

附录

答案及解析

第1章 化学反应的热效应

第1节 化学反应中的能量变化



基础过关练

1. B 必刷知识 ①根据图像判断吸热反应和放热反应

【解析】由图可知,该反应反应物能量总和大于生成物能量总和,为放热反应,A 错误;该反应热化学方程式为 $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{适当条件}} 2\text{NOCl}(\text{g})$ $\Delta H = E_{\text{a,反应物}} - E_{\text{a,生成物}} = (104 - 180) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -76 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,每生成 2 mol $\text{NOCl}(\text{g})$ 放出热量 76 kJ,B 正确;提供反应所需的能量(活化能)的方式不只有加热,C 错误;反应具体的断键、成键状况未知,故无法做出判断,D 错误。

2. B 必刷知识 ①吸热反应和放热反应

思路分析 总反应为放热反应,则生成物的总能量小于反应物的总能量;第一步为慢反应,第二步为快反应,则第一步正反应的活化能大于第二步正反应的活化能。

【解析】图中生成物的总能量大于反应物的总能量,A 错误;图中第一步正反应的活化能大于第二步正反应的活化能,且生成物的总能量小于反应物的总能量,B 正确;第一步正反应的活化能小于第二步正反应的活化能,且生成物的能量大于反应物的能量,C 错误;第一步正反应的活化能小于第二步正反应的活化能,D 错误。

3. D 必刷知识 ②物质稳定性比较、燃烧热、热化学方程式的书写

【解析】 $\text{H}_2\text{C}=\text{C}=\text{CH}_2$ 与 $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$ 互为同分异构体,前者完全燃烧放出的热量更多,说明其能量更高,稳定性更差,A 错误;燃烧热是 101 kPa 时,1 mol 纯物质完全燃烧生成指定产物所放出的热量,H、C 应对应生成液态水与 CO_2 气体,B、C 错误; $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}(\text{g}) + 4\text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow{\quad} 3\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H = -1\,849.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 为表示 $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$ 燃烧热的热化学方程式,D 正确。

4. B 必刷知识 ③中和反应反应热、燃烧热、吸热反应与放热反应

【解析】硫黄固体转变为硫蒸气吸热,硫蒸气具有的能量高于

关键点

硫黄固体,所以等质量的硫蒸气和硫黄固体分别完全燃烧,前者放出的热量多,A 错误;强酸强碱反应的中和反应反应热为 $57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,醋酸为弱酸,反应过程中发生电离,电离要吸收热量,所以将含 1 mol CH_3COOH 的醋酸稀溶液与

关键点

含 1 mol NaOH 的稀 NaOH 溶液混合,放出的热量要小于



57.3 kJ, **B 正确**; 燃烧热是指 101 kPa 下, 1 mol 纯物质完全燃烧生成指定产物时所放出的热量, 乙炔的燃烧热为 $1366.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则乙炔燃烧的热化学方程式为 $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) + \frac{5}{2}\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -1366.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **C 错误**; 氢氧化钡晶体与氯化铵的反应为吸热反应, $\Delta H > 0$, **D 错误**。

易错警示 书写表示物质燃烧热的热化学方程式的三个要点: ①反应原理和物质的聚集状态均正确, 生成物对应指定物质 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 、 $\text{CO}_2(\text{g})$ 、 $\text{SO}_2(\text{g})$ 、 $\text{N}_2(\text{g})$ 等; ②可燃物的化学计量数必须是 1; ③ ΔH 对应该物质的燃烧热。

5. C 必刷知识 ①热化学方程式的规范书写

【解析】 $\text{H}_2\text{O}_2(\text{l})$ 在 MnO_2 催化下分解生成 16 g $\text{O}_2(\text{g})$ 放热 106 kJ, 则生成 1 mol 氧气放出的热量为 212 kJ, 其热化学方程式为 $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{l}) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -212 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **A 错误**; 未标明各物质的聚集状态, **B 错误**; $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$ 完全燃烧生成的指定产物为 $\text{N}_2(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, 所以 $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$ 完全燃烧的热化学方程式为 $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -622 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **C 正确**; 酯化反应为可逆反应, ΔH 表示反应完全进行的热效应, 则 $\Delta H < -25.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **D 错误**。

易错点



进阶突破练

6. D 必刷知识 ①物质聚集状态与能量的关系

【解析】已知反应①为放热反应, 反应②为吸热反应, 因此反应①中 I_2 的能量更高, 即反应①中碘单质为气态, 反应②中碘单质为固态, **A 错误**; $\Delta H = \text{生成物总能量} - \text{反应物总能量}$, 反应①为放热反应, 反应②为吸热反应, 且两个反应的生成物相同, 因此反应①的反应物总能量大于反应②的, **B 错误**; 反应①为放热反应, $\Delta H = \text{断裂化学键时吸收的能量} - \text{形成化学键时释放的能量} = -9.48 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} < 0$, 可知反应①断裂化学键时吸收的能量比形成化学键时释放的能量少, **C 错误**; 根据盖斯定律可知, ②-①得 $\text{I}_2(\text{s}) \longrightarrow \text{I}_2(\text{g})$, $\Delta H = \Delta H_2 - \Delta H_1 = [+26.48 - (-9.48)] \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = +35.96 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 因此 1 mol 固态碘升华时将吸收 35.96 kJ 的热量, **D 正确**。

