

【核心考点 044】反应机理图：催化剂与中间产物的判断（高中适用）

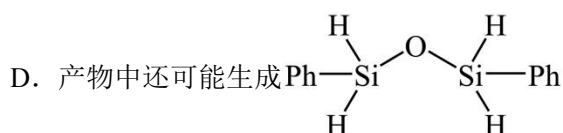
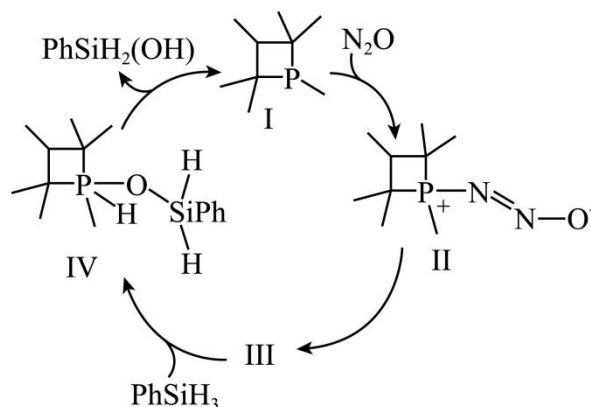
为节约时间，可只做与考点相关的题目（已标蓝）。

一、例题

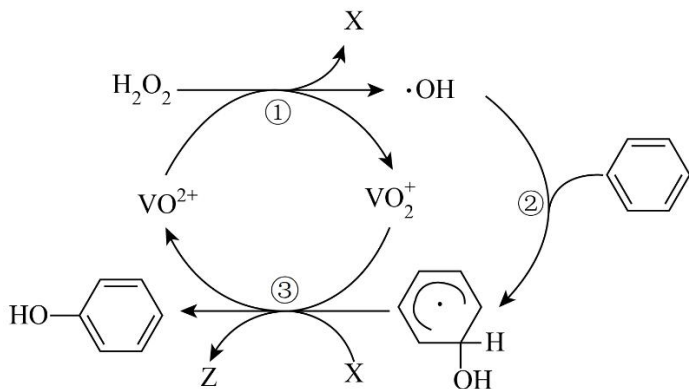
1. （2026·浙江·高考真题）某化学兴趣小组利用有机 P 化合物除去 N_2O 的流程如下(Ph 代表苯环)，下列说法不正确的是

A. 在该循环中 I、III 均可作催化剂

B. II 中 P-N 是 N 提供孤电子对



2. （2025 四川，11）钒催化剂对 H_2O_2 氧化苯制备苯酚的反应具有良好的催化活性，反应机理如图所示，其中步骤③为放热反应。



下列说法错误的是

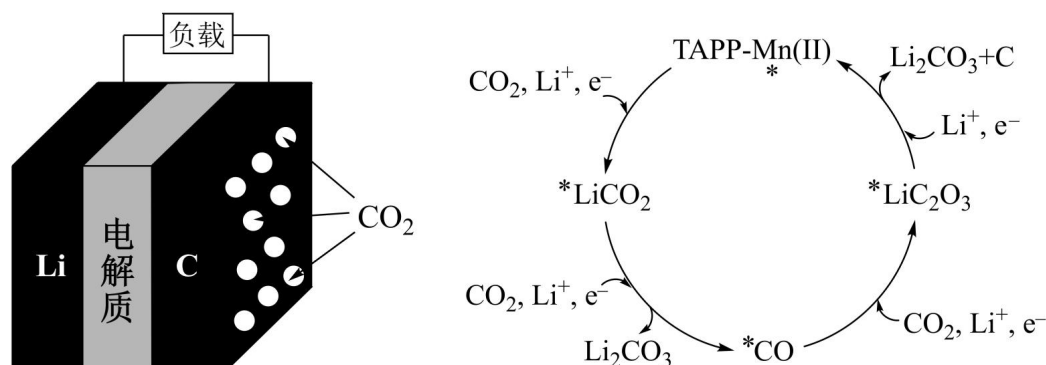
A. 步骤①反应为 $VO^{2+} + H_2O_2 \rightarrow VO_2^+ + \cdot OH + H^+$

