

化学反应速率问题考题特征与备考启示

——以 2024 年高考真题为例

陕西省西安市长安一中 (710100) 王志刚
西北大学附属中学 (710075) 成欢

摘要: 研究近年高考化学等级考选择题,可以发现,以图形图表为载体的化学反应速率与平衡问题,考查方式聚焦化学核心素养,考查重点侧重学科关键能力,重在考查考生分析与处理陌生化学问题的能力. 通过对 2024 年高考化学等级考中化学反应速率与平衡问题的分类剖析与研究,追根溯源,以探寻 2025 年高考化学等级考中该类问题的备考重点与应对办法.

关键词: 化学反应速率与平衡; 真题研究; 复习备考; 高中化学

在新课标、新教材、新高考的“三新”背景下,高考化学等级考中,由于选择题数目增多,考查范围变广,结合图形图表考查化学反应速率问题,也就成为了一个热门考查方向. 如何科学有效地应对此类考题,是已经进入、或即将进入新高考省份的每位高三化学教师必须面对的一个问题. 下面结合 2024 年全国各地高考等级考真题,对化学反应速率在等级考中的考查形式、考查特点进行分类剖析,以探寻该题型的有效备考策略与难点突破办法.

一、以基元反应为载体,考查识图能力与分析能力

新教材在影响化学反应速率的因素催化剂部分,增加了基元反应的内容,由微观辨识的角度,对催化剂改变反应历程,降低决速步骤活化能,增大化学反应速率的原理进行了解释,体现“宏观辨识与微观探析”化学核心素养.

例题 1 (2024 甘肃卷·题 10) 甲烷在某含 Mo 催化剂作用下部分反应的能量变化如图 1 所示,下列说法错误的是().

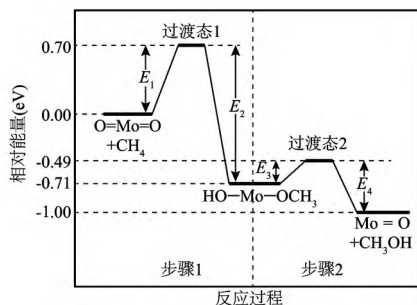


图 1 甲烷转化过程能量变化图

- A. $E_2 = 1.41 \text{ eV}$
B. 步骤 2 逆向反应的 $\Delta H = +0.29 \text{ eV}$
C. 步骤 1 的反应比步骤 2 快
D. 该过程实现了甲烷的氧化

解析 这是一道常规的与催化剂、基元反应及能量相结合的综合试题. 在处理问题时,要明确两点: 一是清楚决速步骤为活化能大的步骤; 二是知道催化剂改变反应历程,降低活化能主要是降低决速步骤的活化能,进而提高化学反应速率的. 试题分析见表 1.

表 1 试题选项分析

选项	判断	解释
A	$E_2 = 0.70 \text{ eV} - (-0.71 \text{ eV}) = 1.41 \text{ eV}$, A 正确;	由图像中数值计算得出结果
B	步骤 2 逆向反应的 $\Delta H = -0.71 \text{ eV} - [-1.00 \text{ eV}] = +0.29 \text{ eV}$, B 正确;	由图像中数值计算得出结果
C	步骤 2 反应快, C 错误;	反应 1 活化能大,反应慢,反应 2 活化能小,反应快
D	D 正确.	在 Mo 的催化作用下, CH_4 被氧化为 CH_3OH

答案: C

应用 1 (2024 北京卷·题 13): 苯在浓 HNO_3 和浓 H_2SO_4 作用下,反应过程中能量变化示意图如图 2 所示. 下列说法不正确的是().

