



教育图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

30<sup>+</sup>年专注教育行业

# 全品学练考

主编 肖德好

## 导学案

### 高中化学

选择性必修1 RJ

AI智慧教辅

索取二维码  
贴此处  
激活享受服务

AI时代就该用AI学习  
遇到问题快扫我

天津出版传媒集团  
天津人民出版社

# CONTENTS

## 目录

导学案



扫码领取  
单元真题练习  
全科高考真题卷

## 01 第一章 化学反应的热效应

PART ONE

第一节 反应热	117
第 1 课时 反应热 焓变	117
第 2 课时 热化学方程式 燃烧热	121
第二节 反应热的计算	124
① 本章素养提升	127

## 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	129
第 1 课时 化学反应速率	129
第 2 课时 影响化学反应速率的因素	132
第 3 课时 活化能	135
拓展微课 1 有关反应历程与能量变化的图像分析	138
第二节 化学平衡	139
第 1 课时 化学平衡状态	139
第 2 课时 化学平衡常数	142
第 3 课时 影响化学平衡的因素	145
拓展微课 2 与 $K_p$ 相关的计算	150
拓展微课 3 化学反应速率与平衡图像分析	151
第三节 化学反应的方向	153
第四节 化学反应的调控	155
① 本章素养提升	157

## 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	159
第二节 水的电离和溶液的 pH	163
第 1 课时 水的电离 溶液的酸碱性 with pH	163
第 2 课时 pH 的计算	166
第 3 课时 酸碱中和滴定	169
<b>拓展微课 4 氧化还原滴定</b>	173
第三节 盐类的水解	175
第 1 课时 盐类的水解	175
第 2 课时 影响盐类水解的主要因素 盐类水解的应用	177
第 3 课时 溶液中粒子浓度大小的比较	181
<b>拓展微课 5 水溶液中离子反应与平衡曲线分析</b>	184
第四节 沉淀溶解平衡	187
第 1 课时 难溶电解质的沉淀溶解平衡	187
第 2 课时 沉淀溶解平衡的应用	189
<b>拓展微课 6 难溶电解质沉淀溶解平衡曲线分析</b>	192
<b>拓展微课 7 与 <math>K_{sp}</math> 相关的计算</b>	193
⑩ 本章素养提升	195

## 04 第四章 化学反应与电能

PART FOUR

第一节 原电池	197
第 1 课时 原电池的工作原理	197
第 2 课时 化学电源——一次电池和二次电池	200
第 3 课时 化学电源——燃料电池	203
第二节 电解池	205
第 1 课时 电解原理	205
第 2 课时 电解原理的应用	209
<b>拓展微课 8 电化学中的定量计算</b>	211
<b>拓展微课 9 电化学装置中的离子交换膜</b>	212
第三节 金属的腐蚀与防护	213
⑩ 本章素养提升	217

◆ 参考答案	219
--------	-----

# 第一章 化学反应的热效应



AI学习有疑问  
扫码添加AI伴学师



讲课智能体

## 第一节 反应热

### 第1课时 反应热 焓变

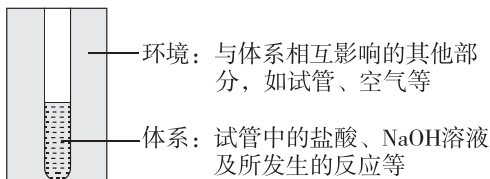
#### 新课探究

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

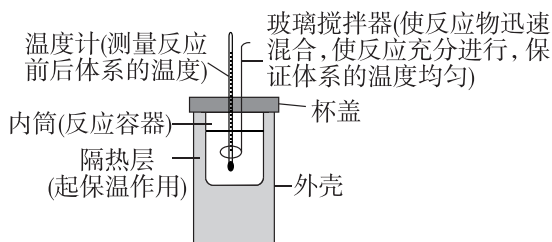
在\_\_\_\_\_条件下, 化学反应体系向环境\_\_\_\_\_或从环境\_\_\_\_\_的热量, 称为化学反应的热效应, 简称反应热。

#### 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  $t_1$ 。用水把温度计冲洗干净, 擦干备用。

##### 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  $t_2$ 。用水把温度计冲洗干净, 擦干备用。

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  $c = 4.18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$ 。

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?

