

可能用到的相对原子质量: H—1 C—12 N—14 O—16 S—32 Mn—55

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. 杭州第 19 届亚运会秉持“绿色、智能、节俭、文明”的办会理念。下列说法不正确的是

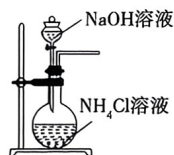


- A. 会场“莲花碗”(如图)采取自然采光方式有利于实现“碳中和”
- B. 火炬“薪火”使用的 1070 铝合金具有硬度高、耐高温的特点
- C. 吉祥物“江南忆”机器人所采用芯片的主要成分为二氧化硅
- D. 特许商品“亚运莲花尊”的艺术载体青瓷属于无机非金属材料

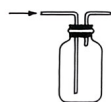
2. 反应  $2\text{NH}_3 + \text{NO} + \text{NO}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$  用于处理汽车尾气中的  $\text{NO}_x$ 。下列说法正确的是

- A.  $\text{NH}_3$  中 H 元素的化合价为 -1
- B. NO 是酸性氧化物
- C.  $\text{NO}_2$  发生氧化反应
- D.  $\text{H}_2\text{O}$  的结构式为  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$

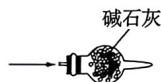
3. 下列有关实验室制取  $\text{NH}_3$  的实验原理及装置均正确的是



A. 生成  $\text{NH}_3$



C. 收集  $\text{NH}_3$



B. 干燥  $\text{NH}_3$



D. 吸收  $\text{NH}_3$

4. 硼碳氮 (BCN) 材料可用作耐磨涂层。下列说法正确的是

- A. 原子半径:  $r(\text{B}) > r(\text{C}) > r(\text{N})$
- B. 第一电离能:  $I_1(\text{B}) > I_1(\text{C}) > I_1(\text{N})$
- C. 酸性强弱:  $\text{HNO}_3 > \text{H}_3\text{BO}_3 > \text{H}_2\text{CO}_3$
- D. 硼、石墨、固态氮的晶体类型相同

阅读下列材料, 完成 5~7 题:

氧及其化合物具有广泛用途。 $\text{O}_2$  是常用的氧化剂,  $\text{C}_2\text{H}_2$  的燃烧热为  $1\,299.6\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 氧块焰产生的高温可用于焊接金属。 $\text{O}_3$  可用于水处理, pH 约为 8 时,  $\text{O}_3$  可与  $\text{CN}^-$  反应生成  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{N}_2$  和  $\text{O}_2$ 。 $\text{C}_2\text{H}_5^{18}\text{OH}$  可用于研究酯化反应的机理。 $\text{CaO}$  可用于烟气(含  $\text{N}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{SO}_2$  等)脱硫。 $\text{H}_2\text{O}_2$  是一种绿色氧化剂, 电解  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  饱和溶液产生的  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  经水解可制得  $\text{H}_2\text{O}_2$ 。

5. 下列说法正确的是

- A.  $\text{O}_3$  是由极性键构成的极性分子
- B.  $\text{C}_2\text{H}_5^{18}\text{OH}$  与  $\text{C}_2\text{H}_5^{16}\text{OH}$  互为同素异形体
- C.  $\text{SO}_2$  和  $\text{CO}_2$  的中心原子杂化轨道类型均为  $\text{sp}^2$
- D.  $\text{CaO}$  晶体中  $\text{Ca}^{2+}$  与  $\text{O}^{2-}$  的相互作用具有饱和性和方向性

6. 下列化学反应表示正确的是

- A. 乙炔的燃烧:  $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) + \frac{5}{2}\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -1\,299.6\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B.  $\text{CaO}$  吸收  $\text{SO}_2$  的反应:  $\text{CaO} + \text{SO}_2 \longrightarrow \text{CaSO}_4$
- C.  $\text{O}_3$  处理含  $\text{CN}^-$  废水的反应:  $5\text{O}_3 + 2\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 5\text{O}_2 + \text{N}_2 + 2\text{HCO}_3^-$
- D.  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  水解制得  $\text{H}_2\text{O}_2$  的反应:  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}_2$

