



教育图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

30⁺年专注教育行业

全品学练考

主编 肖德好

导学案

高中化学3

选择性必修1 RJ

北京
专版

数智教辅

索取二维码
贴此处
激活享受服务

— 全品AI学伴 —
7×24小时有问必答
高效预复习，吃透每一课

天津出版传媒集团
天津人民出版社

CONTENTS

目录 | 导学案

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	128

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	131
第 1 课时 化学反应速率	131
第 2 课时 影响化学反应速率的因素	133
第 3 课时 活化能	136
拓展微课 1 有关反应历程与能量变化的图像分析	139
第二节 化学平衡	140
第 1 课时 化学平衡状态	140
第 2 课时 化学平衡常数	143
第 3 课时 影响化学平衡的因素	146
拓展微课 2 平衡常数计算及应用	151
拓展微课 3 化学反应速率与平衡图像分析	152
第三节 化学反应的方向	154
第四节 化学反应的调控	156
① 本章素养提升	159

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	161
第二节 水的电离和溶液的 pH	165
第 1 课时 水的电离 溶液的酸碱性与 pH	165
第 2 课时 pH 的计算	167
第 3 课时 酸碱中和滴定	170
第三节 盐类的水解	174
第 1 课时 盐类的水解	174
第 2 课时 影响盐类水解的主要因素 盐类水解的应用	176
第 3 课时 溶液中粒子浓度大小的比较	181
拓展微课 4 电解质溶液中的常考曲线	184
第四节 沉淀溶解平衡	186
第 1 课时 难溶电解质的沉淀溶解平衡	186
第 2 课时 沉淀溶解平衡的应用	189
拓展微课 5 氧化还原滴定和沉淀滴定	191
本章素养提升	193

04 第四章 化学反应与电能

PART FOUR

第一节 原电池	196
第 1 课时 原电池的工作原理	196
第 2 课时 化学电源——一次电池和二次电池	199
第 3 课时 化学电源——燃料电池	201
第二节 电解池	203
第 1 课时 电解原理	203
第 2 课时 电解原理的应用	207
拓展微课 6 电化学装置中的离子交换膜	209
第三节 金属的腐蚀与防护	210
本章素养提升	215

◆ 参考答案	219
--------	-----

第一节 反应热

第1课时 反应热 焓变

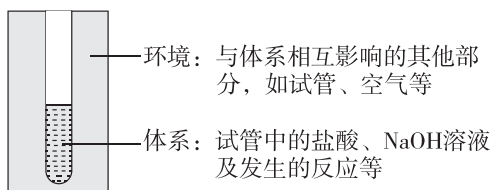
新课探究

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

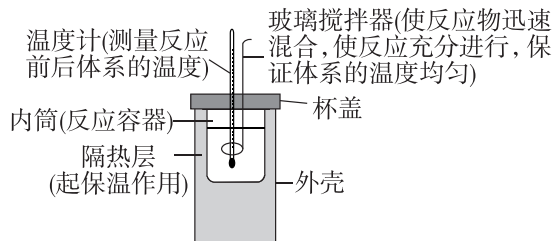
在_____条件下, 化学反应体系向环境_____或从环境_____的热量, 称为化学反应的热效应, 简称反应热。

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, 用水把温度计冲洗干净, 擦干备用, 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。密切关注温度变化, 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 重复实验操作两次, 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 $c = 4.18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ 。

该实验中盐酸和 NaOH 溶液反应放出的热量是_____, 生成 1 mol H_2O 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, 则所测中和反应生成 1 mol H_2O 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实验过程中液体洒出
 - 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就直接去测量碱的温度
 - ④混合后未达到最高温度就进行温度计读数
- (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)

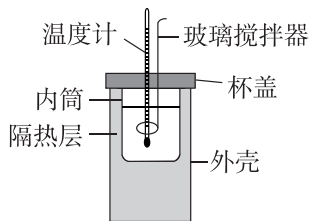
2. 误差分析

50 mL 0.50 mol · L⁻¹ 盐酸与 50 mL 0.55 mol · L⁻¹ NaOH 溶液反应放出的热量 Q 的误差分析如表所示。

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⁻¹ NaOH 溶液与 60 mL 0.50 mol · L⁻¹ 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,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 / °C			终止温度 t_2 / °C	平均温度差 $(t_2 - t_1)$ / °C
	H ₂ SO ₄ 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⁻¹ NaOH 溶液与 0.50 mol ·

L⁻¹ 硫酸溶液的密度都是 1 g · cm⁻³,中和后生成溶液的比热容 $c = 4.2 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$,依据实验数据,生成 1 mol H₂O(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。

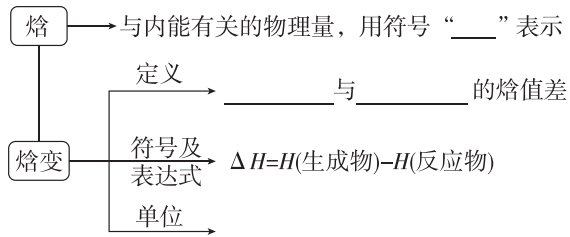
◆ 学习任务二 反应热与焓变

【课前自主预习】

1. 内能

内能是体系内物质的各种 _____ 的总和,受 _____、_____ 和物质的 _____ 等影响。化学反应中产生反应热是由于化学反应前后体系的 _____ (符号为 U) 发生了变化。

2. 焓和焓变



3. ΔH 与吸热反应和放热反应

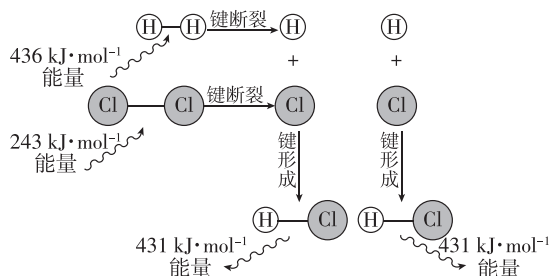
反应类型	放热反应	吸热反应
图像		

(续表)

反应类型	放热反应	吸热反应
焓变 (ΔH)	ΔH 为“-”，即 ΔH _____ 0，反应体系向环境 _____，其焓 _____	ΔH 为“+”，即 ΔH _____ 0，反应体系从环境中 _____，其焓 _____

