



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

选择性必修1 RJ

浙江省

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	125
本章素养提升	129

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	130
第 1 课时 化学反应速率	130
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 反应历程与机理图分析	138
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	142
第 3 课时 影响化学平衡的因素	146
拓展微课 2 K_p 相关计算	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	153
第四节 化学反应的调控	155
本章素养提升	158

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	160
第二节 水的电离和溶液的 pH	164
第 1 课时 水的电离 溶液的酸碱性 with pH	164
第 2 课时 pH 的计算	167
第 3 课时 酸碱中和滴定	171
拓展微课 4 中和滴定拓展——氧化还原滴定	175
第三节 盐类的水解	177
第 1 课时 盐类的水解	177
第 2 课时 影响盐类水解的主要因素 盐类水解的应用	180
第 3 课时 溶液中粒子浓度大小的比较	184
第四节 沉淀溶解平衡	188
第 1 课时 难溶电解质的沉淀溶解平衡	188
第 2 课时 沉淀溶解平衡的应用	191
拓展微课 5 电解质溶液中的常见曲线	193
拓展微课 6 四大平衡常数的综合应用	196
本章素养提升	197

04

第四章 化学反应与电能

PART FOUR

第一节 原电池	199
第 1 课时 原电池的工作原理	199
第 2 课时 化学电源——一次电池和二次电池	202
第 3 课时 化学电源——燃料电池	204
第二节 电解池	206
第 1 课时 电解原理	206
第 2 课时 电解原理的应用	209
拓展微课 7 电化学装置中的离子交换膜	212
第三节 金属的腐蚀与防护	212
本章素养提升	217

◆ 参考答案	219
--------	-----

第一章 化学反应的热效应



讲课智能体

第一节 反应热

第1课时 反应热 焓变

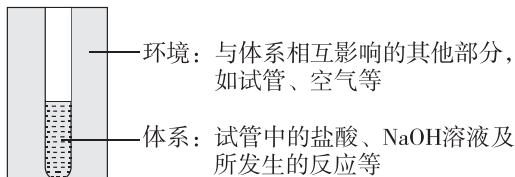
新课探究

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

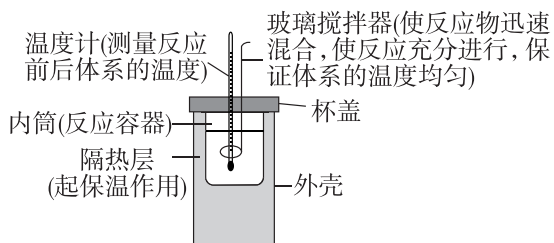
在_____条件下, 化学反应体系向环境_____或从环境_____的热量, 称为化学反应的热效应, 简称反应热。

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

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, 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)

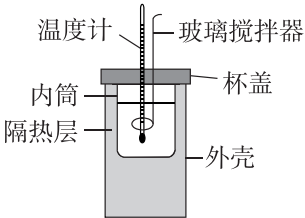
2. 误差分析

50 mL 0.50 mol · L⁻¹ 盐酸与 50 mL 0.55 mol · L⁻¹ 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⁻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,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 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 _____ $^\circ\text{C}$ 。
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 $c = 4.2 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$,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,且要读取混合后溶液的最高温度。
(5)可采用多次测量取平均值的方法,减小实验误差。

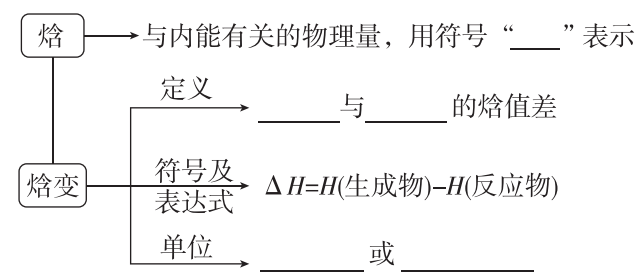
◆ 学习任务二 反应热与焓变

【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



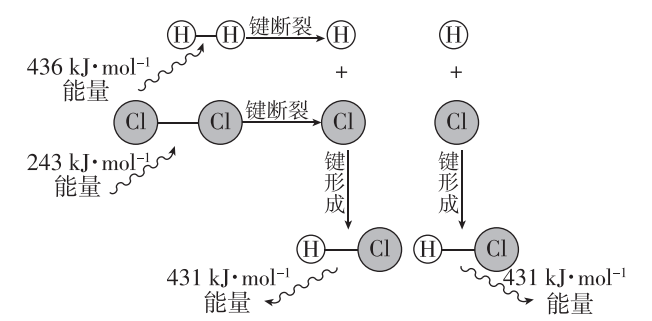
3. ΔH 与吸热反应和放热反应

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

[注意] ΔH 比较大小时，不仅要比较数值的大小，还要考虑其符号。

4. 微观角度认识反应热实质

(1)实例:25℃、101 kPa 下，以 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$ 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 $\Delta H =$ _____	

