

微专题 1 “四根据”破解热化学方程式的书写

热化学方程式的书写是本章的重点，是高考的热点。信息给予型热化学方程式的书写是考查的方向，根据反应释放的热量、键能、图像、利用盖斯定律书写热化学方程式是该题型常见的考查形式，大家应该掌握。

根据已知信息书写热化学方程式的方法思路：

- (1)根据题目给出的信息，确定反应物和生成物，写出化学方程式，并标明各物质的状态；
- (2)根据题中一定量反应物(或生成物)反应(或生成)时对应的热量变化，求出 1 mol 反应物(或生成物)反应(或生成)时对应的热量变化，标明该反应的 ΔH 。

题型一 根据反应释放或吸收的热量书写热化学方程式

这种情况一般考查的是根据化学方程式的计算，所以先写出化学方程式，然后根据化学方程式计算即可。

【例 1】 $\text{NaBH}_4(\text{s})$ 与 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 反应生成 $\text{NaBO}_2(\text{s})$ 和 $\text{H}_2(\text{g})$ ，在 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 101 kPa 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_____。

答案 $\text{NaBH}_4(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{NaBO}_2(\text{s}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -216\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

解析 在 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 101 kPa 下，已知每消耗 3.8 g $\text{NaBH}_4(\text{s})$ 放热 21.6 kJ ，则消耗 1 mol $\text{NaBH}_4(\text{s})$ 即 38 g 放热 216 kJ ，因此该反应的热化学方程式是 $\text{NaBH}_4(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{NaBO}_2(\text{s}) + 4\text{H}_2(\text{g})$ $\Delta H = -216\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

题型二 根据化学键键能书写热化学方程式

利用键能书写热化学方程式的方法步骤：

- (1)明确每个反应物和生成物分子中的化学键数目；
- (2)根据化学方程式中各物质的化学计量数，计算反应物的总键能和生成物的总键能；
- (3)依据“ $\Delta H = \text{反应物的总键能} - \text{生成物的总键能}$ ”计算反应热；
- (4)写出热化学方程式。

【例 2】 (2019·菏泽质检)生产液晶显示器的过程中使用的化学清洗剂 NF_3 是一种温室气体，其存储能量的能力是 CO_2 的 $12\ 000 \sim 20\ 000$ 倍，在大气中的寿命可长达 740 年之久，表中是几种化学键的键能：

化学键	$\text{N}\equiv\text{N}$	$\text{F}-\text{F}$	$\text{N}-\text{F}$
键能/ $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	941.7	154.8	283.0

写出利用 N_2 和 F_2 制备 NF_3 的热化学方程式：_____。

答案 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{F}_2(\text{g}) = 2\text{NF}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -291.9\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

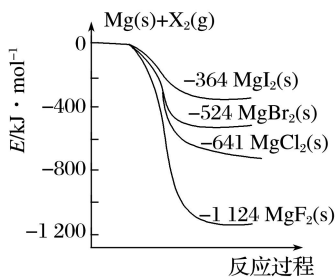
解析 $\Delta H = (941.7 + 154.8 \times 3 - 283.0 \times 6)\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} = -291.9\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

题型三 根据能量图像书写热化学方程式

将化学反应中的能量变化过程通过图像的方式呈现出来是这类题目最大的特点。解答这类题目的关键:

- (1) 读懂图像, 明确图像所提供的信息;
- (2) 根据图像提供的信息综合运用相关知识, 分析、判断、计算。

【例 3】 如图是某温度下金属镁和卤素单质(X_2)反应的能量变化示意图。



此温度下 $\text{MgBr}_2(\text{s})$ 与 $\text{Cl}_2(\text{g})$ 反应的热化学方程式为_____。

答案 $\text{MgBr}_2(\text{s}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = \text{MgCl}_2(\text{s}) + \text{Br}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -117 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

解析 依据题图可知 ① $\text{Mg}(\text{s}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = \text{MgCl}_2(\text{s}) \quad \Delta H = -641 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$,

② $\text{Mg}(\text{s}) + \text{Br}_2(\text{g}) = \text{MgBr}_2(\text{s}) \quad \Delta H = -524 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 根据盖斯定律, 由 ① - ② 得 $\text{MgBr}_2(\text{s}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = \text{MgCl}_2(\text{s}) + \text{Br}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -117 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

题型四 根据盖斯定律书写热化学方程式

该题型主要通过盖斯定律利用加合法进行计算。其步骤如下:

- (1) 确定待求反应的热化学方程式;
- (2) 找出待求热化学方程式中各物质出现在已知方程式中的位置(是同侧还是异侧);
- (3) 利用同侧相加、异侧相减进行处理;
- (4) 根据未知方程式中各物质的化学计量数通过乘除来调整已知反应的化学计量数, 并消去中间产物;
- (5) 实施叠加并确定反应热的变化。

【例 4】 将 CH_4 与 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 通入聚焦太阳能反应器, 可发生反应:

① $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$, 该反应的 $\Delta H = +206 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

已知: ② $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -802 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 写出由 CO_2 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 生成 CO 的热化学方程式:_____。

答案 $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = 2\text{O}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +1\,008 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

解析 分析两方程式, 由盖斯定律知 ① - ② 可得 $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = 2\text{O}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$
 $\Delta H = +206 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} - (-802 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) = +1\,008 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

【跟踪训练】

1. (2020·南京月考) 已知在 398 K、 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ 条件下, 2 mol H_2 燃烧生成水蒸气放出 484 kJ

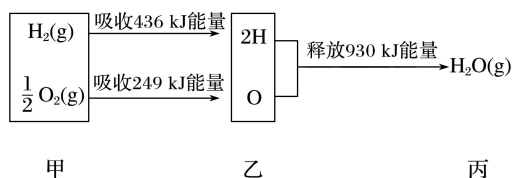
热量，下列热化学方程式正确的是()

- A. $\text{H}_2\text{O}(\text{g})=\text{H}_2(\text{g})+\frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H=+242 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- B. $2\text{H}_2(\text{g})+\text{O}_2(\text{g})=2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H=-484 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- C. $\text{H}_2(\text{g})+\frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g})=\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H=+242 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- D. $2\text{H}_2(\text{g})+\text{O}_2(\text{g})=2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H=+484 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

答案 A

解析 选项B中生成物水的状态表述错误，产物 H_2O 应为气态；选项C和D中反应热 ΔH 的符号错误。

2. (2020·武汉联考)已知在 25°C 、 $1.01\times 10^5 \text{ Pa}$ 下，1 mol 氢气在氧气中燃烧生成气态水的能量变化如下图所示，下列有关说法正确的是()

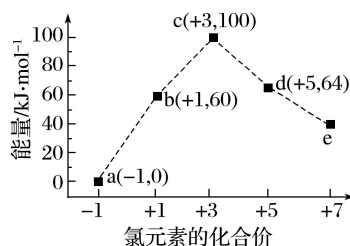


- A. H_2O 分解为 H_2 与 O_2 时放出热量
- B. 热化学方程式为： $2\text{H}_2(\text{g})+\text{O}_2(\text{g})=2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H=-490 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- C. 甲、乙、丙中物质所具有的总能量大小关系为甲>乙>丙
- D. 乙→丙的过程中若生成液态水，释放的能量将小于 930 kJ

答案 B

解析 氢气和氧气反应生成 1 mol 气态水的 ΔH =反应物键能和-生成物键能和= $436 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}+249 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}-930 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}=-245 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，反应放热，所以水分解吸热，A 项错误；生成 1 mol 气态水时放出 245 kJ 的热量，则热化学方程式为 $2\text{H}_2(\text{g})+\text{O}_2(\text{g})=2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H=-490 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，B 项正确；断键吸收能量，成键释放能量，甲、乙、丙中物质所具有的总能量大小关系为乙>甲>丙，C 项错误；水蒸气变成液态水会放热，乙→丙的过程中若生成液态水，释放的能量将大于 930 kJ，D 项错误。

3. (2020·南宁月考)一定条件下，在水溶液中 1 mol Cl^- 、 ClO_x^- ($x=1,2,3,4$) 的能量(kJ)相对大小如图所示，下列有关说法正确的是()



- A. e 是 ClO_3^-

B. 反应 $b \rightarrow a + c$ 的活化能为 $60 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

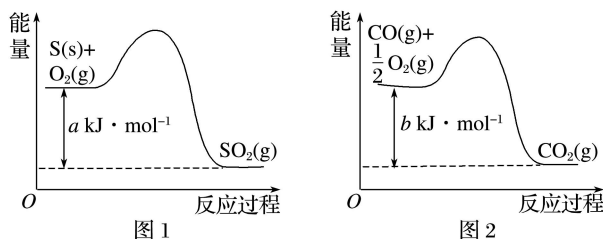
C. a、b、c、d 中 c 最稳定

D. 反应 $b \rightarrow d + a$ 的热化学方程式为 $3\text{ClO}^-(\text{aq}) = \text{ClO}_3^-(\text{aq}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq}) \quad \Delta H = -116 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

