



浙江省

导学案

主编 肖德好

全品

学练考

高中化学

选择性必修1 RJ

细分课时

分层设计

落实基础

突出重点

天津出版传媒集团  
天津人民出版社

# 目录 Contents

## 01 第一章 化学反应的热效应

PART ONE

第一节 反应热	导 115
第 1 课时 反应热 焓变	导 115
第 2 课时 热化学方程式 燃烧热	导 118
第二节 反应热的计算	导 121
① 本章素养提升	导 124

## 02 第二章 化学反应速率与化学平衡

PART TWO

第一节 化学反应速率	导 127
第 1 课时 化学反应速率	导 127
第 2 课时 影响化学反应速率的因素 活化能	导 129
<b>整合突破 1 有关反应历程与能量变化的图像分析</b>	导 133
第二节 化学平衡	导 135
第 1 课时 化学平衡状态	导 135
第 2 课时 化学平衡常数	导 137
第 3 课时 影响化学平衡的因素	导 140
<b>整合突破 2 平衡常数应用</b>	导 144
<b>整合突破 3 化学反应速率与平衡图像分析</b>	导 146
第三节 化学反应的方向	导 147
第四节 化学反应的调控	导 149
① 本章素养提升	导 152

## 03 第三章 水溶液中的离子反应与平衡

PART THREE

第一节 电离平衡	导 155
第二节 水的电离和溶液的 pH	导 159
第 1 课时 水的电离 溶液的酸碱性与 pH	导 159
第 2 课时 pH 的计算	导 161
第 3 课时 酸碱中和滴定	导 164
<b>整合突破 4 中和滴定拓展——氧化还原滴定</b>	导 167
第三节 盐类的水解	导 168
第 1 课时 盐类的水解	导 168
第 2 课时 影响盐类水解的主要因素 盐类水解的应用	导 171
第 3 课时 溶液中粒子浓度大小的比较	导 175
<b>整合突破 5 电解质溶液中的常考曲线</b>	导 178
第四节 沉淀溶解平衡	导 181
第 1 课时 难溶电解质的沉淀溶解平衡	导 181
第 2 课时 沉淀溶解平衡的应用	导 183
⑩ 本章素养提升	导 185

## 04 第四章 化学反应与电能

PART FOUR

第一节 原电池	导 188
第 1 课时 原电池的工作原理	导 188
第 2 课时 化学电源	导 191
第二节 电解池	导 194
第 1 课时 电解原理	导 194
第 2 课时 电解原理的应用	导 197
<b>整合突破 6 电化学装置中的离子交换膜</b>	导 201
第三节 金属的腐蚀与防护	导 202
⑩ 本章素养提升	导 206

### 第一节 反应热

#### 第1课时 反应热 焓变

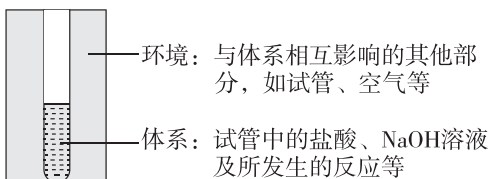
##### 新课探究

知识导学 素养初识

#### ◆ 学习任务一 反应热及其测定

【课前自主预习】

1. 体系与环境(以盐酸与 NaOH 溶液之间的反应为例)



#### 2. 反应热

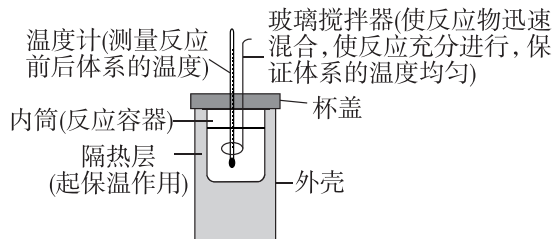
在\_\_\_\_\_条件下, 化学反应体系向环境\_\_\_\_\_或从环境\_\_\_\_\_的热量, 称为化学反应的热效应, 简称反应热。

#### 3. 中和反应反应热的测定

(1) 仪器: \_\_\_\_\_。

(2) 原理: 根据体系的\_\_\_\_\_和有关物质的\_\_\_\_\_等来计算反应热。

(3) 实验装置及作用(如图所示)



(4) 实验测量数据

##### ① 反应前体系温度( $t_1$ )的测量

用一个量筒量取 50 mL  $0.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  盐酸, 打开杯盖, 倒入量热计的内筒, 盖上杯盖, 插入温度计, 测量并记录盐酸的温度。用水把温度计上的酸冲洗干净, 擦干备用; 用另一个量筒量取 50 mL  $0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaOH 溶液, 用温度计测量并记录 NaOH 溶液的温度, 取两温度平均值为  $t_1$ 。

##### ② 反应后体系温度( $t_2$ )的测量

打开杯盖, 将量筒中的 NaOH 溶液迅速倒入量热计的内筒, 立即盖上杯盖, 插入温度计, 用搅拌器匀速

搅拌。准确读取混合溶液的\_\_\_\_\_, 记录为  $t_2$ 。

③ 重复实验操作, 记录每次的实验数据, 取测量所得温度差( $t_2 - t_1$ )的平均值作为计算依据。

##### ④ 实验数据处理

盐酸、氢氧化钠溶液为稀溶液, 其密度近似地认为都是  $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 反应后生成溶液的比热容  $c = 4.18 \text{ J} \cdot (\text{g} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$ 。

该实验中盐酸和 NaOH 溶液反应放出的热量是\_\_\_\_\_。生成 1 mol  $\text{H}_2\text{O}$  时放出的热量为\_\_\_\_\_。

##### [问题思考]

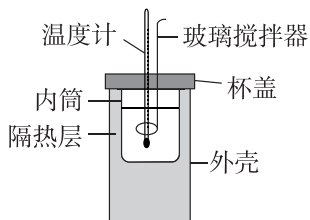
(1) 若改用 100 mL  $0.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的盐酸与 100 mL  $0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaOH 溶液混合, 所测中和反应生成 1 mol  $\text{H}_2\text{O}$  时放出的热量是否为本实验结果的 2 倍?

(2) 用浓硫酸代替盐酸会对结果产生什么影响? 用醋酸代替盐酸会对结果产生什么影响? 若用稀硫酸和稀  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液测定中和反应反应热, 会对结果产生什么影响?

(3) 若用 NaOH 固体代替 NaOH 溶液, 会对结果产生什么影响?