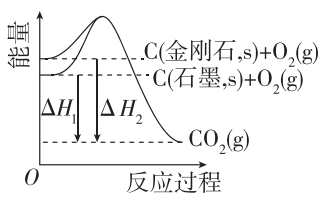
(2)结论: _____ 时的能量变化是化学反应中能量变化的主要原因。

(3) $\text{H}_2(\text{g})$ 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 _____。

(4)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。

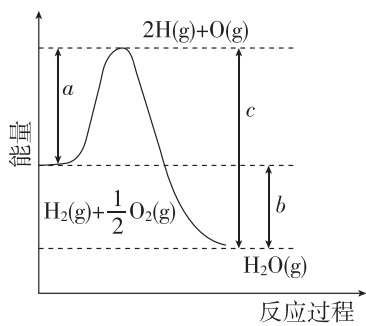
[问题思考]

(1)根据图像回答下列问题:



ΔH_1 与 ΔH_2 相比，哪一个较大?

(2)已知 H_2 和 O_2 反应过程中能量的变化如图所示:



①图中 a 、 b 、 c 分别代表什么意义?

②上述反应的焓变 ΔH 与 a 、 b 、 c 有什么关系?

【核心知识讲解】

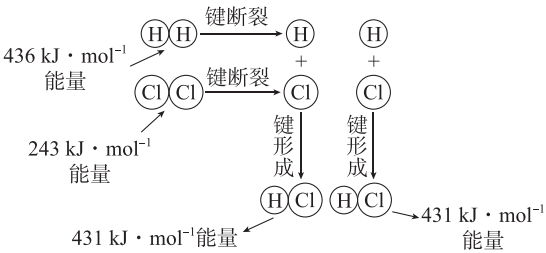
计算反应热的方法

(1)根据物质具有的能量来计算 $\Delta H = E(\text{生成物}) - E(\text{反应物})$

(2)根据反应过程中能量的变化来计算
 $\Delta H = \text{反应物断键吸收的总能量} - \text{生成物成键放出的总能量}$
(3)根据化学键键能来计算
 $\Delta H = \text{反应物的键能总和} - \text{生成物的键能总和}$

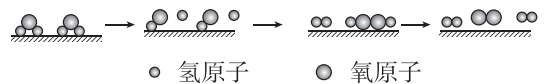
【知识迁移应用】

例 2 [2025·浙江温州十校联合体高二期中] 根据如图所示过程中的能量变化情况,判断下列说法不正确的是 ()



- A. $\text{Cl}_2(\text{g})$ 转化为氯原子是一个吸热过程
- B. 1 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 和 1 mol $\text{Cl}_2(\text{g})$ 的总能量比 2 mol $\text{HCl}(\text{g})$ 的总能量高
- C. 1 个 $\text{HCl}(\text{g})$ 分子中的化学键断裂时需要吸收 431 kJ 能量
- D. 1 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 和 1 mol $\text{Cl}_2(\text{g})$ 反应生成 2 mol $\text{HCl}(\text{g})$ 的反应热 $\Delta H = -183 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

例 3 [2024·浙江台州书生中学高二月考] 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/($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)	463	436	496

若反应过程中分解 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 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 ()

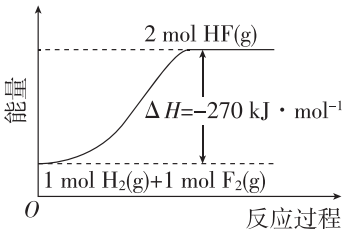
- (2)化学变化中的能量变化都是化学能与热能间的相互转化 ()
- (3)浓硫酸溶于水,体系的温度升高,该过程属于放热反应 ()
- (4)中和反应反应热的测定实验中,应将 50 mL $0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaOH}$ 溶液分多次倒入量热计的内筒 ()
- (5)石墨转化为金刚石需要吸收能量,所以石墨更稳定 ()
- (6)浓硫酸与 NaOH 溶液反应生成 1 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, 放出的热量为 57.3 kJ ()
- (7)中和反应反应热的测定实验中,测定盐酸后的温度计没有冲洗干净,立即测 NaOH 溶液的温度 ()

2. 下列说法正确的是 ()