7. D 必刷知识 ①吸热反应和放热反应、燃烧热、热化学方程式书写及正误判断

【解析】 CH_3OH 的燃烧热是指 1 mol 甲醇完全燃烧生成二氧化碳气体和液态水所放出的热量, **A 错误**; 反应①为吸热反应, 题图表示的是放热反应, **B 错误**; 反应①为吸热反应, 反应②为放热反应, CH_3OH 均反应生成 H_2 , 则 CH_3OH 反应生成 H_2 的过程不一定要吸收能量, **C 错误**; 液态甲醇转化为气态甲醇需要吸收能量, 液态甲醇的能量比气态甲醇的能量低, 则 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ 的 $\Delta H > -192.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **D 正确**。

8. C 必刷知识 ①根据图像判断吸、放热反应

【解析】根据图中信息可知, 第①步反应的反应物总能量低于



生成物总能量,因此第①步反应是吸热反应,同理得到第②③步反应是放热反应,**A 正确**;第①步反应的活化能最大,因此总反应速率由第①步反应决定,**B 正确**;第①步反应过程中,有碳碳键断裂和碳氢键形成,还有 O—H 键的断裂,**C 错误**;

根据题中信息得到第③步的反应为

$$\text{H}-\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{H} \end{array}-\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{H} \end{array}-\text{O}^+-\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array} +$$

$\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}-\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{H} \end{array}-\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{H} \end{array}-\text{OH} + \text{H}_3\text{O}^+$, **D 正确**。

9. B 必刷题型 ⊙ 根据 $\Delta H = \text{生成物总能量} - \text{反应物总能量}$ 的计算

【解析】对于双原子分子,键能是指气态分子中 1 mol 化学键解离生成气态原子所吸收的能量,根据表格中的数据可知, O_2 的键能为 $249 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2 = 498 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **A 错误**;反应 $\text{HO}(\text{g}) + \text{HO}(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}_2(\text{g})$ 的过程中形成 O—O 键,即 $\text{HO}(\text{g}) + \text{HO}(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -214 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\Delta H = \text{生成物的总能量} - \text{反应物的总能量} = (X - 2 \times 39) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -214 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $X = -136$, **B 正确**;化学键断裂吸收能量, $\Delta H > 0$, **C 错误**;依题意可得 $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -242 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **D 错误**。

10. B 必刷题型 ⊙ 热化学方程式的书写及正误判断

【解析】稀 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液与稀硫酸反应生成 BaSO_4 沉淀和水,除 H^+ 和 OH^- 反应放热外, Ba^{2+} 和 SO_4^{2-} 反应生成 BaSO_4

沉淀也放热,故 $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \frac{1}{2}\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{aq}) =$

$\frac{1}{2}\text{BaSO}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的 $\Delta H < -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **A 错误**;1 g

辛烷燃烧生成二氧化碳和液态水时放出 48.4 kJ 热量,1 mol 辛烷质量为 114 g,1 mol 辛烷完全燃烧生成 $\text{CO}_2(\text{g})$ 和液态水放出的热量为 $114 \times 48.4 \text{ kJ} = 5517.6 \text{ kJ}$,故 $\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l}) +$

$\frac{25}{2}\text{O}_2(\text{g}) = 8\text{CO}_2(\text{g}) + 9\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -5517.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,

B 正确;0.5 mol N_2 和 1.5 mol H_2 置于密闭容器中充分反应生成 $\text{NH}_3(\text{g})$,放热 19.3 kJ,由于是可逆反应,所以生成的氨气的物质的量小于 1 mol,所以 1 mol 氮气和 3 mol 氢气完全反应生成 2 mol 氨气,放出的热量大于 38.6 kJ, **C 错误**;S 的氧化性较弱,Cu 与 S 在高温下反应生成 Cu_2S ,不是 CuS , **D 错误**。

11. B 必刷知识 ⊙ 根据 $\Delta H = \text{反应物的键能之和} - \text{生成物的键能之和}$ 计算

【解析】由题图可知,反应 $\text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$ 的

$\Delta H = (-393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - (-110.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -283 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,反应的焓变等于反应物键能总和减去生成物键能总

和,设 $\text{CO}(\text{g})$ 中碳氧键键能为 $x \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,则 $(x + \frac{a}{2} -$



2b) $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -283 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $x = -283 + 2b - \frac{a}{2}$, 故选 B。

12. D 必刷知识 ⊙ 化学反应中的能量关系

【解析】过程 I 为氮气分子、氢气分子吸附在催化剂表面的过程,过程中放热,过程 IV 为氨气分子脱离催化剂表面的过程,过程中吸热, A 错误;过程 II 是断裂化学键的过程,是吸热过程,过程 III 为新键形成过程,是放热过程, B 错误;反应的 ΔH 取决于反应物和生成物的能量的相对大小,催化剂可降低反应的活化能,加快反应速率,但不改变反应焓变, C 错误;正反应的活化能与逆反应活化能之差为反应热,设正反应的活化能为 E_a ,逆反应活化能为 E_b ,则 $E_a - E_b = -92.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, D 正确。