7. 下列物质结构与性质或物质性质与用途具有对应关系的是

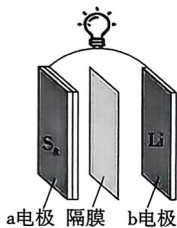
- A.  $\text{N}_2$  分子中含共价三键,  $\text{N}_2$  的沸点比  $\text{O}_2$  的低
- B.  $\text{H}_2\text{O}_2$  分子之间形成氢键, 可与水以任意比例互溶
- C.  $\text{O}_2$  具有氧化性, 可作为燃料电池的氧化剂
- D.  $\text{O}_3$  的溶解度比  $\text{O}_2$  大, 可用于饮用水消毒杀菌

8. 钠及其化合物的转化具有重要应用。下列说法不正确的是

- A. 工业制备  $\text{NaOH}$  的原理:  $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2 \uparrow$
- B. 侯氏制碱过程中的物质转化:  $\text{NaCl} \xrightarrow[\text{H}_2\text{O}]{\text{CO}_2} \text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3$
- C.  $\text{Na}_2\text{O}_2$  与  $\text{CO}_2$  反应为潜水艇供氧的原理:  $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 \longrightarrow 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$
- D. 苯酚钠溶液与少量  $\text{CO}_2$  反应:  $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{NaHCO}_3$

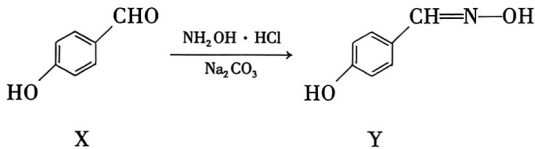


9. 锂-硫电池因成本低、比能量高被寄予厚望。一种锂-硫电池的结构如图所示,硫电极采用柔性聚丙烯-石墨烯-硫复合材料。工作时,在硫电极发生反应:  $\frac{1}{2}\text{S}_8 + \text{e}^- \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{S}_8^{2-}$ ,  $\frac{1}{2}\text{S}_8^{2-} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{S}_4^{2-}$ ,  $2\text{Li}^+ + \frac{x}{4}\text{S}_4^{2-} + 2(1 - \frac{x}{4})\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}_2\text{S}_x$ 。下列说法正确的是



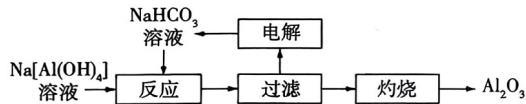
- A. 充电时,  $\text{Li}^+$  从 b 电极向 a 电极迁移
- B. 放电时, 外电路电子流动的方向是 a 电极→b 电极
- C. 放电时正极反应为  $2\text{Li}^+ + \frac{x}{8}\text{S}_8 - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}_2\text{S}_x$
- D. 石墨烯的作用是增强硫电极导电性能

10. 化合物 Y 是一种精细化工中间体,其部分合成路线如下:



- 下列说法不正确的是
- A. X 能与 HCHO 发生缩聚反应
  - B. X 含  $\text{C}=\text{O}$ , 能与 HCN 发生加成反应
  - C. X 与足量  $\text{H}_2$  加成的产物中含手性碳原子
  - D. X→Y 转化中可能产生 Y 的顺反异构体

11. 用  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  溶液制备  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的过程如图所示。下列说法不正确的是

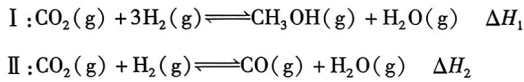


- A.  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHCO}_3$  溶液中:  $c(\text{H}^+) - c(\text{OH}^-) = c(\text{CO}_3^{2-}) - c(\text{H}_2\text{CO}_3)$
- B. “反应”说明  $\text{CO}_3^{2-}$  结合质子的能力强于  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$
- C. “灼烧”时发生反应的  $\Delta S > 0$
- D. “电解”时阳极(惰性电极)的电极反应为  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- + 4\text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons 4\text{HCO}_3^- + \text{O}_2 \uparrow$

12. 室温下, 下列实验探究方案能达到探究目的的是

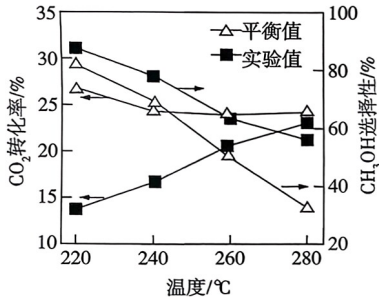
选项	探究方案	探究目的
A	向 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ 溶液中滴入硫酸酸化的 $\text{H}_2\text{O}_2$ 溶液, 观察溶液颜色变化	探究 $\text{H}_2\text{O}_2$ 与 $\text{Fe}^{3+}$ 氧化性强弱
B	用 pH 计分别测定等体积的 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 溶液和 $\text{CH}_2\text{ClCOOH}$ 溶液的 pH	探究键的极性对羧酸酸性的影响
C	向圆底烧瓶中加入 2.0 g NaOH、15 mL 无水乙醇、碎瓷片和 5 mL 1-溴丁烷, 微热, 将产生的气体通入酸性 $\text{KMnO}_4$ 溶液, 观察现象	探究 1-溴丁烷的消去产物
D	向甲、乙两支试管中分别加入 10 mL $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FeCl}_3$ 溶液, 向甲试管中加入少量 $\text{FeCl}_3$ 晶体, 振荡、静置, 对比观察溶液颜色变化	探究反应物浓度对水解平衡的影响