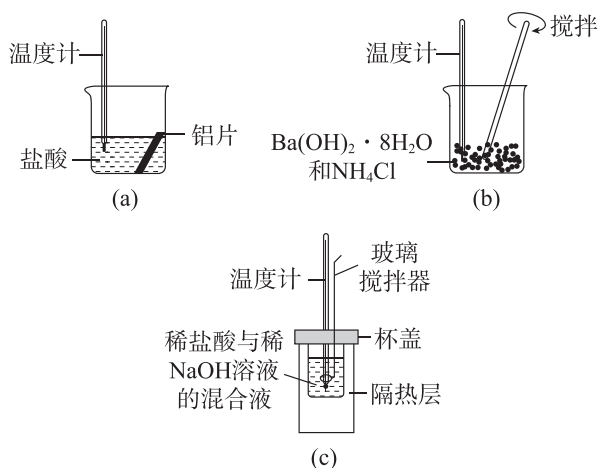
- A. 焓变单位为 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,是指 1 mol 物质参加反应时的能量变化
- B. 当反应放热时 $\Delta H > 0$,反应吸热时 $\Delta H < 0$
- C. 一个化学反应中,当反应物的总焓大于生成物的总焓时,反应放热, ΔH 为“-”
- D. 一个化学反应中,当生成物总键能大于反应物的总键能时,反应吸热, ΔH 为“+”

3. 已知反应: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{F}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HF}(\text{g})$,该反应的 $\Delta H = -270 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。下列说法正确的是 ()

- A. 在相同条件下,1 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 与 1 mol $\text{F}_2(\text{g})$ 的能量总和大于 2 mol $\text{HF}(\text{g})$ 的能量
- B. 1 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 与 1 mol $\text{F}_2(\text{g})$ 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. [2026·浙江绍兴春晖中学高二月考] 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, (a)(b)(c) 所涉及的反应都是放热反应
- B. 将实验(a)中的铝片更换为等质量的铝粉后释放出的热量减少
- C. 实验(c)中将玻璃搅拌器改为铜质搅拌器, 则测定结果数值偏低
- D. 若用 NaOH 固体测定中和反应反应热, 则测定结果无影响

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。

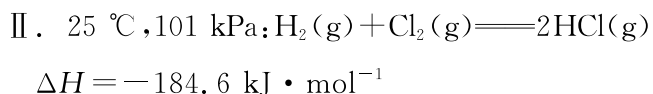
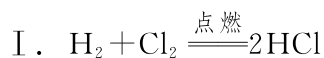
2. 意义

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_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:

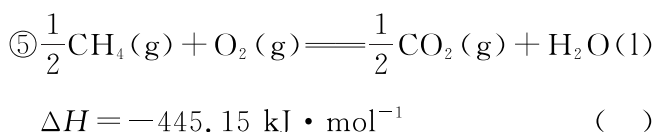
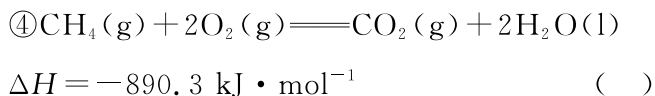
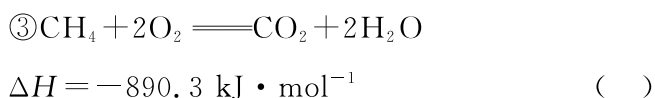
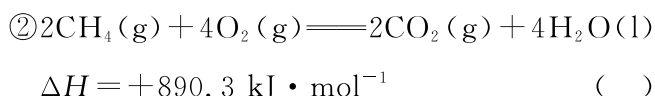
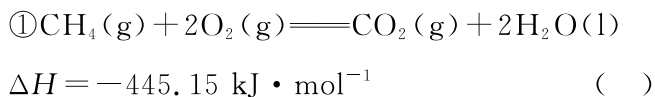


- ① 属于热化学方程式的是_____ (填序号)。
- ② 热化学方程式与化学方程式相比较, 不同之处为_____

③ 热化学方程式中注明物质聚集状态的原因是

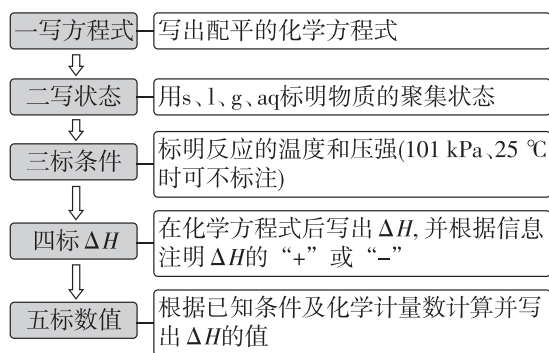
_____。

(2) $25^\circ\text{C}, 101 \text{ kPa}$ 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】

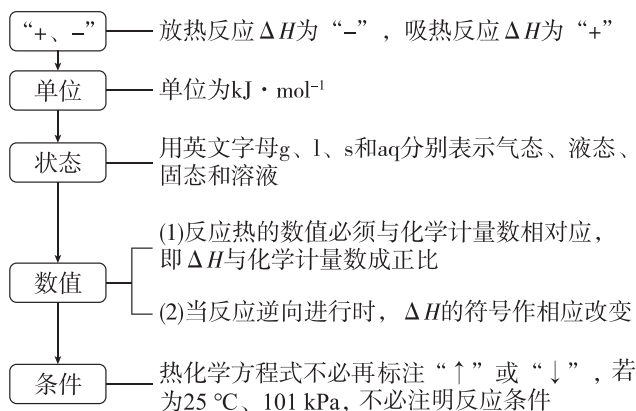
1. 热化学方程式的书写



【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·浙江温州高二期中] 下列说法正确的是 ()