真题风向练

13. D 必刷知识 ⊙ 热化学方程式的书写与判断

【解析】1 mol $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$ 完全燃烧生成二氧化碳和液态水时, $\Delta H = -1411 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, A 错误;根据 C_2H_6 、 C_2H_4 、 H_2 的燃烧热,结合盖斯定律可得 $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) = \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ $\Delta H = -1559.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (-1411 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - (-285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = +137 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, B 错误;根据氢气的燃烧热数据可得 $\frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ $\Delta H = +285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, C 错误; C_2H_6 的燃烧热 $\Delta H = -1559.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + \frac{7}{2}\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H = -1559.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, D 正确。

关键点拨 在 101 kPa 时, 1 mol 纯物质完全燃烧生成指定产物时放出的热量称为该物质的燃烧热, 完全燃烧时, $\text{C} \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$, $\text{H} \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$, 燃烧为放热反应, 燃烧热的热化学方程式中 ΔH 均为负值。

第 2 节 盖斯定律及应用



基础过关练

1. C 必刷知识 ⊙ 反应热大小比较

【解析】反应物中气态硫比固态硫的能量高, 并且燃烧为放热

关键点

反应, 焓变为负值, 后者放热多, 即 $\Delta H_1 > \Delta H_2$, A 错误; 将 1 mol N_2O_4 置于密闭容器中充分反应, 由于反应是可逆反应, 故放出的热量小于 56.9 kJ, B 错误; 2 mol 碳不完全燃烧生成 CO, 放出热量 221 kJ, 则 1 mol 碳完全燃烧生成 CO_2 放出的热量大于 110.5 kJ, C 正确; 醋酸是弱酸存在电离平衡, 电离过程是吸热过程, 含 1 mol CH_3COOH 的溶液与含 1 mol NaOH 的溶液混合, 放出的热量不是 57.3 kJ, D 错误。

2. C 必刷知识 ⊙ 盖斯定律与热化学方程式

【解析】由题图可知, 第一步反应中涉及 H—S 极性共价键的



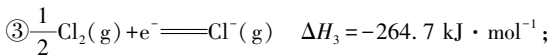
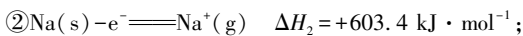
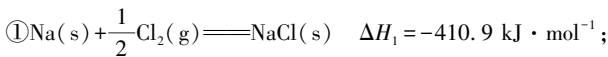
断裂与 H—O 极性共价键的形成, **A 正确**; 由题图可知, 第二步反应为放热反应, 反应物的总能量高于生成物的总能量, **B 正确**; 由题图可知, 第一步反应的热化学方程式为 $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{S}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_1 = -265.19 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 第二步反应为 $\text{S}(\text{s}) + \frac{3}{2}\text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq})$

$\Delta H_2 = -541.20 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 根据盖斯定律, 将两步反应式相加得 $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) \quad \Delta H = -806.39 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **C 错误**; 结合 $\text{S}(\text{s})$ 的燃烧热, 可得

① $\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H$, 已知 ② $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{S}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -265.19 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $(\text{①} + \text{②}) \times 2$ 可求出 $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的 ΔH , **D 正确**。

3. D 必刷题型 ① 根据盖斯定律计算反应热

【解析】由图像数据可得:



由盖斯定律可知, ① - ② - ③ 得 $\text{Na}^+(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{g}) = \text{NaCl}(\text{s})$, 则 $U = -410.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 603.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (-264.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -749.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **D 正确**。

4. D 必刷知识 ① 盖斯定律与热化学方程式

【解析】题述循环过程至少涉及四种能量转化方式: 太阳能 → 热能 → 化学能 → 热能 → 电能, **A 正确**; 结合已知信息 ② 可知, $2 \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$ 完全分解为二氧化硫、氧气和水蒸气, 吸收热量 551 kJ , 热化学方程式表示为 $2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l}) = 2\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +551 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **B 正确**; $64 \text{ g } \text{S}(\text{s})$ 的物质的量为 2 mol , 已知 64 g 固态硫完全燃烧放出热量 592 kJ , 则 $1 \text{ mol } \text{S}$ 完全燃烧放出热量 296 kJ , 热化学方程式为 $\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -296 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **C 正确**; 根据盖斯定律, $-(\text{反应 I} + \text{反应 III}) = \text{反应 II}$, $\Delta H = -551 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (-296 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -255 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **D 错误**。

5. B 必刷题型 ① 盖斯定律的应用

【解析】设 $\text{K}^+(\text{g}) = \text{K}^+(\text{aq})$ 的焓变为 ΔH_7 , 根据盖斯定律: $\Delta H_4 + \Delta H_5 + \Delta H_7 = \Delta H_6$, 代入数据解得 $\Delta H_7 = -336 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 根据盖斯定律, $\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_7 = \Delta H_3$, 代入数据解得, $\Delta H_3 = +12 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 选 **B**。



进阶突破练

6. D 必刷题型 ① 根据盖斯定律计算目标反应的反应热

【解析】 $\Delta H_1 - \Delta H_2$ 为 $\frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的反应热, 该反应为放热反应, 故 $\Delta H_1 - \Delta H_2 < 0$, **A 错误**; 反应 ② 是 $\text{C}(\text{s})$, 与 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 在高温下的反应, 是吸热反应, **B 错误**; 根据盖斯定律, $\text{⑤} \times 2 - \text{④} \times 3$ 得 $3\text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) = 2\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = +340.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **C 错误**; 根据盖斯定律,