13.  $\text{CO}_2$  催化加氢合成  $\text{CH}_3\text{OH}$  可实现碳的循环利用。一定压强下, 1 mol  $\text{CO}_2$  与 3 mol  $\text{H}_2$  在密闭容器中发生的主要反应为:



反应相同时间, 测得不同温度下  $\text{CO}_2$  转化率和  $\text{CH}_3\text{OH}$  选择性如图所示。图中平衡值表示在相同条件下达到平衡状态时  $\text{CO}_2$  转化率和  $\text{CH}_3\text{OH}$  选择性随温度的变化。

$$\text{CH}_3\text{OH 选择性} = \frac{n(\text{CH}_3\text{OH})_{\text{生成}}}{n(\text{CO}_2)_{\text{消耗}}} \times 100\%$$



- 下列说法不正确的是
- A. 该测定实验体系未达到化学平衡状态
  - B. 相同条件下, 压缩容器体积能提高  $\text{CO}_2$  转化率的实验值
  - C. 相同温度下,  $\text{CH}_3\text{OH}$  选择性的实验值大于平衡值, 说明反应 I 的速率大于反应 II 的
  - D.  $260 \sim 280 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $\text{CO}_2$  转化率平衡值随温度升高而增大, 说明随温度升高反应 I 平衡逆向移动的程度大于反应 II 平衡正向移动的程度



二、非选择题:本题共4小题,共61分。

14. (15分)  $\text{MnSO}_4$  可用于制备多种物质。25℃时,相关物质的  $K_{sp}$  如下表。

物质	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Mn}(\text{OH})_2$
$K_{sp}$	$8.0 \times 10^{-16}$	$3.0 \times 10^{-39}$	$1.0 \times 10^{-33}$	$1.0 \times 10^{-13}$

(1)  $\text{MnSO}_4$  的制备。由软锰矿粉(主要成分为  $\text{MnO}_2$ , 含少量  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ ) 制备  $\text{MnSO}_4$  的过程可表示为:



①浸取。保持温度、各物质投料量及浓度不变,能提高  $\text{Mn}^{2+}$  浸出率的措施有\_\_\_\_\_。

②沉淀。室温下,浸取后溶液中  $\text{Mn}^{2+}$  浓度为  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 欲使溶液中  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$  的浓度均小于  $1.0 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则需加入  $\text{MnO}$  调节 pH 的范围为\_\_\_\_\_。

③过滤。滤渣的主要成分有\_\_\_\_\_。

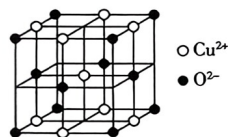
(2) 由  $\text{MnSO}_4$  制备  $\text{CuMnO}_2$  催化剂。

①基态  $\text{Mn}^{2+}$  的价电子排布式为\_\_\_\_\_; $\text{SO}_4^{2-}$  的空间结构为\_\_\_\_\_。

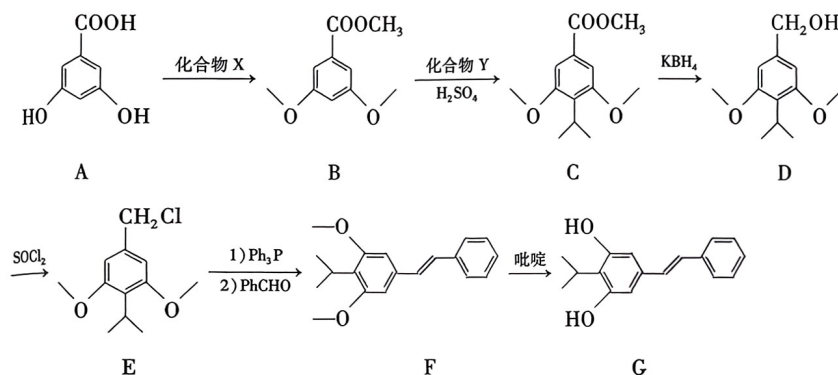
②将一定量  $\text{KMnO}_4$  和  $\text{MnSO}_4$  固体投入超纯水中混合搅拌,在 120℃ 下反应 10 小时,得到黑色固体  $\text{MnO}_2$ , 反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