- A. 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ΔH相同
- B. $\text{S}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1$, $\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_2$; $\Delta H_1 > \Delta H_2$
- C. 一定条件下,将1 mol $\text{NH}_3(\text{g})$ 置于密闭容器中充分反应生成 $\text{N}_2(\text{g})$ 和 $\text{H}_2(\text{g})$,吸收热量19.3 kJ,则 $2\text{NH}_3(\text{g}) \xrightarrow{\text{一定条件}} \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +38.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

D. 在稀溶液中: $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,若将含1 mol HCl的盐酸与含1 mol $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的氨水混合,放出的热量等于57.3 kJ

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)在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_____。

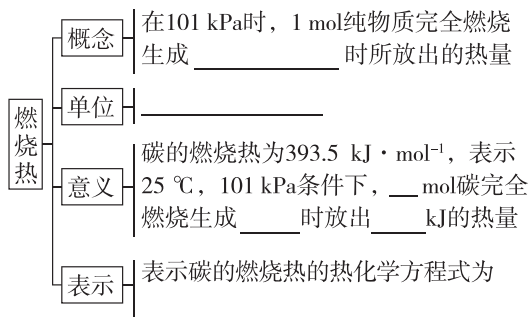
(4)已知: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -92 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,请写出1 mol $\text{NH}_3(\text{g})$ 分解对应的热化学方程式:_____。

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: $\text{C} \rightarrow$ _____, $\text{H} \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{ })$, $\text{S} \rightarrow$ _____, $\text{N} \rightarrow$ _____。

【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 kJ·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: $\text{C} \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$, $\text{H} \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$, $\text{S} \rightarrow \text{SO}_2(\text{g})$, $\text{N} \rightarrow \text{N}_2(\text{g})$ 。 $\text{C} \rightarrow \text{CO}$ 不是完全燃烧;而 $\text{S} \rightarrow \text{SO}_3$, SO_3 不是燃烧产物;生成的水为液态而不能是气态。
- (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, CH_4 的燃烧热为 890.3 kJ·mol⁻¹ 或 $\Delta H = -890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

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, $\Delta H < 0$ 吸热时, $\Delta H > 0$	$\Delta H < 0$
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“—”

(续表)

	反应热	燃烧热
反应条件	等温条件下	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 纯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 $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$ 的燃烧热为 1 299.6 kJ·mol⁻¹。

4. 燃烧热的计算

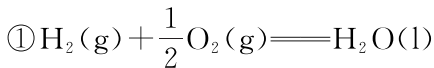
可燃物完全燃烧放出的热量的计算方法为

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

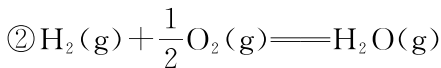
式中: $Q_{\text{放}}$ 为可燃物燃烧反应放出的热量; n 为可燃物的物质的量; ΔH 为可燃物的燃烧热。

【知识迁移应用】

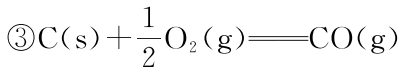
例 3 已知下列热化学方程式:



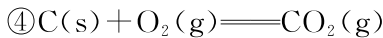
$$\Delta H = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1};$$



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



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



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

回答下列问题:

(1)表示 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 H_2 生成液态水,放出的热量为_____。

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 kJ $\cdot$ mol⁻¹ ()

(5)已知甲烷的燃烧热为 890.3 kJ $\cdot$ 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. 下列热化学方程式不正确的是 ()

A. 已知硫粉与铁粉混合加热生成 0.2 mol FeS 时放出 19.12 kJ 热量,则 $Fe(s) + S(s) \rightleftharpoons FeS(s) \quad \Delta H = -95.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

B. 500 °C、30 MPa 下,将 0.5 mol N_2 和 1.5 mol H_2 置于密闭容器中充分反应生成 $NH_3(g)$,放热 19.3 kJ,则 $N_2(g) + 3H_2(g) \xrightleftharpoons[500\text{ }^\circ\text{C}, 30\text{ MPa}]{} 2NH_3(g) \quad \Delta H = -38.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

C. 稀盐酸与稀 NaOH 溶液反应生成 1 mol H_2O 放热 57.3 kJ,则 $NaOH(aq) + HCl(aq) \rightleftharpoons NaCl(aq) + H_2O(l) \quad \Delta H = -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

D. 在 101 kPa 下, $H_2(g)$ 的燃烧热 $\Delta H = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,则水分解的热化学方程

式为 $2H_2O(l) \rightleftharpoons 2H_2(g) + O_2(g) \quad \Delta H = +571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

