

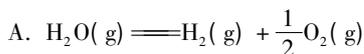
# 反应热常见题型分类例析

陕西省永寿县中学 (713400) 马亚楼 李连军

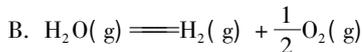
能源问题是社会热点问题,是高考必考知识,其中与反应热有关的判断与计算是高考考查的重点,也是难点.现就其常见的题型分类例析.

### 题型一: 反应热化学方程式的正误判断

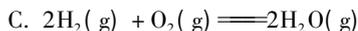
例1 (2014年海南高考题)标准状态下,气态分子断开1 mol 化学键的焓变为键焓.已知 H-H, H-O和 O=O 键的键焓  $\Delta H$  分别为  $436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $463 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和  $495 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ .下列热化学方程式正确的是( ).



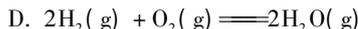
$\Delta H = -485 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



$\Delta H = +485 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



$\Delta H = +485 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



$\Delta H = -485 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

解析 由于水分解是吸热反应,应该  $\Delta H > 0$ ,故

A 错误;  $\Delta H = 2 \times 463 \text{ kJ/mol} - 436 \text{ kJ/mol} - \frac{1}{2} \times 495 \text{ kJ/mol} = 242.5 \text{ kJ/mol}$ ,故 B 错误;氢气燃烧放热,应该  $\Delta H < 0$ ,故 C 错误;  $\Delta H = 2 \times 436 \text{ kJ/mol} +$

▶达到平衡后  $c(\text{NO}_2) / c(\text{N}_2\text{O}_4) = b$  则  $b$  \_\_\_\_  $a$  (填“>”“<”或“=”,下同).

②若向容器内加入一定量的  $\text{N}_2\text{O}_4$ ,重新达到平衡后  $c(\text{NO}_2) / c(\text{N}_2\text{O}_4) = c$  则  $c$  \_\_\_\_  $a$ .

(2)在恒温条件下,向一固定容积的容器中加入  $a \text{ mol HI}$ ,发生如下反应  $2\text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$  达到平衡后  $c(\text{H}_2) / c(\text{HI}) = x$ .当再向容器内再加入一定量的  $\text{HI}$ ,重新达到平衡后  $c(\text{H}_2) / c(\text{HI}) = y$ ,则  $y$  \_\_\_\_  $x$ .

解析 利用对比方法进行判断.

设初始加入  $x \text{ mol NO}_2$  时容器的体积为  $V$ .当再加入  $\text{NO}_2$  时,可看作初始时只有  $\text{NO}_2$ ,其物质的量为  $nx \text{ mol} (n > 1)$ ,此时容器的体积为  $nV$ :



① $t_1 = 0$  时,  $x \text{ mol}$   $0$  容器的体积为  $V$

② $t_2 = 0$  时,  $nx \text{ mol}$   $0$  容器的体积为  $nV$

则①与②两种情况下,达到平衡时  $c(\text{NO}_2) / c(\text{N}_2\text{O}_4)$  相同.由于题中要求容器体积固定,因此当②中容器的体积由  $nV$  变为  $V$  时,压强增大,平衡正向移动,从而导致达到新的平衡时  $c(\text{NO}_2) / c(\text{N}_2\text{O}_4)$  变小,即  $b < a$ .同理可证,当向容器中再加入一定量的  $\text{N}_2\text{O}_4$  时,  $c(\text{NO}_2) / c(\text{N}_2\text{O}_4)$  仍变小  $c < a$ .

利用平衡常数进行证明:

$K_{\text{平}} = c(\text{N}_2\text{O}_4) / [c(\text{NO}_2)]^2 = c(\text{N}_2\text{O}_4) \div [c(\text{NO}_2) \cdot c(\text{NO}_2)] = [c(\text{N}_2\text{O}_4)] / [c(\text{NO}_2)] \cdot [1/c(\text{NO}_2)] = 1 / [a \cdot c(\text{NO}_2)]$ ,当向容器中无论再

加入  $\text{NO}_2$  还是  $\text{N}_2\text{O}_4$ ,达到新的平衡状态后,  $\text{NO}_2$  浓度均增大,故  $a$  变小.

问题(2)中  $K_{\text{平}} = [c(\text{H}_2) \cdot c(\text{I}_2)] / [c(\text{HI})]^2 = [c(\text{H}_2)]^2 / [c(\text{HI})]^2$ ,加入  $\text{HI}$ ,  $c(\text{H}_2) / c(\text{HI})$  的比值不变,即  $x = y$ .