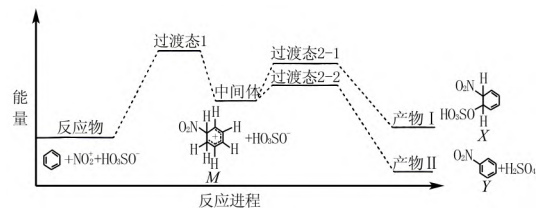


图 2 反应过程能量变化图

A. 从中间体到产物,无论从产物稳定性还是反应速率的角度均有利于产物 II

- B. X 为苯的加成产物, Y 为苯的取代产物
 C. 由苯得到 M 时, 苯中的大 π 键没有变化
 D. 对于生成 Y 的反应, 浓 H_2SO_4 作催化剂

解析 本题以苯的硝化反应机理为载体, 考查考生对基元反应、活化能的理解。解题的关键是知道产物 I 为较高温度(70℃~80℃)副产物, 产物 II 为较低温度下(50℃~60℃)主产物。“起点高、落点低”, 重在考查考生“宏观辨识与微观探析”化学核心素养。

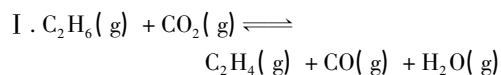
反应中, 生成产物 II 的活化能更低, 反应速率更快, 且产物 II 的能量更低即产物 II 更稳定, 以上 2 个方面均有利于产物 II 的生成, A 正确; 根据前后结构对照, X 为苯的加成产物, Y 为苯的取代产物, B 正确; M 的六元环中与 $-NO_2$ 相连的 C 为 sp^3 杂化, 中间体 M 中苯环中的大 π 键发生改变(苯环上 C 为 sp^2 杂化), C 错误; 苯的硝化反应中浓 H_2SO_4 作催化剂, D 正确。答案: C

备考启示 化学反应速率与催化剂、基元反应结合的考查, 解题核心步骤是: (1) 根据活化能的相对大小, 确定决速步骤; (2) 明确催化剂提高反应化学速率, 主要是降低了决速步骤的活化能; (3) 根据图像信息, 进行反应热、主次产物等的判断。

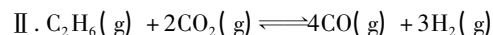
二、以图形图表为载体, 考查逻辑推理能力与计算能力

近年高考等级考试题, 由于选择题增多, 有关速率的计算问题在选择题中也单独成题, 考查考生的逻辑推理能力与计算能力, 体现“证据推理与模型认知”化学核心素养。

例题 2 (2024 浙江 6 月卷·题 11) CO_2 氧化乙烷制备乙烯, 主要发生如下 2 个反应:



$$\Delta H_1 > 0$$



$$\Delta H_2 > 0$$

向容积为 10 L 的密闭容器中投入 2 mol C_2H_6 和 3 mol CO_2 , 不同温度下, 测得 5 min(反应均未平衡)的相关数据见表 2, 下列说法不正确的是()。

表 2 反应过程测得数据

温度(℃)	400	500	600
乙烷转化率(%)	2.2	9.0	17.8
乙烯选择性(%)	92.6	80.0	61.8

注: 乙烯选择性 = $\frac{\text{转化为乙烯的乙烷的物质的量}}{\text{转化的乙烷的总物质的量}} \times 100\%$

A. 反应活化能 $I < II$

B. 500℃, 0~5 min 反应 I 的平均速率为:

$$v(C_2H_4) = 2.88 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

C. 其他条件不变, 平衡后及时移除 $H_2O(g)$, 可提高乙烯的产率

D. 其他条件不变, 增大投料比 $[n(C_2H_6)/n(CO_2)]$ 投料, 平衡后可提高乙烷转化率

解析 本题给定了一对竞争反应, 加之表格中给定的乙烷转化率信息、乙烯选择性信息及计算公式等, 题目信息量多, 思维强度大, 重在考查考生综合分析能力与计算能力。

A 项: 由表格信息知道, 相同温度下, 乙烯的选择性更高, 反应 I 更容易发生, 故反应 I 活化能更低, 正确。B 项: 500℃ 时,

$$n(C_2H_6)_{\text{变乙烯}} = 2 \text{ mol} \times 90\% \times 8\% = 0.144 \text{ mol}$$

$$v(C_2H_4) = v(C_2H_6) = \frac{0.144 \text{ mol}}{5 \text{ min}} = 2.88 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, \text{ 正确。}$$