### 【核心知识讲解】

#### 1. 中和反应反应热测定实验中产生误差的原因

(1)装置方面:装置的隔热保温效果不好,造成实验过程中热量损失而引起误差。

- (2)操作方面
- ①实验过程中液体洒落到桌面上
  - ②混合酸、碱溶液时,动作缓慢
  - ③用温度计测量酸的温度后未清洗而直接去测量碱的温度
- (3)读数方面
- ①温度计的读数有误差
  - ②量取溶液体积时,读数有误差(俯视、仰视的问题)

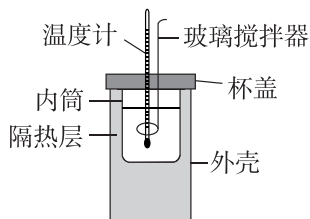
#### 2. 误差分析

50 mL 0.50 mol · L<sup>-1</sup> 盐酸与 50 mL 0.55 mol · L<sup>-1</sup> NaOH 溶液反应的误差分析:

引起误差的实验操作	$t_2 - t_1$	Q
保温措施不好	偏小	偏小
搅拌不充分	偏小	偏小
所用酸、碱浓度过大	偏大	偏大
用同浓度的氨水代替 NaOH 溶液	偏小	偏小
用同浓度的醋酸代替盐酸	偏小	偏小

### 【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 \_\_\_\_\_、压强和物质的 \_\_\_\_\_ 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\_\_\_\_\_。

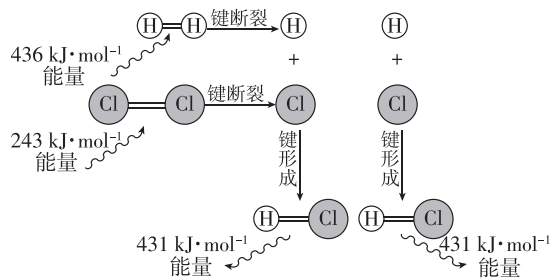
## 3. $\Delta H$ 的正、负规定

(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  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$  (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	$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$ 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。

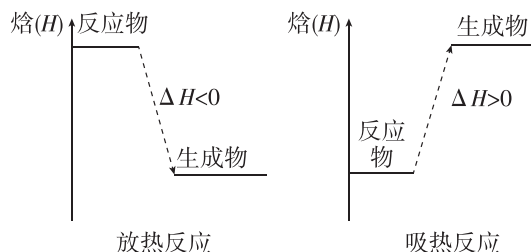
### [问题思考]

$\text{H}_2(\text{g})$  和  $\text{Cl}_2(\text{g})$  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? 试说明理由。

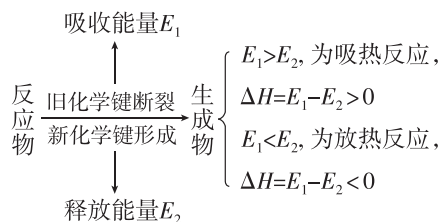
## 【核心知识讲解】

### 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。

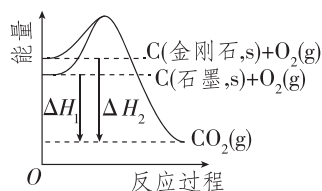
### 2. 常见的吸热反应和放热反应

(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、C 与  $\text{CO}_2$  的反应、C 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(或酸)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:

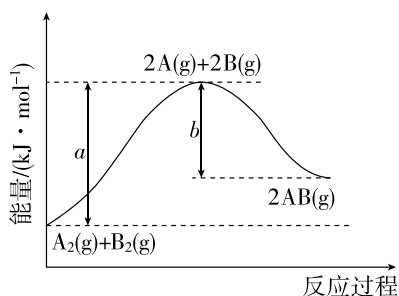


(1)金刚石和石墨谁更稳定?

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

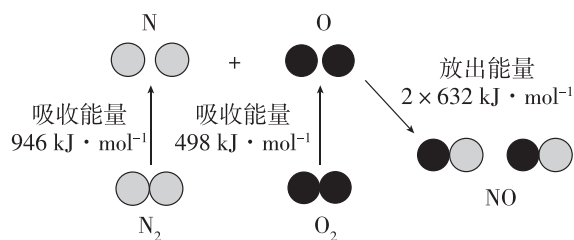
【知识迁移应用】

**例 2** [2026·湖南长沙六中高二分班考] 化学反应  $A_2(g) + B_2(g) \rightleftharpoons 2AB(g)$  的能量变化如图所示。下列有关叙述正确的是 ( )



- A. 该反应每生成 2 mol  $AB(g)$  吸收  $b$  kJ 热量
- B. 反应热  $\Delta H = +(a-b)$  kJ  $\cdot$  mol $^{-1}$
- C. 该反应中反应物的总能量高于生成物的总能量
- D. 断裂 1 mol  $A-A$  和 1 mol  $B-B$  放出  $a$  kJ 能量

**例 3** [2026·福建宁德高二期中]  $N_2(g)$  和  $O_2(g)$  反应生成  $NO(g)$  过程中的能量变化如图所示, 判断下列说法正确的是 ( )



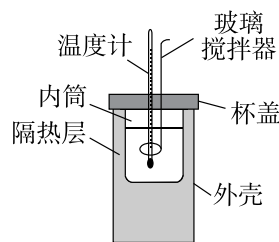
- A.  $N_2(g)$  和  $O_2(g)$  反应生成  $NO(g)$  是放热反应
- B. 2 mol O 原子结合生成  $O_2(g)$  时需要吸收 498 kJ 能量
- C. 1 mol  $NO(g)$  分子中的化学键断裂时需要吸收 1264 kJ 能量
- D. 1 mol  $N_2(g)$  和 1 mol  $O_2(g)$  反应生成 2 mol  $NO(g)$  的反应热  $\Delta H = +180$  kJ  $\cdot$  mol $^{-1}$