③ $\times 3 + ⑤$ 得 $3\text{CO}(\text{g}) + 6\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H = -301.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **D 正确**。

7. B 必刷知识 ⑥盖斯定律与热化学方程式、根据 $\Delta H =$ 反应物的键能之和 - 生成物的键能之和计算焓变

【解析】形成化学键时放出热量, $\text{H}(\text{g}) + \text{Cl}(\text{g}) \longrightarrow \text{HCl}(\text{g})$

$\Delta H = -431 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **A 错误**; 反应热等于反应物总键能减去

生成物总键能, 根据反应①可知, $[431 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times 4 +$

$E(\text{O}=\text{O} \text{ 键})] - [243 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2 - 4E(\text{H}-\text{O} \text{ 键})] =$

$-112.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 整理得, $4E(\text{H}-\text{O} \text{ 键}) - E(\text{O}=\text{O} \text{ 键}) =$

$1350.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **B 正确**; 反应热等于反应物总键能减去生

成物总键能, $2\text{HCl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ $\Delta H = 2 \times 431 \text{ kJ} \cdot$

$\text{mol}^{-1} - 436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 243 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = +183 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **C 错**

误; 反应② $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$ $\Delta H_2 = E(\text{H}-\text{H}$

$\text{键}) + E(\text{Cl}-\text{Cl} \text{ 键}) - 2E(\text{H}-\text{Cl} \text{ 键}) = 436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 243 \text{ kJ} \cdot$

$\text{mol}^{-1} - 2 \times 431 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -183 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 反应① $4\text{HCl}(\text{g}) +$

$\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H_1 = -112.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 由

盖斯定律可知② $+\frac{1}{2}\times$ ①, 得出 $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

$\Delta H = -239.45 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 生成物是气态水, **D 错误**。

8. C 必刷题型 ⑥盖斯定律与热化学方程式书写

【解析】在恒温、恒压条件下, 对于一个确定的化学反应, 其反

关键点

应热不变, 若在不同环境温度下发生反应, ΔH 会随之发生改

变, **A 正确**; 反应①是可逆反应, 反应物不能完全转化为生成

物, 因此将 $1 \text{ mol C}(\text{s})$ 和 $1 \text{ mol H}_2\text{O}(\text{g})$ 充分反应, 吸收的热量

小于 $a \text{ kJ}$, **B 正确**; 反应④为 $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) +$

$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H_4 = -d \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 将该热化学方程式 $\times \frac{1}{2}$, 可得

$\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H =$

$-\frac{d}{2} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 由于水由气态转化为液态时会放出热量, 因

此 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H <$

$-\frac{d}{2} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **C 错误**; 根据盖斯定律, $2\times$ ② $+2\times$ ③ $+④$ 整理

可得 $2\text{CO}(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的 $\Delta H =$

$-(2b+2c+d) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **D 正确**。

9. C 必刷题型 ⑥不同催化剂下的反应过程-能量图像分析

【解析】由题图可知, 反应 $2\text{A}(\text{g}) + \text{C}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{E}(\text{g})$ 的 $\Delta H =$

$(E_{\text{a1}} - E_{\text{a2}} + E_{\text{a3}} - E_{\text{a4}}) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **A 正确**; 由题图可知, 途径Ⅱ

中反应③的活化能大于反应④的活化能, 活化能越大反应速

率越慢, 故途径Ⅱ中 $\text{A}(\text{g})$ 转化为 $\text{E}(\text{g})$ 的反应速率是由反应

③决定的, **B 正确**; 根据盖斯定律, 途径Ⅰ和途径Ⅱ总反应相

同, 故 $\Delta H_{\text{I}} = \Delta H_{\text{II}}$, **C 错误**; 由题图可知, 途径Ⅱ中反应④的

活化能小于反应③的活化能, 活化能越小反应速率越快, 故

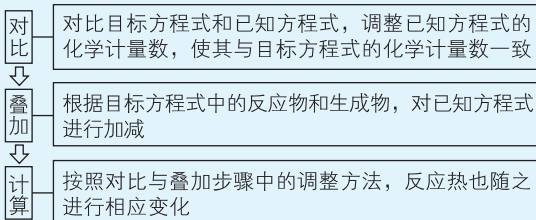
消耗 $\text{N}(\text{g})$ 的速率大于生成 $\text{N}(\text{g})$ 的速率, 物质 $\text{N}(\text{g})$ 很难大

量积累, **D 正确**。

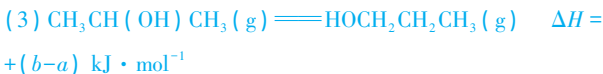
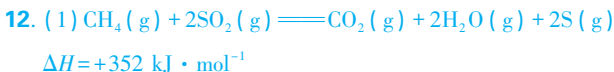
关键点拨 对于有多个基元反应的化学反应, 反应速率由最慢的基元反应决定。

