

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。

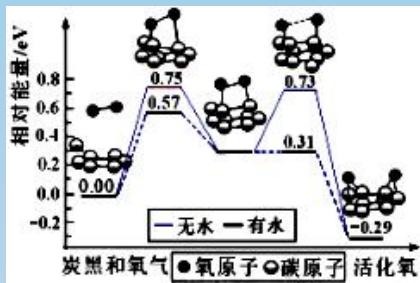
(2) 活化能分析

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。其他条件下一定的情况下，反应的活化能越大，其反应速率越慢。

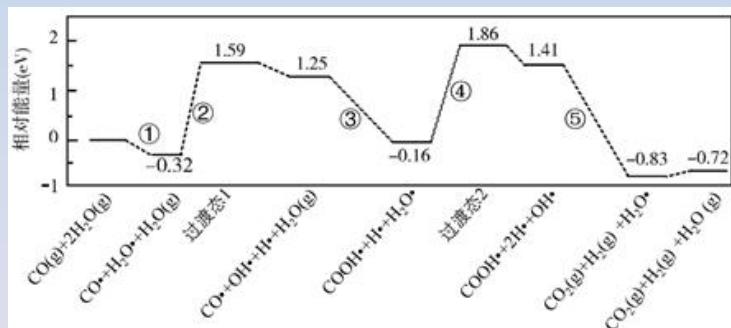
添加催化剂能改变反应的路径，每步反应的活化能都比原反应的活化能低，所以化学反应速率增大。多步反应的反应速率由慢反应即活化能最大的一步决定。多步反应的活化能等于最高能量与起点能量的差值。

题型一 能垒图式

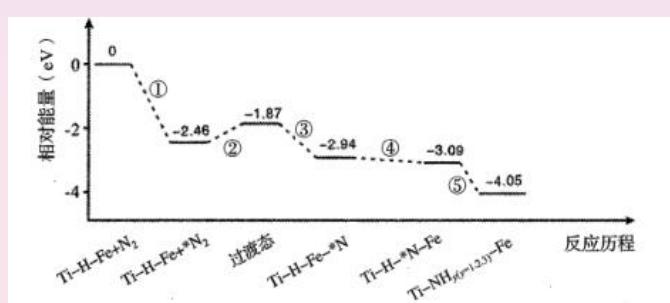
1. 炭黑是雾霾中的重要颗粒物，研究发现它可以活化氧分子，生成活化氧，活化过程的能量变化模拟计算结果如图所示，活化氧可以快速氧化二氧化硫。下列说法错误的是（ ）



- 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：CO(g)+H₂O(g)=CO₂(g)+H₂(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（ ）



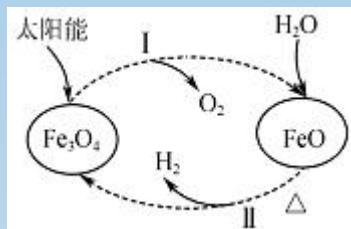
- A. 水煤气变换反应的ΔH>0
 B. 步骤③的化学方程式为：CO●+OH●+H₂O(g)=COOH●+H₂O●
 C. 步骤⑤只有非极性键 H-H 键形成
 D. 该历程中最大能垒（活化能）E_正=1.70eV
3. 热催化合成氨面临的两难问题是：采用高温增大反应速率的同时会因平衡限制导致 NH₃ 产率降低。我国科研人员研制了 Ti-H-Fe 双温区催化剂(Ti-H 区域和 Fe 区域的温度差可超过 100°C)。Ti-H-Fe 双温区催化合成氨的反应历程如图所示，其中吸附在催化剂表面上的物种用*标注。下列说法正确的是（ ）



- 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

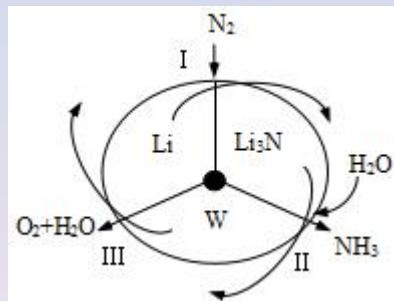
题型二 循环图式

1. 关于下列转化过程分析不正确的是()



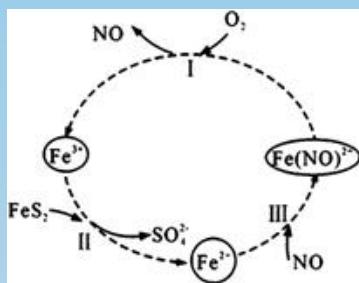
- A. Fe_3O_4 中Fe元素的化合价为+2、+3
 B. 过程I中每消耗58 g Fe_3O_4 转移1 mol电子
 C. 过程II的化学方程式为 $3\text{FeO} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2\uparrow$
 D. 该过程总反应为 $2\text{H}_2\text{O} = \text{O}_2\uparrow + 2\text{H}_2\uparrow$

