

浅谈化学反应与能量常见考题及解题策略

陕西省永寿县中学 713400 王斌 马亚楼

摘要: 化学反应与能量是高中化学中的重要知识点,也是高考命题的热点之一,为此,笔者结合部分高考试题,谈谈其常见的考查方式,以期对读者有所帮助。

关键词: 化学反应;能量;常见;考题;分类;例析

化学反应与能量是高中化学中的重要知识点,也是命题的热点之一,其中热化学方程式的正误判断、反应热的比较与计算是考查的重点,也是难点.现就其常见的考题题型分类例析于下:

题型一 根据反应物的总能量和生成物的总能量计算和判断

例1 反应 $A+B \rightarrow C (\Delta H < 0)$ 分两步进行 ① $A+B \rightarrow X (\Delta H > 0)$ ② $X \rightarrow C (\Delta H < 0)$ 图1中能正确表示总反应过程中能量变化的是()

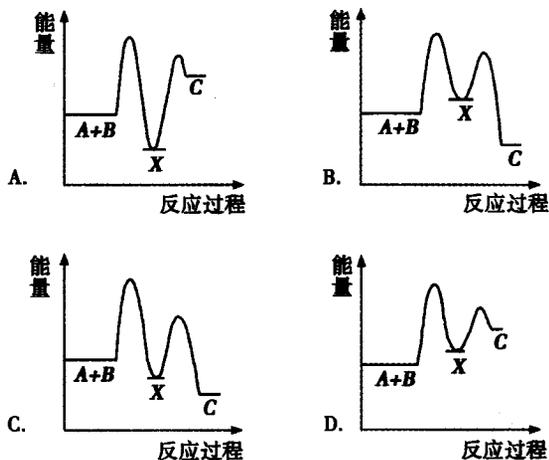


图1

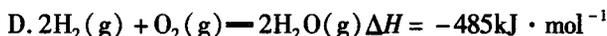
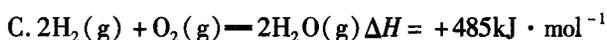
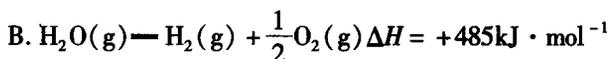
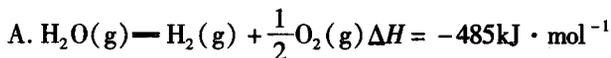
解析 由反应 $A+B \rightarrow C (\Delta H < 0)$ 分两步进行 ① $A+B \rightarrow X (\Delta H > 0)$ ② $X \rightarrow C (\Delta H < 0)$ 可以看出, $A+B \rightarrow C (\Delta H < 0)$ 是放热反应, A 和 B 的能量之和大于 C , 由 ① $A+B \rightarrow X (\Delta H > 0)$ 可知这步反应是吸热反应, $X \rightarrow C (\Delta H < 0)$ 是放热反应, 故 X 的能量大于 $A+B$; $A+B$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

答案: B.

题型二 热化学方程式的正误判断

例2 标准状态下, 气态分子断开 1mol 化学键的焓变为键焓. 已知 $H-H$, $H-O$ 和 $O=O$ 键的键焓 ΔH 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()

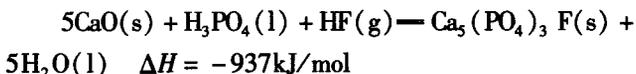
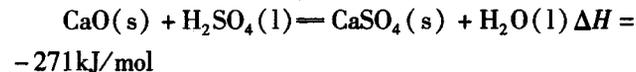


解析 由于水分解是吸热反应, 应该 $\Delta H > 0$, 故 A 错误; $\Delta H = 2 \times 463 \text{ kJ/mol} - 436 \text{ kJ/mol} - \frac{1}{2} \times 495 \text{ kJ/mol} = 242.5 \text{ kJ/mol}$, 故 B 错误; 氢气燃烧放热, 应该 $\Delta H < 0$, 故 C 错误; $\Delta H = 2 \times 436 \text{ kJ/mol} + 495 \text{ kJ/mol} - 4 \times 463 \text{ kJ/mol} = -485 \text{ kJ/mol}$, 故 D 正确。

答案: D

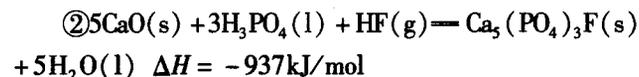
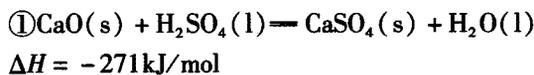
评注 本题考查了热化学方程式的书写、反应热的计算, 题目难度中等, 注意掌握热化学方程式的书写原则, 明确化学键与化学反应中能量变化的关系是解题关键。