**10. C 必刷题型** 根据盖斯定律计算反应热

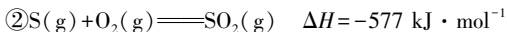
【解析】将题给热化学方程式依次编号为①②③④,由盖斯定律可知,①+②+③可得系统(I)制氢的反应 $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g})$, 则反应焓变 $\Delta H = (+327 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + (-151 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + (+110 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = +286 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **A 正确**;由盖斯定律可知,②+③+④可得系统(II)制氢的反应 $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{S}(\text{s})$, 则反应焓变 $\Delta H = (-151 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + (+110 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + (+61 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = +20 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **B 正确**;由系统(I)制氢的反应可知反应中消耗水,所以反应过程中需要补充水, **C 错误**;由盖斯定律可知,②+③+④可得系统(II)制氢的反应 $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{S}(\text{s})$, 则系统(II)中二氧化硫和碘可以看作是反应的催化剂, **D 正确**。

归纳总结 根据盖斯定律计算 ΔH 的方法**11. -49.2****必刷题型** 盖斯定律与热化学方程式

【解析】由表中数据可知, I: $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta H = -393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, II: $\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ $\Delta H = -200.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, III: $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H = -242 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 反应: $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 由盖斯定律知反应 = II - I + III, 故 $\Delta H = [-200.7 - (-393.5) + (-242)] \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -49.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

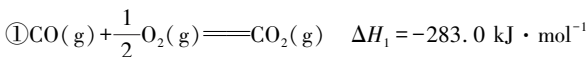
**必刷题型** 根据盖斯定律计算反应热

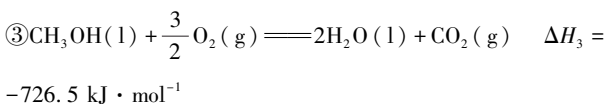
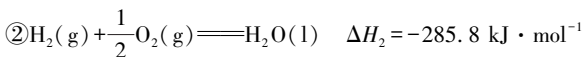
【解析】(1)由 $\Delta H = \text{正反应的活化能} - \text{逆反应的活化能}$, 可计算① $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H = (126 - 928) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -802 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



由盖斯定律可得目标反应 = 反应① - 2×反应②, 即 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{SO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 2\text{S}(\text{g})$ $\Delta H = +352 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2)由表格中的燃烧热可以得到热化学方程式为





由盖斯定律可得: $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) \quad \Delta H = \Delta H_1 + 2\Delta H_2 - \Delta H_3 = -128.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(3) 根据盖斯定律, 将反应 I 和反应 II 相减, 整理可得 $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3(\text{g})$ 转化为 $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3(\text{g})$ 的热化学方程式: $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3(\text{g}) \quad \Delta H = +(b-a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

真题风向练

13. B 必刷题型 ⊙ 利用盖斯定律计算键能

【解析】反应①②③中, 未被提及键能的物质为 CO_2 、C, 因此在构建新反应时, 应将其抵消掉, 由①+②-③可得 $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$, 根据盖斯定律可得, 新反应的 $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3 = +206 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 由 $\Delta H = \text{反应物总键能} - \text{生成物总键能}$ 可知, $\text{CO}(\text{g})$ 中碳氧键键能为 $(-206 - 3a + 2b + 4c) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, B 正确。

14. -41.2

必刷题型 ⊙ 盖斯定律与热化学方程式

【解析】根据盖斯定律, 反应②-反应①得 $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -41.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

专题 1 化学反应历程类问题分析模型



进阶突破练

1. B 必刷知识 ⊙ 活化能、反应历程、基元反应、热化学方程式

【解析】反应的活化能越大, 反应速率越慢, 总反应速率取决于慢反应, 由题图可知, 决定总反应速率的反应历程为 $^* \text{N} + 3^* \text{H} \rightleftharpoons ^* \text{NH}_3$, A 正确; 由题图可知, 反应历程中的最低能垒为 $(90+34) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 124 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, B 错误; 升高温度, 反应物的能量增大, 活化分子数和活化分子百分数增大, 有效碰撞的次数增多, 反应历程中基元反应的速率加快, C 正确; 由题图可知, 合成氨反应的反应热 $\Delta H = (100+308) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 500 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -92 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 故反应的热化学方程式为 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -92 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, D 正确。

2. C 必刷题型 ⊙ 催化反应历程图像分析

【解析】催化剂能降低反应的活化能, A 正确; 由题图可知, $2\text{H}^* + \text{S}^* + \text{O}^* \longrightarrow \text{H}^* + \text{OH}^* + \text{S}^*$ 这一步骤的活化能最大, 反应最慢, 决定该反应的速率, B 正确; 由反应历程图像知, 得到吸附状态的 H_2S 的过程放出能量, 那么吸附在催化剂表面的 H_2S 解吸时需吸收能量, C 错误; 该反应历程中, H_2S 中 S 元素的化合价升高, 是 H_2S 的氧化过程, D 正确。

3. C 必刷题型 ⊙ 反应机理图像分析

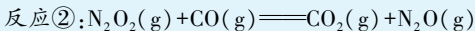
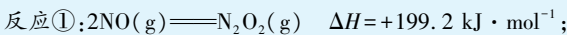
【解析】该过程反应 ii 涉及 C—C 键(非极性键)的形成, A 错



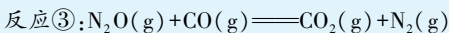
误;根据反应机理图可知 H_2O 为该反应的中间产物, HI 为催化剂, **B 错误**;过渡态物质的总能量与反应物总能量的差值为活化能,活化能越小,反应速率越快,活化能越大,反应速率越慢,决定总反应速率的是慢反应,故反应Ⅲ为该历程的决速步骤, **C 正确**;每分子 $\text{CH}_3\text{OH}(1)$ 完全转化成 $\text{CH}_3\text{COOH}(1)$ 放出能量 3.05 eV , **D 错误**。