B. 步骤③正、逆反应的活化能关系为 $E_{\text{正}} < E_{\text{逆}}$

C. VO_2^+ 在催化循环中起氧化作用

D. 步骤③生成的物质 Z 是 H_2

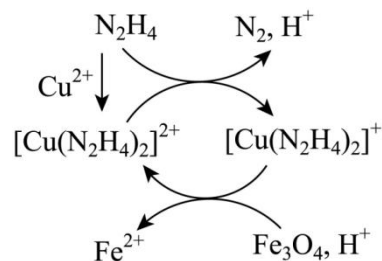
3. (2021·福建·高考真题) 催化剂 TAPP-Mn(II) 的应用, 使 Li-CO₂ 电池的研究取得了新的进展。Li-CO₂ 电池结构和该催化剂作用下正极反应可能的历程如下图所示。



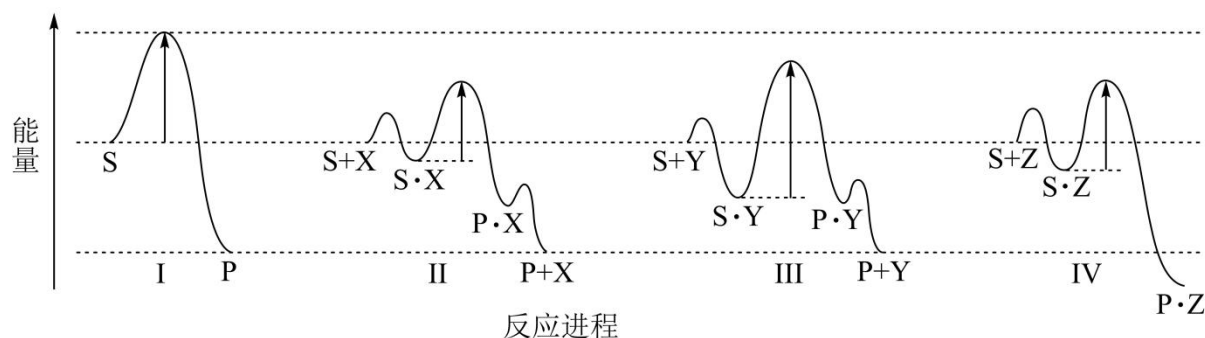
下列说法错误的是

- A. Li-CO₂ 电池可使用有机电解液
 - B. 充电时, Li⁺ 由正极向负极迁移
 - C. 放电时, 正极反应为 $3\text{CO}_2 + 4\text{Li}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{C}$
 - D. *LiCO₂、*CO、*LiC₂O₃ 和 C 都是正极反应的中间产物
4. (2025 山东, 9) 用肼(N₂H₄)的水溶液处理核冷却系统内壁上的铁氧化物时, 通常加入少量 CuSO₄, 反应原理如图所示。下列说法正确的是

- A. N₂ 是还原反应的产物
- B. 还原性: N₂H₄ < Fe²⁺
- C. 处理后溶液的 pH 增大
- D. 图示反应过程中起催化作用的是 Cu²⁺



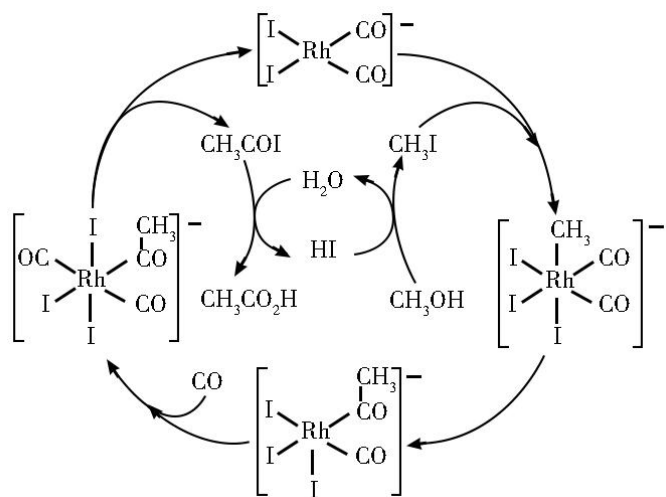
5. (2022·湖南·高考真题) (不定项) 反应物(S)转化为产物(P 或 P·Z)的能量与反应进程的关系如下图所示:



下列有关四种不同反应进程的说法正确的是

- A. 进程 I 是放热反应
- B. 平衡时 P 的产率: II > I
- C. 生成 P 的速率: III > II
- D. 进程 IV 中, Z 没有催化作用

6. (2020 新课标 I) 铑的配合物离子 $[\text{Rh}(\text{CO})_2\text{I}_2]^-$ 可催化甲醇羰基化, 反应过程如图所示。



