

# 化学反应机理专题专练

## 考点说明：

反应历程或机理图像一般取材于实际科研成果，充分体现了化学反应的本质，高考经常以反应历程或反应机理图像题为载体，考查反应原理、活化能、反应热等知识，是近年高考的命题热点，此类题的解题难点在于从陌生图像中提取解题信息。

### 一、定义

- 1、反应历程:反应历程是指化学反应中反应物转化为最终产物通过的途径。
- 2、反应机理：反应机理是化学中用来描述某一化学变化所经由的全部基元反应，机理详细描述了每一步转化的过程，包括过渡态的形成，键的断裂和生成，以及各步的相对速率大小等。

### 二、反应过程中的物质变化

#### (1) 催化剂的判断

催化剂是在化学反应前后质量和化学性质均不改变，但能改变化学反应速率的物质。催化剂一般先与一种反应物发生反应生成中间产物，中间产物再与其他反应物反应生成最终产物和催化剂。所以在反应历程或反应机理图中，可以通过起始端或者最终产物端判断催化剂。

#### (2) 中间产物的判断

中间产物是催化剂与反应物之一反应生成的物质，中间产物可与新物质继续反应生成新的中间产物，也可生成最终产物，除反应物、生成物（即最终产物）及催化剂外的物质都是中间产物。（反应物和生成物不参与循环，催化剂和中间产物参与循环）

- (3) 基元反应：基元反应是指在反应中一步直接转化为产物的反应，又称为简单反应。（总反应反应速率主要取决于慢反应）

### 三、反应过程中的能量变化

#### (1) 反应热(焓变)分析

在反应历程或反应机理图像中，生成物总能量与反应物总能量的差值即为反应热，加入催化剂，只会降低活化能，不会改变生成物和反应物的总能量，即**加入催化剂后，反应的反应热不变**。

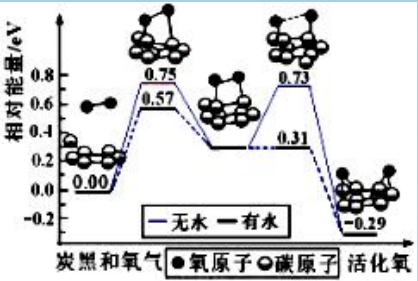
#### (2) 活化能分析

活化能是化学反应要进行所需要的最低能量，也是普通分子的平均能量和活化分子的平均能量的差值。其他条件一定的情况下，**反应的活化能越大，其反应速率越慢**。

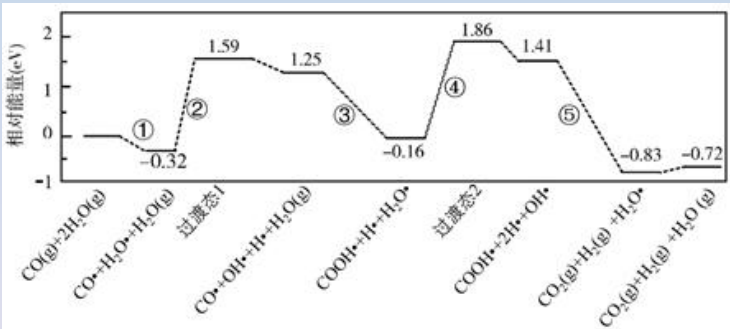
添加催化剂能改变反应的路径，每步反应的活化能都比原反应的活化能低，所以化学反应速率增大。多步反应的反应速率由慢反应即活化能最大的一步决定。**多步反应的活化能等于最高能量与起点能量的差值**。

题型一 能垒图式

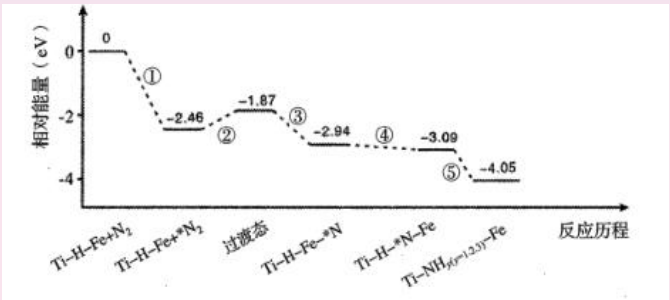
1. 炭黑是雾霾中的重要颗粒物，研究发现它可以活化氧分子，生成活化氧，活化过程的能量变化模拟计算结果如图所示，活化氧可以快速氧化二氧化硫。下列说法错误的是( )