4. D 必刷知识 ①盖斯定律的应用、活化能对反应速率的影响

思路分析 从题图中可得出三个热化学方程式:



$$\Delta H = -513.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1};$$



$$\Delta H = -306.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}。$$

【解析】根据题图可知,该反应历程包含 3 个过渡态,即包含了三个基元反应, **A 正确**;利用盖斯定律,将反应①+②+③得 $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -620.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, **B 正确**;由于第一个基元反应活化能最大,所以该反应的总反应速率由基元反应 $\text{NO} + \text{NO} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{N}=\text{N} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$ 决定, **C 正**

确; N_2O 与 CO_2 结构相似, N_2O 的结构式可写为 $\text{N}^+ \equiv \text{N}^- - \text{O}$, 所以 N_2O 中 σ 键和 π 键的数目相等, **D 错误**。

5. A 必刷知识 ①基元反应与反应历程

【解析】根据图中反应历程可知,第 2 步基元反应为 $\text{CH}_3\text{O} \cdot + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OCOO} \cdot$, **A 正确**;使用催化剂可以提高反应速率,但是反应热不会变化, **B 错误**;反应历程中过渡态 I 的反应能垒最大,该步反应是决速步骤,其能垒为 $[103.1 - (-22.6)] \times 10^2 \text{ eV} = 1.257 \times 10^4 \text{ eV}$, **C 错误**;由图可以看出,产物总能量高于反应物总能量,即 $2\text{CH}_3\text{OH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OCOOCH}_3 + \text{H}_2\text{O} \quad \Delta H > 0$,所以升高温度,合成碳酸二甲酯反应速率增加,平衡向正反应方向移动, **D 错误**。

6. B 必刷知识 ①反应历程分析、催化剂判断

【解析】根据能量变化图可知,氧气最终变成活化氧,体系能量降低,则每活化一个氧气分子放出 0.29 eV 能量, **A 正确**;反应过程中存在多步反应的活化能,根据能量变化图可知,没有水加入的反应的活化能为 0.75 eV ,有水加入的反应的活化能为 0.57 eV ,故水可以使氧分子活化反应的活化能降低 $0.75 \text{ eV} - 0.57 \text{ eV} = 0.18 \text{ eV}$, **B 错误**;根据能量变化图和题意可知,氧分子活化过程中存在 $\text{O}-\text{O}$ 键的断裂和 $\text{C}-\text{O}$ 键的形成, **C 正确**;活化氧可以快速氧化 SO_2 并释放炭黑颗粒,炭黑颗粒可以活化氧分子产生活化氧,所以炭黑颗粒是大气中 SO_2 转化为 SO_3 的催化剂, **D 正确**。

7. C 必刷知识 ①历程能量图信息读取、反应历程分析、活化能与反应速率

【解析】由题图可知 $\text{CH}_3\text{CHClCH}_3$ 的能量低于 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$,物质能量越低越稳定, **A 正确**;在合成 $\text{CH}_3\text{CHClCH}_3$ 的反应历程中,第 I 步反应活化能更大,反应



速率更小,故反应 I 为整个反应的决速步骤, **B 正确**; 丙烯与 HCl 发生加成反应过程中, 断裂碳碳双键和 H—Cl 键, 形成 C—H 键和 C—Cl 键, 不存在非极性键的形成, **C 错误**; 其他条件不变, 适当升高温度, 活化能大的反应的速率常数变化大, 速率增加程度更大, 相同时间内可以提高加成产物中 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ 的比例, **D 正确**。

8. A 必刷题型 ⊙ 反应机理图像分析

【解析】该反应使用的催化剂加快了甲烷化速率, 但不能改变 H_2 的平衡转化率, **A 错误**; 由反应机理图可知, H_2 吸附在催化剂 Pd 表面而发生反应, **B 正确**; 由反应机理图可知, CO_2 和 H_2 为反应物, CH_4 和 H_2O 为生成物, MgO 和 Pd 为催化剂, 其余物质均为中间产物, 则 MgOCO_2 和 MgOCOOH 均为该反应过程的中间产物, **C 正确**; 由反应机理图可知, CO_2 和 H_2 为反应物, CH_4 和 H_2O 为生成物, 则该甲烷化过程总反应可表示为 $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$, **D 正确**。

9. B 必刷题型 ⊙ 催化剂与反应历程分析

【解析】 $^*\text{N}_2 \rightarrow ^*\text{N}_2\text{H}$ 过程中发生非极性键和极性键的断裂以及极性键的形成, **A 错误**; 生成 I 的反应为 $^*\text{NHNH} + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{e}^- \longrightarrow ^*\text{NHNH}_2 + \text{H}_2\text{O}$, 则 I 表示的微粒符号是 $^*\text{NHNH}_2$, I 转化为 $^*\text{NH}$ 和 NH_3 的反应为 $^*\text{NHNH}_2 + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{e}^- \longrightarrow ^*\text{NH} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$, 过程中 H_3O^+ 中的 H 原子可能会连在吸附在催化剂表面的 N 原子上, 从而生成 N_2H_4 , **B 正确**; 生成 II 的反应为 $^*\text{NH} + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{e}^- \longrightarrow ^*\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$, 则 II 表示的微粒符号是 $^*\text{NH}_2$, **C 错误**; 由图乙可知, 反应历程中放热最多的反应是 I 和 H_3O^+ 、 e^- 的反应, 反应为 $^*\text{NHNH}_2 + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{e}^- \longrightarrow ^*\text{NH} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$, **D 错误**。

