.57 \text{ g} - 0.96 \text{ g} = 0.61 \text{ g}$$

$$n(\text{NH}_4^+) + 6n(\text{Mo}) = 2n(\text{O}^{2-}), \text{ 即 } n(\text{NH}_4^+) + 0.06 = 2n(\text{O}^{2-})$$

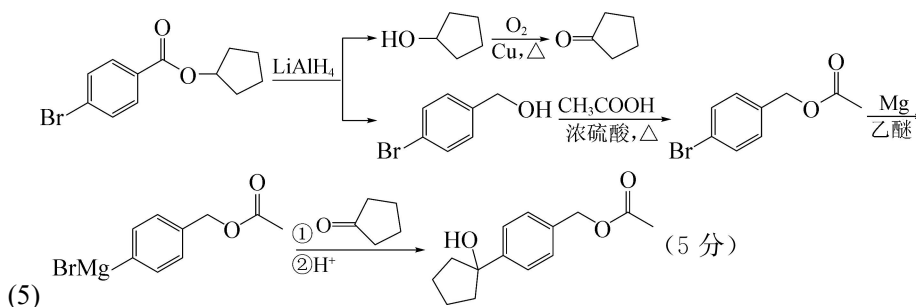
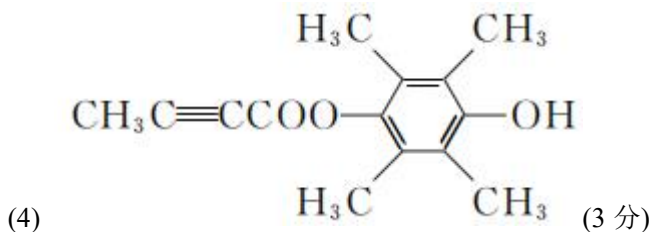
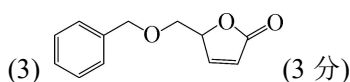
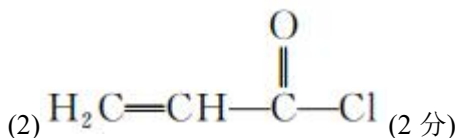
$$\text{由两个方程可以解得: } n(\text{NH}_4^+) = 0.005 \text{ mol}, n(\text{O}^{2-}) = 0.0325 \text{ mol}$$

$$n(\text{NH}_4^+) : n(\text{Mo}) : n(\text{O}^{2-}) = 0.005 \text{ mol} : 0.01 \text{ mol} : 0.0325 \text{ mol} = 2 : 4 : 13$$

则 $(\text{NH}_4)_a\text{Mo}_b\text{O}_c$ 的化学式为 $(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_4\text{O}_{13}$ (4 分)

15. (15 分)

(1) 还原 (2 分)



16. (16 分)

(1) 吸收煅烧生成的 SO_2 ，防止污染空气(2 分)

(2) ① $2\text{Ni}_2\text{O}_3 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = 4\text{NiSO}_4 + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ (3 分)

② 溶液的 pH 不再发生变化(2 分)

(3) ① 若调节 pH， Cu^{2+} 沉淀完全时溶液 $\text{pH} \geq 6.5$ ，而 Ni^{2+} 开始沉淀的 pH 为 6.5， Cu^{2+} 沉淀完全时， Ni^{2+} 已经开始沉淀(2 分)

② 部分 Ni 粉与 H^+ 发生反应(2 分)

(4) 向 NiSO_4 溶液中边搅拌边加入 200 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHCO}_3$ 溶液，过滤，用蒸馏水洗涤沉淀，直至最后一次洗涤滤液中加稀盐酸酸化后滴加 BaCl_2 溶液，无沉淀产生，然后将所得固体在 360°C 左右温度下在空气中加热至固体质量不变(5 分)

17. (15 分)

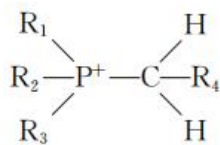
(1) 1 730 kJ(3 分)

(2) ① 5 : 3(2 分)

② 抑制 H_2 与 Fe_2O_3 的反应，将部分 CO 转化为 CO_2 与 H_2 (3 分)

③ I. 温度越高，CO 与 Fe_2O_3 的反应速率越快(2 分)

II. 温度越高， CO_2 与 CaO 反应程度越小(或 CaCO_3 分解程度越大)， CO_2 浓度增大，抑制了 CO 与 Fe_2O_3 (或 H_2O)的反应正向进行的程度(2 分)



(3) ① (2 分)

② 避免高温、高压的条件，节约能源，对设备要求降低(1 分)