下列叙述错误的是

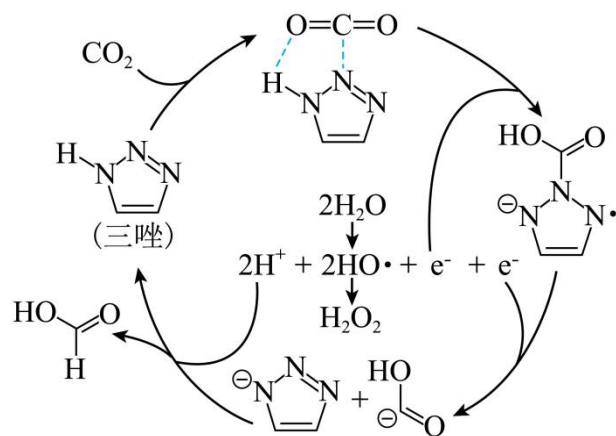
A. CH_3COI 是反应中间体

B. 甲醇羰基化反应为 $\text{CH}_3\text{OH} + \text{CO} = \text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$

C. 反应过程中 Rh 的成键数目保持不变

D. 存在反应 $\text{CH}_3\text{OH} + \text{HI} = \text{CH}_3\text{I} + \text{H}_2\text{O}$

7. (2025 新课标, 12) 研究发现水微滴表面有强电场, 能引发反应 $\text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{HO}\cdot + \text{e}^-$ 。三唑水溶液微滴表面接触 CO_2 发生反应, 可能的反应机理如图所示。



根据上述反应机理, 下列叙述错误的是

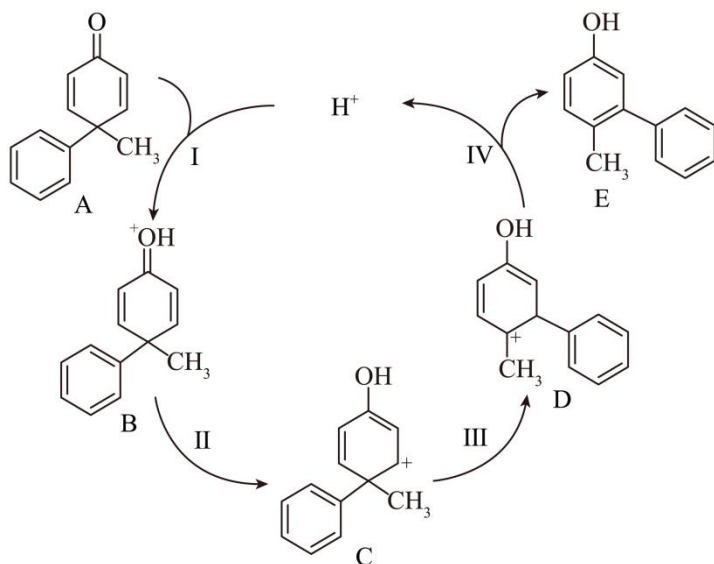
A. 三唑在反应循环中起催化作用

B. CO_2 换成 C^{18}O_2 , 可生成 $\text{H}_2^{18}\text{O}_2$

C. 碳原子轨道的杂化存在从 sp 到 sp^2 的转变

D. 总反应为 $2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{H}_2\text{O}_2 + \text{HCOOH}$

8. (2025·浙江·高考真题) 化合物 A 在一定条件下可转变为酚 E 及少量副产物, 该反应的主要途径如下:

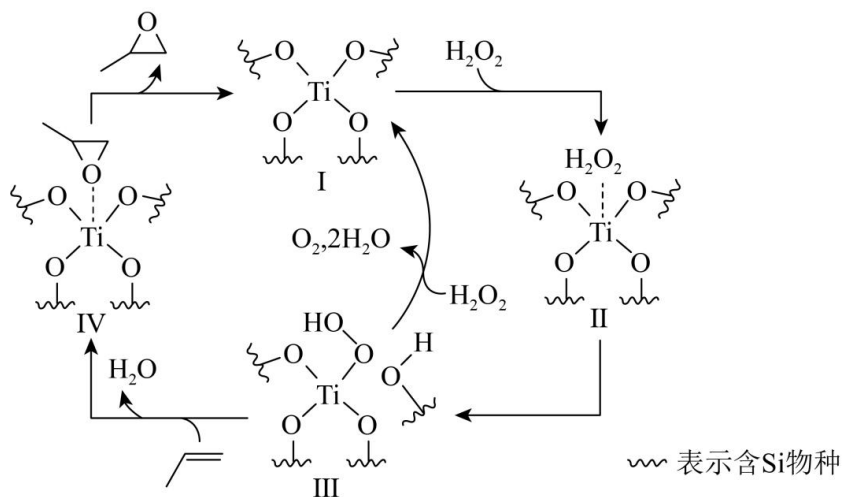


下列说法不正确的是

- A. H^+ 为该反应的催化剂
- B. 化合物 A 的一溴代物有 7 种
- C. 步骤Ⅲ, 苯基迁移能力强于甲基
- D. 化合物 E 可发生氧化、加成和取代反应