- A. 氧分子的活化包括 O—O 键的断裂与 C—O 键的生成
  - B. 每活化一个氧分子放出 0.29eV 的能量
  - C. 水可使氧分子活化反应的活化能降低 0.42eV
  - D. 炭黑颗粒是大气中二氧化硫转化为三氧化硫的催化剂
2. 水煤气变换反应为： $\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} = \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$ 。我国学者结合实验与计算机模拟结果，研究了在金催化剂表面上水煤气变换的反应历程，如图所示，其中吸附在金催化剂表面上的物种用 ● 标注。下列说法正确的是( )



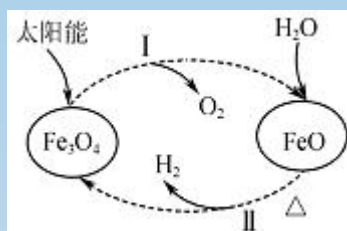
- A. 水煤气变换反应的 $\Delta H > 0$
  - B. 步骤③的化学方程式为： $\text{CO} \bullet + \text{OH} \bullet + \text{H}_2\text{O(g)} = \text{COOH} \bullet + \text{H}_2\text{O} \bullet$
  - C. 步骤⑤只有非极性键 H-H 键形成
  - D. 该历程中最大能垒（活化能） $E_{\text{正}} = 1.70\text{eV}$
3. 热催化合成氨面临的两难问题是：采用高温增大反应速率的同时会因平衡限制导致  $\text{NH}_3$  产率降低。我国科研人员研制了 Ti-H-Fe 双温区催化剂(Ti-H 区域和 Fe 区域的温度差可超过  $100^\circ\text{C}$ )。Ti-H-Fe 双温区催化合成氨的反应历程如图所示，其中吸附在催化剂表面上的物种用\*标注。下列说法正确的是( )



- A. ①为氮氮三键的断裂过程
- B. ①②③在低温区发生，④⑤在高温区发生
- C. ④为 N 原子由 Fe 区域向 Ti-H 区域的传递过程
- D. 使用 Ti-H-Fe 双温区催化剂使合成氨反应转变为吸热反应

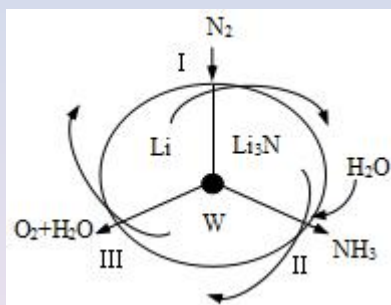
## 题型二 循环图式

1. 关于下列转化过程分析不正确的是( )



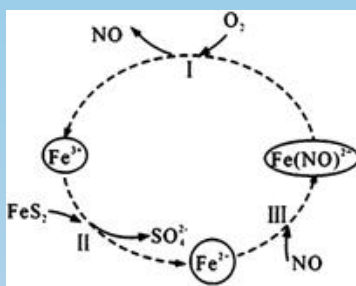
- A.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  中 Fe 元素的化合价为 +2、+3
- B. 过程 I 中每消耗 58 g  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  转移 1 mol 电子
- C. 过程 II 的化学方程式为  $3\text{FeO} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2\uparrow$
- D. 该过程总反应为  $2\text{H}_2\text{O} = \text{O}_2\uparrow + 2\text{H}_2\uparrow$

2. 科学工作者研发了一种 SUNCAT 的系统，借助锂循环可持续合成氨，其原理如下图所示。下列说法不正确的是 ( )