### 【知识迁移应用】

**例 1** 某实验小组用 100 mL 0.50 mol · L<sup>-1</sup> NaOH 溶液与 60 mL 0.50 mol · L<sup>-1</sup> 硫酸溶液进行中和反应反应热的测定,装置如图所示。回答下列问题:



(1)若实验共需要 450 mL NaOH 溶液,实验室在配制该溶液时,则需要用托盘天平称量 NaOH 固体 \_\_\_\_\_ g。

(2)某小组测得数据如下:

实验序号	起始温度 $t_1/^\circ\text{C}$			终止温度 $t_2/^\circ\text{C}$	平均温度差 $(t_2 - t_1)/^\circ\text{C}$
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 溶液	NaOH 溶液	平均值		
1	26.2	26.0	26.1	30.1	
2	26.3	26.5	26.4	30.3	
3	26.0	26.0	26.0	30.1	
4	25.9	26.1	26.0	30.8	

①计算出表中的平均温度差为 \_\_\_\_\_ °C。

②近似认为 0.50 mol · L<sup>-1</sup> NaOH 溶液与 0.50 mol · L<sup>-1</sup> 硫酸溶液的密度都是 1 g · cm<sup>-3</sup>,中和后生成溶液的比热容  $c = 4.2 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ ,依据实验数据,生成 1 mol H<sub>2</sub>O(l)时,该实验测得的中和反应放出的热量为 \_\_\_\_\_ kJ。

(3)上述实验结果与 57.3 kJ 有偏差,产生偏差的原因可能是 \_\_\_\_\_。

- A. 量取硫酸溶液体积时仰视读数
- B. 配制 NaOH 溶液定容时俯视
- C. 实验装置保温效果差
- D. 向酸溶液中分多次加入碱溶液

**【归纳小结】** 测定中和反应反应热的实验中需要注意的问题

- (1)所用装置要尽可能做到保温、隔热;实验操作时动作要快,尽量减少热量的损失。
- (2)所用溶液的配制必须准确,且浓度要小;为保证盐酸完全被中和,采用稍过量的 NaOH 溶液。
- (3)实验中所用的盐酸和氢氧化钠溶液配好后要充分冷却至室温才能使用。

(4)要使用同一支温度计,温度计读数要尽可能准确;水银球部位一定要完全浸没在溶液中,且要读取混合后的最高温度。

(5)可采用多次测量取平均值的方法,减小实验误差。

### ◆ 学习任务二 反应热与焓变

#### 【课前自主预习】

#### 1. 化学反应产生反应热的原因

化学反应前后体系的 \_\_\_\_\_ 发生了变化。内能受 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 和物质的 \_\_\_\_\_ 等影响。

#### 2. 焓变

在 \_\_\_\_\_ 条件下进行的化学反应,其反应热等于反应的焓变。符号为 \_\_\_\_\_,单位是 \_\_\_\_\_。

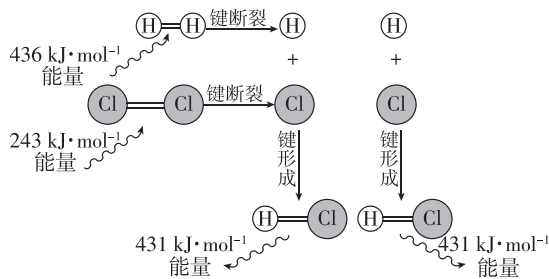
#### 3. $\Delta H$ 的正、负规定

(1)当反应体系放热时其焓 \_\_\_\_\_,  $\Delta H$  为 \_\_\_\_\_,即  $\Delta H$  \_\_\_\_\_ 0。

(2)当反应体系吸热时其焓 \_\_\_\_\_,  $\Delta H$  为 \_\_\_\_\_,即  $\Delta H$  \_\_\_\_\_ 0。

#### 4. 微观角度认识反应热实质

(1)实例:以  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = 2\text{HCl}(\text{g})$  (25 °C、101 kPa 下)的能量变化为例,填写下表中的空白。



化学键	反应中能量变化	
	1 mol A—B 化学键	反应中能量变化
H—H	吸收 _____ kJ	共吸收 _____ kJ
Cl—Cl	吸收 _____ kJ	
H—Cl	放出 _____ kJ	共放出 _____ kJ
结论	$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = 2\text{HCl}(\text{g})$ 的反应热 $\Delta H =$ _____	

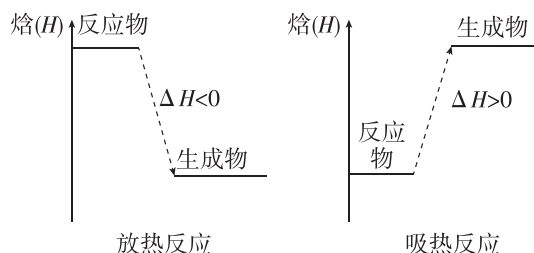
(2)结论: \_\_\_\_\_ 时的能量变化是化学反应中能量变化的主要原因。

(3)H<sub>2</sub>(g)和 Cl<sub>2</sub>(g)在光照条件下也可以发生上述反应,则该反应的  $\Delta H$  是否发生变化? \_\_\_\_\_ (填“是”或“否”),原因是 \_\_\_\_\_。

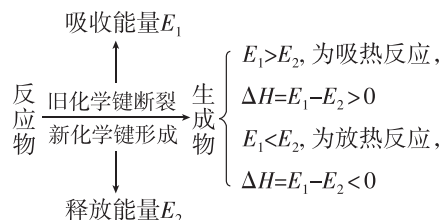
## 【核心知识讲解】

### 1. 从两个角度理解吸热反应和放热反应

(1) 从反应物和生成物焓( $H$ )的变化角度理解



(2) 从化学键角度理解



键能是指气态分子中 1 mol 化学键解离成气态原子所吸收的能量。 $\Delta H =$  反应物的键能总和 - 生成物的键能总和。

**[注意]** ① 化学键的断裂和形成是化学反应中能量变化的主要原因。

② 物质具有的能量越低, 该物质越稳定, 断开物质内部的化学键就越难, 其键能就越大。

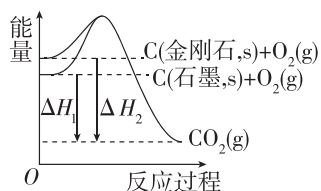
### 2. 常见的吸热反应和放热反应

(1) 常见的吸热反应: 大多数的分解反应、 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  与  $\text{NH}_4\text{Cl}$  的反应、盐酸与碳酸氢钠的反应、 $\text{C}$  与  $\text{CO}_2$  的反应、碳和水蒸气的反应等。

(2) 常见的放热反应: 大多数的化合反应、酸碱中和反应、活泼金属与水的反应、较活泼金属与酸的反应、所有的燃烧反应、铝热反应、物质的缓慢氧化等。

**[问题思考]**

根据图像回答下列问题:



(1) 金刚石和石墨谁更稳定?