C 项: 其他条件不变, 平衡后及时移除 $H_2O(g)$, 反应 I 平衡正向移动, 乙烯的产率提高, 正确。D 项: 其他条件不变, 增大投料比 $[n(C_2H_6)/n(CO_2)]$ 投料, 平衡后 CO_2 转化率提高, 乙烷转化率降低, 错误。答案: D

应用 2 (2024 安徽卷·题 12) 室温下, 为探究纳米铁去除水样中 SeO_4^{2-} 的影响因素, 测得不同条件下 SeO_4^{2-} 浓度随时间变化关系如图 3 所示。下列说法正确的是()。

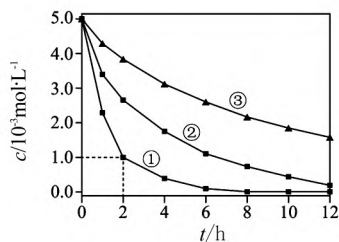


图 3 SeO_4^{2-} 浓度随时间变化

表 3 实验数据

实验序号	水样体积/mL	纳米铁质量/mg	水样初始 pH
①	50	8	6
②	50	2	6
③	50	2	8

A. 实验 ① 中, 0~2 小时内平均反应速率 $v(SeO_4^{2-}) = 2.0 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot h^{-1}$

B. 实验 ③ 中, 反应的离子方程式为:



C. 其他条件相同时,适当增加纳米铁质量可加快反应速率

D. 其他条件相同时,水样初始 pH 越小, SeO_4^{2-} 的去除效果越好

解析 A 项: 实验①中, 0 ~ 2 小时内平均反应速率 $v(\text{SeO}_4^{2-}) = (5.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}) \div 2 \text{ h} = 2.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, A 错误; B 项: 实验③中, 表格中给出了水样初始 pH = 8, 显碱性, 故其给定的含有 H^+ 参与反应的离子方程式不合理, B 错误; C 项: 其他条件相同时, 适当增加纳米铁质量, 对比实验①与实验②的图像, 实验①纳米铁质量大, 反应快, C 正确; D 项: 水样初始 pH 太小, 则有可能直接发生



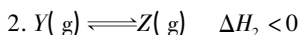
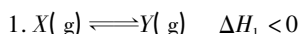
的反应, 影响 SeO_4^{2-} 的去除, D 错误. 答案: C

备考启示 处理有关化学反应速率计算与判断问题时注意: (1) 深研图像, 明确每条曲线表示的含义; (2) 找到特殊点或有数值信息的点, 按速率定义进行计算; (3) 解题时, 注意控制变量法的考查与应用.

三、以活化能为载体, 考查信息提取能力与思辨能力

近年高考等级考试题, 以活化能考查为载体, 考查考生的信息提取能力与思辨能力, 体现“变化观念与平衡思想”化学核心素养.

例题 3 (2024 安徽卷·题 10) 某温度下, 在密闭容器中充入一定量的 $\text{X}(\text{g})$, 发生下列反应:



测得各气体浓度与反应时间的关系如图 4 所示. 下列反应进程示意图符合题意的是().

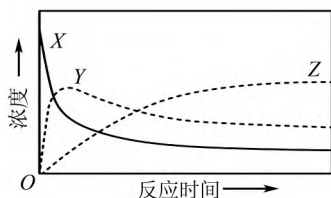
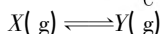
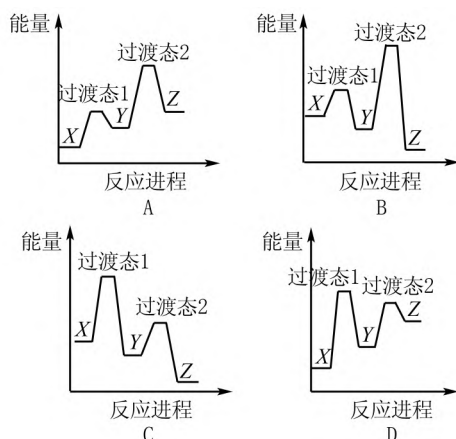