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()



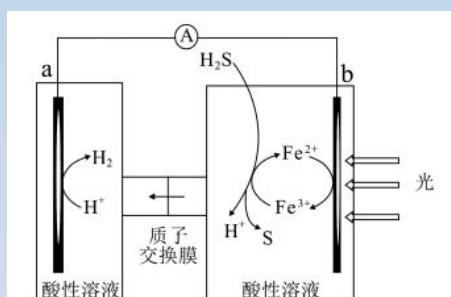
- A. 过程I得到的 Li_3N 中N元素为-3价
 B. 过程II生成W的反应为 $\text{Li}_3\text{N} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{LiOH} + \text{NH}_3\uparrow$
 C. 过程III中能量的转化形式为化学能转化为电能
 D. 过程III涉及的反应为 $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- = \text{O}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

3. 在酸性条件下，黄铁矿(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 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

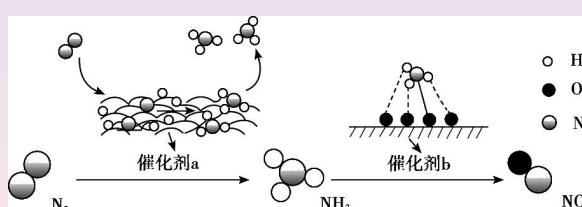
4. 科研人员借助太阳能，将 H_2S 转化为可再利用的 S 和 H_2 的工作原理如图所示。下列叙述错误的是()



- 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

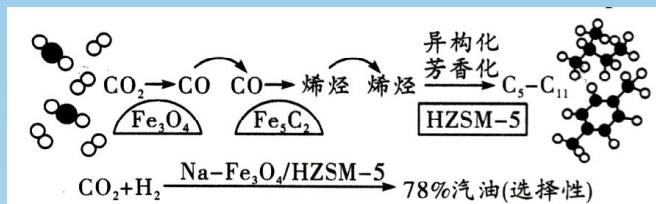
题型三 直线图式

1. 氮及其化合物的转化过程如图所示。下列分析合理的是()



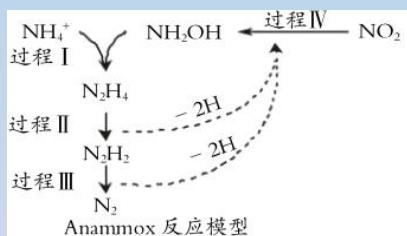
- A. 催化剂 a 表面发生了极性共价键的断裂和形成
- B. N_2 与 H_2 反应生成 NH_3 的原子利用率为 100%
- C. 在催化剂 b 表面形成氮氧键时, 不涉及电子转移
- D. 催化剂 a、b 能提高反应的平衡转化率

2. 中科院设计了一种新型的多功能复合催化剂，实现了 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（ ）



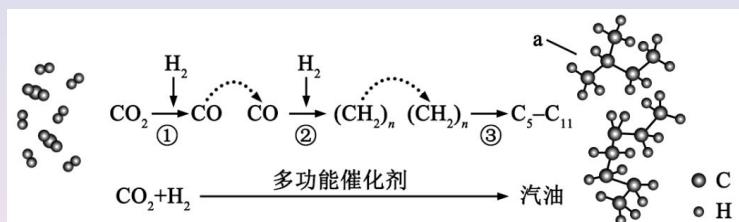
- A. 在 $\text{Na}-\text{Fe}_3\text{O}_4$ 上发生的反应为 $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$
- B. 中间产物 Fe_5C_2 的生成是实现 CO_2 转化为汽油的关键
- C. 催化剂 HZMS-5 可以提高汽油中芳香烃的平衡产率
- D. 该过程， CO_2 转化为汽油的转化率高达 78%

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（ ）



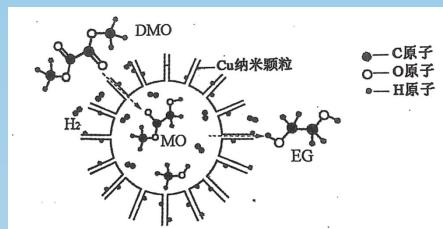
- A. 1mol NH_4^+ 所含的质子总数为 $10N_A$
- B. 联氨 (N_2H_4) 中含有离子键和非极性键
- C. 过程 II 属于氧化反应，过程 IV 属于还原反应
- D. 过程 I 中，参与反应的 NH_4^+ 与 NH_2OH 的物质的量之比为 1 : 2