例3 (2016年四川高考题) 工业上常用磷精矿 [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$] 和硫酸反应制备磷酸. 已知 25°C , 101 kPa 时:



则 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ 和硫酸反应生成磷酸的热化学方程式是_____

解析 本题主要考查了热化学方程式的书写. 由题给已知 25°C , 101 kPa 时:



作者简介: 王斌(1981-), 男, 陕西永寿人, 发表文章数篇, 主要研究化学教学和解题方法;

马亚楼(1975-), 男, 一级教师, 陕西永寿人, 发表文章 400 余篇, 主要研究化学教学和解题方法。

根据盖斯定律:① $\times 5$ - ②得 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ 和硫酸反应生成磷酸的热化学方程式是 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}(\text{s}) + 5\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l}) = 5\text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{H}_3\text{PO}_4(\text{l}) + \text{HF}(\text{g})$

$$\Delta H = -418\text{kJ/mol},$$

答案: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}(\text{s}) + 5\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l}) = 5\text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{H}_3\text{PO}_4(\text{l}) + \text{HF}(\text{g}) \quad \Delta H = -418\text{kJ/mol};$

题型三 根据燃烧热计算放出的热量

例4 (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 1.8g 水, 则放出的热量约为 ()

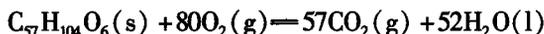
A. 55kJ B. 220 kJ C. 550 kJ D. 1108 kJ

解析 由丙烷分子式是 C_3H_8 , 燃烧热为 $\Delta H = -2215\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 可知 1mol 丙烷完全燃烧会产生 4mol 水, 放热 2215kJ. 丙烷完全燃烧产生 1.8g 水, 其物质的量为 0.1mol, 消耗丙烷的物质的量为 0.025mol, 反应放出的热量 $Q = 0.025\text{mol} \times 2215\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 55.375\text{kJ}$, 数值与选项 A 接近. 故答案为 A.

答案: A

题型四 根据反应的热量求反应热

例5 (2016年海南高考题) 油酸甘油酯(相对分子质量 884) 在体内代谢时可发生如下反应:



已知燃烧 1kg 该化合物释放出热量 $3.8 \times 10^4\text{kJ}$, 油酸甘油酯的燃烧热为 ()

- A. $3.8 \times 10^4\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 B. $-3.8 \times 10^4\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 C. $3.4 \times 10^4\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 D. $-3.4 \times 10^4\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

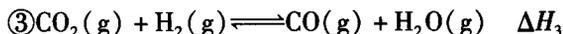
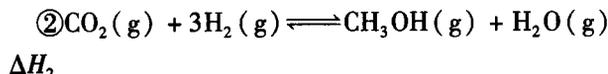
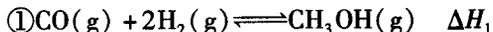
解析 本题主要考查了由热量来计算反应热. 由于燃烧热指的是燃烧 1mol 可燃物生成稳定的氧化物所放出的热量. 燃烧 1kg 油酸甘油酯释放出热量 $3.8 \times 10^4\text{kJ}$, 则 1kg 该化合物的物质的量为 $1000\text{g} \div 884\text{g/mol}$, 则油酸甘油酯的燃烧热 $\Delta H = -3.8 \times 10^4\text{kJ} \div (1000\text{g} \div 884\text{g/mol}) = -3.4 \times 10^4\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 故选 D.

答案: D

评注 这类试题解题的关键是理解燃烧热的含义和燃烧热与燃烧物质的物质的量之间关系, 利用公式 $q = Q \div n$.

题型五 利用键能计算反应热

例6 (2015年新课标 II 卷) 甲醇是重要的化工原料, 又可称为燃料. 利用合成气(主要成分为 CO 、 CO_2 和 H_2) 在催化剂的作用下合成甲醇, 发生的主反应如下:



回答下列问题:

化学键	H-H	C-O	C=O	H-O	C-H
$E/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	436	343	1076	465	413

已知反应①中的相关的化学键键能数据如下:

由此计算 $\Delta H_1 = \underline{\quad} \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 已知 $\Delta H_2 = -58\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $\Delta H_3 = \underline{\quad} \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

解析 该题主要考查了利用键能计算反应热, 反应热等于断键吸收的能量与形成化学键所放出的能量的差值, 则根据化学方程式 $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 可知, $\Delta H_1 = 1076\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 2 \times 436\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 3 \times 413\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 343\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 465\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -99\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. 根据盖斯定律可知 ② - ① 即可得到反应③, 则 $\Delta H_3 = -58\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 99\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = +41\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