图 4 气体浓度与反应时间关系图

解析 本题把活化能、过渡态、速率及反应热问题完全通过图像进行了展示, 解题时要点有二: 一是要由题干信息明确过渡态 1、过渡态 2 均为放热反应, 答案只能在 B、C 选项中; 二是由图像要能发现, 反应开始, 中间体 Y 的浓度很快达到最大然后再逐渐减小, 可以推知反应 1:

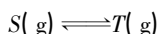


的反应活化能小为快反应, 而反应 2

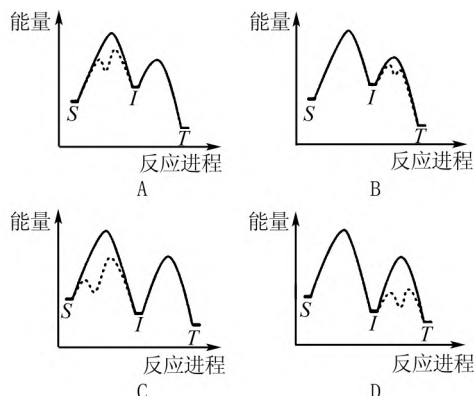


的反应活化能大为慢反应(决速反应). 答案: B

应用 3 (2024 广东卷·题 15) 对反应:



(I 为中间产物), 相同条件下: ①加入催化剂, 反应达到平衡所需时间大幅缩短; ②提高反应温度, $c_{\text{平}}(\text{S})/c_{\text{平}}(\text{T})$ 增大, $c_{\text{平}}(\text{S})/c_{\text{平}}(\text{I})$ 减小. 基于以上事实, 可能的反应历程示意图(“—”为无催化剂, “...”为有催化剂)为().



解析 本题把催化剂、活化能、速率及反应热问题完全通过图像进行了展示, 解题时由两个方面展开: 一是要由题干信息“加入催化剂, 反应达到平衡所需时间大幅缩短”, 明确催化剂是降低决速反应(活化能大的反应)的活化能, 答案只能在 A、C 选项中; 二是由“提高反应温度, $c_{\text{平}}(\text{S})/c_{\text{平}}(\text{T})$ 增大, $c_{\text{平}}(\text{S})/c_{\text{平}}(\text{I})$ 减小”的题干后半句信息, 可知第一步 $\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{T}(\text{I})$

的反应为吸热反应, 故 A 项符合题意. 答案: A

备考启示 化学反应速率与催化剂、过渡态的图像问题, 解题核心步骤是: (1) 熟读题干, 提取关键信息; (2) 结合图像, 确定决速反应(活化能大 ▶

构建思维模型破解反应热 ΔH 的计算

——以 2024 年高考中的考查为例

宁夏回族自治区白银市第十中学 (730900) 李玉斌

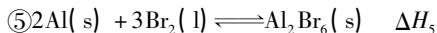
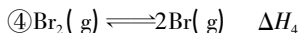
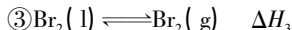
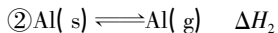
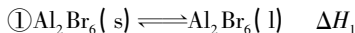
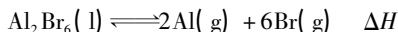
摘要: 反应热 ΔH 的计算是选择性必修一《化学反应原理》模块知识的核心考点,是高考必考的内容之一,高考试题立足于必备知识,多角度考查反应热 ΔH 的计算,构建思维模型,建立模型认知对破解反应热 ΔH 的计算发挥重要的作用.

关键词: 思维模型; ΔH ; 盖斯定律; 键能; 燃烧热

综合利用反应热的相关必备知识,体现素养立意,考查考生的分析推理与计算等关键能力,本文以 2024 年高考试题中反应热 ΔH 的计算考查为例,以期熟悉考向与命题特点,通过思维建模,提高解答此类试题的准确率.