4. 微观角度认识反应热实质

(1)实例:已知在 25 ℃ 和 101 kPa 下,1 mol H_2 和 1 mol Cl_2 反应生成 2 mol HCl 时放出 184.6 kJ 的热量,该反应的反应热 $\Delta H = -184.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。以 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$ (25 ℃、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)分析:化学键变化所得结果与实验测得的该反应的反应热($\Delta H = -184.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)很接近。

(3)结论: _____ 时的能量变化是化学反应中能量变化的主要原因。

(4) $\text{H}_2(\text{g})$ 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 ΔH 是否发生变化? _____ (填“是”或“否”),原因是 _____。

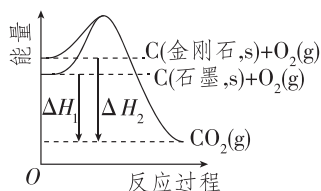
(5)键能的概念:指气态分子中 1 mol 化学键解离成气态原子所吸收的能量。

【问题思考】

(1)浓硫酸稀释、氢氧化钠固体溶于水等放出热量,是放热反应吗?硝酸铵晶体溶于水、物质的电离等吸收热量,是吸热反应吗?

(2)不需要加热就能发生的反应一定是放热反应吗?需要加热才能发生的反应一定是吸热反应吗?

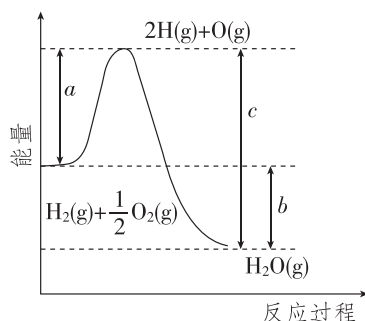
(3)能量越低越稳定。根据图像回答下列问题:



①金刚石和石墨谁更稳定?

② ΔH_1 与 ΔH_2 相比,哪一个较大?

(4)已知 H_2 和 O_2 反应过程中能量的变化如图所示:



①上述反应是放热反应还是吸热反应?

②图中 a 、 b 、 c 分别代表什么意义?

③上述反应的焓变 ΔH 与 a 、 b 、 c 有什么关系?

【核心知识讲解】

1. 放热反应与吸热反应的比较

类型 比较	放热反应	吸热反应
定义	放出热量的化学反应	吸收热量的化学反应
宏观原因	反应物具有的总能量 > 生成物具有的总能量	反应物具有的总能量 < 生成物具有的总能量

(续表)

类型 比较	放热反应	吸热反应
微观原因	反应物 吸收能量E_1 旧化学键断裂 新化学键形成 放出能量E_2 生成物 $E_1 > E_2$, 吸收热量, $\Delta H > 0$ $E_1 < E_2$, 放出热量, $\Delta H < 0$	
与键能的关系	反应物的键能总和 < 生成物的键能总和	反应物的键能总和 > 生成物的键能总和
焓变	$\Delta H < 0$	$\Delta H > 0$
图示		
能量变化	体系的能量降低	体系的能量升高
实例	$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g}) \quad \Delta H = -184.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +131.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
常见反应类型	①燃烧反应; ②酸碱中和反应; ③大多数化合反应; ④活泼金属跟酸的置换反应; ⑤铝热反应; ⑥物质的缓慢氧化; ⑦ H_2O_2 的分解反应	①大多数分解反应; ② $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 与 NH_4Cl 的反应; ③C和 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 、C和 CO_2 等的反应; ④盐酸与碳酸氢钠的反应

2. 计算反应热的方法

(1) 根据物质具有的能量来计算

$$\Delta H = E(\text{总生成物}) - E(\text{总反应物})$$

(2) 根据化学键的键能来计算

$$\Delta H = \text{反应物的键能总和} - \text{生成物的键能总和}$$

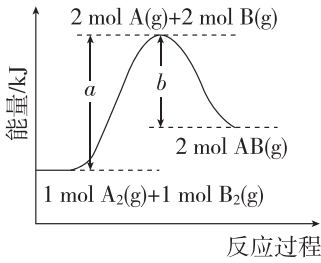
(3) 根据反应过程中能量的变化来计算

$$\Delta H = \text{反应物断键吸收的总能量} - \text{生成物成键放出的总能量}$$

【知识迁移应用】

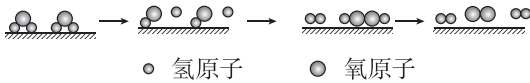
例 2 [2026·北京十一校高二月考] 反应 $\text{A}_2(\text{g}) + \text{B}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{AB}(\text{g})$ 的能量变化示意图如图所示。下列说法正确的是 ()

- A. 1 mol $\text{A}_2(\text{g})$ 和 1 mol $\text{B}_2(\text{g})$ 的内能之和为 a kJ
B. 该反应每生成 2 个 AB 分子, 吸收能量 $(a-b)$ kJ



- C. 该反应每生成 1 mol $\text{AB}(\text{g})$, 放出能量 b kJ
D. 反应 $\text{A}_2(\text{g}) + \text{B}_2(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{AB}(\text{g}) \quad \Delta H = x \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $x > (a-b)$

例 3 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表所示。

化学键	H—O	H—H	O=O
键能/(kJ·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

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·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 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, 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 ()

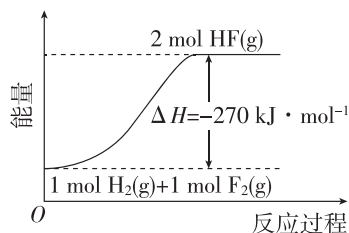
2. 下列说法正确的是 ()

- A. 焓变和热量的单位均为 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
B. 当反应放热时 $\Delta H > 0$, 反应吸热时 $\Delta H < 0$
C. 一个化学反应中, 当反应物的总焓大于生成物的总焓时, 反应放热, ΔH 为“-”