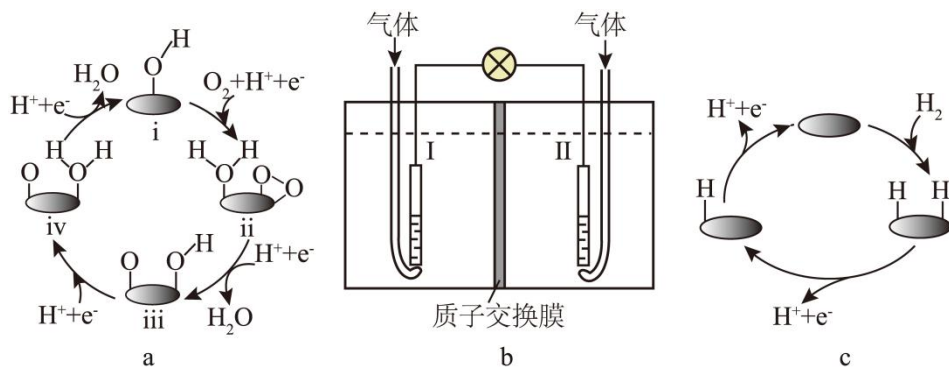
9. (2025 湖南, 14) 环氧化合物是重要的有机合成中间体。以钛掺杂沸石为催化剂, 由丙烯($\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$)为原料生产环

氧丙烷(CH_2OCH_2)的反应机理如图所示。下列说法正确的是

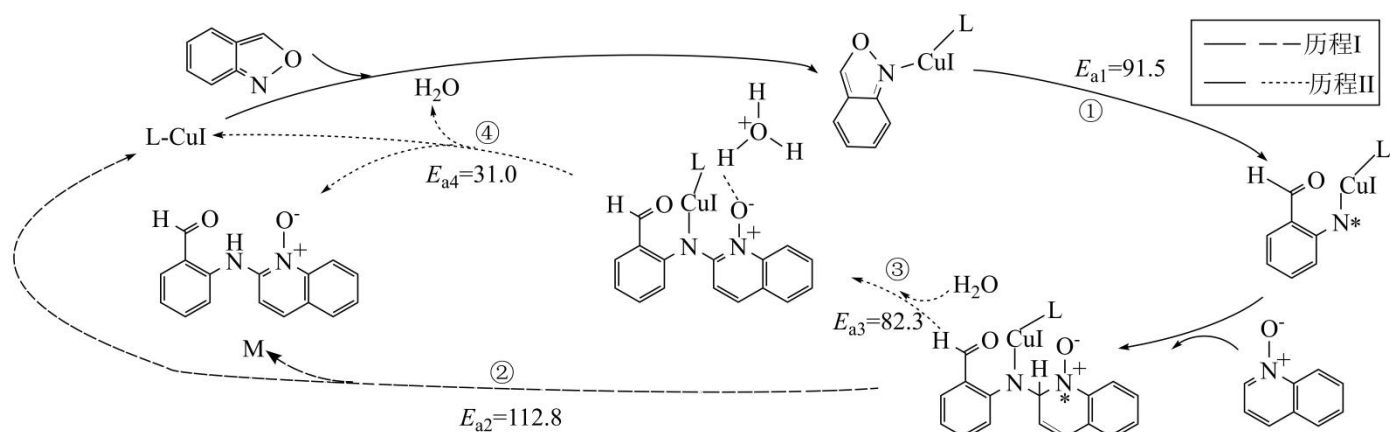


- A. 过程中 II 是催化剂
- B. 过程中有极性键和非极性键的断裂和形成
- C. 过程中 Ti 元素的化合价发生了变化
- D. 丙烯与双氧水反应生成环氧丙烷的原子利用率为 100%

10. (2025·广东·高考真题) 某理论研究认为：燃料电池(图 b)的电极 I 和 II 上所发生反应的催化机理示意图分别如图 a 和图 c，其中 O_2 获得第一个电子的过程最慢。由此可知，理论上