再加入  $\text{CuSO}_4$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液,经过搅拌、陈化、造粒、干燥、煅烧等工序得到比表面积较高的催化剂。

其中一种成分的晶胞结构如图所示,每个  $\text{O}^{2-}$  周围紧邻的  $\text{Cu}^{2+}$  的个数为\_\_\_\_\_。



15. (15分) 本维莫德(G)是治疗湿疹的非激素类外用药,其合成路线如下:



其中,  $-\text{Ph}$  为苯基( )。

(1) 室温下,在水中 A 的溶解度比 B 的\_\_\_\_\_ (填“大”“小”或“无差别”)。

(2) X 的分子式为  $\text{C}_2\text{H}_6\text{SO}_4$ , 常用作甲基化试剂,其结构简式为\_\_\_\_\_。

(3) Y 的分子式为  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ , B→C 的反应类型为\_\_\_\_\_。

(4) B 的一种同分异构体同时满足下列条件,写出该同分异构体的结构简式\_\_\_\_\_。

碱性条件下水解后酸化生成两种产物。一种产物含有苯环,其核磁共振氢谱只有 2 组峰;另一种产物能与银氨溶液反应,被氧化为碳酸后分解生成二氧化碳和水。

(5) D 与  $\text{SOCl}_2$  等物质的量反应时会产生污染性气体为\_\_\_\_\_ (填化学式)。

(6) 写出以 为原料制备 的合成路线流程图(须用  $\text{Ph}_3\text{P}$ , 其他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. (15 分) 实验室制备 NaClO 溶液并用于处理含氨氮废水。

(1) 低温下将 Cl<sub>2</sub> 通入 NaOH 溶液中制得 NaClO 溶液, 装置如图 1 所示。

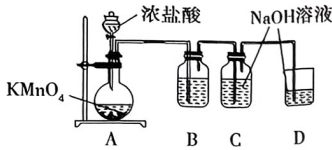


图 1

①装置 B 中盛放的试剂是\_\_\_\_\_。

②为了防止装置 C 温度升高生成副产物 NaClO<sub>3</sub>, 可采取的操作为\_\_\_\_\_。

(2) NaClO 溶液处理含氨氮废水 (pH 为 6.0 ~ 7.0)。室温下, 分别取 200 mL 预处理后的废水, 将初始 pH 调节至不同大小, 加入等量 NaClO 溶液, 30 分钟后检测剩余氨氮质量浓度。不同初始 pH 对 NaClO 氧化脱除氨氮效果的影响如图 2 所示, 不同初始 pH 对应反应结束后的 pH 如图 3 所示。

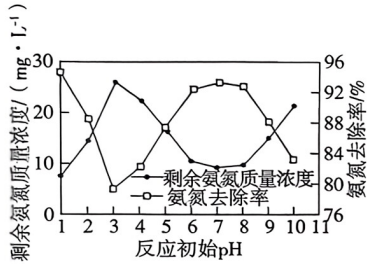


图 2

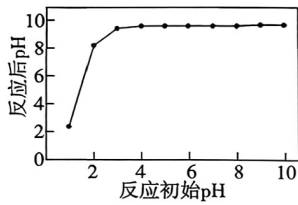


图 3

①NaClO 将废水中 NH<sub>3</sub> 氧化为无污染气体, 反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

实验中 NaClO 溶液的实际投入量大于理论计算量, 其原因是\_\_\_\_\_。

②处理后的废水 pH 在 6.0 ~ 9.0 之间才能排放。NaClO 溶液处理含氨氮废水初始 pH 设置为 7.0 而不是 2.0 的原因是\_\_\_\_\_。

(3) 用滴定法测定 NaClO 溶液中有效氯含量的原理为:  $\text{ClO}^- + 2\text{I}^- + 2\text{H}^+ = \text{I}_2 + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{I}^-$ 。请补充完整该实验方案: 取 5.00 mL NaClO 溶液样品配制成 250 mL 溶液, 取 25.00 mL 待测液于碘量瓶中, 加入 10 mL 2 mol · L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液和过量 KI 溶液, 密封在暗处静置 5 min; \_\_\_\_\_。