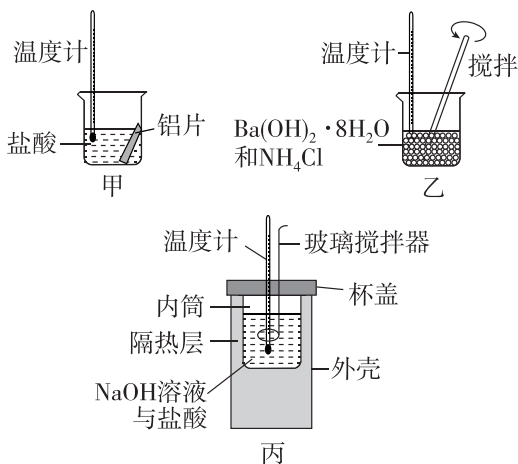
D. 一个化学反应中,当生成物的总键能大于反应物的总键能时,反应吸热, ΔH 为“+”

3. 已知 $1\text{ mol H}_2(\text{g})$ 和 $1\text{ mol F}_2(\text{g})$ 反应生成 $2\text{ mol HF}(\text{g})$ 的 $\Delta H = -270\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。下列说法正确的是 ()

- A. 在相同条件下, $1\text{ mol H}_2(\text{g})$ 与 $1\text{ mol F}_2(\text{g})$ 的能量总和大于 $2\text{ mol HF}(\text{g})$ 的能量
 B. $1\text{ mol H}_2(\text{g})$ 与 $1\text{ mol F}_2(\text{g})$ 反应生成 2 mol 液态 HF 放出的热量小于 270 kJ
 C. 该反应的逆反应是放热反应
 D. 该反应过程的能量变化可用下图表示



4. 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 $1\text{ mol H}_2\text{O}$ 时放出的热量偏高

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

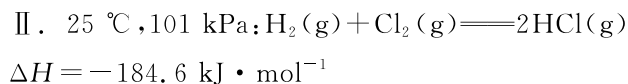
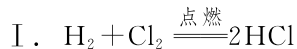
表明反应所 _____ 的化学方程式。

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: $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow{\quad} 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -571.6\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 表示在 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 和 101 kPa 下, _____ 气态 H_2 和 _____ 气态 O_2 反应生成 _____ 时放出 _____ 的热量。

【问题思考】

(1) 比较 I、II 两个方程式:

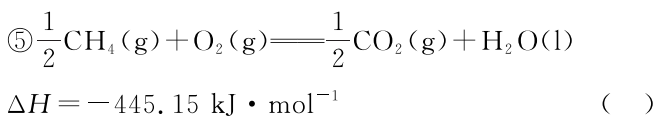
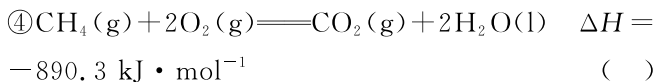
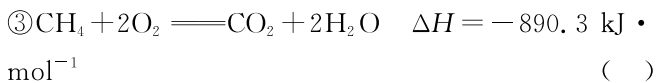
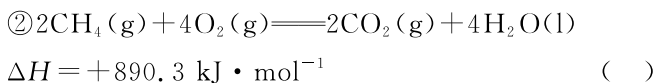
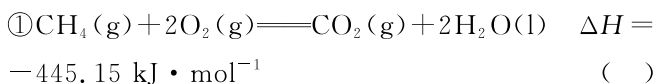


① 属于热化学方程式的是 _____ (填序号)。

② 热化学方程式与化学方程式相比较,不同之处为 _____。

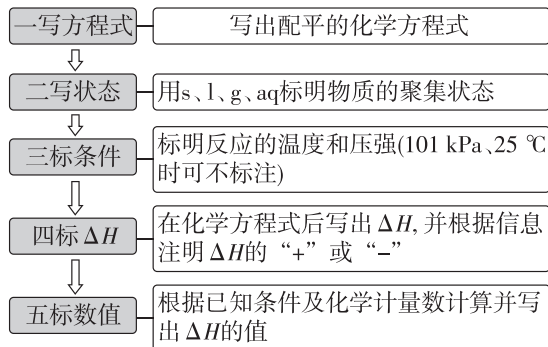
③ 热化学方程式中注明物质聚集状态的原因是 _____。

(2) $25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 101 kPa 时, 0.5 mol CH_4 完全燃烧生成 CO_2 气体和液态 H_2O 时,放出 445.15 kJ 的热量。判断下列热化学方程式的正误,错误的指出错误的原因。



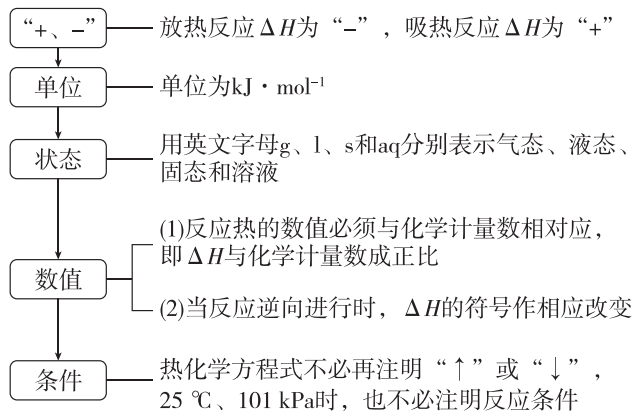
【核心知识讲解】

1. 热化学方程式的书写



[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ΔH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ΔH相对应,如果化学计量数加倍,则ΔH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。

2. 热化学方程式的正误判断



【知识迁移应用】

例1 [2025·北京人大附中高二统练] 下列热化学方程式的书写及其对应关系均正确的是(ΔH的绝对值均正确) ()

- A. 常温下乙醇燃烧: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -1367.0 \text{ kJ}$
 B. 硫粉与空气反应: $\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -269.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 C. 中和反应: $\text{NaOH}(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = +57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 D. NO_2 在一定条件下分解: $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO} + \text{O}_2 \quad \Delta H = +116.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

例2 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 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 时,放出57.3 kJ的热量,其热化学方程式可表示为_____。

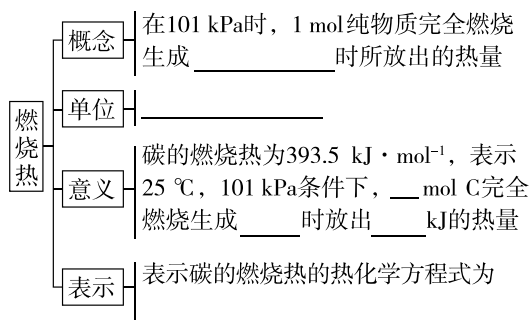
(4)已知 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -92 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,请写出1 mol $\text{NH}_3(\text{g})$ 分解对应的热化学方程式:_____。

若1 mol $\text{N}_2(\text{g})$ 和3 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 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】

概念及意义



指定产物: C→_____, H→ H_2O (_____), S→_____, N→_____。

【问题思考】

(1)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⁻¹。这种说法是否正确?

