

掌握五种方法 准确书写热化学方程式

江苏省扬州市邗江中学 225009 张新中

一、根据基本概念书写

例1 已知:

正丁烷的燃烧热: $\Delta H = -2878.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

异丁烷的燃烧热: $\Delta H = -2869.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

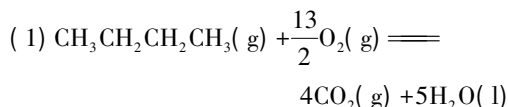
(1) 表示正丁烷燃烧热的热化学方程式为_____。

(2) 正丁烷与异丁烷异构体间转化的热化学方程式为_____。

(3) 稳定性: 正丁烷_____异丁烷(填“大于”“小于”或“等于”)。

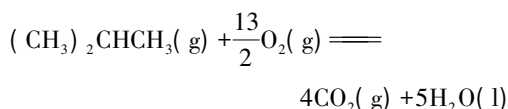
解析 燃烧热是指在一定条件下 1mol 可燃物完全燃烧生成稳定氧化物(如水为液态、碳氧化成 CO_2) 所放出的热量。

正丁烷燃烧的热化学方程式为:



$\Delta H = -2878.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(2) 异丁烷燃烧的热化学方程式为:



$\Delta H = -2869.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

用正丁烷燃烧的热化学方程式与此式相减即得

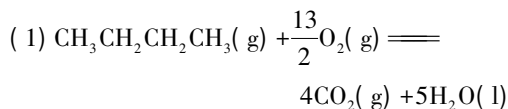
正丁烷与异丁烷异构体间转化的热化学方程式:



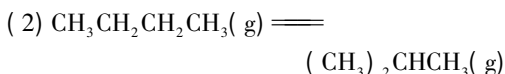
$\Delta H = -8.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(3) 由(2)知, 异丁烷的能量低于正丁烷的能量, 而能量越低越稳定, 故异丁烷比正丁烷稳定。

答案:



$\Delta H = -2878.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



$\Delta H = -8.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

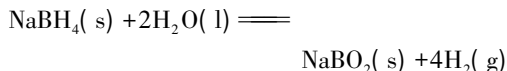
(3) 小于

点拨 理解燃烧热时要抓住两点: 一是可燃物为 1 mol, 在测量时也以 1 mol 可燃物作为标准进行; 二是完全燃烧生成稳定氧化物, 如水为液态、碳氧化成 CO_2 。

二、根据已知反应计算书写

例2 $\text{NaBH}_4(\text{s})$ 与水(l) 反应生成 $\text{NaBO}_2(\text{s})$ 和氢气(g), 在 25°C , 101kPa 下, 已知每消耗 3.8 g $\text{NaBH}_4(\text{s})$ 放热 21.6 kJ, 该反应的热化学方程式是_____。

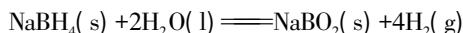
解析 根据题给信息, 可写出化学方程式, 并注明物质的聚集状态:



然后根据题给数据进行计算:

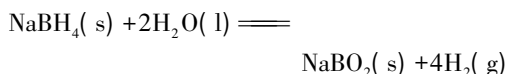
$$n(\text{NaBH}_4) = \frac{3.8 \text{ g}}{38 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1 \text{ mol}$$

故每摩尔 NaBH_4 参加反应放出的热量为 $21.6 \text{ kJ} / 0.1 \text{ mol} = 216 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。由于放热反应中, $\Delta H < 0$, 故该反应的反应热 $\Delta H = -216 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则热化学方程式为:



$\Delta H = -216 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

答案:




$\Delta H = -216 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

三、根据键能计算书写

例3 化学反应可视为旧键断裂和新键形成的过程。化学键的键能是两种原子间形成 1 mol 化学键时释放的能量或断开 1 mol 化学键所吸收的能量。现提供以下化学键的键能(见表1)。试根据这些数据计算白磷(P_4) 燃烧生成 P_4O_{10} 的热化学方程式。

表 1

化学键	P-P	P-O	O=O	P=O
键能/ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	198	360	498	585

(提示:白磷是正四面体型的分子, )