- A. 负极反应的催化剂是 i
- B. 图 a 中，i 到 ii 过程的活化能一定最低
- C. 电池工作过程中，负极室的溶液质量保持不变
- D. 相同时间内，电极 I 和电极 II 上的催化循环完成次数相同
11. (2025·广西·高考真题) 某种氨基喹啉衍生物(M)合成反应的可能历程如图， E_a 表示活化能($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)。下列说法错误的是

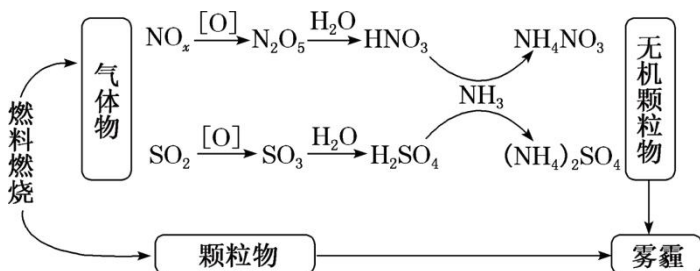


- A. $\text{L}-\text{CuI}$ 是反应的催化剂
- B. 步骤①发生了 $\text{N}-\text{O}$ 键断裂
- C. 反应速率：历程 II > 历程 I
- D. 反应热：历程 II > 历程 I

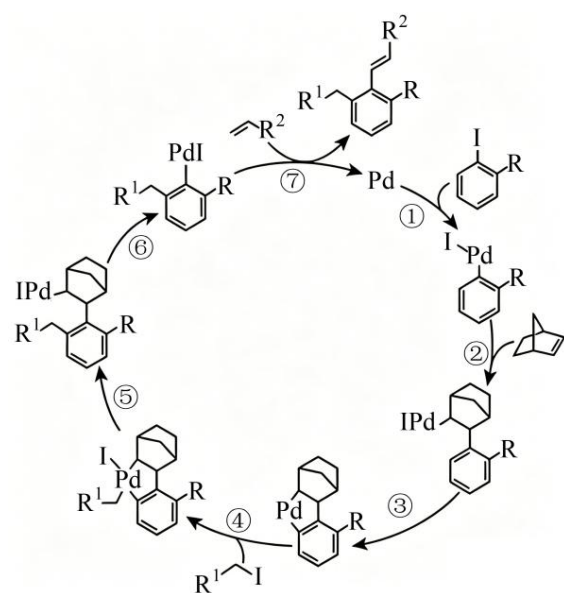
二、练习题

1. (2018·全国 II 卷·高考真题) 研究表明, 氮氧化物和二氧化硫在形成雾霾时与大气中的氨有关(如下图所示)。

下列叙述错误的是



- A. 雾和霾的分散剂相同
 - B. 雾霾中含有硝酸铵和硫酸铵
 - C. NH₃ 是形成无机颗粒物的催化剂
 - D. 雾霾的形成与过度施用氮肥有关
2. (2026·山东临沂·二模) 芳基碘与烷基碘化物、烯烃发生偶联反应的机理如下图所示(部分产物未标出)。