(2) $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 的反应热是_____,

H_2 的燃烧热是_____;
 $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 的反应热是_____,
 H_2 的燃烧热是_____。

如此可知反应热的数值与化学计量数_____ (填“有关”或“无关”,下同),燃烧热的数值与化学计量数_____。

【核心知识讲解】

1. 对燃烧热的理解

- (1)反应条件:101 kPa(书中给出的燃烧热数值均为25 ℃和101 kPa条件下测得)。
- (2)物质的燃烧热要求的是纯物质。
- (3)“完全燃烧生成指定产物”是指单质或化合物燃烧后变为最稳定的物质。完全燃烧时,下列元素要生成对应的物质:C→CO₂(g),H→H₂O(l),S→SO₂(g),N→N₂(g)。C→CO不是完全燃烧;S→SO₃,SO₃不是S的燃烧产物;生成的水为液态,不能是气态。
- (4)文字叙述燃烧热时用正值,用ΔH表示燃烧热时用负值,例如,CH₄的燃烧热为890.3 kJ·mol⁻¹或ΔH=-890.3 kJ·mol⁻¹。

2. 反应热与燃烧热的比较

	反应热	燃烧热
含义	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	在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
能量的变化	放热或吸热	放热
ΔH 的大小	放热时,ΔH<0 吸热时,ΔH>0	ΔH<0
表述方法	用文字叙述或用ΔH表示	用文字叙述时不带“-”,用ΔH表示时带“-”
反应条件	等温条件下(等压条件下的反应热为ΔH)	101 kPa
反应物的量	不限	1 mol 纯物质
生成物的量	不限	不限

3. 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:C₂H₂(g)+ $\frac{5}{2}$ O₂(g)====2CO₂(g)+H₂O(l)
ΔH=-1 299.6 kJ·mol⁻¹,即C₂H₂(g)的燃烧热为1 299.6 kJ·mol⁻¹。

4. 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_放=n(可燃物)×|ΔH|。
式中:Q_放为可燃物燃烧反应放出的热量;n为可燃物的物质的量;ΔH为可燃物的燃烧热。

【知识迁移应用】

例3 已知下列热化学方程式:

- ①H₂(g)+ $\frac{1}{2}$ O₂(g)====H₂O(l) ΔH=-285.8 kJ·mol⁻¹;
- ②H₂(g)+ $\frac{1}{2}$ O₂(g)====H₂O(g) ΔH=-241.8 kJ·mol⁻¹;
- ③C(s)+ $\frac{1}{2}$ O₂(g)====CO(g) ΔH=-110.5 kJ·mol⁻¹;
- ④C(s)+O₂(g)====CO₂(g) ΔH=-393.5 kJ·mol⁻¹。

回答下列问题:

- (1)表示H₂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 H₂生成液态水,放出的热量为_____。

例4 奥运会火炬常用的燃料为丙烷(C₃H₈)、丁烷(C₄H₁₀)等。已知:

化合物	甲烷 (CH ₄)	乙烷 (C ₂ H ₆)	丙烷 (C ₃ H ₈)	正丁烷 (CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃)	异丁烷 [CH ₃ CH(CH ₃) ₂]
状态	g	g	g	g	g
燃烧热/ (kJ·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_____。

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 ΔH 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 $H_2(g)$ 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 $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + 2H_2O(l) \quad \Delta H = -890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ()

(6)对于可逆反应,热化学方程式后的 ΔH 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 $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g) \quad \Delta H = -184.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,则 $2HCl(g) \rightleftharpoons H_2(g) + Cl_2(g) \quad \Delta H = +184.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ()

2. 已知 $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g) \quad \Delta H = -183 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,其他相关数据如表所示。

物质	H_2	Cl_2	HCl
1 mol 分子中的化学键断裂时吸收的能量/kJ	436	a	431

下列说法正确的是 ()

- A. $a = 243$
 B. $H_2(g)$ 和 $Cl_2(g)$ 的总能量小于 $HCl(g)$
 C. 1 L H_2 完全反应放出 183 kJ 热量
 D. 生成 2 mol $HCl(l)$ 的能量变化小于 183 kJ

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_____。

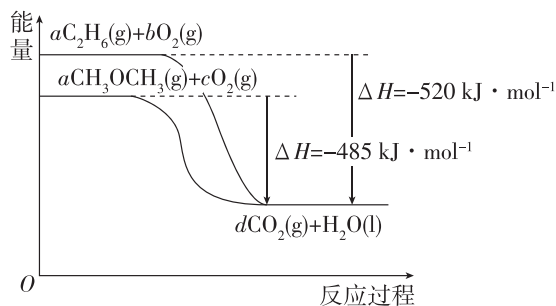
(3)下列表示偏二甲肼燃烧的热化学方程式正确的是_____(填字母,下同),其中表示偏二甲肼燃烧热的热化学方程式为_____。

A. $C_2H_8N_2(g) + 4O_2(g) \rightleftharpoons 2CO_2(g) + 4H_2O(g) + N_2(g) \quad \Delta H = -2000 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

B. $\frac{1}{2}C_2H_8N_2(l) + 2O_2(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + 2H_2O(l) + \frac{1}{2}N_2(g) \quad \Delta H = -1000 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

C. $C_2H_8N_2(l) + 4O_2(g) \rightleftharpoons 2CO_2(g) + 4H_2O(l) + N_2(g) \quad \Delta H = -2000 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

4. 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

◆ 学习任务一 盖斯定律

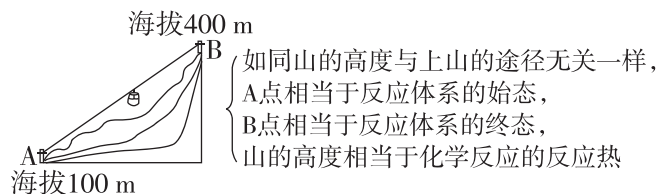
【课前自主预习】

1. 内容

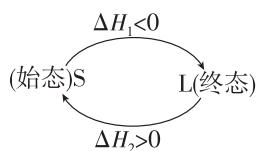
一个化学反应,不管是一步完成的还是分几步完成的,其反应热是_____ (填“相同”或“不同”)的。