答案 D

解析 e 中 Cl 元素化合价为 +7, 而 ClO_3^- 中 Cl 元素化合价为 +5, A 项错误; 依据题图中数据无法判断反应 $b \rightarrow a + c$ 的活化能, B 项错误; a、b、c、d 中 a 的能量最低, 所以最稳定, C 项错误; $b \rightarrow d + a$ 为 $3\text{ClO}^-(\text{aq}) = \text{ClO}_3^-(\text{aq}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq})$, 反应热 $= (64 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 2 \times 0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - 3 \times 60 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -116 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 所以该反应的热化学方程式为 $3\text{ClO}^-(\text{aq}) = \text{ClO}_3^-(\text{aq}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq}) \quad \Delta H = -116 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, D 项正确。

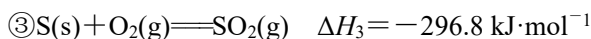
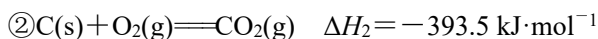
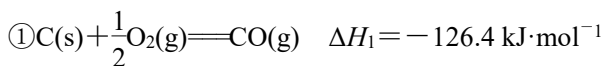
4. CO 对人类生存环境的影响很大, CO 治理问题属于当今社会的热点问题。镍与 CO 反应的化学方程式为 $\text{Ni}(\text{s}) + 4\text{CO}(\text{g}) = \text{Ni}(\text{CO})_4(\text{g})$, 镍与 CO 反应会造成镍催化剂中毒, 为防止镍催化剂中毒, 工业上常用 SO_2 除去 CO, 生成物为 S 和 CO_2 。已知相关反应过程的能量变化如图所示, 则用 SO_2 除去 CO 的热化学方程式为_____。



答案 $\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) = \text{S}(\text{s}) + 2\text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -(2b - a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

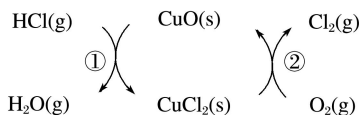
解析 由图 1 得出 ① $\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 由图 2 得出 ② $\text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 利用盖斯定律, 将 ② $\times 2 -$ ① 得 SO_2 除去 CO 的热化学方程式为 $\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) = \text{S}(\text{s}) + 2\text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -(2b - a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

5. (1) 在化工生产过程中, 少量 CO 的存在会引起催化剂中毒。为了防止催化剂中毒, 常用 SO_2 将 CO 氧化, SO_2 被还原为 S。已知:



则 SO_2 氧化 CO 的热化学方程式为_____。

(2) 用 O_2 将 HCl 转化为 Cl_2 , 可提高效率, 减少污染。传统上该转化通过如下图所示的催化循环实现。



其中, 反应①为 $2\text{HCl}(\text{g}) + \text{CuO}(\text{s}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CuCl}_2(\text{s}) \quad \Delta H_1$

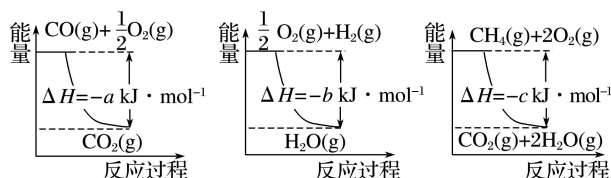
反应②生成 1 mol Cl_2 的反应热为 ΔH_2 , 则总反应的热化学方程式为 _____
(反应热用 ΔH_1 和 ΔH_2 表示)。

(3) 工业上合成氨用的 H_2 有多种制取的方法:

① 用焦炭跟水反应: $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$;

② 用天然气跟水蒸气反应: $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$

已知有关反应的能量变化如下图所示, 则方法②中反应的 $\Delta H =$ _____。



答案 (1) $\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) = \text{S}(\text{s}) + 2\text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -237.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(2) $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 2\text{Cl}_2(\text{g}) \quad \Delta H = 2\Delta H_1 + 2\Delta H_2$

(3) $(a + 3b - c) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

解析 (2) $2\text{HCl}(\text{g}) + \text{CuO}(\text{s}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CuCl}_2(\text{s}) \quad \Delta H_1$ ①

由图得 $2\text{CuCl}_2(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CuO}(\text{s}) + 2\text{Cl}_2(\text{g}) \quad 2\Delta H_2$ ②

运用盖斯定律: ① $\times 2$ + ② 得总反应: $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 2\text{Cl}_2(\text{g}) \quad \Delta H = 2\Delta H_1 + 2\Delta H_2$ 。