课堂评价

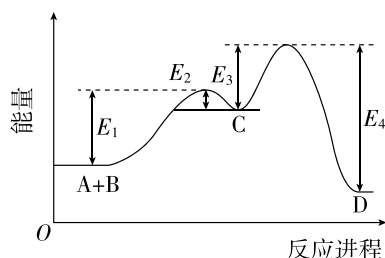
知识巩固 素养形成

1. 判断正误(正确的打“√”,错误的打“×”)。
  - (1)所有的化学反应都伴有能量的变化 ( )
  - (2)化学变化中的能量变化都是化学能与热能间的相互转化 ( )
  - (3)浓硫酸溶于水,体系的温度升高,该过程属

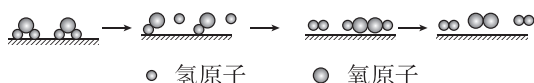
- 于放热反应 ( )
  - (4)中和反应反应热的测定实验中,应将 50 mL 0.55 mol  $\cdot$  L $^{-1}$  NaOH 溶液分多次倒入量热计的内筒 ( )
  - (5)石墨转化为金刚石需要吸收能量,所以石墨更稳定 ( )
  - (6)浓硫酸与 NaOH 溶液反应生成 1 mol  $H_2O$  (l),放出的热量为 57.3 kJ ( )
  - (7)中和反应反应热的测定实验中,测定盐酸后的温度计没有冲洗干净,立即测 NaOH 溶液的温度 ( )
- 2.** [2026·河北武安一中高二月考] 用 50 mL 0.50 mol  $\cdot$  L $^{-1}$  的盐酸与 50 mL 0.55 mol  $\cdot$  L $^{-1}$  的氢氧化钠溶液在如图所示装置中进行中和反应,通过测定反应过程中所放出的热量可计算中和反应的反应热。下列说法错误的是 ( )



- A. 玻璃搅拌器的作用是使盐酸与氢氧化钠溶液充分混合
  - B. 氢氧化钠溶液浓度较大的原因是保证盐酸充分反应
  - C. 为了使反应充分发生,可向酸溶液中分次加入碱溶液
  - D. 若用同浓度的醋酸溶液代替盐酸进行实验,所测得的中和反应的反应热  $\Delta H$  偏大
- 3.** [2025·天津北师大静海附属学校高二月考] 某反应由两步构成:①  $A+B \rightleftharpoons C$ , ②  $C \rightleftharpoons D$ 。该反应过程的能量变化如图所示, 下列叙述正确的是 ( )



- A. D比C稳定  
 B. 两步反应均为吸热反应  
 C.  $A+B \rightleftharpoons D$  的反应热为  $(E_1 + E_2 + E_3 - E_4)$   $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 D. 反应  $A+B \rightleftharpoons C$  一定需要加热才能发生
4. 中国科研人员利用太阳光在催化剂表面实现高效分解水的主要过程如图所示。



已知几种物质中化学键的键能如下表所示。

化学键	H—O	H—H	O=O
键能/ $(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	463	436	496

- 若反应过程中分解水的物质的量为 1 mol, 则产生的热量变化为 ( )
- A. 吸收 484 kJ                      B. 放出 484 kJ  
 C. 吸收 242 kJ                      D. 放出 242 kJ

## 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。

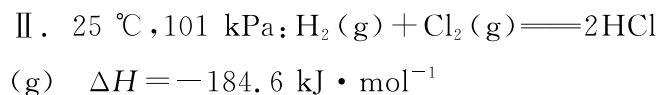
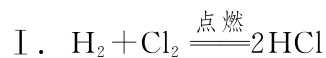
##### 2. 意义

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  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  和  $101 \text{ kPa}$  下, \_\_\_\_\_ 气态  $\text{H}_2$  和 \_\_\_\_\_ 气态  $\text{O}_2$  反应生成 \_\_\_\_\_ 时放出 \_\_\_\_\_ 的热量。

##### 【问题思考】

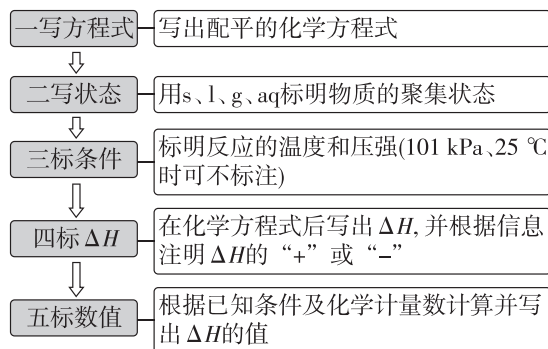
比较 I、II 两个方程式:



- 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  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  完全反应生成  $\text{CO}(\text{g})$  和  $\text{H}_2(\text{g})$ , 吸收 131.3 kJ 热量, 请写出该反应的热化学方程式: \_\_\_\_\_。

(2) 1.7 g  $\text{NH}_3(\text{g})$  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 °C、101 kPa 下,稀盐酸与稀 NaOH 溶液发生中和反应生成 1 mol H<sub>2</sub>O(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<sub>2</sub>(g) + 3H<sub>2</sub>(g)  $\rightleftharpoons$  2NH<sub>3</sub>(g)  $\Delta H = -92 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 请写出 1 mol NH<sub>3</sub>(g) 分解对应的热化学方程式:\_\_\_\_\_。

若 1 mol N<sub>2</sub>(g) 和 3 mol H<sub>2</sub>(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 kJ · mol<sup>-1</sup> 表示。

指定产物: C → \_\_\_\_\_, H → H<sub>2</sub>O(\_\_\_\_), S → \_\_\_\_\_, N → \_\_\_\_\_。

#### 2. 表示的意义

例如, C 的燃烧热为 393.5 kJ · mol<sup>-1</sup>, 表示在 101 kPa 时, 1 mol C 完全燃烧生成 CO<sub>2</sub>(g), 放出 393.5 kJ 的热量。

#### [问题思考]

已知  $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则氢气的燃烧热为 241.8 kJ · mol<sup>-1</sup>。这种说法是否正确?

### 【核心知识讲解】

#### 1. 反应热和燃烧热的比较

	反应热	燃烧热	中和反应 反应热
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	25 °C、101 kPa 时, 在稀溶液中, 强酸和强碱反应生成 1 mol 水时所放出的热量
能量变化	放热或吸热	放热	放热
$\Delta H$ 的大小	放热时, $\Delta H < 0$ 吸热时, $\Delta H > 0$	$\Delta H < 0$	$\Delta H < 0$
反应条件	等温	101 kPa	25 °C、101 kPa
反应物的量	不限	1 mol 纯物质	不限
生成物的量	不限	不限	1 mol H <sub>2</sub> O

#### 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:  $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) + \frac{5}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
 $\Delta H = -1\,299.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 即 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>(g) 的燃烧热为 1 299.6 kJ · mol<sup>-1</sup>。

#### 3. 燃烧热的计算

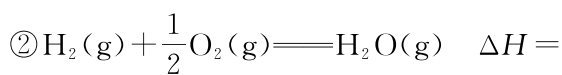
可燃物完全燃烧放出的热量的计算方法为  $Q_{\text{放}} = n(\text{可燃物}) \times |\Delta H|$ 。

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。

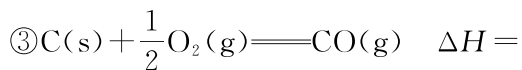
#### 【知识迁移应用】

**例 2** 已知下列热化学方程式:

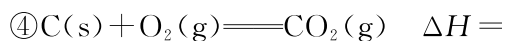
①  $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;



$-241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;



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



$-393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

回答下列问题:

(1)表示  $\text{H}_2$  燃烧热的热化学方程式为\_\_\_\_\_ (填序号,下同);表示 C 燃烧热的热化学方程式为\_\_\_\_\_。

(2)燃烧 1 g  $\text{H}_2$  生成液态水,放出的热量为\_\_\_\_\_。

**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  $^\circ\text{C}$ 、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  $^\circ\text{C}$ 、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  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  ( )

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

2. [2026·湖北孝感高级中学高二月考] 下列说法正确的是 ( )

A.  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = 2\text{HCl}(\text{g})$  在光照或点燃条件下  $\Delta H$  不同

B. 在一定条件下,将 0.5 mol  $\text{N}_2$  和 1.5 mol  $\text{H}_2$  置于密闭容器中充分反应生成  $\text{NH}_3$  放热 19.3 kJ,则其热化学方程式为  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -38.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

C. 已知: $\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1 = -Q_1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , $\text{S}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_2 = -Q_2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,则  $Q_1 > Q_2$

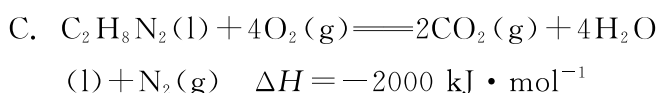
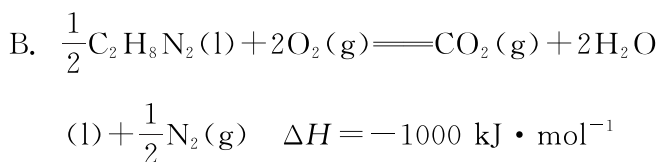
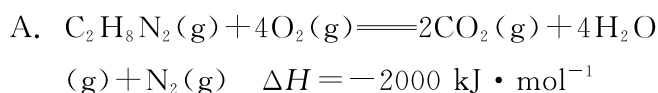
D. 101 kPa 时,2 g 氢气完全燃烧生成液态水放出 285.8 kJ 热量,有关氢气燃烧的热化学方程式表示为  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