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_____。

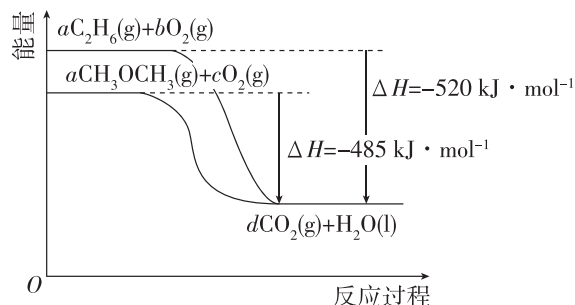
A. $C_2H_8N_2(g) + 4O_2(g) \rightleftharpoons 2CO_2(g) + 4H_2O(g) + N_2(g) \quad \Delta H = -2000 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

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,乙烷、二甲醚燃烧过程中的能量变化图如图所示。请回答下列问题:



(1) $a =$ _____。

(2)气态乙烷的燃烧热 $\Delta H =$ _____ kJ $\cdot$ 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

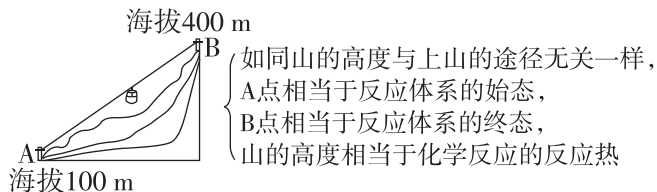
【课前自主预习】

1. 内容

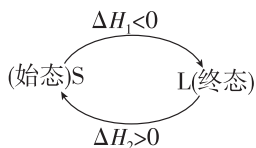
一个化学反应,不管是一步完成的还是分几步完成的,其反应热是_____ (填“相同”或“不同”)的。

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: $\Delta H_1 + \Delta H_2 = 0$ 。

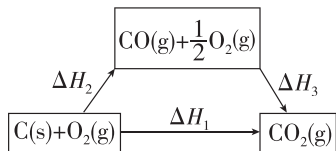
(3)特点

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: $C(s) + \frac{1}{2}O_2(g) = CO(g)$ 。

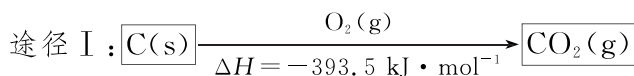
根据盖斯定律可得: $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$, 则有

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

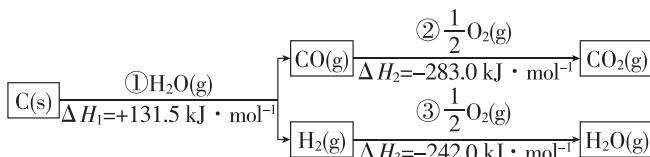
$(-283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -110.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

【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。炭作为燃料可通过下列两种途径反应:



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。

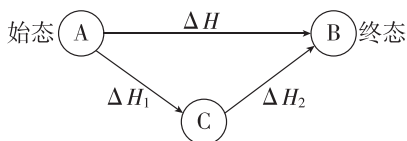
(2)途径 II 中最初的反应物和最终的生成物是什么? 分别写出步骤①②③的热化学方程式。

(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

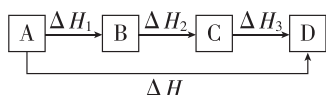


(1) 化学反应由始态 A 到终态 B, 有两条途径: 途径 I 是由始态 A 直接到终态 B; 途径 II 是由始态 A 到中间态 C, 再到终态 B, 反应的途径不同, 但反应热存在关系: $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$ 。

(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。

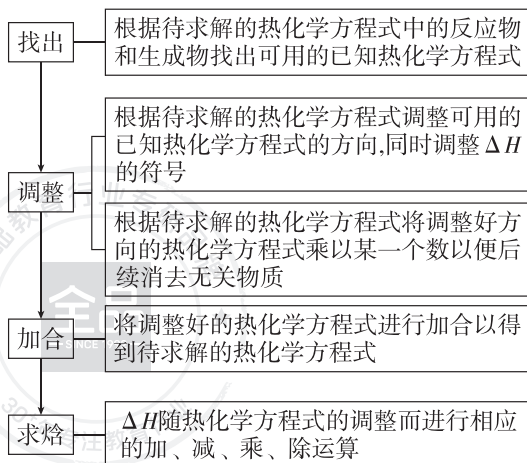
如: 求 $P_4(\text{白磷}) \rightleftharpoons 4P(\text{红磷})$ 的热化学方程式。

已知: $P_4(\text{白磷}, s) + 5O_2(g) \rightleftharpoons P_4O_{10}(s)$ ΔH_1 ①

$P(\text{红磷}, s) + \frac{5}{4}O_2(g) \rightleftharpoons \frac{1}{4}P_4O_{10}(s)$ ΔH_2 ②