10. C 必刷知识 ⊙ 反应历程分析, 活化能与反应速率, 推、吸电子基团对物质酸、碱性的影响

【解析】 $-\text{CH}_2\text{CH}_3$ 为推电子基团, 使 N 的电子云密度增大, 结合 H^+ 的能力增强, 碱性增强, 因此 $\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ 的碱性强于 NH_3 , **A 正确**; 活化能越大, 反应速率越慢, 根据反应历程图可知, 决速步骤方程式为 $\text{CO}_2^* + \text{H}^* \longrightarrow \text{HCO}_2^*$, **B 正确**; 使用催化剂降低反应活化能是通过改变反应路径实现的, **C 错误**; 根据图像可知, 氢气分子在催化剂表面断裂 H—H 键形成氢原子, 在催化剂表面, 碳和氮之间的极性共价键断裂, 生成 HCOOH , **D 正确**。

11. (1) ①放热 315.14 ②AD

(2) $4 \text{COOH}^* + \text{H}^* + \text{H}_2\text{O}^* \longrightarrow \text{COOH}^* + 2\text{H}^* + \text{OH}^* \text{ (或 } \text{H}_2\text{O}^* \longrightarrow \text{H}^* + \text{OH}^*)$

必刷题型 ⊙ 化学反应历程与机理分析

【解析】(1) ①因为反应物的总能量高于生成物的总能量, 故该反应是放热反应, 活化能最大的反应为决速步, 由题图甲可知, 第四步反应的活化能最大, 为 $315.14 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 即为决速步骤。② $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 为放热反应, 其他条件不变, 温度升高, H_2 平衡转化率减小, A 项错误; 恒容时, 加入惰性气体, 体系压强增大, 但反应速率



不变,B项正确;放热反应正反应活化能小于逆反应的活化能,C项正确;催化剂改变反应途径,但不改变平衡状态和焓变,D项错误。

(2) 由于物理吸附和脱附不是化学反应,也就不是基元反应,故共有4个基元反应。由图乙可知,该历程中最大能垒为 $1.86 \text{ eV} - (-0.16 \text{ eV}) = 2.02 \text{ eV}$,该步骤为决速步骤,化学方程式为 $\text{COOH}^* + \text{H}^* + \text{H}_2\text{O}^* \rightleftharpoons \text{COOH}^* + 2\text{H}^* + \text{OH}^*$ (或 $\text{H}_2\text{O}^* \rightleftharpoons \text{H}^* + \text{OH}^*$)。

真题风向练

12. C 必刷题型 ① 反应机理分析,涉及催化剂作用、决速步骤等

【解析】由反应进程图可知,该反应生成物的总能量大于反应物,故该反应是吸热反应,A错误;催化剂可以降低反应的活化能从而影响反应速率,但不影响平衡常数,通常情况

关键点

下,平衡常数只受温度的影响,B错误;能量越低越稳定,与催化剂b相比,丙烷被催化剂a吸附得到的吸附态能量更低,更稳定,C正确;由反应进程图可知,①→②进程中, $^* \text{CH}_3\text{CHCH}_3 + ^* \text{H} \longrightarrow ^* \text{CH}_3\text{CHCH}_2 + 2^* \text{H}$ 的活化能最高,反应速率最慢,是决速步骤,D错误。

第1章 ▶ 真题综合测试

1. C 必刷题型 ① 反应历程中能量变化图像分析

【解析】由图可知,使用催化剂I和II,反应历程中均产生4个过渡态,即反应历程均分4步进行,A正确;由图可知, $\text{R}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{P}(\text{g})$ 的正反应为放热反应,反应达到平衡时,升高温度,平衡逆向移动,R的浓度增大,B正确;由题图可知,使用催化剂II时反应的最高活化能大于使用催化剂I时反应的最高活化能,则使用催化剂I反应速率更快,说明使用I时反应体系能更快达到平衡,C错误;使用催化剂I时,生成M的活化能较小,而M转化成P的活化能较大,则生成M的反应速率较快而M转化成P的反应速率较慢,从而使得M能达到的最高浓度更大,D正确。

2. C 必刷题型 ① 分解氯化铵的物质转化过程分析

【解析】由题给物质转化关系图知,反应①为 $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{MgO} \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{OH})\text{Cl} + \text{NH}_3 \uparrow$,反应②为 $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl} \rightleftharpoons \text{MgO} + \text{HCl} \uparrow$,即a为 NH_3 、b为 $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$ 、c为 HCl 、d为 MgO ,A、B错误;通入水蒸气可以促进 MgCl_2 水解为 $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$,减少副产物 MgCl_2 的产生,C正确;氯化铵直接分解的反应=反应①+反应②,根据盖斯定律知,反应①、②的反应热之和等于氯化铵直接分解的反应热,D错误。