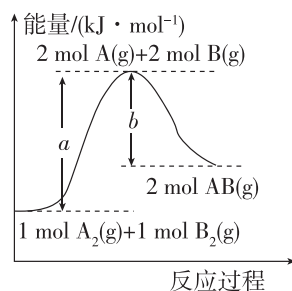
(2)  $\Delta H_1$  与  $\Delta H_2$  相比, 哪一个较大?

## 【知识迁移应用】

**例 2** [2024·浙江海盐高级中学检测] 下列反应的能量变化与其他三个不相同的是 ( )

- 铝粉与氧化铁的反应
- 氯化铵与八水合氢氧化钡的反应
- 镁条与稀盐酸的反应
- 钠与冷水的反应

**例 3** [2024·浙江湖州吴兴高级中学检测] 已知化学反应  $\text{A}_2(\text{g}) + \text{B}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{AB}(\text{g})$  的能量变化如图所示, 下列叙述中正确的是 ( )



- 每生成 2 分子 AB 吸收  $b$  kJ 能量
- 断裂 1 mol A—A 和 1 mol B—B, 放出  $a$  kJ 能量
- 该反应中反应物的总能量高于生成物的总能量
- 该反应的  $\Delta H = +(a - b)$   $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

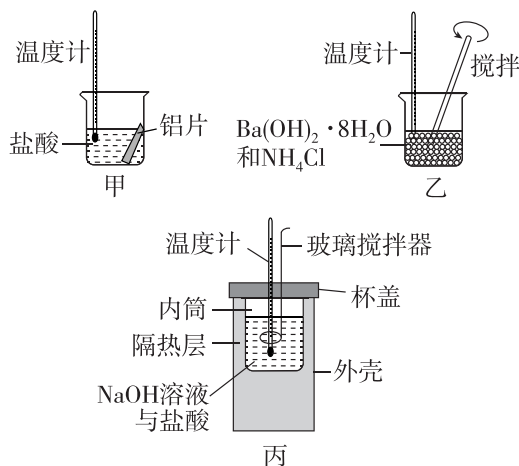
## 课堂评价

知识巩固 素养形成

1. 判断正误(正确的打“√”, 错误的打“×”)。

- 所有的化学反应都伴有能量的变化 ( )
- 在一个化学反应中, 当反应物总焓大于生成物的总焓时, 反应放热,  $\Delta H$  为负值 ( )
- 中和反应反应热的测定实验中, 应将 50 mL  $0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaOH 溶液分多次倒入量热计的内筒 ( )

- (4) 石墨转化为金刚石需要吸收能量, 所以石墨更稳定 ( )
- (5) 浓硫酸与 NaOH 溶液反应生成 1 mol H<sub>2</sub>O(l), 放出的热量为 57.3 kJ ( )
- (6) 中和反应反应热的测定实验中, 测定盐酸后的温度计没有冲洗干净, 立即测 NaOH 溶液的温度 ( )
2. 某同学设计如图所示实验, 探究反应中的能量变化。下列判断正确的是 ( )

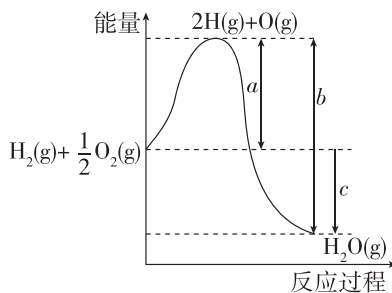


- A. 由实验可知, 甲、乙、丙所涉及的反应都是放热反应
- B. 将实验甲中的铝片更换为等质量的铝粉后释放

出的热量大幅增加

- C. 实验丙中将玻璃搅拌器改为铁质搅拌器对实验结果没有影响
- D. 若用 NaOH 固体测定中和反应反应热, 则生成 1 mol H<sub>2</sub>O 时放出的热量偏高

3. 已知:  $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ , 反应过程中的能量变化如图所示, 回答下列问题。



(1)  $a$ 、 $b$ 、 $c$  分别代表什么意义?

$a$ : \_\_\_\_\_;

$b$ : \_\_\_\_\_;

$c$ : \_\_\_\_\_。

(2) 该反应是 \_\_\_\_\_ (填“放热”或“吸热”) 反应,  $\Delta H$  \_\_\_\_\_ (填“>”或“<”) 0。

## 第 2 课时 热化学方程式 燃烧热

### 新课探究

知识导学 素养初识

#### ◆ 学习任务一 热化学方程式

【课前自主预习】

##### 1. 概念

表明反应所 \_\_\_\_\_ 的化学方程式。

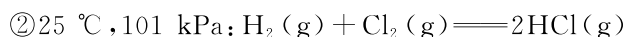
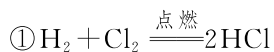
##### 2. 意义

不仅表明了化学反应中的 \_\_\_\_\_ 变化, 也表明了化学反应中的 \_\_\_\_\_ 变化。

如:  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 表示在 25 °C 和 101 kPa 下, \_\_\_\_\_ 气态 H<sub>2</sub> 和 \_\_\_\_\_ 气态 O<sub>2</sub> 反应生成 \_\_\_\_\_ 时放出 \_\_\_\_\_ 的热量。

【问题思考】

比较①②两个方程式:



$\Delta H = -184.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

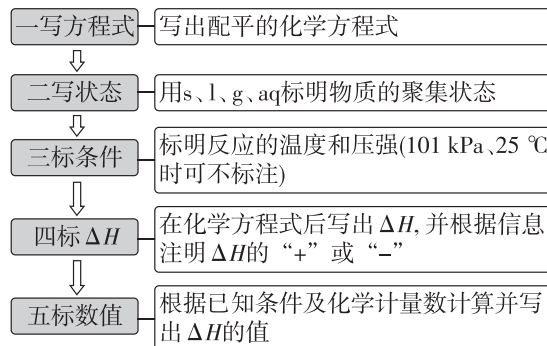
(1) 属于热化学方程式的是 \_\_\_\_\_ (填序号)。

(2) 热化学方程式与化学方程式相比较, 不同之处为 \_\_\_\_\_

(3) 热化学方程式中注明物质聚集状态的原因是 \_\_\_\_\_

### 【核心知识讲解】

热化学方程式的书写要求及步骤





[注意] ①热化学方程式的右边不用标注“↑”“↓”。

②热化学方程式能反映该反应已完成的量。由于 $\Delta H$ 与反应物质的量有关,所以热化学方程式中物质的化学计量数必须与 $\Delta H$ 相对应,如果化学计量数加倍,则 $\Delta H$ 也要加倍。当反应向逆反应方向进行时,其反应热与正反应的反应热的数值相等,符号相反。