例7 (重庆高考题) SF_6 是一种优良的绝缘气体, 分子结构中存在 S-F 键. 已知 1mol S(s) 转化为气态硫原子吸收能量 280kJ, 断裂 1mol F-F, S-F 键需吸收的能量分别为 160kJ、330kJ. 则 $\text{S}(\text{s}) + 3\text{F}_2(\text{g}) = \text{SF}_6(\text{g})$ 的反应热 ΔH 为 ()

- A. $-1780\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ B. $-1220\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 C. $-450\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ D. $+430\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

解析 本题考查反应热的计算. 已知 $\text{S}(\text{s}) = \text{S}(\text{g}) \quad \Delta H = +280\text{kJ}$; 断裂 1mol F-F, S-F 键需吸收的能量分别为 160kJ、330kJ. 则 1mol S-F 形成时需放出 330kJ 的能量, 而 1mol SF_6 中含有 6mol 的 S-F 键, 1mol F_2 中含有 1mol F-F, 故 $\text{S}(\text{s}) + 3\text{F}_2(\text{g}) = \text{SF}_6(\text{g})$ 的反应热 $\Delta H = -(330 \times 6 - 280 - 3 \times 160) = -1220\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. 选 B.

答案: B

例8 (海南省高考题) 白磷与氧可发生如下反应: $\text{P}_4 + 5\text{O}_2 = \text{P}_4\text{O}_{10}$. 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 $d\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

根据图 2 所示的分子结构和有关数据估算该反应的 ΔH , 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,

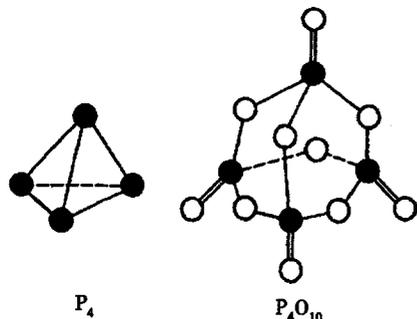


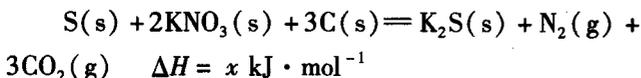
图2

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 $\Delta H = (6a + 5b) - (12b + 4c) = (6a + 5d - 12b - 4c) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

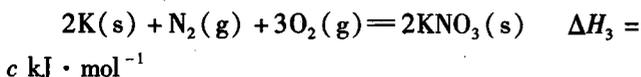
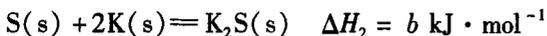
答案:A

题型六 利用盖斯定律计算

例9 (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:



已知硫的燃烧热 $\Delta H_1 = a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



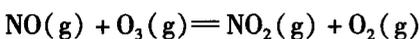
则 x 为()

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

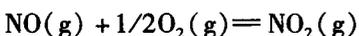
解析 本题主要考查了盖斯定律的应用. 已知硫的燃烧热 $\Delta H_1 = a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 可知硫燃烧的热化学方程式为: $S(s) + O_2(g) = SO_2(g) \quad \Delta H_1 = a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ①; $S(s) + 2K(s) = K_2S(s) \quad \Delta H_2 = b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ②; $2K(s) + N_2(g) + 3O_2(g) = 2KNO_3(s) \quad \Delta H_3 = c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ③. 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10 (2015江苏高考题)烟气(主要污染物 SO_2 、 NO_x)经 O_3 预处理后用 $CaSO_3$ 水悬浮液吸收,可减少烟气中 SO_2 、 NO_x 的含量. O_3 氧化烟气中 SO_2 、 NO_x 的主要反应的热化学方程式为:



$$\Delta H = -200.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H = -58.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

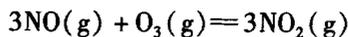


$$\Delta H = -241.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

反应 $3NO(g) + O_3(g) = 3NO_2(g)$ 的 $\Delta H =$

_____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

解析 此题计算反应热时,根据盖斯定律,将前两式变形①+②×2得出:



$$\Delta H = -200.9 - 58.2 \times 2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

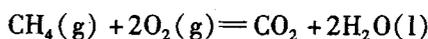
$$= -317.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

答案: -317.3

题型七 根据热化学方程式,进行有关的计算(求放出的热量、参加反应的物质的量等)

例11 (全国高考II卷)已知: $2H_2 + O_2(g) = 2H_2O(l)$

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



$$\Delta H = -890 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

现有 H_2 与 CH_4 的混合气体 112L(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 3695kJ. 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

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

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

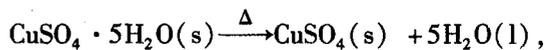
$$\text{解之得: } x = 1.25 \quad y = 3.75$$

故 $x/y = 1.25/3.75 = 1/3$, 即选(B).