3. 偏二甲肼( $C_2H_8N_2$ )常用作运载火箭的燃料,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。

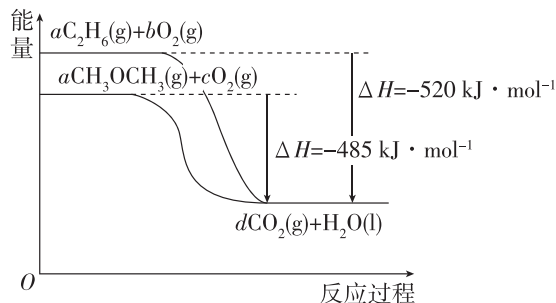
(1)在计算偏二甲肼的燃烧热时,碳、氮元素产生的指定产物是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

(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. [2025·福建连城一中高二开学考] 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

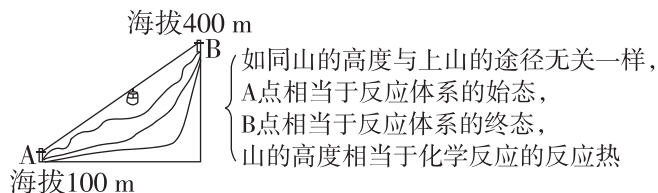
##### 【课前自主预习】

#### 1. 内容

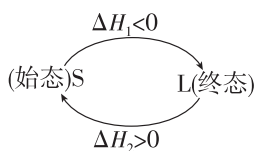
一个化学反应,不管是一步完成的还是分几步完成的,其反应热是\_\_\_\_\_ (填“相同”或“不同”)的。

#### 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:  $\Delta H_1 + \Delta H_2 = 0$ 。

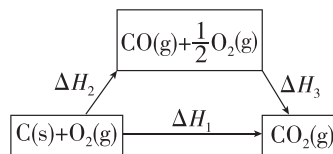
(3)特点

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: $\text{C}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}(\text{g})$ 。

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

$$\Delta H_2 = \Delta H_1 - \Delta H_3 = -393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} -$$

$$(-283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -110.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

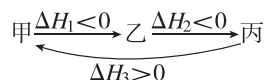
### 【核心知识讲解】

#### 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要计算 $\Delta H$ 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** [2025·湖北天门中学等校高二月考] 假设反应体系的始态为甲,中间态为乙,终态为丙,它们之间的变化如图所示。则下列说法正确的是 ( )



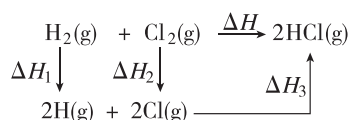
A.  $|\Delta H_1|$  一定大于  $|\Delta H_2|$

B.  $|\Delta H_1| < |\Delta H_3|$

C.  $\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H_3$

D.  $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$

**例 2** [2025·北京三十五中高二月考] 某同学为了估算反应  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = 2\text{HCl}(\text{g})$  的  $\Delta H$ ,构建如图所示循环。下列说法不正确的是 ( )



A.  $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3$

B.  $\Delta H_1$ 、 $\Delta H_2$ 、 $\Delta H_3$  均可由相应的键能数据得到

C. 按照该过程所示,断开的化学键均为非极性共价键

D. 该循环过程不一定表示反应的真实历程

[方法归纳] 运用盖斯定律解题的常用方法

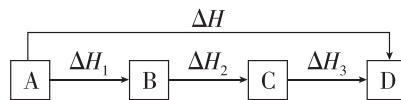
(1)“虚拟路径”法

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, $\Delta H$  同时进行相应的调整和运算。

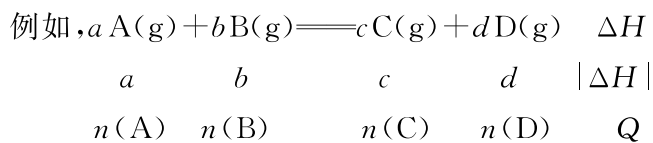
## ◆ 学习任务二 反应热的计算和大小比较

### 【核心知识讲解】

#### 一、反应热的计算

##### 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。



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

##### 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做同样变化。

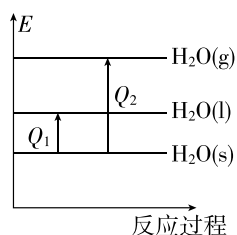
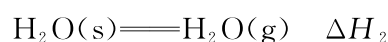
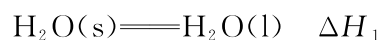
3. 根据反应物和生成物的键能(或能量)计算  
 $\Delta H = \Sigma(\text{反应物的总键能}) - \Sigma(\text{生成物的总键能})$ ;  
 $\Delta H = E(\text{生成物的总能量}) - E(\text{反应物的总能量})$ 。