### 【知识迁移应用】

**例 1** 根据所给信息完成下列热化学方程式,并回答有关问题:

(1)已知 1 mol C(石墨,s)与适量  $H_2O(g)$  完全反应生成  $CO(g)$  和  $H_2(g)$ ,吸收 131.3 kJ 热量,请写出该反应的热化学方程式:\_\_\_\_\_。

(2)1.7 g  $NH_3(g)$  发生催化氧化反应生成气态产物,放出 22.67 kJ 的热量,其热化学方程式为\_\_\_\_\_。

(3)25  $^{\circ}C$ 、101 kPa 下,稀盐酸与稀 NaOH 溶液发生中和反应生成 1 mol  $H_2O(l)$  时,放出 57.3 kJ 的热量,其热化学方程式可表示为\_\_\_\_\_。

(4)已知: $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \quad \Delta H = -92 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,请写出 1 mol  $NH_3(g)$  分解对应的热化学方程式:\_\_\_\_\_。

若 1 mol  $N_2(g)$  和 3 mol  $H_2(g)$  在一定条件下发生反应,放出的热量\_\_\_\_\_ (填“大于”“小于”或“等于”)92 kJ,理由是\_\_\_\_\_。

## ◆ 学习任务二 燃烧热

### 【课前自主预习】

#### 1. 概念

在 101 kPa 时,1 mol 纯物质\_\_\_\_\_燃烧生成\_\_\_\_\_时所放出的热量,叫作该物质的燃烧热。燃烧热的单位一般用  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  表示。

指定产物: $C \rightarrow$ \_\_\_\_\_, $H \rightarrow H_2O(\text{_____})$ , $S \rightarrow$ \_\_\_\_\_, $N \rightarrow$ \_\_\_\_\_。

#### 2. 表示的意义

例如,C 的燃烧热为  $393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,表示在 101 kPa 时,1 mol C 完全燃烧生成  $CO_2(g)$ ,放出 393.5 kJ 的热量。

### 【问题思考】

已知  $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightleftharpoons H_2O(g) \quad \Delta H = -241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,则氢气的燃烧热为  $241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。这种说法是否正确?

### 【核心知识讲解】

#### 1. 反应热与燃烧热的比较

	反应热	燃烧热
概念	在等温条件下,化学反应体系向环境释放或从环境吸收的热量	101 kPa 时,1 mol 纯物质完全燃烧生成指定产物时所放出的热量
能量变化	放热或吸热	放热
$\Delta H$ 的大小	放热时, $\Delta H < 0$ 吸热时, $\Delta H > 0$	$\Delta H < 0$
反应条件	等温	101 kPa
反应物的量	不限	1 mol 纯物质
生成物的量	不限	不限

#### 2. 燃烧热的表示

燃烧热是以 1 mol 纯物质完全燃烧生成指定产物所放出的热量来定义的,因此在书写燃烧热的热化学方程式时,应以 1 mol 物质为标准来配平其余物质的化学计量数。

如: $C_2H_2(g) + \frac{5}{2}O_2(g) \rightleftharpoons 2CO_2(g) + H_2O(l)$

$\Delta H = -1299.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,即  $C_2H_2(g)$  的燃烧热为  $1299.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

#### 3. 燃烧热的计算

可燃物完全燃烧放出的热量的计算方法为  $Q_{\text{放}} = n(\text{可燃物}) \times |\Delta H|$ 。

式中: $Q_{\text{放}}$  为可燃物燃烧反应放出的热量; $n$  为可燃物的物质的量; $\Delta H$  为可燃物的燃烧热。



【知识迁移应用】

**例 2** [2023·浙江金华横店高中月考] 下列热化学方程式中的  $\Delta H$  能表示可燃物燃烧热的是 ( )

- A.  $\text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g})$   
 $\Delta H = -283 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B.  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   
 $\Delta H = -802.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- C.  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
 $\Delta H = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   
 $\Delta H = -1\,234.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

**例 3** 奥运会火炬常用的燃料为丙烷( $\text{C}_3\text{H}_8$ )、丁烷( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ )等。已知:

化合物	甲烷 ( $\text{CH}_4$ )	乙烷 ( $\text{C}_2\text{H}_6$ )	丙烷 ( $\text{C}_3\text{H}_8$ )	正丁烷 ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ )	异丁烷 [ $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ ]
状态	g	g	g	g	g
燃烧热 /( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	890	1560	2220	2878	2870

(1) 写出表示丙烷燃烧热的热化学方程式: \_\_\_\_\_。

(2) 下列有关说法不正确的是 \_\_\_\_\_ (填字母)。

- A. 火炬燃烧时的能量转化形式主要是由化学能转化为热能、光能
- B. 异丁烷分子中的碳氢键数目比正丁烷多
- C. 正丁烷比异丁烷稳定

(3) 现有 3 mol 由甲烷和乙烷组成的混合气体, 完全燃烧放出的热量为 3340 kJ, 则该混合气体中甲烷和乙烷的物质的量之比是 \_\_\_\_\_。

**[易错提醒]** 燃烧热理解中的易错点

- (1) 反应条件: 101 kPa (书中给出的燃烧热数值均为 25 °C、101 kPa 条件下测得)。
- (2) 物质的燃烧热要求的是纯物质。
- (3) 特别注意:  $\text{C} \rightarrow \text{CO}$  不是完全燃烧;  $\text{S} \rightarrow \text{SO}_3$ ,  $\text{SO}_3$  不是指定的燃烧产物;  $\text{H} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ , 生成的水是液态不能是气态。
- (4) 文字叙述燃烧热时, 用正值或  $\Delta H$  表示, 如  $\text{CH}_4$  的燃烧热为  $890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  或  $\Delta H = -890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

课堂评价

知识巩固 素养形成

1. 判断正误(正确的打“√”, 错误的打“×”)。

(1) 热化学方程式中, 化学计量数只代表物质的量, 不代表分子数 ( )

(2) 比较  $\Delta H$  大小, 只需比较数值, 不用考虑正负号 ( )

(3) 1 mol 可燃物完全燃烧放出的热量就是该物质的燃烧热 ( )

(4) 25 °C、101 kPa 下, 1 mol  $\text{H}_2(\text{g})$  完全燃烧生成水蒸气时, 放出 241.8 kJ 的热量, 则氢气的燃烧热为  $241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  ( )