一、利用盖斯定律计算反应热 ΔH

例题 1 (2024 年上海卷节选) (2) 已知反应:



则 $\Delta H =$ _____.

解析 (2) 由题中所给的热化学方程式,根据盖斯定律可知,目标热化学方程式可由 ① $\times (-1)$ + ② $\times 2$ + ③ $\times 3$ + ④ $\times 3$ + ⑤ $\times (-1)$ 得到,故 $\Delta H = -\Delta H_1 + 2\Delta H_2 + 3\Delta H_3 + 3\Delta H_4 - \Delta H_5$.

思维模型 盖斯定律是瑞典科学家盖斯总结的规律:一个化学反应无论是一步完成还是分几步完成,其反应的反应热 ΔH 不变. 其主要的应用就是通过已知热化学方程式的改变叠加得出目标反应的反应热^[1].

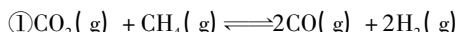
二、利用反应热 ΔH 计算化学键的键能

例题 2 (2024 年重庆卷) 二氧化碳甲烷重整是 CO_2 资源化利用的重要研究方向,涉及的主要热化学方程式有:

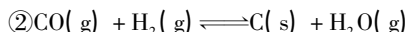
=====

► 的反应); (3) 根据问题,灵活判断.

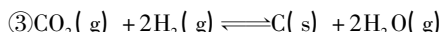
简而言之,通过对 2024 年全国各地化学等级考中速率问题的追根溯源式研究,不难发现,高考试题既注重继承性,更注重创新性,在稳中求新、稳中求变中考查考生的灵活应变能力^[2]. 在新高考等级考化学反应速率问题的复习备考中,只有分清题型、深



$$\Delta H_1 = +247 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta H_2 = -131 \text{ kJ/mol}$$



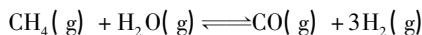
$$\Delta H_3 = -90 \text{ kJ/mol}$$

已知 $\text{H}-\text{H}$ 键能为 $a \text{ kJ/mol}$, $\text{O}-\text{H}$ 键能为 $b \text{ kJ/mol}$, $\text{C}-\text{H}$ 键能为 $c \text{ kJ/mol}$, 则 $\text{CO}(\text{g})$ 中的碳氧键键能(单位: kJ/mol) 为().

$$\text{A. } -206 + 3a - 2b - 4c \quad \text{B. } -206 - 3a + 2b + 4c$$

$$\text{C. } 206 + 3a - 2b - 4c \quad \text{D. } 206 - 3a + 2b + 4c$$

解析 根据盖斯定律反应 ① + ② - ③ 可得反应:



该反应 $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3 = 247 \text{ kJ/mol} + (-131 \text{ kJ/mol}) - (-90 \text{ kJ/mol}) = 206 \text{ kJ/mol}$, 根据 $\Delta H = \text{反应物键能和} - \text{生成物键能和}$, 可得: $\Delta H = 4c + 2b - 3a - \text{CO}(\text{g})$ 中的碳氧键键能 $= 206$, $\text{CO}(\text{g})$ 中的碳氧键键能 $= (-206 - 3a + 2b + 4c) \text{ kJ/mol}$, 故答案为 B.

思维模型 化学反应伴随着物质的变化与能量的变化,产生反应热的本质原因是断键吸热与成键放热的热量变化的不同,通过键能计算反应热的思维模型是: $\Delta H = \text{反应物的键能之和} - \text{生成物的键能之和}$, 因此分清化学键的类型与数目是准确计算的关键.

三、利用物质的量来计算反应热 ΔH

例题 3 (2024 年甘肃卷节选) SiHCl_3 是制备半导体材料硅的重要原料,可由不同途径制备.

=====

研真题、明晰考点,有的放矢的进行训练与备考,方能取得事半功倍的复习效果.

参考文献:

[1] 王志刚. 新高考背景下化学平衡常数考查分析与备考启示——以 2024 年高考化学真题为例 [J]. 中学化学, 2024 (11): 55.