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: $\Delta H_1 + \Delta H_2 = 0$ 。

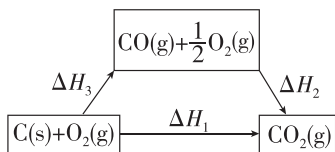
(3)特点

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

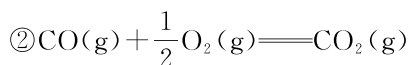
(1)可以间接计算一些不易直接发生的、伴随副反应发生的、反应进行很慢的的反应的反应热。

(2)示例



已知: ① $C(s) + O_2(g) = CO_2(g)$

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



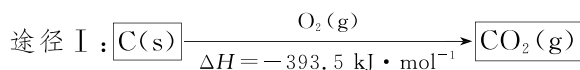
$$\Delta H_2 = -283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

分析上述热化学方程式的关系, 将反应①减去反应

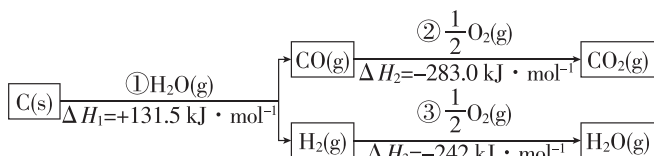
②, 得到反应: $C(s) + \frac{1}{2}O_2(g) = CO(g)$ 。根据盖斯定律可得 $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$, 则有 $\Delta H_3 = \Delta H_1 - \Delta H_2 = -393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (-283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -110.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

【问题思考】

炭在火炉中燃烧很旺时, 再往炉膛内红热的炭上喷洒少量水的瞬间, 炉子内火会更旺。炭作为燃料可发生下列两种途径的转化:



途径 II:



(1)途径 I 中反应物和生成物分别是什么? 写出反应的热化学方程式。

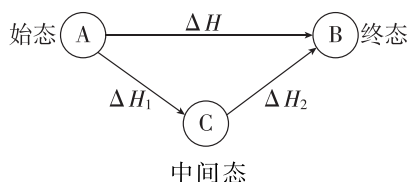
(2)途径 II 中最初的反应物和最终的生成物是什么? 分别写出步骤①②③的热化学方程式。

(3)将途径 II 中三个热化学方程式相加(即①+②+③)得到的热化学方程式是什么? 判断途径 I 和途径 II 中相同质量的碳完全燃烧放出的热量有何关系?

(4)找出途径 I (ΔH) 与途径 II (ΔH_1 、 ΔH_2 、 ΔH_3) 中反应热之间有何关系? 由此你得出的结论是什么?

【核心知识讲解】

1. 盖斯定律的图解

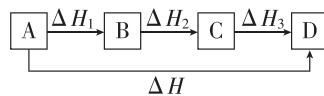


(1)化学反应由始态 A 到终态 B 有两条途径: 途径 I 是由始态 A 直接到终态 B; 途径 II 是由始态 A 到中间态 C, 再到终态 B, 反应的途径不同, 但反应热存在关系: $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$ 。

(2)在物质发生化学变化的过程中, 能量变化以物质变化为基础, 且能量变化(反应热)只与始态、终态物质的总能量有关, 与中间过程无关。

2. 运用盖斯定律解题的常用方法

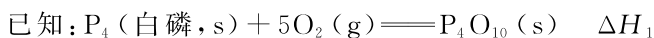
(1)虚拟路径法。若反应物 A 变为生成物 D, 可以有两个途径: ①由 A 直接变成 D, 反应热为 ΔH ; ②由 A 经过 B 变成 C, 再由 C 变成 D, 每步的反应热分别为 ΔH_1 、 ΔH_2 、 ΔH_3 , 如图所示:



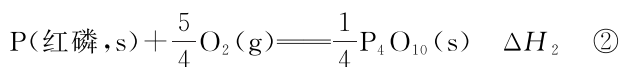
则有 $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$ 。

(2)加合法: 即运用所给化学方程式就可通过加减的方法得到新化学方程式。

如: 求 $P_4(\text{白磷}) = 4P(\text{红磷})$ 的热化学方程式。

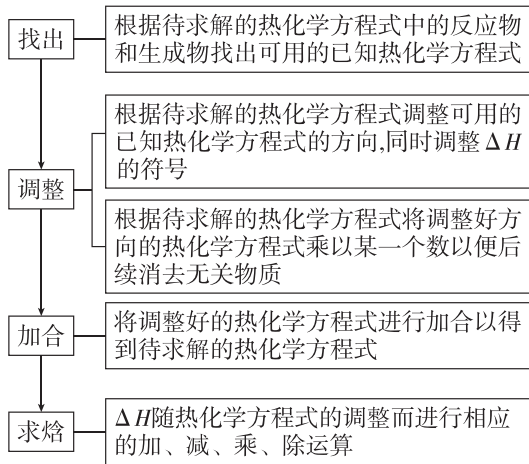


①



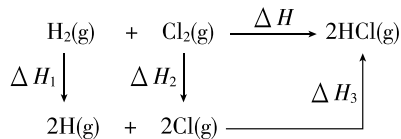
即可用①－②×4 得出白磷转化为红磷的热化学方程式。

3. 运用盖斯定律计算 ΔH 的步骤



【知识迁移应用】

例 1 [2025·北京三十五中高二月考] 某同学为了估算反应 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$ 的 ΔH , 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. ΔH_1 、 ΔH_2 、 ΔH_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

例 2 已知:

- ① $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_1$
- ② $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) \quad \Delta H_2$
- ③ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{g}) + 6\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 6\text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_3$

则 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + 6\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 6\text{CO}_2(\text{g})$
 $\Delta H =$ _____。