答案:B

题型八 比较大小

例12 室温下,将 1mol 的 $CuSO_4 \cdot 5H_2O(s)$ 溶于水会使溶液温度降低,热效应为 ΔH_1 , 将 1mol 的 $CuSO_4(s)$ 溶于水会使溶液温度升高,热效应为 ΔH_2 ; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 受热分解的化学方程式为:

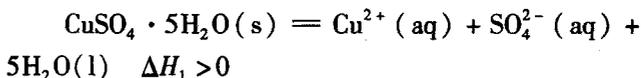


热效应为 ΔH_3 . 则下列判断正确的是()

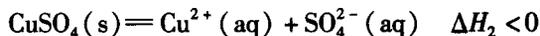
- A. $\Delta H_2 > \Delta H_3$ B. $\Delta H_1 < \Delta H_3$
C. $\Delta H_1 + \Delta H_3 = \Delta H_2$ D. $\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H_3$

解析 根据题意,发生反应的热化学方程式为:

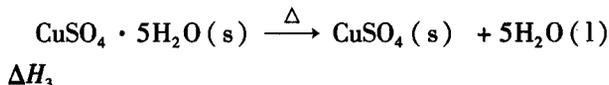
$CuSO_4 \cdot 5H_2O(s)$ 溶于水(溶液温度降低,该过程为吸热过程):



$CuSO_4(s)$ 溶于水(使溶液温度升高,该过程为放热过程)



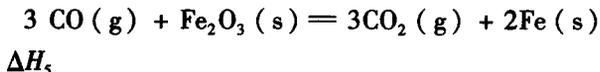
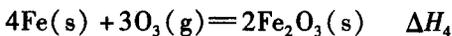
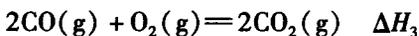
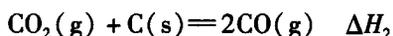
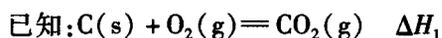
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ 受热分解的热化学方程式为



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.

答案: B

例 13 (2014 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. $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$

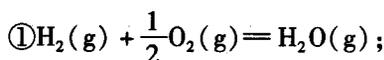
D. $\Delta H_3 = \Delta H_4 + \Delta H_5$

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.

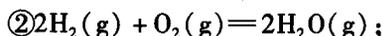
答案: C

题型九 燃烧热、中和热的判断、求算及测量

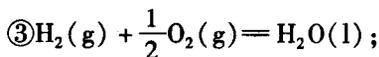
例 14 (全国高考题) 已知热化学方程式:



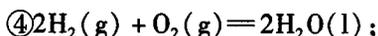
$$\Delta H = -241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



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



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



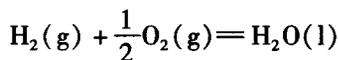
$$\Delta H = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

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:



$$\Delta H = -285.8 \text{ kJ/mol}, \text{C 选项正确, 故选 C.}$$

答案: C

题型十 利用反应热计算键能

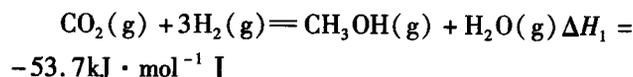
例 15 (2015 年新课标 1 卷) 已知反应 $2\text{HI}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$ 的 $\Delta H = +11 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 1 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 、1 mol $\text{I}_2(\text{g})$ 分子中化学键断裂时分别需要吸收 436 kJ、151 kJ 的能量, 则 1 mol $\text{HI}(\text{g})$ 分子中化学键断裂时需吸收的能量为 _____ kJ.

解析 计算键能时一般取正值来运算, 根据 $\Delta H = \sum E(\text{反应物键能总和}) - \sum E(\text{生成物键能总和})$; 设 1 mol $\text{HI}(\text{g})$ 分子中化学键断裂时需吸收的能量为 $x \text{ kJ}$, 代入计算: $+11 = 2x - (436 + 151)$, 解得: $x = 299$

答案: 299

题型十一 根据燃烧热, 计算反应热

例 16 (2016 年浙江高考题) 催化还原 CO_2 是解决温室效应及能源问题的重要手段之一, 研究表明, 在 Cu/ZnO 催化剂存在下, CO_2 和 H_2 可发生两个平行反应, 分别生成 CH_3OH 和 CO , 反应的热化学方程式如下:



已知: ① CO 和 H_2 的标准燃烧热分别为

$$-283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ 和 } -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

$$\textcircled{2} \text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_3 = 44.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

反应 II 的 $\Delta H_2 =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

解析 由于 CO 和 H_2 的标准燃烧热分别为 $-283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和 $-285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, ② $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_3 = 44.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 可知热化学方程式 a. $\text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, b. $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, c. $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_3 = 44.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 由盖斯定律将 b - a + c 可得 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = (-285.8 + 283.0 + 44) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = +41.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

答案: +41.2