(5) 已知甲烷的燃烧热为  $890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则表示甲烷燃烧热的热化学方程式为  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$   $\Delta H = -890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  ( )

(6) 对于可逆反应, 热化学方程式后的  $\Delta H$  代表前面的化学计量数对应物质的量的物质完全反应时的热效应 ( )

(7) 若  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$   $\Delta H = -184.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则  $2\text{HCl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$   $\Delta H = +184.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  ( )

2. 下列关于热化学反应的描述正确的是 ( )

A. 已知  $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   $\Delta H = -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则 1 mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  和 1 mol  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  反应的反应热为  $\Delta H = 2 \times (-57.3) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

B. 甲醇蒸气转化为氢气的热化学方程式是  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$   $\Delta H = -192.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$  的燃烧热为  $192.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

C. 已知  $2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$   $\Delta H = +484 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则  $\text{H}_2(\text{g})$  的燃烧热是  $242 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

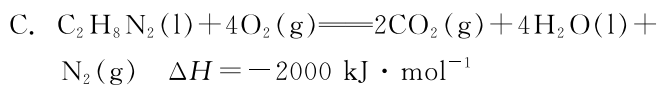
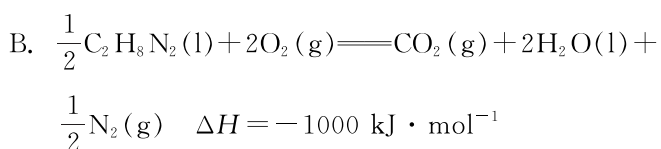
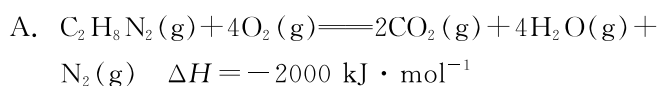
D. 葡萄糖(s)的燃烧热是  $2800 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则  $\frac{1}{2}\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}$  (1)  $\Delta H = -1400 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

3. [2023·河南宜阳县一中月考] 2021年9月7日,我国在太原卫星发射中心用长征四号丙遥四十运载火箭成功发射高光谱观测卫星(高分五号02星)。长征四号丙运载火箭的燃料为偏二甲肼( $C_2H_8N_2$ ),已知:1.5 g 偏二甲肼(液态)完全燃烧生成液态水放出50 kJ 热量。

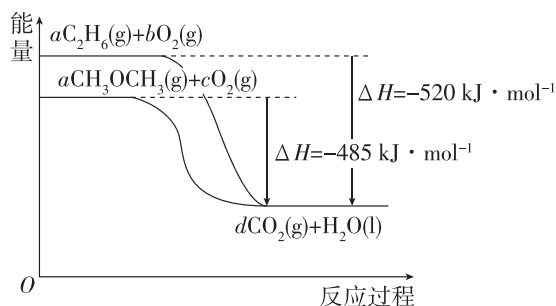
(1)在计算偏二甲肼的燃烧热时,碳、氮元素产生的指定产物是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

(2)根据材料中所给信息计算 1 mol 偏二甲肼完全燃烧生成液态水时放出的热量为\_\_\_\_\_。

(3)下列表示偏二甲肼燃烧的热化学方程式正确的是\_\_\_\_\_ (填字母,下同),其中表示偏二甲肼燃烧热的热化学方程式为\_\_\_\_\_。



4. [2023·福建宁德一中月考] 能源的发展已成为全世界共同关心的问题。乙烷、二甲醚的燃烧热较大,可用作燃料,如图是乙烷、二甲醚燃烧过程中的能量变化图。请回答下列问题:



(1)  $a =$ \_\_\_\_\_。

(2) 气态乙烷的燃烧热  $\Delta H =$ \_\_\_\_\_  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(3) 写出表示气态二甲醚燃烧热的热化学方程式:

\_\_\_\_\_。

## 第二节 反应热的计算

### 新课探究

知识导学 素养初识

#### ◆ 学习任务一 盖斯定律

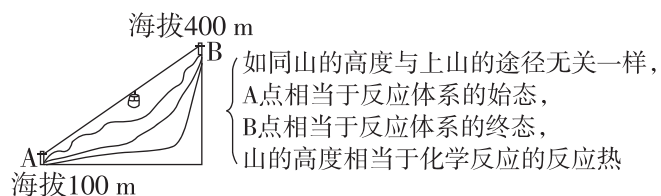
【课前自主预习】

##### 1. 内容

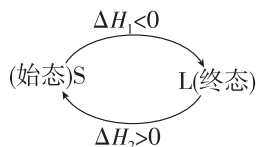
一个化学反应,不管是一步完成的还是分几步完成的,其反应热是\_\_\_\_\_ (填“相同”或“不同”)的。

##### 2. 理解与特点

(1)从反应途径角度理解



(2)从能量守恒角度理解



从  $S \rightarrow L$ ,  $\Delta H_1 < 0$ , 体系\_\_\_\_\_; 从  $L \rightarrow S$ ,  $\Delta H_2 > 0$ , 体系\_\_\_\_\_; 根据能量守恒:  $\Delta H_1 + \Delta H_2 = 0$ 。

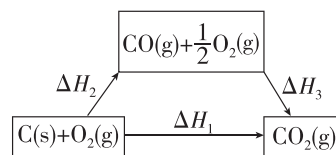
(3)特点

在一定条件下,化学反应的反应热只与反应体系的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_有关,而与反应的\_\_\_\_\_无关。

##### 3. 应用

(1)可以间接计算一些不易直接发生的、伴随副反应发生的、反应进行很慢的的反应的反应热。

(2)示例



已知:①  $C(s) + O_2(g) = CO_2(g)$

$\Delta H_1 = -393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;

②  $CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) = CO_2(g)$

$\Delta H_3 = -283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

分析上述热化学方程式的关系,将反应①减去反应

②,得到反应:  $C(s) + \frac{1}{2}O_2(g) = CO(g)$ 。根据盖斯

定律可得:  $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$ , 则有  $\Delta H_2 = \Delta H_1 -$

$\Delta H_3 = -393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (-283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) =$

$-110.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

### 【核心知识讲解】

#### 应用盖斯定律计算 $\Delta H$ 的一般步骤

解题步骤	解题思路
第一步:观察	对比已知的反应与需求 $\Delta H$ 的反应,找出需要消去的物质
第二步:思考	怎样消去这些物质,是相加减还是需要乘以某一个数之后相加减,此过程中要特别注意“剔除无关反应”
第三步:运算	将热化学方程式按第二步的思路进行运算,得出新的热化学方程式
第四步:计算	列出算式,代入数据计算