例4 在一个不导热的密闭反应器中,只发生两个反应:



进行相关操作且达到平衡后(忽略体积改变所做的功),下列叙述错误的是( ).

- A. 等压时,通入惰性气体,  $c$  的物质的量不变
- B. 等压时,通入  $z$  气体,反应器中温度升高
- C. 等容时,通入惰性气体,各反应速率不变
- D. 等容时,通入  $z$  气体,  $y$  的物质的量浓度增大

解析 等压时,通入惰性气体,若无第2个反应存在,则反应1的平衡状态不发生改变,  $c$  的物质的量不变.但由于第2个反应的存在,在等压条件下充入惰性气体,导致第2个反应向逆向移动,在绝热条件下,体系的温度升高,使第1个反应向逆向移动,  $c$  的物质的量减少.等压时,通入  $z$  气体后,第2个反应逆向移动,绝热条件下反应器中温度将升高.在等容条件下通入惰性气体,各物质的浓度、温度均不发生改变,故反应速率不变.等容时通入  $z$  气体,第2个反应逆向移动,  $y$  的物质的量浓度增大.

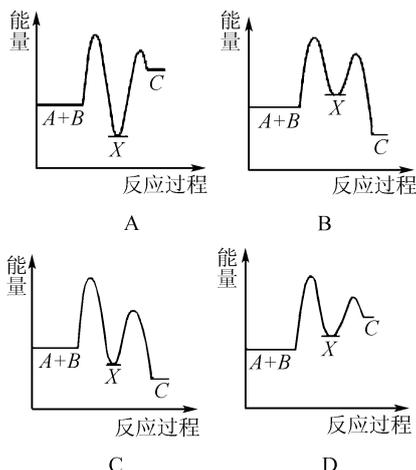
(收稿日期:2015-07-12)

495 kJ/mol - 4 × 463 kJ/mol = -485 kJ/mol 故 D 正确。

评注 本题考查了热化学方程式的书写、反应热的计算,题目难度中等,注意掌握热化学方程式的书写原则,明确化学键与化学反应中能量变化的关系是解这类试题的关键。

题型二: 反应过程中能量的判断

例 2 (2013 年上海模拟) 反应  $A + B \rightarrow C$  ( $\Delta H < 0$ ) 分两步进行: ①  $A + B \rightarrow X$  ( $\Delta H > 0$ ); ②  $X \rightarrow C$  ( $\Delta H < 0$ ) 下列示意图中,能正确表示总反应过程中能量变化的是( )。



解析 由反应  $A + B \rightarrow C$  ( $\Delta H < 0$ ) 分两步进行: ①  $A + B \rightarrow X$  ( $\Delta H > 0$ ); ②  $X \rightarrow C$  ( $\Delta H < 0$ ) 可以看出  $A + B \rightarrow C$  ( $\Delta H < 0$ ) 是放热反应,  $A$  和  $B$  的能量之和大于  $C$ 。由 ①  $A + B \rightarrow X$  ( $\Delta H > 0$ ) 可知这步反应是吸热反应,  $X$  的能量大于  $A + B$ ;  $A + B$  的能量大于  $C$ ;  $X$  的能量大于  $C$ 。图象 B 符合。答案: B。

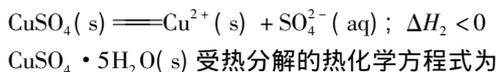
题型三: 已知热效应, 求(或比较)其他热效应

例 3 (2014 年全国新课标卷 II) 室温下, 将 1 mol 的  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s})$  溶于水会使溶液温度降低, 热效应为  $\Delta H_1$ 。将 1 mol 的  $\text{CuSO}_4(\text{s})$  溶于水会使溶液温度升高, 热效应为  $\Delta H_2$ ;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  受热分解的化学方程式为:  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4(\text{s}) + 5\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ , 热效应为  $\Delta H_3$ 。则下列判断正确的是( )。

- A.  $\Delta H_2 > \Delta H_3$
- B.  $\Delta H_1 < \Delta H_3$
- C.  $\Delta H_1 + \Delta H_3 = \Delta H_2$
- D.  $\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H_3$

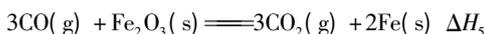
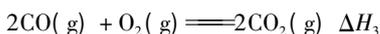
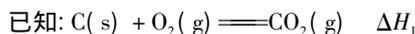
解析 根据题意, 发生反应的热化学方程式为:  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s})$  溶于水(溶液温度降低, 该过程为吸热过程):  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 5\text{H}_2\text{O}(\text{l}); \Delta H_1 > 0$

$\text{CuSO}_4(\text{s})$  溶于水会(使溶液温度升高, 该过程为放热过程)