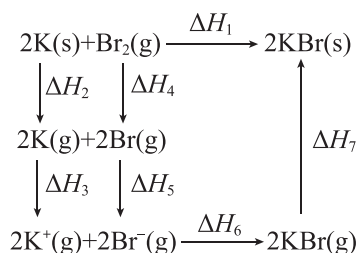
即可用①-② $\times 4$ 得出白磷转化为红磷的热化学方程式。

3. 运用盖斯定律计算 ΔH 的步骤



【知识迁移应用】

例 1 [2025·浙江杭师大附中高二期末] 金属钾和 Br_2 反应生成 KBr 的能量循环如图所示。下列说法正确的是 ()



- $\Delta H_2 > 0, \Delta H_3 < 0$
- $\Delta H_4 > 0, \Delta H_5 > 0$
- $\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5 + \Delta H_6 = \Delta H_7$
- 在相同条件下, $2Na(g) \longrightarrow 2Na^+(g)$ $\Delta H_3'$, 则 $\Delta H_3' > \Delta H_3$

例 2 [2024·浙江 1 月选考节选] 通过电化学、热化学等方法, 将 CO_2 转化为 $HCOOH$ 等化学品, 是实现“双碳”目标的途径之一。某研究小组采用热化学方法将 CO_2 转化为 $HCOOH$, 相关热化学方程式如下:

I. $C(s) + O_2(g) \rightleftharpoons CO_2(g)$

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

II. $C(s) + H_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons HCOOH(g)$

$\Delta H_2 = -378.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

III. $CO_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons HCOOH(g)$

$\Delta H_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

◆ 学习任务二 反应热的计算

【核心知识讲解】

1. 一定量的反应物产生热量的计算

(1) 计算依据

反应热的绝对值与化学方程式中各物质的物质的量成正比。

(2) 关系式

① 依据热化学方程式计算

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

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

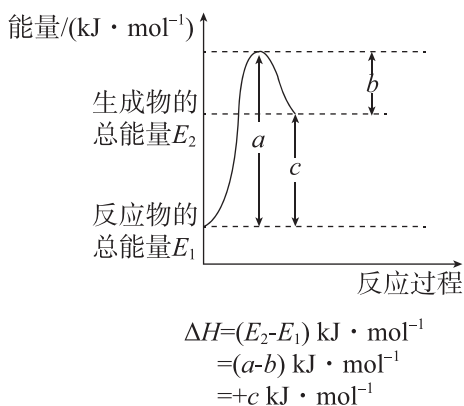
$$\text{则 } \frac{n(A)}{a} = \frac{n(B)}{b} = \frac{n(C)}{c} = \frac{n(D)}{d} = \frac{Q}{|\Delta H|}。$$

②依据燃料的燃烧热计算

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

2. 反应热的计算

(1)根据能量图像计算



(2)根据物质的键能计算(知识回顾)

$\Delta H = \text{断键吸收的总能量} - \text{成键释放的总能量}。$

【示例】表中是常温下一些物质化学键的键能：

化学键	C—H	C—F	H—F	F—F
键能/(kJ · mol ⁻¹)	414	489	565	155

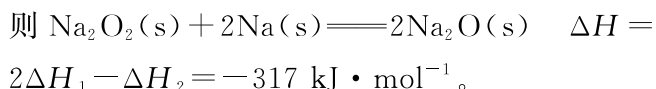
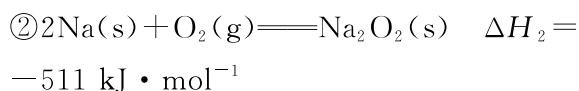
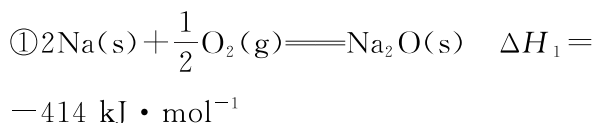
根据键能计算反应 $\text{CH}_4(\text{g}) + 4\text{F}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CF}_4(\text{g}) + 4\text{HF}(\text{g})$ 的反应热 ΔH 。

$$\begin{aligned} \Delta H &= \text{断键吸收的总能量} - \text{成键释放的总能量} \\ &= (414 \times 4 + 155 \times 4) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (489 \times 4 + 565 \times 4) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= -1940 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