### 【知识迁移应用】

**例 1** [2023·浙江乐清知临中学期中] 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  $S(s) + 2KNO_3(s) + 3C(s) \rightleftharpoons K_2S(s) + N_2(g) + 3CO_2(g)$   $\Delta H = x \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

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

$S(s) + 2K(s) \rightleftharpoons K_2S(s)$   $\Delta H_2 = b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$2K(s) + N_2(g) + 3O_2(g) \rightleftharpoons 2KNO_3(s)$   $\Delta H_3 = c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

则  $x$  为 ( )

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

**例 2** [2023·浙江名校协作体联考] 已知:

①  $NaHCO_3(s) \rightleftharpoons Na^+(aq) + HCO_3^-(aq)$   $\Delta H_1$

②  $Na_2CO_3(s) \rightleftharpoons 2Na^+(aq) + CO_3^{2-}(aq)$   $\Delta H_2$

③  $2NaHCO_3(s) \rightleftharpoons Na_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(l)$   $\Delta H_3$

④  $Na_2CO_3(s) + 2H^+(aq) \rightleftharpoons 2Na^+(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$   $\Delta H_4 < 0$

下列判断正确的是 ( )

- A.  $\Delta H_3 < 0$   
B.  $\Delta H_1 > 0, \Delta H_2 < 0$   
C.  $CO_3^{2-}(aq) + 2H^+(aq) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2O(l)$   $\Delta H_5 > 0$   
D.  $CO_3^{2-}(aq) + CO_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons 2HCO_3^-(aq)$   $\Delta H_6 = \Delta H_1 - \Delta H_2 - \Delta H_3$

【方法归纳】运用盖斯定律解题的常用方法

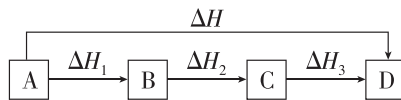
(1)“虚拟路径”法

若反应物 A 变为生成物 D, 可以有两个途径:

- ①由 A 直接变成 D, 反应热为  $\Delta H$ ;  
②由 A 经过 B 变成 C, 再由 C 变成 D, 每步的反应热分别

为  $\Delta H_1, \Delta H_2, \Delta H_3$ 。

如图所示, 则  $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$ 。



(2)加合法

依据目标方程式中各物质的位置和化学计量数, 调整已知方程式, 最终加合成目标方程式,  $\Delta H$  同时作出相应的调整和运算。

## ◆ 学习任务二 反应热的计算

### 【核心知识讲解】

#### 1. 根据热化学方程式计算

反应热与化学方程式中各物质的物质的量成正比。

例如,  $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$   $\Delta H$

$a$	$b$	$c$	$d$	$ \Delta H $
$n(A)$	$n(B)$	$n(C)$	$n(D)$	$Q$

则  $\frac{n(A)}{a} = \frac{n(B)}{b} = \frac{n(C)}{c} = \frac{n(D)}{d} = \frac{Q}{|\Delta H|}$ 。

#### 2. 根据盖斯定律计算

根据盖斯定律将热化学方程式进行适当的“加”“减”“乘”“除”等计算反应热。

【注意】使用盖斯定律进行反应热的计算时, 要先对几个反应进行观察, 然后合理重组得到目标反应。重组技巧是同向用加, 异向用减, 倍数用乘, 焓变同变。即条件方程式中的各种物质与目标方程式同向的(如同在左边或同在右边)用加法, 异向的用减法, 化学计量数与目标方程式存在倍数关系的用乘法, 扩大一定倍数(或缩小为几分之一)后与目标化学方程式中的化学计量数相同, 各条件方程式中的焓变看作生成物作同样变化。

#### 3. 根据反应物和生成物的键能(或能量)计算

$\Delta H = \sum \text{反应物的总键能} - \sum \text{生成物的总键能}$ ;

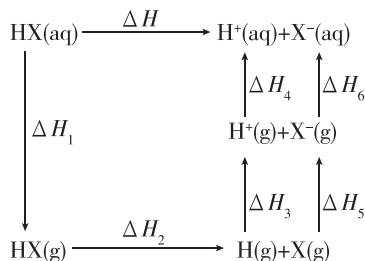
$\Delta H = E(\text{生成物的总能量}) - E(\text{反应物的总能量})$ 。

#### 4. 根据物质的燃烧热数值计算

$Q_{\text{放}} = n(\text{可燃物}) \times |\Delta H|$ 。

### 【知识迁移应用】

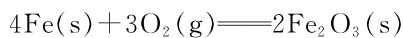
**例 3** [2024·浙江湖州吴兴高级中学检测] 氢卤酸的能量关系如图所示。下列说法正确的是 ( )



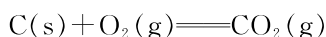
- A. 已知 HF 气体溶于水放热,则 HF 的  $\Delta H_1 < 0$   
 B. 相同条件下, HCl 的  $\Delta H_2$  比 HBr 的小  
 C. 相同条件下, HCl 的  $(\Delta H_3 + \Delta H_4)$  比 HI 的大  
 D. 一定条件下, 气态原子形成 1 mol H—X 放出  $a$  kJ 能量, 则该条件下  $\Delta H_2 = +a$  kJ · mol<sup>-1</sup>

**例 4** (1) 已知 CO(g) 和 CH<sub>3</sub>OH(l) 的燃烧热  $\Delta H$  分别为  $-283.0$  kJ · mol<sup>-1</sup> 和  $-726.5$  kJ · mol<sup>-1</sup>。请写出甲醇不完全燃烧生成一氧化碳和液态水的热化学方程式: \_\_\_\_\_。

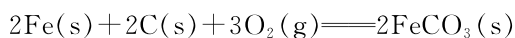
(2) 已知 25 °C、101 kPa 时:



$$\Delta H_1 = -1648 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ ①}$$



$$\Delta H_2 = -393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ ②}$$



$$\Delta H_3 = -1481 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ ③}$$

FeCO<sub>3</sub> 在空气中加热反应生成 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 CO<sub>2</sub> 的热化学方程式是 \_\_\_\_\_。

### [深化拓展] 反应热计算的常用解题方法

- (1) 列方程法: 依据热化学方程式直接求算反应热。  
 (2) 估算法: 根据反应的热效应与混合物燃烧放出的热量, 大致估算各成分的比例。

## 课堂评价

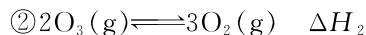
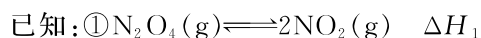
知识巩固 素养形成