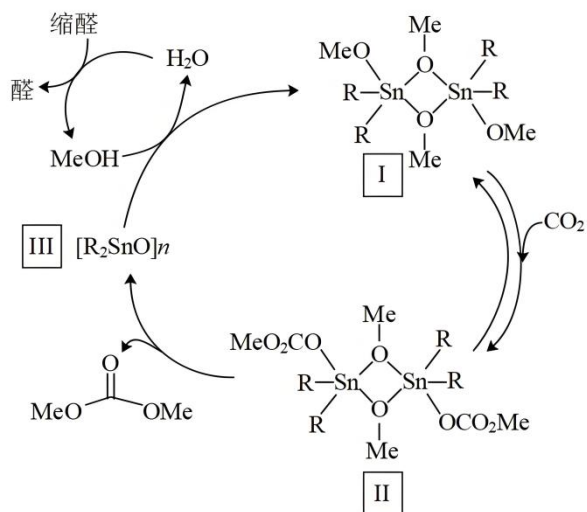
下列说法错误的是

A. 过程中的催化剂为 Pd 和

- B. 过程中有极性键和非极性键的断裂和形成
- C. 过程③④⑤中 Pd 元素的化合价均发生了变化
- D. 过程③和⑦中加入适量碱可提高生成物的平衡产率

3. (2026·陕西西安·模拟预测) 以某有机金属化合物为催化剂, 可催化 CO_2 和甲醇(MeOH)合成碳酸二甲酯

($\text{MeO}-\text{C}(=\text{O})-\text{OMe}$), 反应机理如图所示。下列说法错误的是



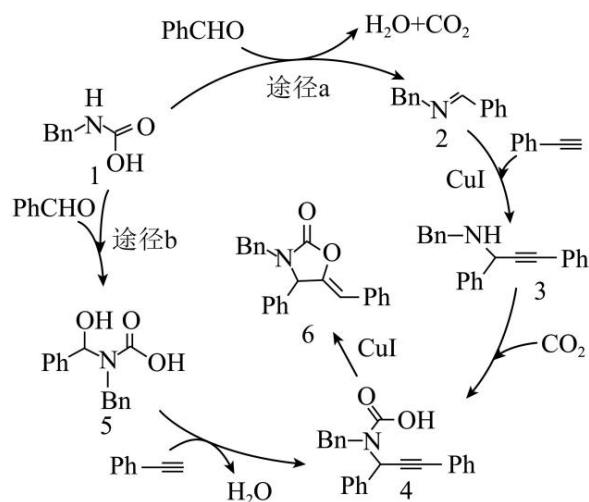
A. I $\rightarrow$ II 的转化原子利用率为 100%

B. III $\rightarrow$ I 的转化中, 1mol III 完全反应能生成 0.5mol I

C. II、III 均为该过程的中间产物

D. 该过程的总反应为: $\text{CO}_2 + 2\text{MeOH} \rightarrow \text{MeO}-\text{C}(=\text{O})-\text{OMe} + \text{H}_2\text{O}$

4. (2025·四川成都·二模) 某研究小组提出利用炔烃、醛、胺等工业大宗原料和炉烟二氧化碳的四组分串联反应, 来实现恶唑烷酮及其衍生物的高效合成, 反应历程如图所示。下列叙述正确的是



已知: Ph 为 $-\text{C}_6\text{H}_5$, Bn 为 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2-$

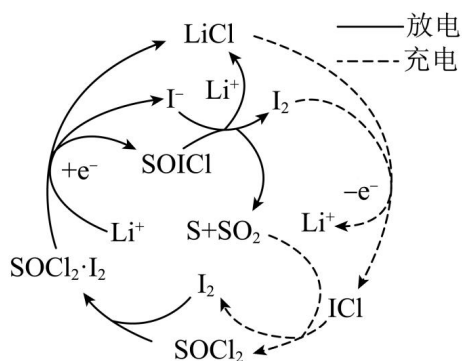
A. 总反应的原子利用率为 100%

B. CO_2 和 H_2O 是催化剂

C. 途径 b 断裂了 σ 键和 π 键

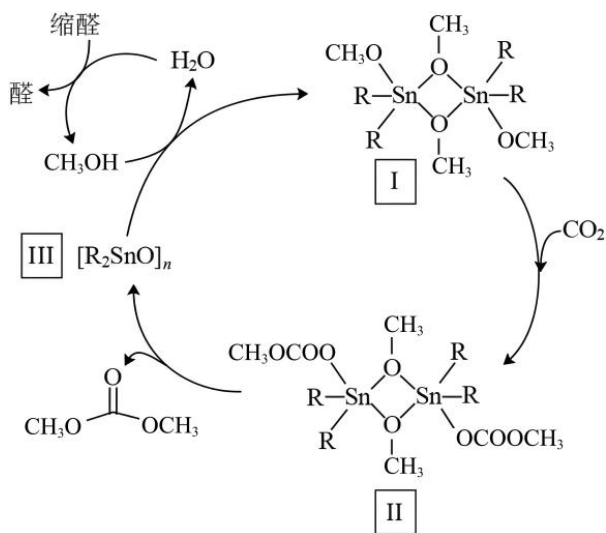
D. 产物 6 的分子式为 $\text{C}_{23}\text{H}_{18}\text{NO}_2$

5. (2026·河南南阳·三模) 中国科学家将 I_2 分子引入电解质中制作高功率可充电 $Li-SOCl_2$ 电池, I_2 调整充电和放电反应途径如图所示。下列说法错误的是

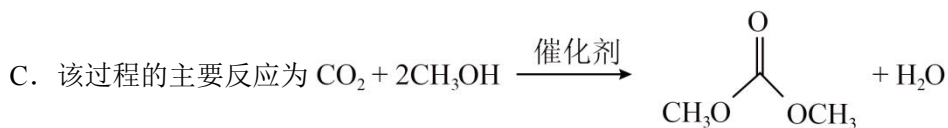


- A. I_2 是电池充电、放电过程的催化剂
- B. 充电时, 外电路通过 1mol 电子时, Li 电极质量减少 7g
- C. ICl 为正极充电时的中间产物
- D. $SOCl_2$ 与 $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ 混合并加热可制备无水 $AlCl_3$