3. C 必刷知识 ① 化学键与化学反应中的能量关系

【解析】结合图像分析,历程II相当于历程I在催化剂 $\text{Cl}(\text{g})$ 参与的条件下的反应,催化剂降低反应的活化能,但是不能改变反应的焓变,因此 $\Delta H = (E_6 - E_3) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = (E_5 - E_2) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,A正确;已知 $\text{O}_2(\text{g})$ 和 $\text{Cl}_2(\text{g})$ 的相对能量为0 (即 $E_6 = 0$),破坏1mol $\text{Cl}_2(\text{g})$ 中的 $\text{Cl}-\text{Cl}$ 键形成2mol Cl ,吸收的能量为 $2(E_5 - E_6) \text{ kJ}$,结合 $E_6 - E_3 = E_5 - E_2$,得 $2(E_5 - E_6) = 2(E_2 - E_3)$,B正确;催化剂不能改变反应物的平衡转化



率,因此相同条件下, O_3 的平衡转化率:历程 II = 历程 I, C 错误;活化能越低,反应速率越快,由图像可知,历程 II 中第二步反应的活化能最低,所以速率最快的一步反应的热化学方程式为 $ClO(g) + O(g) = O_2(g) + Cl(g) \quad \Delta H = (E_5 - E_4) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, D 正确。

4. C **必刷知识** ⊙ 反应机理与能量变化分析,涉及稳定性与能量关系、速率与活化能关系、反应类型、大 π 键等

【解析】产物 II 的能量更低即产物 II 更稳定,且由中间体生成产物 II 的反应的活化能较低,反应速率更快,即从产物稳定性和反应速率角度均有利于产物 II, A 正确;由 X 和 Y 的结构可知,苯发生加成反应生成 X, X 为苯的加成产物,苯环上一 H 被硝基取代生成 Y, Y 为苯的取代产物, B 正确; M 的六元环中与 $-NO_2$ 相连的碳原子为 sp^3 杂化,苯中大 π 键发生改变, C 错误;生成 Y 的反应为苯的硝化反应,浓 H_2SO_4 作催化剂, D 正确。

5. ④ $HO^* + CH_2^* + H_2^* + H_2O = CH_3^* + 2H_2O$ (或 $HO^* + CH_2^* + H^* + H_2^* + H_2O = CH_3^* + H^* + 2H_2O$ 、 $HO^* + CH_2^* + H_2^* = CH_3^* + H_2O$)

必刷知识 ⊙ 基元反应

【解析】最慢的基元反应为反应历程中活化能最大的步骤,

关键点

由图可知,反应④的活化能最大,所以该步骤最慢;生成水的反应为③,其反应方程式为 $HO^* + CH_2^* + H_2^* + H_2O = CH_3^* + 2H_2O$ (或 $HO^* + CH_2^* + H^* + H_2^* + H_2O = CH_3^* + H^* + 2H_2O$ 、 $HO^* + CH_2^* + H_2^* = CH_3^* + H_2O$)。

6. (1) 83 (2) $EO(g) \rightleftharpoons AA(g) \quad \Delta H = -102 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

必刷知识 ⊙ 热化学方程式书写及正误判断

【解析】(1) 过渡态物质的总能量与反应物总能量的差值为活化能,中间体 OMC 生成吸附态 $EO_{(ads)}$ 的活化能为 $(-93 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - (-176 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = 83 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2) 由题图可知, $EO(g)$ 生成 $AA(g)$ 放出热量 $(-117 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - (-219 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = 102 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 放热反应焓变为负值,故热化学方程式为 $EO(g) = AA(g) \quad \Delta H = -102 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

7. (1) -45

(2) (ii) N_2 分子中 $N \equiv N$ 键能很高,解离为 N 原子所需能量最多

必刷题型 ⊙ 焓变计算,分析反应机理

【解析】(1) 根据题图甲中的能量数据可知,题给反应的 $\Delta H = (+473 + 654 - 339 - 397 - 436) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -45 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2) 在该反应历程中,步骤(i)和(iii)为吸附过程,释放能量;步骤(v)形成共价键,释放能量;步骤(ii)和(iv)破坏共价键,需要吸收能量。又因 $N \equiv N$ 键的键能大于 $H-H$ 键的键能,所以步骤(ii)需要吸收更多的能量,使得该步骤反应速率最慢,成为速率控制步骤。

8. (1) 181 (2) bac

必刷题型 ⊙ 根据 $\Delta H = \text{反应物的键能之和} - \text{生成物的键能之和}$



计算,反应历程中催化剂的活性

【解析】(1)反应热=反应物的键能和-生成物的键能和,则
 $\Delta H_1 = (945+498) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 2 \times 631 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 181 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。
(2)图甲表示 N_2 电还原为 NH_3 的反应历程,催化剂 b 对应决速步骤所需能量最小,反应最容易发生,其次为催化剂 a,所需能量最大的是催化剂 c。图乙表示 H_2O 电还原为 H_2 的反应历程,本题中是水溶液中的 N_2 电还原,有水存在,所以

关键点

H_2O 电还原为 H_2 是 N_2 电还原为 NH_3 的竞争反应,图乙中反应的决速步骤所需能量由小到大依次为 cab。综合分析,催化剂 b 最有利于 N_2 电还原为 NH_3 ,而催化剂 c 最不利于 N_2 电还原为 NH_3 ,所以催化活性由强到弱的顺序为 bac。