1. 判断正误(正确的打“√”, 错误的打“×”)。

- (1) 甲烷细菌使 1 mol CH<sub>4</sub>(g) 生成 CO<sub>2</sub> 气体与液态水, 放出的热量与 1 mol CH<sub>4</sub>(g) 完全燃烧生成 CO<sub>2</sub> 气体与液态水放出的热量相同 ( )  
 (2) 控制碳的燃烧路径, C 先燃烧生成 CO, CO 再燃烧生成 CO<sub>2</sub>, 能够放出更多热量 ( )  
 (3) 同温同压下, 氢气和氯气分别在光照条件下和点燃条件下发生反应, 反应的  $\Delta H$  (化学计量数对应相等) 不同 ( )  
 (4) 放热反应放出的热量越多,  $\Delta H$  就越大 ( )  
 (5) 如果用  $E$  表示破坏(或形成) 1 mol 化学键所消

耗(或释放)的能量, 则求  $2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) = 2\text{H}_2\text{O}(g)$  的反应热时, 可用下式表示:  $\Delta H = 2E(\text{H—H}) + E(\text{O=O}) - 2E(\text{H—O})$  ( )

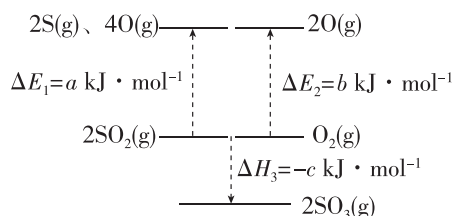
2. [2024 · 辽宁大连金州高级中学月考] 以 N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 为新型硝化剂的硝化反应具有反应条件温和、选择性高、无副反应发生、过程无污染等优点。N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 可通过 N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 臭氧法制备。



则  $\text{N}_2\text{O}_4(g) + \text{O}_3(g) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_5(s) + \text{O}_2(g)$  的  $\Delta H$  为 ( )

- A.  $\Delta H_1 + \Delta H_2 - \frac{1}{2}\Delta H_3$   
 B.  $2\Delta H_1 - \Delta H_2 + \Delta H_3$   
 C.  $\Delta H_1 + \frac{1}{2}\Delta H_2 - \frac{1}{2}\Delta H_3$   
 D.  $2\Delta H_1 + \frac{1}{2}\Delta H_2 + \frac{1}{2}\Delta H_3$

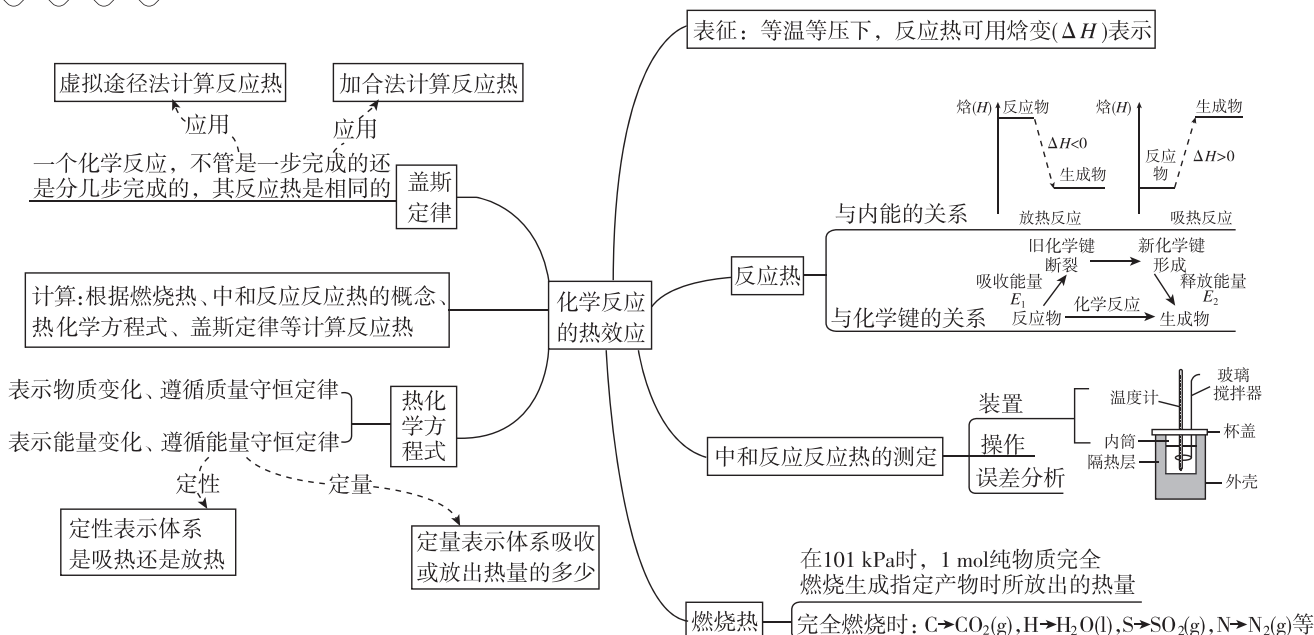
3. SO<sub>2</sub> 的催化氧化反应是合成硫酸的重要步骤, 该反应中的能量变化如图所示。已知:  $\text{SO}_3(g) + \text{H}_2\text{O}(l) = \text{H}_2\text{SO}_4(aq) \quad \Delta H_4 = -d$  kJ · mol<sup>-1</sup>, 且  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  均为正值。下列说法错误的是 ( )



- A. SO<sub>2</sub> 催化氧化反应的热化学方程式为  $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g) \quad \Delta H_3 = -c$  kJ · mol<sup>-1</sup>  
 B.  $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(s)$  的  $\Delta H < \Delta H_3$   
 C. 由 S(g) 和 O(g) 形成 1 mol SO<sub>3</sub>(g) 中所含化学键放出的能量为  $\frac{a+b+c}{2}$  kJ  
 D.  $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l) = 2\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$   $\Delta H = -(c+d)$  kJ · mol<sup>-1</sup>

# 本章素养提升

## 知识网络



## 素养提升

### ◆ 探究点一 反应热的大小比较

**例 1** 已知: a.  $C_2H_2(g) + H_2(g) = C_2H_4(g) \quad \Delta H < 0$ ; b.  $2CH_4(g) = C_2H_4(g) + 2H_2(g) \quad \Delta H > 0$ 。现有以下三个热化学方程式:

- ①  $C(s) + 2H_2(g) = CH_4(g) \quad \Delta H_1$
- ②  $C(s) + \frac{1}{2}H_2(g) = \frac{1}{2}C_2H_2(g) \quad \Delta H_2$
- ③  $C(s) + H_2(g) = \frac{1}{2}C_2H_4(g) \quad \Delta H_3$