(3)根据盖斯定律计算

根据盖斯定律将已知热化学方程式进行适当的“加”“减”“乘”“除”等计算反应热。

【示例】



3. 反应热大小的比较

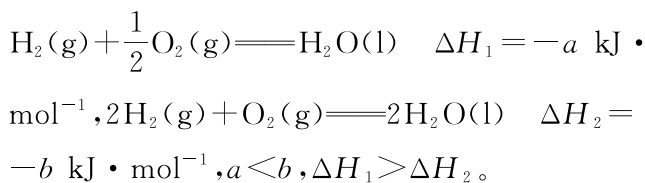
(1)与“符号”相关的反应热比较

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

大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。

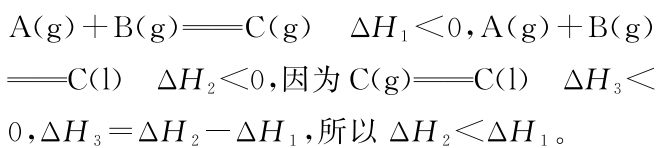
(2)与“化学计量数”相关的反应热比较

例如:

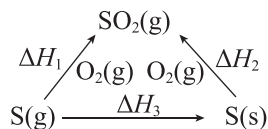
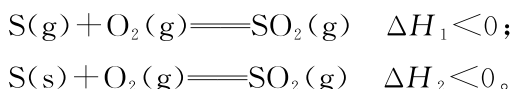


(3)与“物质聚集状态”相关的反应热比较

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



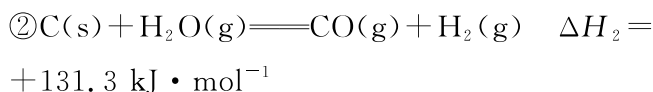
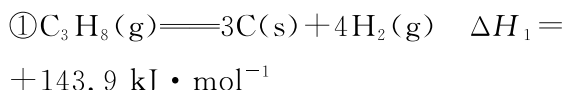
$\Delta H_2 + \Delta H_3 = \Delta H_1$, 则 $\Delta H_3 = \Delta H_1 - \Delta H_2$, 又 $\Delta H_3 < 0$, 所以 $\Delta H_1 < \Delta H_2。$

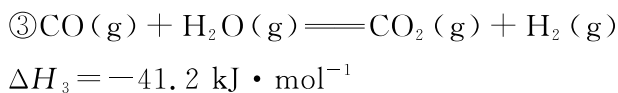
【知识迁移应用】

例 3 第十九届亚洲运动会开幕式上首次使用废碳再生的绿色甲醇(CH_3OH)作为主火炬塔燃料, 实现循环内二氧化碳零排放。已知 5 g 液态甲醇(CH_3OH)在氧气中充分燃烧生成二氧化碳气体和液态水时释放出 113.5 kJ 的热量, 则液态甲醇的燃烧热 ΔH 为 ()

- A. $-726.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. $+726.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- C. $-363.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D. $+363.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

例 4 工业常用“丙烷蒸气重整法”制备氢气, 其核心反应体系涉及三步反应, 相关数据如下:





已知: $\text{H}-\text{H}$ 键能为 $436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, CO_2 中 $\text{C}=\text{O}$ 键能为 $799 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

下列说法正确的是 ()

- A. 反应 $\text{C}_3\text{H}_8\text{(g)} + 3\text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons 3\text{CO(g)} + 7\text{H}_2\text{(g)}$ 的 $\Delta H = +528.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 B. 由反应③知 $1 \text{ mol H}_2\text{O(g)}$ 和 1 mol CO(g) 断裂 $\text{H}-\text{O}$ 和 $\text{C}\equiv\text{O}$ 消耗的能量为 1992.8 kJ
 C. 若将 $1 \text{ mol C}_3\text{H}_8$ 完全转化为 $\text{CO}_2\text{(g)}$ 和 $\text{H}_2\text{(g)}$ 理论上放热 16.1 kJ
 D. 理论上 1 mol CO_2 完全分解为 C(s) 和 $\text{O}_2\text{(g)}$ 吸收的能量约为 1598.0 kJ

例5 [2025·浙江台州十校高二期中] 室温下, 将 $1 \text{ mol CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O(s)}$ 溶于水, 会使溶液温度降低, 反应热为 ΔH_1 ; 将 $1 \text{ mol CuSO}_4\text{(s)}$ 溶于水, 会使溶液温度升高, 反应热为 ΔH_2 。 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 受热分解的热化学方程式为 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O(s)} \rightleftharpoons \text{CuSO}_4\text{(s)} + 5\text{H}_2\text{O(l)}$ ΔH_3 , 则下列关系正确的是 ()

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

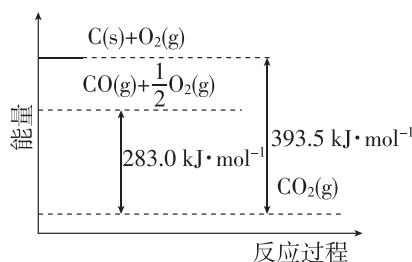
课堂评价

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 $1 \text{ mol CH}_4\text{(g)}$ 生成 CO_2 气体与液态水, 放出的热量与 $1 \text{ mol CH}_4\text{(g)}$ 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 表示断裂(或形成) 1 mol 化学键所消耗(或释放)的能量, 则求 $2\text{H}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O(g)}$ 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. 根据能量变化示意图得出的结论正确的是 ()