(须使用的试剂: 0.050 0 mol · L<sup>-1</sup> Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 溶液、淀粉溶液)

17. (16 分) 碳达峰、碳中和是我国社会发展的重大战略之一。CH<sub>4</sub> 与 CO<sub>2</sub> 经催化重整可制得 CO 和 H<sub>2</sub>, 相关反应如下。

主反应:  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H$

副反应: I.  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \quad \Delta H_1$

II.  $2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{s}) \quad \Delta H_2$

III.  $\text{CH}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_3$

IV.  $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_4$

其中, 副反应 II、III、IV 形成的积炭易导致催化剂活性降低。



多样思维解答  
多类图像化学平衡题

(1) 主反应的  $\Delta H =$  \_\_\_\_\_。(用含  $\Delta H_1$ 、 $\Delta H_2$ 、 $\Delta H_3$ 、 $\Delta H_4$  的式子表示)

(2) CH<sub>4</sub> 的还原能力 (R) 可衡量 CO<sub>2</sub> 的转化效率,  $R = \frac{\Delta n(\text{CO}_2)}{\Delta n(\text{CH}_4)}$  (同一时段内 CO<sub>2</sub> 与 CH<sub>4</sub> 的物质的量变化量之比)。

常压下, 将 CH<sub>4</sub> 和 CO<sub>2</sub> 按物质的量之比为 1:3 投料, 反应相同时间, CH<sub>4</sub> 和 CO<sub>2</sub> 的转化率随温度变化如图 1 所示。

①CH<sub>4</sub> 的转化率在 800 °C 时远大于 400 °C 时的原因是\_\_\_\_\_。

②400 ~ 600 °C 时, R 值的变化情况为\_\_\_\_\_。

③1 000 °C 时 R 值为\_\_\_\_\_。(写出计算过程)。

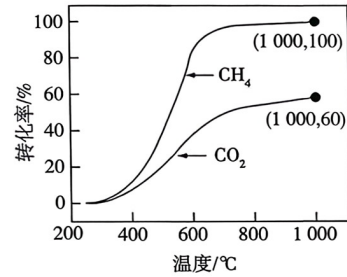


图 1

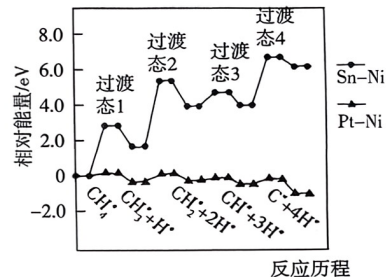


图 2

(3) CH<sub>4</sub> 在 Pt-Ni 合金或 Sn-Ni 合金催化下的脱氢反应历程与相对能量关系如图 2 所示 (\* 表示吸附在催化剂表面的物质)。从化学反应速率角度分析, 脱氢反应应选择的催化剂为\_\_\_\_\_。

(填“Pt-Ni 合金”或“Sn-Ni 合金”), 理由是\_\_\_\_\_。

(4) Ni/6MnO<sub>x</sub>-CeO<sub>2</sub> 催化 CH<sub>4</sub> 与 CO<sub>2</sub> 重整反应的路径甲和乙如图 3 所示。研究表明, 在催化剂 Ni/CeO<sub>2</sub> 中掺入 MnO<sub>x</sub> 可产生更多的氧空位, 生成更多的可流动 O\*, 能有效减少催化剂上积炭的生成。

①路径甲中生成的不同于路径乙的中间产物为\_\_\_\_\_。(填化学式)。

②反应路径中, 能减少催化剂积炭的反应为\_\_\_\_\_。

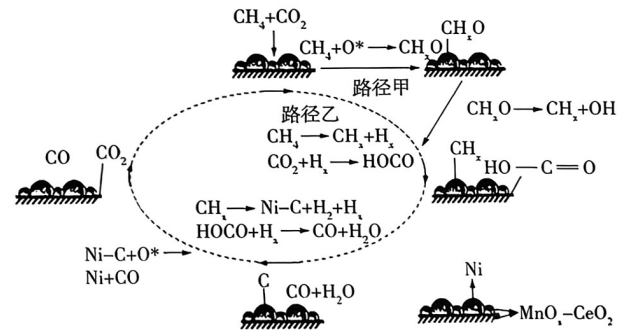


图 3