根据盖斯定律有:  $\Delta H_3 = \Delta H_1 - \Delta H_2 > 0$ 。由上述分析可知  $\Delta H_2 < 0$ ,  $\Delta H_3 > 0$  所以 A 错误;  $\Delta H_3 = \Delta H_1 - \Delta H_2$  (又  $\Delta H_2 < 0$ ) 所以  $\Delta H_3 > \Delta H_1$ , B 正确;  $\Delta H_3 = \Delta H_1 - \Delta H_2$ , 所以 C 错误;  $\Delta H_1 + \Delta H_2 < \Delta H_3$ , D 也错误。故该题选 B。

例 4 (2014 年江苏高考题)



下列关于上述反应焓变的判断正确的是( )。

- A.  $\Delta H_1 > 0$ ,  $\Delta H_3 < 0$
- B.  $\Delta H_2 > 0$ ,  $\Delta H_4 > 0$
- C.  $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$
- D.  $\Delta H_3 = \Delta H_4 + \Delta H_5$

解析 本题主要考查盖斯定律的应用。根据反应特点, 碳燃烧放热, 故  $\Delta H_1 < 0$ , 二氧化碳和碳反应吸热, 因而  $\Delta H_2 > 0$ , CO 燃烧放热,  $\Delta H_3 < 0$ , 铁和氧气反应放热,  $\Delta H_4 < 0$ , CO 还原氧化铁放热,  $\Delta H_5 < 0$ ;

根据盖斯定律有  $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$ , 即 C 正确; 根据反应  $3\Delta H_3 = 2\Delta H_4 + 2\Delta H_5$ , 故 D 错误。该题选 C。

题型四: 已知反应热求热量

例 5 (2015 年海南省高考题) 已知丙烷的燃烧热  $\Delta H = -2215 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 若一定量的丙烷完全燃烧后生成 1.8 g 水, 则放出的热量约为( )。

- A. 55 kJ
- B. 220 kJ
- C. 550 kJ
- D. 1108 kJ

解析 由丙烷分子式是  $\text{C}_3\text{H}_8$ , 燃烧热为  $\Delta H = -2215 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 可知 1 mol 丙烷完全燃烧会产生 4 mol 水, 放热 2215 kJ。丙烷完全燃烧产生 1.8 g 水, 物质的量为 0.1 mol, 消耗丙烷的物质的量为 0.025 mol, 所以反应放出的热量是  $Q = 0.025 \text{ mol} \times 2215 \text{ kJ/mol} = 55.375 \text{ kJ}$ , 因此大约数值与选项 A 接近。故答案为 A。

评注 这类试题解题的关键是理解燃烧热的含义和燃烧物质的物质的量, 利用公式  $Q = q \times n$ 。

题型五: 已知键能求反应热

例 6 (2011 年重庆高考题)  $\text{SF}_6$  是一种优良的绝缘气体, 分子结构中存在 S - F 键。已知 1 mol S(s) 转化为气态硫原子吸收能量 280 kJ, 断裂 1 mol F - F、S - F 键需吸收的能量分别为 160 kJ、330 kJ。则  $\text{S}(\text{s}) + 3\text{F}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SF}_6$  的反应热  $\Delta H$  为( )。

- A. -1780 kJ/mol
- B. -1220 kJ/mol
- C. -450 kJ/mol
- D. +430 kJ/mol

解析 本题考查反应热的计算. 已知  $S(s) = S(g)$   $\Delta H = +280 \text{ kJ}$ ; 断裂 1 mol F-F、S-F 键需吸收的能量分别为 160 kJ、330 kJ. 则 1 mol S-F 形成时需放出 330 kJ 的能量. 而 1 mol  $SF_6$  中含有 6 mol 的 S-F 键, 1 mol  $F_2$  中含有 1 mol F-F 键. 故  $S(s) + 3F_2(g) = SF_6(g)$  的反应热  $\Delta H = -(330 \times 6 - 280 - 3 \times 160) = -1220 \text{ kJ/mol}$ . 答案: B

例 7 (海南省高考题) 白磷与氧可发生如下反应:  $P_4 + 5O_2 = P_4O_{10}$ . 已知断裂下列化学键需要吸收的能量分别为: P-P  $a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、P-O  $b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、P=O  $c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、O=O  $d \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

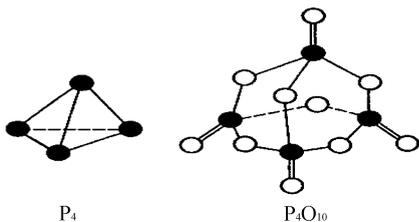


图 1

根据图 1 所示的分子结构和有关数据估算该反应的  $\Delta H$  其中正确的是( ).