◆ 学习任务二 反应热的计算

【课前自主预习】

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, $a\text{A}(\text{g}) + b\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons c\text{C}(\text{g}) + d\text{D}(\text{g}) \quad \Delta H$

$$\begin{array}{ccccccc} a & b & c & d & & & |\Delta H| \\ n(\text{A}) & n(\text{B}) & n(\text{C}) & n(\text{D}) & & & Q \end{array}$$

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。

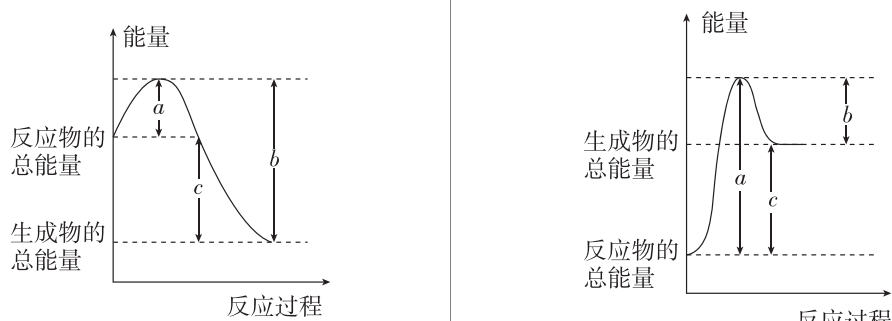
【问题思考】

(1) $\text{Na}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NaCl}(\text{s}) \quad \Delta H = -411 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 求生成 2 mol NaCl 的反应热。

(2) 已知乙醇的燃烧热 $\Delta H = -1\,366.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 求 1 kg 乙醇充分燃烧后放出多少热量?

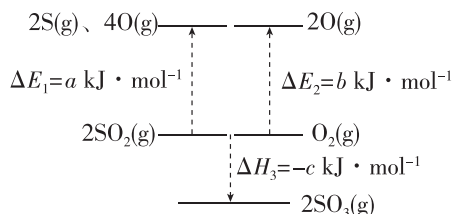
【核心知识讲解】

计算依据	计算方法
热化学方程式	热化学方程式与数学上的方程式相似,可以左右移项,同时改变正负号,各物质前面的化学计量数以及 ΔH 的数值可以同时扩大或缩小相同的倍数
盖斯定律	根据盖斯定律,可以将两个或两个以上的热化学方程式(包括其 ΔH)相加或相减(必要的时候,在热化学方程式相加或相减之前需要乘或除以一个数),得到一个新的热化学方程式
燃烧热	可燃物完全燃烧产生的热量 = 可燃物的物质的量 × 其燃烧热
中和反应反应热	中和反应放出的热量 = $n(\text{H}_2\text{O}) \times \Delta H $ (ΔH 表示生成 1 mol H ₂ O 时的反应热)
化学键的变化	$\Delta H = \text{反应物的化学键断裂所吸收的能量之和} - \text{生成物的化学键形成所放出的能量之和}$
反应物和生成物的总能量	$\Delta H = E_{\text{生成物}} - E_{\text{反应物}}$

计算依据	计算方法
根据图像	 $\Delta H = (a - b) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ $\Delta H = (a - b) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = +c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

【知识迁移应用】

例 3 SO_2 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: $\text{SO}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \quad \Delta H_4 = -d \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 且 a, b, c, d 均为正值。下列说法错误的是 ()



- A. SO_2 催化氧化反应的热化学方程式为 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H_3 = -c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{s})$ 的 $\Delta H < \Delta H_3$
- C. 由 $\text{S}(\text{g})$ 和 $\text{O}(\text{g})$ 形成 1 mol $\text{SO}_3(\text{g})$ 中所含化学键放出的能量为 $\frac{a+b+c}{2} \text{ kJ}$
- D. $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \quad \Delta H = -(c+d) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

例 4 [2025 · 北京丰台二中高二月考] S (单斜) 和 S (正交) 是硫的两种同素异形体。

已知: ① $\text{S}(\text{单斜}, \text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1 = -297.16 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

② $\text{S}(\text{正交}, \text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_2 = -296.83 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

③ $\text{S}(\text{单斜}, \text{s}) \rightleftharpoons \text{S}(\text{正交}, \text{s}) \quad \Delta H_3$

下列说法正确的是 ()

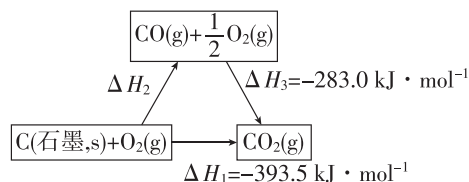
- A. $\Delta H_3 = +0.33 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. 单斜硫转化为正交硫的反应是吸热反应
- C. 正交硫储存的能量大于单斜硫
- D. $\text{S}(\text{单斜}, \text{s}) \rightleftharpoons \text{S}(\text{正交}, \text{s}) \quad \Delta H_3 < 0$, 正交硫比单斜硫稳定

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“×”)。

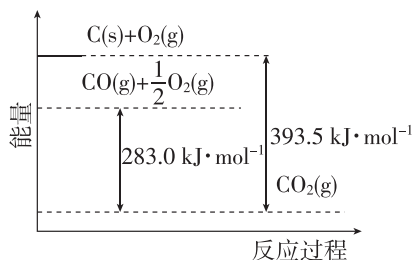
- (1) 甲烷细菌使 1 mol $\text{CH}_4(\text{g})$ 生成 CO_2 气体与液态水, 放出的热量与 1 mol $\text{CH}_4(\text{g})$ 完全燃烧生成 CO_2 气体与液态水放出的热量相同 ()
- (2) 控制碳的燃烧路径, C 先燃烧生成 CO , CO 再燃烧生成 CO_2 , 能够放出更多热量 ()
- (3) 同温同压下, 氢气和氯气分别在光照条件下和点燃条件下发生反应, 反应的 ΔH (化学计量数对应相等) 不同 ()
- (4) 放热反应放出的热量越多, ΔH 就越大 ()
- (5) 如果用 E 表示破坏(或形成) 1 mol 化学键所消耗(或释放) 的能量, 则求 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 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. 依据图示关系和金刚石燃烧的热化学方程式, 下列说法不正确的是 ()



金刚石燃烧的热化学方程式: $\text{C}(\text{金刚石}, \text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -395.41 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