形成 P_4O_{10} 时,每两个磷原子之间插入一个氧原子,此外,每个磷原子又以双键结合一个氧原子)。

解析 先写出化学方程式,并注明物质的聚集状态: $\text{P}_4(\text{白磷}, \text{s}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{P}_4\text{O}_{10}(\text{s})$

根据题意,可以想象出 P_4O_{10} 中有 12 个 P-O 键, 4 个 P=O 键, 如图 1 所示, 化学反应中断键吸热, 成键放热, $\Delta H = \text{反应物键能之和} -$

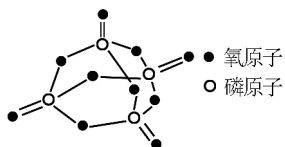


图 1

生成物键能之和, 则该反应的: $\Delta H = 6 \times 198 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 5 \times 498 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (12 \times 360 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 4 \times 585 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -2982 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 据此可写出热化学方程式。

答案: $\text{P}_4(\text{白磷}, \text{s}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{P}_4\text{O}_{10}(\text{s})$

$\Delta H = -2982 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

点拨 反应热等于反应物的总键能与生成物总键能的差, 由键能计算反应热, 必须清楚物质的结构, 即物质中所含化学键的类别及数目。

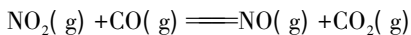
四、根据能量变化书写

例 4 碳是地球上含量丰富的元素, 其氧化物的研究有着重要意义。

(1) 图 2 是 1 mol NO_2 和 1 mol CO 反应生成 CO_2 和 NO 过程中能量变化示意图, 写出 NO_2 和 CO 反应的热化学方程式_____。

(2) 试在原图基础上画出加入正催化剂后该反应在反应过程中的能量变化示意图(进行必要的标注)。

解析 (1) 由图可知, 1 mol NO_2 和 1 mol CO 反应生成 CO_2 和 NO 放出热量 $368 \text{ kJ} - 134 \text{ kJ} = 234 \text{ kJ}$, 则反应热化学方程式为



$\Delta H = -234 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(2) 加入催化剂, 降低反应物的活化能, 反应速率加快, 但反应物与生成物的能量不会变化。(图 2 中虚线部分)

答案: (1) $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NO}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$

$\Delta H = -234 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (2)

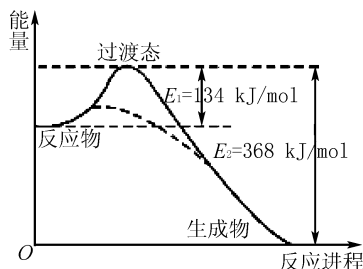
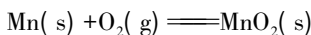


图 2

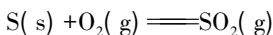
点拨 $\Delta H = \text{生成物总能量} - \text{反应物总能量} = \text{反应物活化能} - \text{生成物活化能}$, 看图时必须弄清题给数据的意义, 才能准确计算反应热。

五、根据盖斯定律书写

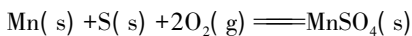
例 5 已知: 25°C 、 101 kPa 时,



$\Delta H = -520 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



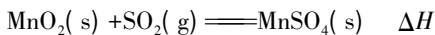
$\Delta H = -297 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



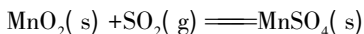
$\Delta H = -1065 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

SO_2 与 MnO_2 反应生成无水 MnSO_4 的热化学方程式是_____。

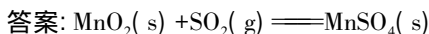
解析 设三个热化学方程式依次为①、②和③, 由题意可以写出 SO_2 与 MnO_2 反应生成无水 MnSO_4 的目标热化学方程式:



从已知的三个热化学方程式与目标热化学方程式对比看, 已知热化学方程式中有 $\text{S}(\text{s})$ 和 $\text{O}_2(\text{g})$, 而目标热化学方程式中没有, 故只要消去 $\text{S}(\text{s})$ 和 $\text{O}_2(\text{g})$ 即可, 因此根据盖斯定律用③-①-②即可得:



$\Delta H = -248 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



$\Delta H = -248 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

点拨 解答此类题时, 应先写出要求的物质所在的热化学方程式, 然后根据题中已知的热化学方程式, 确定目标反应的始态和终态, 最后进行叠加消去无关物质。(收稿日期: 2017-08-23)