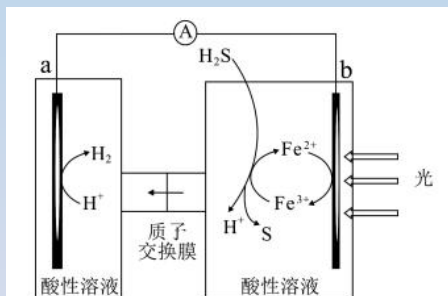
- A. 过程 I 得到的  $\text{Li}_3\text{N}$  中 N 元素为 -3 价
- B. 过程 II 生成 W 的反应为  $\text{Li}_3\text{N} + 3\text{H}_2\text{O} = 3\text{LiOH} + \text{NH}_3\uparrow$
- C. 过程 III 中能量的转化形式为化学能转化为电能
- D. 过程 III 涉及的反应为  $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- = \text{O}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

3. 在酸性条件下，黄铁矿( $\text{FeS}_2$ )催化氧化的反应方程式为  $2\text{FeS}_2 + 7\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}^{2+} + 4\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ ，实现该反应的物质间转化如图所示。下列分析错误的是 ( )



- A. 反应 I 的离子方程式为  $4\text{Fe}(\text{NO})^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{3+} + 4\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$
- B. 反应 II 的氧化剂是  $\text{Fe}^{3+}$
- C. 反应 III 是氧化还原反应
- D. 黄铁矿催化氧化中 NO 作催化剂

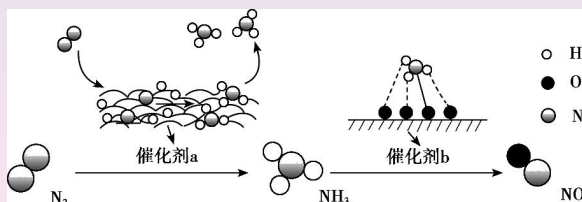
4. 科研人员借助太阳能，将  $\text{H}_2\text{S}$  转化为可再利用的 S 和  $\text{H}_2$  的工作原理如图所示。下列叙述错误的是 ( )



- A. 该电池能实现将光能转化为化学能
- B. a 电极的电极反应:  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\uparrow$
- C. 光照后, b 电极的电极反应:  $\text{H}_2\text{S} - 2\text{e}^- = 2\text{H}^+ + \text{S}$
- D. a 电极区溶液的 pH 不变

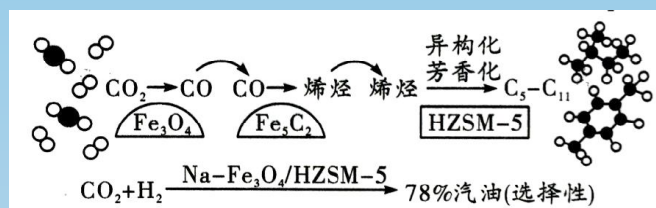
### 题型三 直线图式

1. 氮及其化合物的转化过程如图所示。下列分析合理的是 ( )



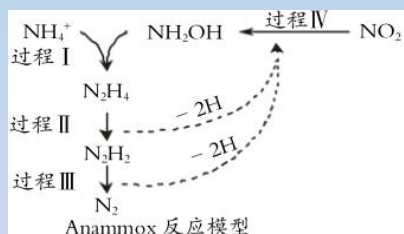
- A. 催化剂 a 表面发生了极性共价键的断裂和形成
- B.  $\text{N}_2$  与  $\text{H}_2$  反应生成  $\text{NH}_3$  的原子利用率为 100%
- C. 在催化剂 b 表面形成氮氧键时, 不涉及电子转移
- D. 催化剂 a、b 能提高反应的平衡转化率

2. 中科院设计了一种新型的多功能复合催化剂, 实现了  $\text{CO}_2$  直接加氢制取高辛烷值汽油, 其过程如图。下列有关说法正确的是 ( )