- A. $\Delta H_2 = -110.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. $\text{C}(\text{石墨}, \text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) \quad \Delta H = \Delta H_2 - \Delta H_3$
- C. 金刚石比石墨稳定
- D. 化学反应的 ΔH , 只与反应体系的始态和终态有关, 与反应途径无关

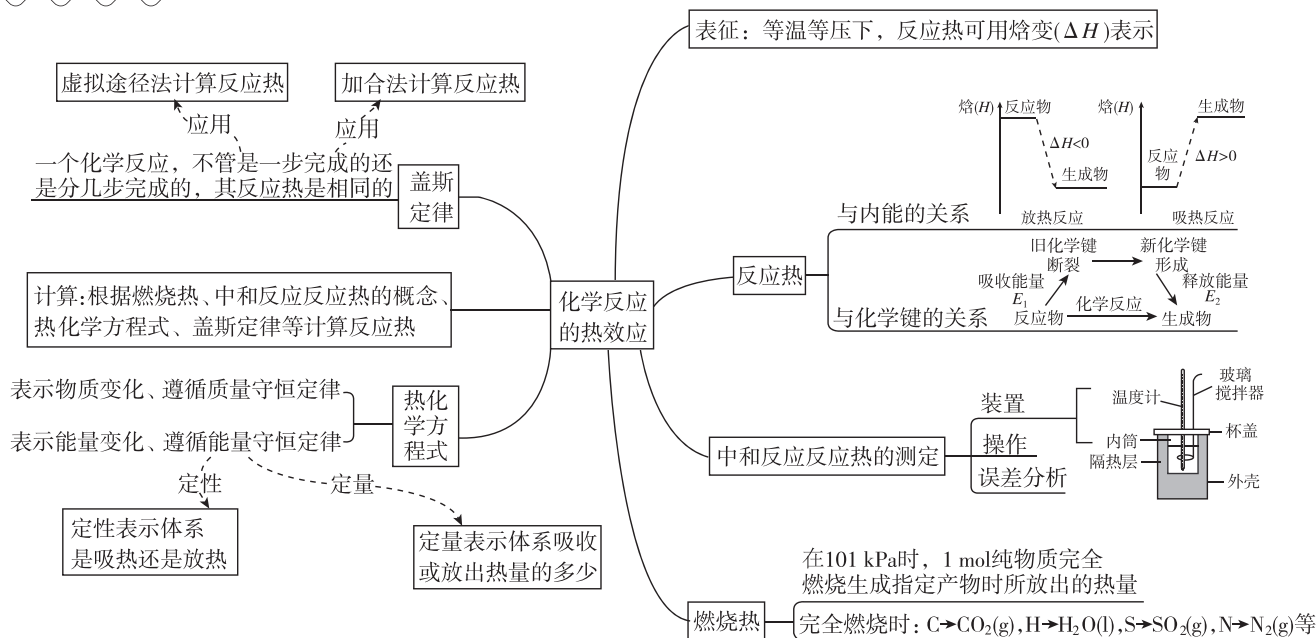
3. 根据能量变化示意图得出的结论正确的是 ()



- A. 1 mol C(s)比1 mol CO₂(g)所含有的能量高 393.5 kJ
- B. $2\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) \quad \Delta H = -110.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- C. $\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D. 一氧化碳的燃烧热为 283.0 kJ

► 本章素养提升

知识网络



素养提升

◆ 探究点一 热化学方程式的解读

例 1 [2026·北京二中高二月考] 下列说法中正确的是 ()

- A. $\text{Zn}(\text{s}) + \text{CuSO}_4(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{ZnSO}_4(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s}) \quad \Delta H = -216 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 生成物总能量大于反应物总能量
- B. 在 101 kPa 时, $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, H₂ 的燃烧热为 571.6 kJ·mol⁻¹
- C. 相同条件下, 如果 1 mol 氢原子所具有的能量为 E₁, 1 mol 氢分子的能量为 E₂, 则 2E₁ > E₂
- D. $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 可用来表示含 1 mol NaOH 的氢氧化钠溶液与含 0.5 mol H₂SO₄ 的浓硫酸混合后放出 57.3 kJ 的热量

变式 [2026·北京中关村中学高二月考] 下列有关热化学方程式的叙述正确的是 ()

- A. 已知 $4\text{P}(\text{红磷}, \text{s}) \rightleftharpoons \text{P}_4(\text{白磷}, \text{s}) \quad \Delta H > 0$, 则等质量的白磷比红磷所具有的能量低
- B. 已知 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -483.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 1 mol H₂ 完全燃烧生成液态水放出 241.8 kJ 的热量
- C. 含 0.5 mol NaOH 的稀溶液与足量稀硫酸完全中和, 放出 28.7 kJ 的热量, 则该反应的热化学方程式可表示为 $2\text{NaOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -114.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D. 已知 $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 水分解过程中断键吸收的总能量小于成键放出的总能量

[方法策略]

(1)物质的能量越低则越稳定,对于同素异形体的转化或同一物质不同聚集态的转化,根据 ΔH 的正负可知物质的稳定性。

(2)对放热反应来说, $\Delta H = -Q (Q > 0) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,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, ΔH 反而越小。

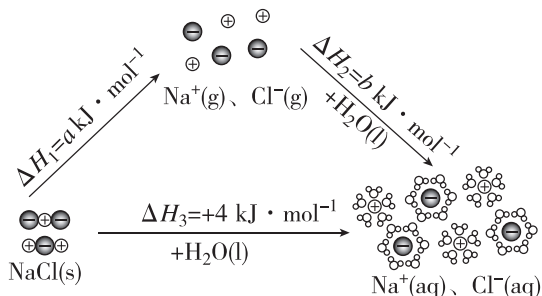
(3)根据物质从固态到液态到气态的转化过程吸热,对给定热化学方程式中物质状态发生变化后的 ΔH 的变化进行判断,反应物从固态变为液态或变为气态,则 ΔH 变小,反应物状态的反向变化则 ΔH 变大;若生成物从固态变为液态或变为气态,则 ΔH 变大,生成物状态的反向变化则 ΔH 变小。