4. 根据物质的燃烧热数值计算

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

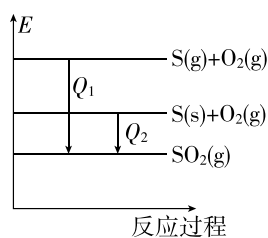
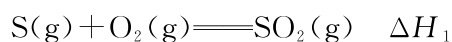
## 二、 $\Delta H$ 的大小比较

1. 同一物质不同聚集状态



由物质的能量( $E$ )的大小可知热量: $Q_1 < Q_2$ ,且均为吸热反应, $\Delta H$  为正值, $\Delta H_1 = Q_1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , $\Delta H_2 = Q_2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,得  $\Delta H_1 < \Delta H_2$ 。

2. 同一反应,物质的聚集状态不同

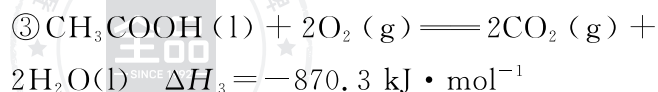
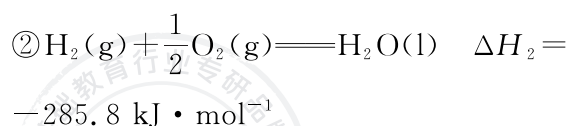
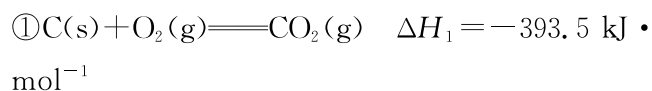


由物质的能量( $E$ )的大小可知热量: $Q_1 > Q_2$ ,此反应为放热反应,则  $\Delta H_1 = -Q_1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , $\Delta H_2 = -Q_2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,得  $\Delta H_1 < \Delta H_2$ 。

### 【知识迁移应用】

**例 3** [2026·河北秦皇岛实验中学高二开学考]

根据下列热化学方程式:



可计算出  $2\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOH}(\text{l})$  的反应热为 ( )

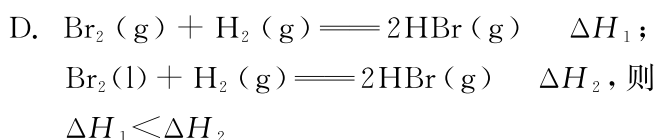
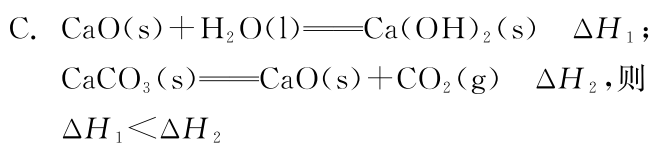
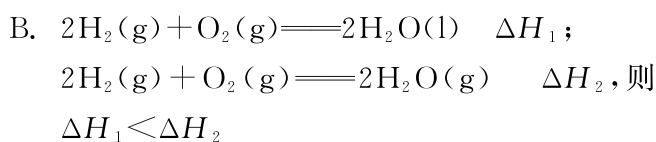
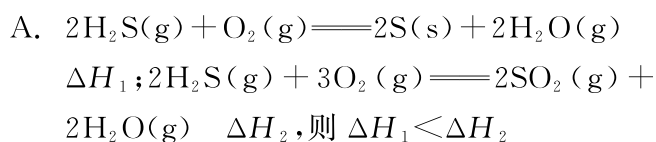
A.  $\Delta H = +244.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

B.  $\Delta H = -488.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

C.  $\Delta H = -996.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

D.  $\Delta H = +996.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

**例 4** 根据以下热化学方程式, $\Delta H_1$  和  $\Delta H_2$  的大小比较不正确的是 ( )



## 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  $\text{CH}_4(\text{g})$  生成  $\text{CO}_2$  气体与液态水,放出的热量与 1 mol  $\text{CH}_4(\text{g})$  完全燃烧生成  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}$ , $\text{CO}$  再燃烧生成  $\text{CO}_2$ ,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  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  的反应热时,可用下式表示: $\Delta H = 2E(\text{H}-\text{H}) + E(\text{O}=\text{O}) - 2E(\text{H}-\text{O})$  ( )

2. [2026·福建莆田二十五中高二月考] 已知 25 °C 时,某些物质的燃烧热数据如表:

物质	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{C}(\text{石墨},\text{s})$	$\text{C}(\text{金刚石},\text{s})$	$\text{CH}_4(\text{g})$
燃烧热 $\Delta H/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	-285.8	-393.5	-395.0	-890.3

下列热化学方程式书写正确的是 ( )

- A.  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   
 $\Delta H = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B.  $\text{CH}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{石墨}, \text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g})$   
 $\Delta H = +74.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- C.  $\text{C}(\text{石墨}, \text{s}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{金刚石}, \text{s})$   
 $\Delta H = -1.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D.  $\text{CH}_4(\text{g}) + \frac{3}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
 $\Delta H = -890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

3. [2025·湖北宜昌协作体高二期中] 工业上利用天然气和二氧化碳催化重整可以制备合成气:  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$   $\Delta H$ 。已知:

- ①  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
 $\Delta H_1 = -890 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- ②  $\text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g})$   $\Delta H_2 = -283 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- ③  $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   $\Delta H_3 = -286 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

④ C—H、C=O、H—H 键能依次为  $413 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $799 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

根据上述数据计算,  $\Delta H$ 、CO 中碳氧键的键能分别为 ( )

- A.  $-248 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $1011 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B.  $-248 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $1065 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- C.  $+248 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $1065 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D.  $+248 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $1011 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

4. 下列两组热化学方程式中, 有关  $\Delta H$  的比较正确的是 ( )

①  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   
 $\Delta H_1$

$\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$   $\Delta H_2$

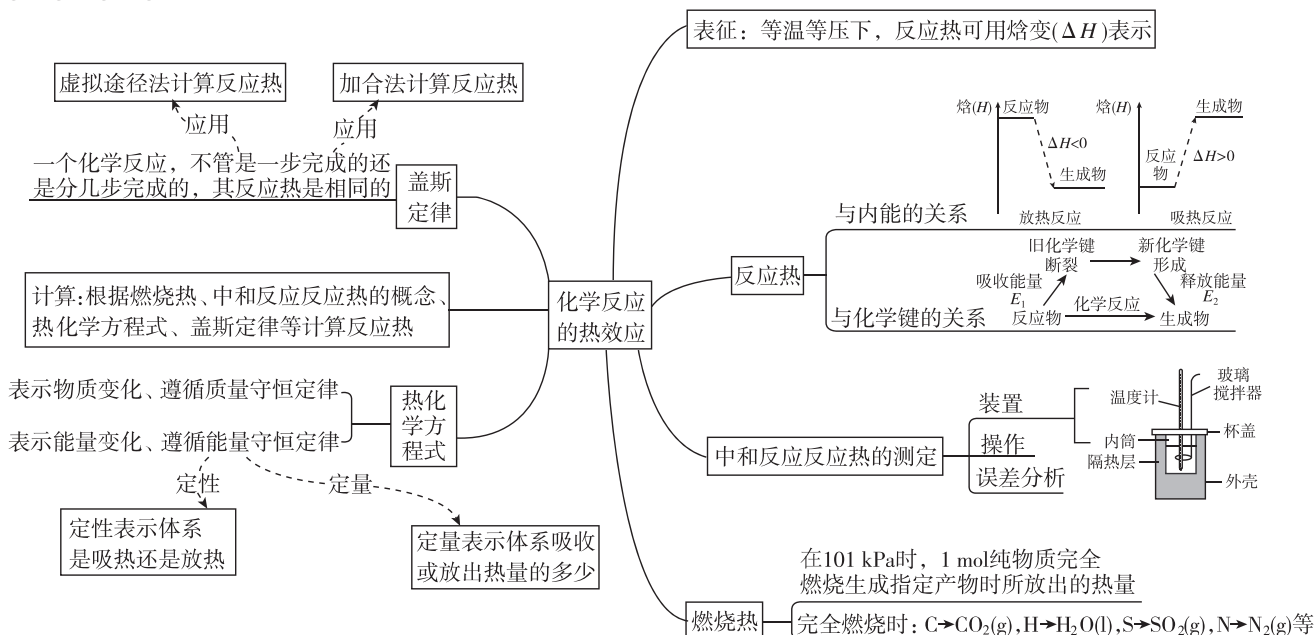
②  $\text{NaOH}(\text{aq}) + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   $\Delta H_3$

$\text{NaOH}(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COONa}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   $\Delta H_4$

- A.  $\Delta H_1 > \Delta H_2$ ;  $\Delta H_3 > \Delta H_4$
- B.  $\Delta H_1 > \Delta H_2$ ;  $\Delta H_3 < \Delta H_4$
- C.  $\Delta H_1 = \Delta H_2$ ;  $\Delta H_3 < \Delta H_4$
- D.  $\Delta H_1 < \Delta H_2$ ;  $\Delta H_3 > \Delta H_4$

## ► 本章素养提升

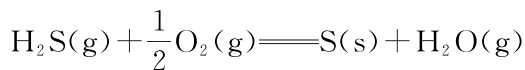
### 知识网络



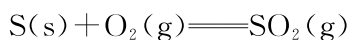
## 真题体验

### ◆ 角度一 热化学方程式书写

1. [2025·北京卷节选] 已知:



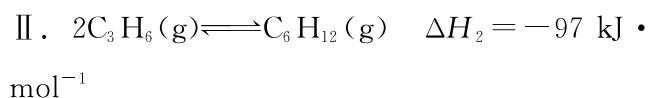
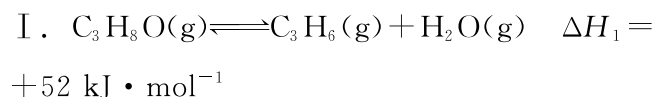
$$\Delta H = -221.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H = -296.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