6. (2026·安徽宿州·三模) 利用 $CO_2(g)$ 和 $CH_3OH(g)$ 合成碳酸二甲酯的反应机理如图所示 (已知 H_2O 会降低该催化剂的活性)。下列说法错误的是

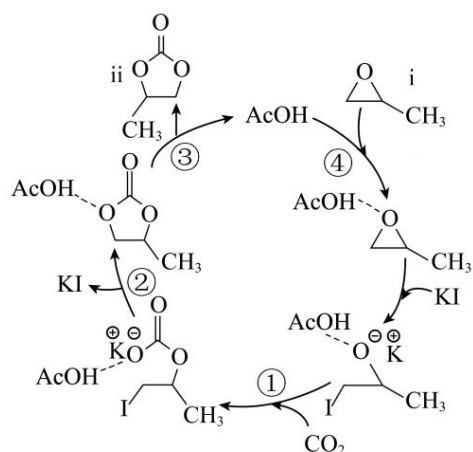


- A. I、II 为反应的中间产物, III 为反应的催化剂
- B. I 到 II 的过程中有 $C=O$ 的断裂和 $C-O$ 的形成



- D. 缩醛起到保护催化剂活性的作用, 但不能改变 CO_2 的转化率

7. (2025·浙江·一模) 在非水溶剂中, 将 CO_2 转化为化合物 ii 的催化机理如图。下列说法不正确的是



A. ①过程中有极性键的断裂和形成

B. 该机理中 KI 为催化剂, AcOH 为中间产物

C. 化合物 i 和化合物 ii 均含有 3 种不同化学环境的氢原子

D. 该机理的总方程式为: $\text{CO}_2 + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{I} \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O-CO-O-CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

答案与解析

一、例题

1. (2026·浙江·高考真题) 某化学兴趣小组利用有机 P 化合物除去 N_2O 的流程如下(Ph 代表苯环), 下列说法不正确的是

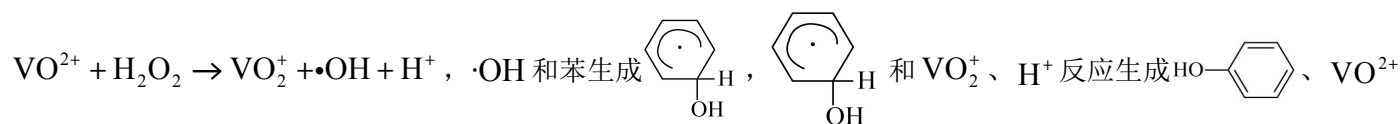
【答案】B

2. (2025 四川, 11) 钒催化剂对 H_2O_2 氧化苯制备苯酚的反应具有良好的催化活性, 反应机理如图所示, 其中步骤③为放热反应。

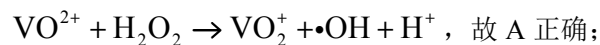
【答案】D

【解析】

【分析】结合反应机理图可知 VO^{2+} 和 H_2O_2 反应生成 VO_2^+ 、 $\cdot OH$ 、 H^+ , 步骤①反应为



【详解】A. 结合反应机理图可知 VO^{2+} 和 H_2O_2 反应生成 VO_2^+ 、 $\cdot OH$ 、 H^+ , 步骤①反应为



B. 步骤③为放热反应, $\Delta H = E_{\text{正}} - E_{\text{逆}} < 0$, 即正反应的活化能小于逆反应的活化能, 故 B 正确;

C. VO_2^+ 在催化循环中 V 的化合价由 +5 降低到 +3, 所以起氧化作用, 故 C 正确;

D. 根据分析, 步骤③生成的物质 Z 是 H_2O , 故 D 错误;

答案选 D。

3. (2021·福建·高考真题) 催化剂 TAPP-Mn(II) 的应用, 使 $Li-CO_2$ 电池的研究取得了新的进展。 $Li-CO_2$ 电池结构和该催化剂作用下正极反应可能的历程如下图所示。

【答案】D

4. (2025 山东, 9) 用肼(N_2H_4) 的水溶液处理核冷却系统内壁上的铁氧化物时, 通常加入少量 $CuSO_4$, 反应原理如图所示。下列说法正确的是

【答案】C

5. (2022·湖南·高考真题) (不定项) 反应物(S)转化为产物(P 或 P·Z)的能量与反应进程的关系如下图所示:

【答案】AD

6. (2020 新课标 I) 铑的配合物离子 $[Rh(CO)_2I_2]^-$ 可催化甲醇羰基化, 反应过程如图所示。

【答案】C

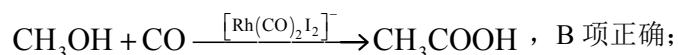
【解析】

【分析】

题干中明确指出，铑配合物 $[\text{Rh}(\text{CO})_2\text{I}_2]^-$ 充当催化剂的作用，用于催化甲醇羰基化。由题干中提供的反应机理图可知，铑配合物在整个反应历程中成键数目，配体种类等均发生了变化；并且也可以观察出，甲醇羰基化反应所需的反应物除甲醇外还需要 CO ，最终产物是乙酸；因此，凡是出现在历程中的，既非反应物又非产物的物种如 CH_3COI 以及各种配离子等，都可视作中间物种。

【详解】A. 通过分析可知， CH_3COI 属于甲醇羰基化反应的反应中间体；其可与水作用，生成最终产物乙酸的同时，也可以生成使甲醇转化为 CH_3I 的 HI ，A项正确；

B. 通过分析可知，甲醇羰基化反应，反应物为甲醇以及 CO ，产物为乙酸，方程式可写成：



C. 通过分析可知，铑配合物在整个反应历程中，成键数目，配体种类等均发生了变化，C项不正确；

D. 通过分析可知，反应中间体 CH_3COI 与水作用生成的 HI 可以使甲醇转化为 CH_3I ，方程式可写成：



答案选C。

7. (2025 新课标, 12) 研究发现水微滴表面有强电场，能引发反应 $\text{H}_2\text{O}=\text{H}^+ + \text{HO}\cdot + \text{e}^-$ 。三唑水溶液微滴表面接触 CO_2 发生反应，可能的反应机理如图所示。

【答案】B

【解析】

【详解】A. 由机理图可知，三唑在反应循环中，化学性质和质量没有变化，作催化剂，A正确；

B. 由机理图可知， CO_2 换成 C^{18}O_2 ，可生成 $\text{HC}^{18}\text{O}^{18}\text{OH}$ ，B错误；

C. 由机理图可知， CO_2 转化为 HCOOH ，因此碳原子轨道的杂化存在从 sp 到 sp^2 的转变，C正确；

D. 由机理图可知， CO_2 和 H_2O 反应生成 H_2O_2 和 HCOOH ，总反应为 $2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{H}_2\text{O}_2 + \text{HCOOH}$ ，D正确；
故选B。

8. (2025·浙江·高考真题) 化合物A在一定条件下可转变为酚E及少量副产物，该反应的主要途径如下：

【答案】B

9. (2025 湖南, 14) 环氧化合物是重要的有机合成中间体。以钛掺杂沸石为催化剂，由丙烯()为原料生产环

氧丙烷()的反应机理如图所示。下列说法正确的是

【答案】B

【解析】

- 【详解】A. 根据反应原理，Ⅰ先消耗再生成，是整个历程的催化剂，Ⅱ先生成，再消耗，是中间产物，A 错误；
- B. 过程中存在 H_2O_2 中 O-O 非极性键的断裂，以及 O_2 中非极性键的形成；还存在 O-H 极性键的断裂，以及 O-C 极性键的形成，B 正确；
- C. 过程中 Ti 的化学键($\text{Ti}-\text{O}$)始终是 4 个，配位键不会改变 Ti 的化合价，故 Ti 元素的化合价不变，C 错误；
- D. 反应生成了 H_2O ，且存在 H_2O_2 的分解反应，原子利用率小于 100%，D 错误；

故选 B。

10. (2025·广东·高考真题) 某理论研究认为：燃料电池(图 b)的电极 I 和 II 上所发生反应的催化机理示意图分别如图 a 和图 c，其中 O_2 获得第一个电子的过程最慢。由此可知，理论上

【答案】C

11. (2025·广西·高考真题) 某种氨基喹啉衍生物(M)合成反应的可能历程如图， E_a 表示活化能($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)。下列说法错误的是

【答案】D

二、练习题

1. (2018·全国 II 卷·高考真题)

【答案】C

2. (2026·山东临沂·二模)

【答案】C

3. (2026·陕西西安·模拟预测)

【答案】B

4. (2025·四川成都·二模)

【答案】C

5. (2026·河南南阳·三模)

【答案】B

6. (2026·安徽宿州·三模)

【答案】D

7. (2025·浙江·一模)

【答案】B