4. 我国在 CO_2 催化加氢制取汽油方面取得突破性进展， CO_2 转化过程示意图如下。下列说法错误的是（ ）



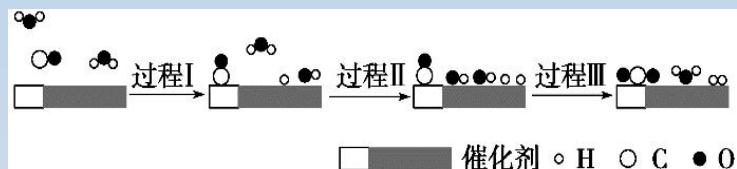
- A. 反应①的产物中含有水
- B. 汽油主要是 $\text{C}_5\sim\text{C}_{11}$ 的烃类混合物
- C. 反应②中只有碳碳键形成
- D. 图中 a 的名称是 2-甲基丁烷

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

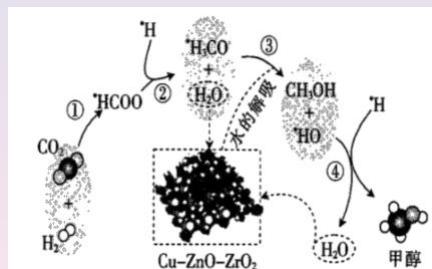
6. 我国科学家使用双功能催化剂(能吸附不同粒子)催化水煤气变换反应： $\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} = \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$ $\Delta\text{H} < 0$ ，在低温下获得高转化率与高反应速率。反应过程示意图如下：



下列说法正确的是（ ）

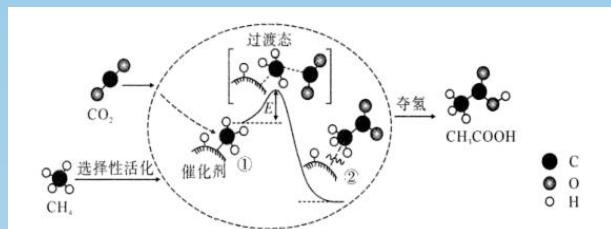
- A. 图示显示：起始时的 2 个 H_2O 最终都参与了反应
- B. 过程I、过程II均为放热过程
- C. 过程III只生成了极性共价键
- D. 使用催化剂降低了水煤气变换反应的 ΔH

7. 我国科研人员研究了在 Cu-ZnO-ZrO_2 催化剂上 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（ ）



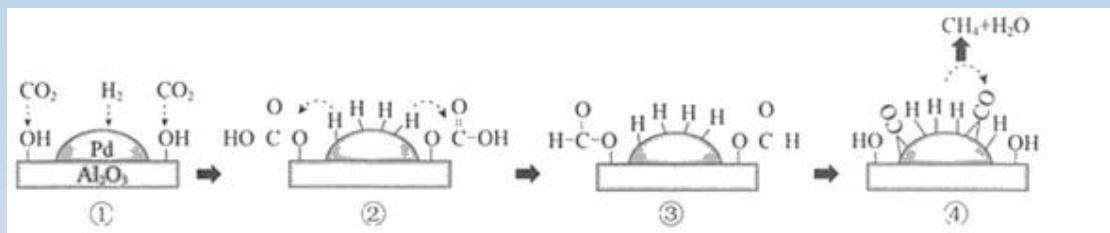
- A. 二氧化碳加氢制甲醇的过程中原子利用率达 100%
- B. 带标记的物质是该反应历程中的中间产物
- C. 向该反应体系中加入少量的水能增加甲醇的收率
- D. 第③步的反应式为 $* \text{H}_3\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + * \text{HO}$

8. 我国科研人员提出了由 CO_2 和 CH_4 转化为高附加值产品 CH_3COOH 的催化反应历程。该历程示意图如下，则下列说法正确的是（ ）



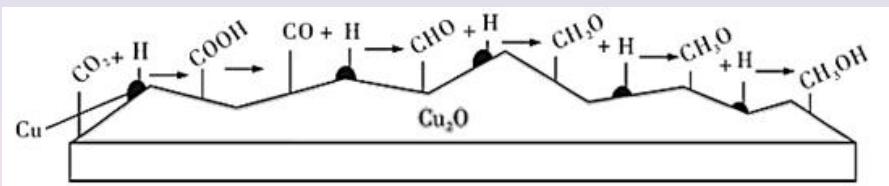
- A. E 为该反应的反应热
- B. ①→②吸收能量
- C. $\text{CH}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$ 过程中，有极性键的断裂和非极性键的形成
- D. 加入催化剂能改变该反应的能量变化

9. 中国科技大学改进 $\text{Pd}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化 H_2 还原 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 CO_2 发生加成反应
- C. ④中 CO 被氧化为 CH_3OH
- 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 Cu 和 Cu_2O ，在水溶液中用 H 将 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. 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 Cu 结合氢原子，催化剂 Cu_2O 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