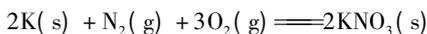
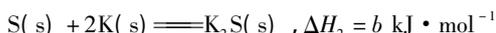
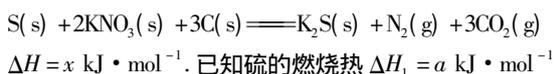
- A.  $(6a + 5d - 4c - 12b) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B.  $(4c + 12b - 6a - 5d) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- C.  $(4c + 12b - 4a - 5d) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D.  $(4a + 5d - 4c - 12b) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

解析 由题给结构图可知  $P_4$  中有 6 个 P-P 键,  $P_4O_{10}$  中有 12 个 P-O 键和 4 个 P=O 键. 反应热 = 反应物的键能 - 生成物的键能. 所以  $\Delta H = (6a + 5d) - (12b + 4c) = (6a + 5d - 12b - 4c) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ . 答案: A

评注 这类试题解题的关键是根据化学方程式找出对应的化学键和物质的量, 然后运用反应热 = 反应物的键能 - 生成物的键能, 进行计算即可.

题型六: 利用盖斯定律计算

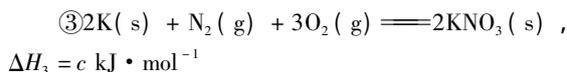
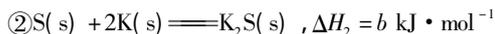
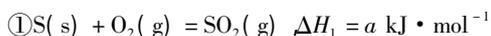
例 8 (2015 年重庆市高考题) 黑火药是中国古代的四大发明之一, 其爆炸的热化学方程式为:



$\Delta H_3 = c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则  $x$  为( ).

- A.  $3a + b - c$
- B.  $c - 3a - b$
- C.  $a + b - c$
- D.  $c - a - b$

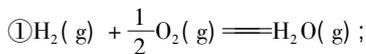
解析 本题主要考查了盖斯定律的应用. 已知硫的燃烧热  $\Delta H_1 = a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 可知硫燃烧的热化学方程式为:



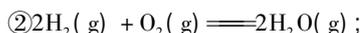
根据盖斯定律可得:  $\Delta H = 3\Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3$ ,

即  $x = 3a + b - c$ . 选 A. 答案: A

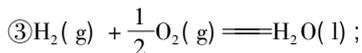
例 9 已知热化学方程式:



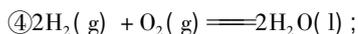
$$\Delta H = -241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H = -483.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

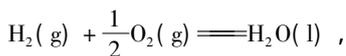


$$\Delta H = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

则氢气的燃烧热为( ).

- A.  $241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B.  $483.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- C.  $285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D.  $571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

解析 燃烧热指 1 mol 可燃物完全燃烧生成稳定的化合物时所放出的热量. 根据热化学方程式的含义,  $H_2$  的标准燃烧热的热化学方程式为:

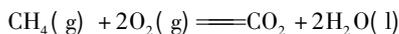
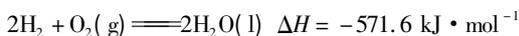


$$\Delta H = -285.8 \text{ kJ/mol}$$

答案: C.

题型七: 已知热化学方程式, 进行相关计算

例 10 (全国高考 II 卷) 已知:



$\Delta H = -890 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ . 现有  $H_2$  与  $CH_4$  的混合气体 112 L (标准状况), 使其完全燃烧生成  $CO_2$  和  $H_2O(l)$ . 若实验测得反应放热 3695 kJ. 则原混合气体中  $H_2$  与  $CH_4$  的物质的量之比是( ).

- A. 1:1
- B. 1:3
- C. 1:4
- D. 2:3

解析 设原混合气体中  $H_2$  物质的量为  $x$ ,  $CH_4$  物质的量为  $y$ . 单位物质的量的  $H_2$  和  $CH_4$  放出热量分别为:  $285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $890 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ . 依题意有

$$x + y = 112 \text{ L} / 22.4 \text{ L/mol} \quad \textcircled{1}$$

$$285.5x + 890y = 3695 \quad \textcircled{2}$$

$$\text{解之得: } x = 1.25, y = 3.75$$

故  $x/y = 1.25/3.75 = 1/3$ , 即选 B.

评注 此类试题解题时设两个物质的量的未知数, 然后依据能量之间的关系列出二元一次方程, 求解物质的量, 最后求出物质的量的比即可.

(收稿日期: 2015-11-12)