(4)根据热化学方程式中 ΔH 的正或负,可推知反应中成键总能量比断键总能量大或小。

(5)根据热化学方程式中 ΔH 的正或负,可推知反应物相对于产物的能量的高低。

◆ 探究点二 盖斯定律在计算 ΔH 中的应用

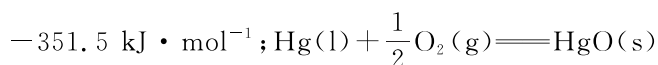
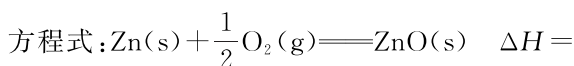
例2 [2025·北京卷] 为理解离子化合物溶解过程的能量变化,可设想 NaCl 固体溶于水的过程分两步实现,示意图如下。



下列说法不正确的是 ()

- A. NaCl 固体溶解是吸热过程
- B. 根据盖斯定律可知: $a + b = 4$
- C. 根据各微粒的状态,可判断 $a > 0, b > 0$
- D. 溶解过程的能量变化,与 NaCl 固体和 NaCl 溶液中微粒间作用力的强弱有关

变式 [2026·北京清华附中高二月考] 已知热化学



$\Delta H = -90.84 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。则热化学方程式 $\text{Zn(s)} + \text{HgO(s)} = \text{ZnO(s)} + \text{Hg(l)}$ 的 ΔH 为 ()

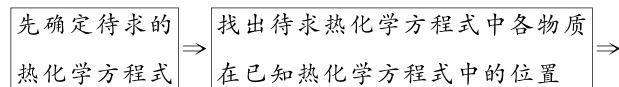
A. $+260.66 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

B. $+442.34 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

C. $-442.34 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

D. $-260.66 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

[方法策略] 利用盖斯定律书写热化学方程式的思维模型



根据待求热化学方程式中各物质的化学计量数和位置对已知热化学方程式进行处理,得到变形后的新热化学方程式

将新得到的热化学方程式进行加减,反应热也需要相应加减

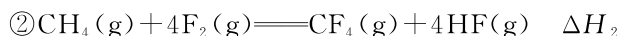
写出待求热化学方程式

自我检测

1. [2024·北京海淀高二期中] 已知反应:



$\Delta H_1 < 0$



相关化学键的键能数据如表所示:

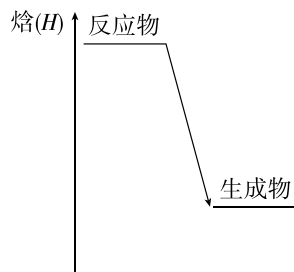
化学键	C—H	C—F	H—F	F—F
键能/($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)	a	b	c	d

下列说法正确的是 ()

- A. ①中反应物的总能量小于生成物的总能量
- B. $\Delta H_1 = 2(b - a + c - d) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- C. $\Delta H_2 = \frac{1}{2} \Delta H_1$
- D. $\text{CH}_2\text{F}_2(\text{g}) + 2\text{F}_2(\text{g}) = \text{CF}_4(\text{g}) + 2\text{HF}(\text{g})$
 $\Delta H = \Delta H_2 - \Delta H_1$

2. [2025·北京一七一中学高二期末] 载人航天器

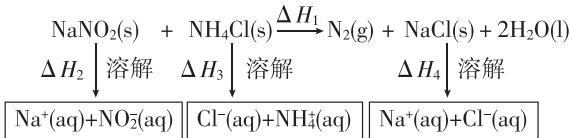
中,可利用 CO_2 与 H_2 的反应将航天员呼出的 CO_2 转化为水,反应的热化学方程式为 $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O(l)} \quad \Delta H = -252.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。下列对于该反应的说法不正确的是 ()



- A. 反应中焓的变化示意图如图所示
- B. 反应中反应物分子化学键断裂吸收的总能量大于生成物分子化学键形成时释放的总能量
- C. 22 g CO₂ 与足量 H₂ 充分反应生成 CH₄ 和 H₂O(l)时,放出 126.45 kJ 的热量
- D. 反应过程中,既有物质的转化过程,也有化学能与热能的转化过程

3. [2025·北京清华附中高二月考] 酸催化下 NaNO₂ 与 NH₄Cl 混合溶液反应的离子方程式为 NO₂⁻(aq) + NH₄⁺(aq) = N₂(g) + 2H₂O(l), 可用于石油开采中油路解堵。

已知:



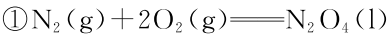
则 NO₂⁻(aq) + NH₄⁺(aq) = N₂(g) + 2H₂O(l) 的 ΔH 为 ()

- A. ΔH₁ + ΔH₄ - ΔH₂ - ΔH₃
- B. ΔH₂ + ΔH₃ - ΔH₁ - ΔH₄
- C. ΔH₁ + ΔH₂ + ΔH₃ + ΔH₄
- D. ΔH₁ - ΔH₂ - ΔH₃ - ΔH₄

4. (1) 同温同压下, H₂(g) + Cl₂(g) = 2HCl(g) 在光照和点燃条件下的 ΔH 分别为 ΔH₁、ΔH₂, 则 ΔH₁ ____ (填“>”“<”或“=”) ΔH₂。

(2) 肼(N₂H₄)可作为火箭发动机的燃料。肼与氧化剂 N₂O₄(l)反应生成 N₂ 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 N₂H₄(l) 与 N₂O₄(l) 完全反应生成 N₂ 和水蒸气时放出的热量为 _____,

写出 N₂H₄(l) 和 N₂O₄(l) 反应的热化学方程式:

_____。

(3) 已知 H₂(g) + Br₂(l) = 2HBr(g) ΔH = -72 kJ · mol⁻¹, 蒸发 1 mol Br₂(l) 需要吸收的能量为 30 kJ, 其他相关数据如表所示:

物质	H ₂ (g)	Br ₂ (g)	HBr(g)
1 mol 分子中的化学键断裂时需要吸收的能量/kJ	436	194	a

则表中 a = _____。

(4) 研究 CO₂ 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 H₂(g)、1 mol O₂(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 H₂O(l) 蒸发为 1 mol H₂O(g) 时吸收 44 kJ 能量; CH₃OH(g) 的燃烧热为 764 kJ · mol⁻¹。则 CO₂(g) + 3H₂(g) = CH₃OH(g) + H₂O(l) ΔH = _____ kJ · mol⁻¹。