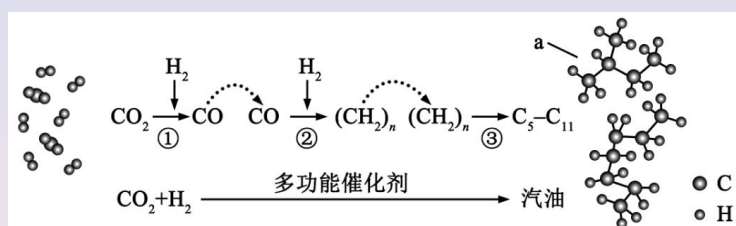
- A. 在  $\text{Na-Fe}_3\text{O}_4$  上发生的反应为  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$
- B. 中间产物  $\text{Fe}_5\text{C}_2$  的生成是实现  $\text{CO}_2$  转化为汽油的关键
- C. 催化剂 HZMS-5 可以提高汽油中芳香烃的平衡产率
- D. 该过程,  $\text{CO}_2$  转化为汽油的转化率高达 78%

3. 厌氧氨化法 (Anammox) 是一种新型的氨氮去除技术, 下列说法中正确的是 ( )



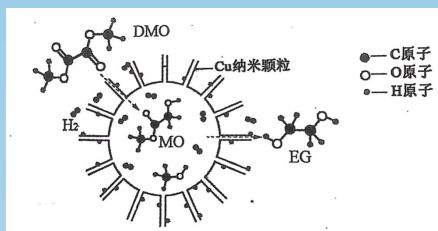
- A.  $1\text{mol NH}_4^+$  所含的质子总数为  $10\text{N}_\text{A}$
- B. 联氨 ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) 中含有离子键和非极性键
- C. 过程 II 属于氧化反应, 过程 IV 属于还原反应
- D. 过程 I 中, 参与反应的  $\text{NH}_4^+$  与  $\text{NH}_2\text{OH}$  的物质的量之比为 1:2

4. 我国在  $\text{CO}_2$  催化加氢制取汽油方面取得突破性进展,  $\text{CO}_2$  转化过程示意图如下。下列说法错误的是 ( )



- A. 反应①的产物中含有水
- B. 汽油主要是  $\text{C}_5\sim\text{C}_{11}$  的烃类混合物
- C. 反应②中只有碳碳键形成
- D. 图中 a 的名称是 2-甲基丁烷

5. 我国学者研究出一种用于催化 DMO 和氢气反应获得 EG 的纳米反应器，下图是反应的微观过程示意图。下列说法中正确的是（ ）



- A. Cu 纳米颗粒是一种胶体
- B. DMO 的名称是二乙酸甲酯
- C. 该催化反应的有机产物只有 EG
- D. 催化过程中断裂的化学键有 H-H、C-O、C=O

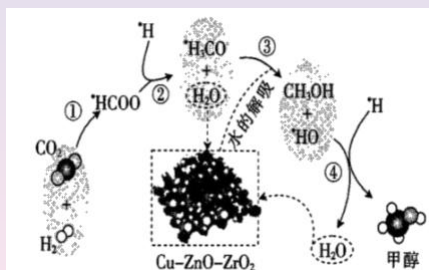
6. 我国科学家使用双功能催化剂(能吸附不同粒子)催化水煤气变换反应： $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$   $\Delta H < 0$ ，在低温下获得高转化率与高反应速率。反应过程示意图如下：



下列说法正确的是（ ）

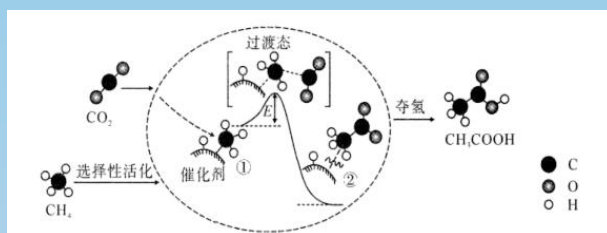
- A. 图示显示：起始时的 2 个  $\text{H}_2\text{O}$  最终都参与了反应
- B. 过程I、过程II均为放热过程
- C. 过程III只生成了极性共价键
- D. 使用催化剂降低了水煤气变换反应的 $\Delta H$