由  $\text{H}_2\text{S}$  制  $\text{SO}_2$  的热化学方程式为 \_\_\_\_\_。

2. (1)[2022·福建卷节选] 异丙醇( $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ )可由生物质转化得到,催化异丙醇脱水制取高值化学品丙烯( $\text{C}_3\text{H}_6$ )的工业化技术已引起人们的关注,其主要反应如下:

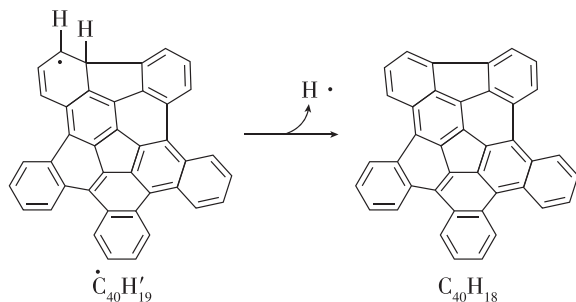
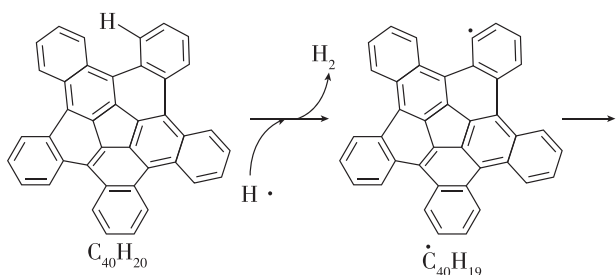


已知  $2\text{C}_3\text{H}_8\text{O}(\text{g}) + 9\text{O}_2(\text{g}) = 6\text{CO}_2(\text{g}) + 8\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -3750 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则  $\text{C}_3\text{H}_6(\text{g})$  燃烧生成  $\text{CO}_2(\text{g})$  和  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  的热化学方程式为 \_\_\_\_\_。

(2)[2022·河北卷节选] 298 K 时,1 g  $\text{H}_2$  燃烧生成  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  放热 121 kJ,1 mol  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  蒸发吸热 44 kJ,表示  $\text{H}_2$  燃烧热的热化学方程式为 \_\_\_\_\_。

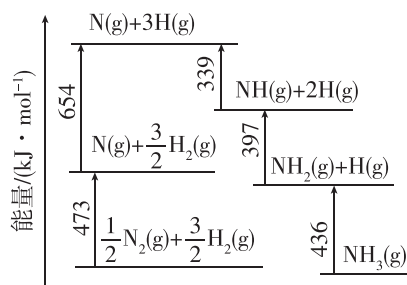
### ◆ 角度二 反应热的计算

3. (1)[2023·湖北卷节选]  $\text{C}_{40}\text{H}_{20}(\text{g}) \xrightarrow{\text{H}\cdot} \text{C}_{40}\text{H}_{18}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$  的反应机理如下:



已知  $\text{C}_{40}\text{H}_x$  中的碳氢键和碳碳键的键能分别为  $431.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  和  $298.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $\text{H}-\text{H}$  键能为  $436.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。估算  $\text{C}_{40}\text{H}_{20}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_{40}\text{H}_{18}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$  的  $\Delta H =$  \_\_\_\_\_  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2)[2023·全国新课标卷节选] 氨是最重要的化学品之一,我国目前氨的生产能力位居世界首位。根据如图所示数据计算反应  $\frac{1}{2}\text{N}_2(\text{g}) + \frac{3}{2}\text{H}_2(\text{g}) = \text{NH}_3(\text{g})$  的  $\Delta H =$  \_\_\_\_\_  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。



能量转换关系

4. (1)[2025·湖北卷节选]  $\text{CaH}_2(\text{s})$  粉末可在较低温度下还原  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ 。已知一定温度下:  
 $\text{CaH}_2(\text{s}) + 6\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) = \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s}) + 4\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) \quad \Delta H_1 = m \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 $2\text{CaH}_2(\text{s}) + \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) = 2\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s}) + 3\text{Fe}(\text{s}) \quad \Delta H_2 = n \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 则  $3\text{CaH}_2(\text{s}) + 2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) = 3\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s}) + 4\text{Fe}(\text{s})$  的  $\Delta H_3 =$  \_\_\_\_\_  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  (用  $m$  和  $n$  表示)。

(2)[2025·黑吉辽内蒙古卷节选] 乙二醇是一种重要化工原料,以合成气( $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$ )为原料合成乙二醇具有重要意义。

直接合成法:  $2\text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{催化剂}} \text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}(\text{g})$

已知  $\text{CO}(\text{g})$ 、 $\text{H}_2(\text{g})$ 、 $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}(\text{g})$  的燃烧热( $\Delta H$ )分别为  $-a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $-b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $-c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则上述合成反应的  $\Delta H =$  \_\_\_\_\_  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  (用  $a$ 、 $b$  和  $c$  表示)。