$\Delta H_1, \Delta H_2, \Delta H_3$  由大到小的顺序是 ( )

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

**变式** [2024·浙江海盐高级中学检测] 下列各组热化学方程式中,  $\Delta H_1 < \Delta H_2$  的是 ( )

- ①  $C(s) + O_2(g) = CO_2(g) \quad \Delta H_1$   
 $C(s) + \frac{1}{2}O_2(g) = CO(g) \quad \Delta H_2$
- ②  $S(s) + O_2(g) = SO_2(g) \quad \Delta H_1$   
 $S(g) + O_2(g) = SO_2(g) \quad \Delta H_2$
- ③  $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) = H_2O(l) \quad \Delta H_1$   
 $2H_2(g) + O_2(g) = 2H_2O(l) \quad \Delta H_2$

- ④  $CaCO_3(s) = CaO(s) + CO_2(g) \quad \Delta H_1$   
 $CaO(s) + H_2O(l) = Ca(OH)_2(s) \quad \Delta H_2$
- A. ①    B. ②③④    C. ④    D. ①②③

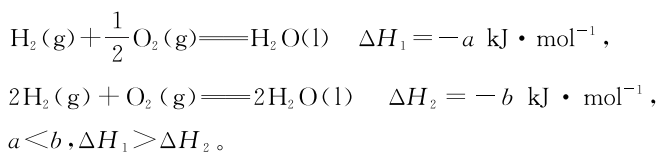
[方法策略]

#### 1. 与“符号”相关的反应热比较

对于放热反应来说,  $\Delta H = -Q (Q > 0) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 虽然“-”仅表示放热的意思, 但在比较小时要将其看成真正意义上的“负号”, 即放热越多,  $\Delta H$  反而越小。

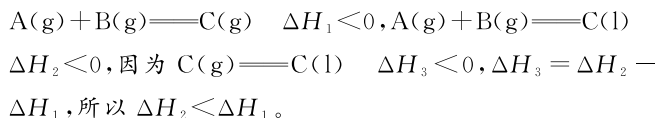
#### 2. 与“化学计量数”相关的反应热比较

例如:

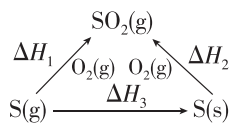
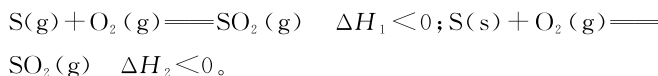


#### 3. 与“物质聚集状态”相关的反应热比较

(1) 同一反应, 生成物状态不同时



(2) 同一反应, 反应物状态不同时



$\Delta H_2 + \Delta H_3 = \Delta H_1$ , 则  $\Delta H_3 = \Delta H_1 - \Delta H_2$ , 又  $\Delta H_3 < 0$ , 所以  $\Delta H_1 < \Delta H_2$ 。

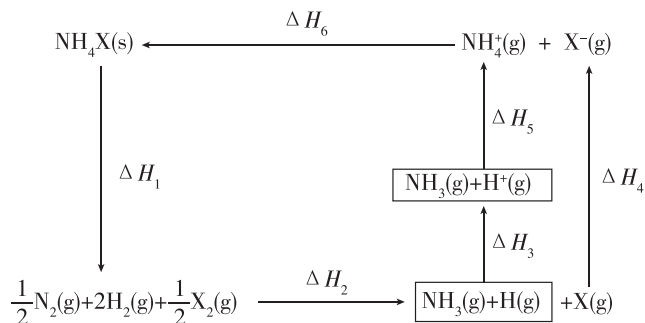




下列说法错误的是 ( )

- A.  $\Delta H < 0$
- B. 步骤 i 中有非极性键断裂
- C. 活性炭改变了反应历程、速率
- D.  $\Delta H = \Delta H_1 + 2\Delta H_2 + 2\Delta H_3 + 2\Delta H_4 + \Delta H_5$

5. [2024·陕西西安长安区月考] 已知  $\text{NH}_4\text{X}$  (X 为卤素原子) 有关转化过程的能量关系如图所示。下列说法错误的是 ( )

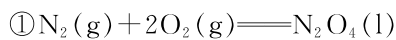


- A.  $\Delta H_1 > 0$
- B.  $\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5 + \Delta H_6 = 0$
- C.  $\Delta H_4 > 0$
- D. 相同条件下,  $\text{NH}_4\text{Br}$  的  $(\Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_5)$  比  $\text{NH}_4\text{I}$  的大

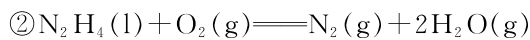
6. (1) 同温同压下,  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$  在光照和点燃条件下的  $\Delta H$  分别为  $\Delta H_1$ 、 $\Delta H_2$ , 则  $\Delta H_1$  \_\_\_\_\_ (填“>”“<”或“=”)  $\Delta H_2$ 。

(2) 肼 ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) 可作为火箭发动机的燃料。肼与氧化剂  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{l})$  反应生成  $\text{N}_2$  和水蒸气。

已知:



$\Delta H_1 = -195 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



$\Delta H_2 = -534 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

试计算 1 mol  $\text{N}_2\text{H}_4(\text{l})$  与  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{l})$  完全反应生成  $\text{N}_2$  和水蒸气时放出的热量为 \_\_\_\_\_, 写出  $\text{N}_2\text{H}_4(\text{l})$  和  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{l})$  反应的热化学方程式: \_\_\_\_\_。

(3) [2024·浙江浙东北联盟期中] 已知  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{l}) \rightleftharpoons 2\text{HBr}(\text{g})$   $\Delta H = -72 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 蒸发 1 mol  $\text{Br}_2(\text{l})$  需要吸收的能量为 30 kJ, 其他相关数据如下表:

物质	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{Br}_2(\text{g})$	$\text{HBr}(\text{g})$
1 mol 分子中的化学键断裂时需要吸收的能量/kJ	436	194	<i>a</i>

则表中  $a =$  \_\_\_\_\_。

(4) 研究  $\text{CO}_2$  的利用对促进低碳社会的构建具有重要的意义。已知拆开 1 mol  $\text{H}_2(\text{g})$ 、1 mol  $\text{O}_2(\text{g})$  和气态水中 1 mol O—H 使之成为气态原子所需的能量分别为 436 kJ、497 kJ 和 463 kJ; 1 mol  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  蒸发为 1 mol  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  时吸收 44 kJ 能量;  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$  的燃烧热为  $764 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。则  $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   $\Delta H =$  \_\_\_\_\_  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