7. 我国科研人员研究了在  $\text{Cu-ZnO-ZrO}_2$  催化剂上  $\text{CO}_2$  加氢制甲醇过程中水的作用机理；其主反应历程如图所示（ $\text{H}_2 \rightarrow * \text{H} + * \text{H}$ ）。下列说法错误的是（ ）



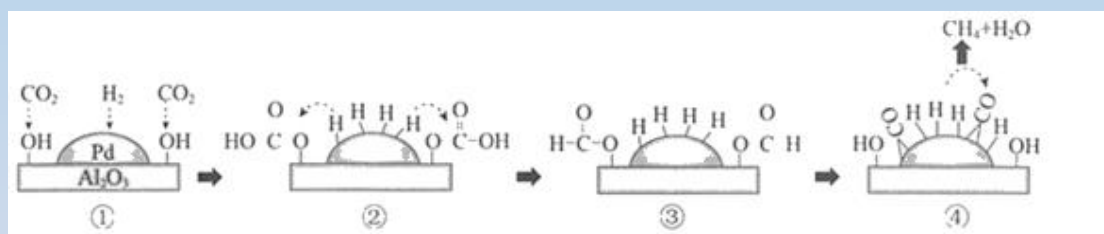
- A. 二氧化碳加氢制甲醇的过程中原子利用率达 100%
- B. 带标记的物质是该反应历程中的中间产物
- C. 向该反应体系中加入少量的水能增加甲醇的收率
- D. 第③步的反应式为  $* \text{H}_3\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + * \text{HO}$

8. 我国科研人员提出了由  $\text{CO}_2$  和  $\text{CH}_4$  转化为高附加值产品  $\text{CH}_3\text{COOH}$  的催化反应历程。该历程示意图如下，则下列说法正确的是（ ）



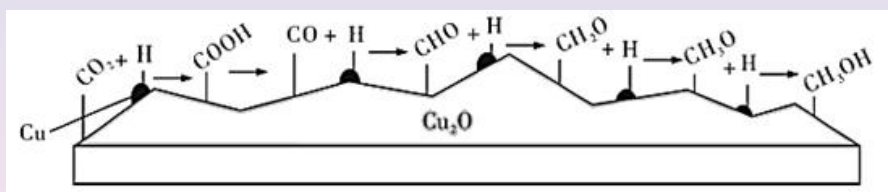
- A. E 为该反应的反应热
- B. ①→②吸收能量
- C.  $\text{CH}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$  过程中，有极性键的断裂和非极性键的形成
- D. 加入催化剂能改变该反应的能量变化

9. 中国科技大学改进  $\text{Pd}/\text{Al}_2\text{O}_3$  催化  $\text{H}_2$  还原  $\text{CO}_2$  的生产工艺，其机理如图所示，下列说法错误的是（ ）



- A. 金属钯是优良的贮氢材料
- B. ①→②为  $\text{CO}_2$  发生加成反应
- C. ④中  $\text{CO}$  被氧化为  $\text{CH}_3\text{OH}$
- D. 总反应方程式是  $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \xrightarrow{\text{Pd}/\text{Al}_2\text{O}_3} \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

10. 我国科学家在绿色化学领域取得新进展。利用双催化剂  $\text{Cu}$  和  $\text{Cu}_2\text{O}$ ，在水溶液中用  $\text{H}$  将  $\text{CO}_2$  高效还原为重要工业原料之一的甲醇，其反应机理如图所示。则下列有关说法错误的是（ ）



- A.  $\text{CO}_2$  生成甲醇是通过多步氧化反应实现的
- B. 该催化反应过程中涉及了化学键的形成及断裂
- C. 有可能通过调节控制反应条件获得甲醛等有机物
- D. 催化剂  $\text{Cu}$  结合氢原子，催化剂  $\text{Cu}_2\text{O}$  结合含碳微粒

## 答案

### 题型一 能垒图式

1. C                  2. B                  3. C

### 题型二 循环图式

1. B                  2. C                  3. C                  4. C

### 题型三 直线图式

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