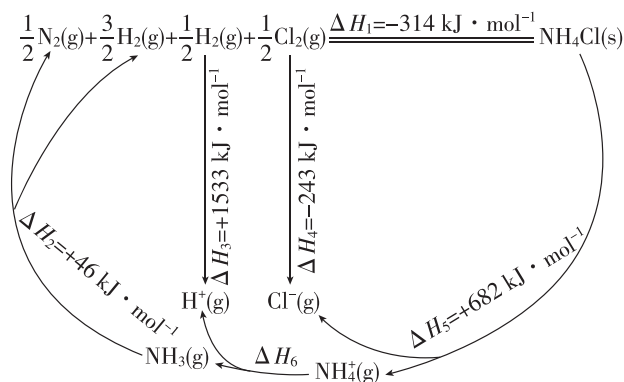


- A. 1 mol C(s) 比 $1 \text{ mol CO}_2\text{(g)}$ 所含有的能量高 393.5 kJ
 B. $2\text{C(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{CO(g)}$
 $\Delta H = -110.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 C. $\text{CO}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{CO(g)} + \frac{1}{2}\text{O}_2\text{(g)}$
 $\Delta H =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

3. 分别向 $1 \text{ L } 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Ba(OH)_2 溶液中加入: ①浓硫酸、②稀硫酸、③稀硝酸、④稀醋酸, 恰好完全反应时的热效应分别为 ΔH_1 、 ΔH_2 、 ΔH_3 、 ΔH_4 , 下列关系中正确的是 ()

- 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. $\Delta H_1 > \Delta H_2 = \Delta H_3 > \Delta H_4$

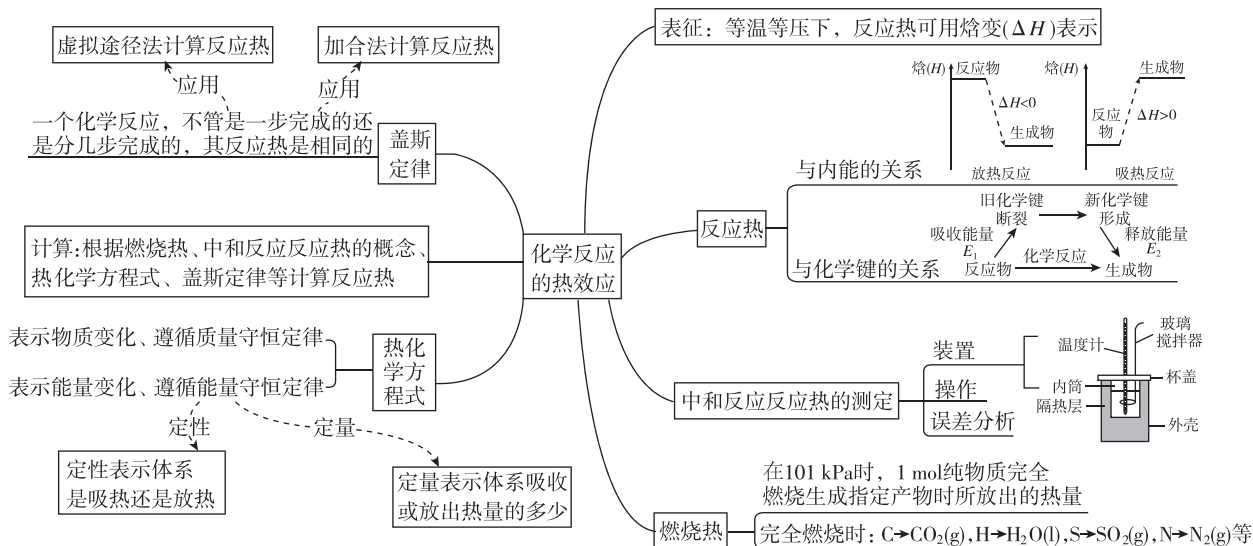
4. [2024·浙江 A9 协作体高二期中] 如图所示为 NH_4Cl 的热循环过程, 结合数据计算可得 ΔH_6 ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) 为 ()



- A. -2332 B. $+248$
 C. $+876$ D. -1704

► 本章素养提升

知识网络

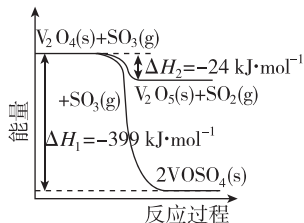


真题体验

◆ 探究点一 热化学方程式书写

1. [2023·天津卷节选] $\text{SO}_2(\text{g})$ 氧化生成 80 g $\text{SO}_3(\text{g})$ 放出热量 98.3 kJ, 写出该反应的热化学方程式: _____。

2. [2020·全国卷 I 节选] 钒催化剂参与反应的能量变化如图所示, $\text{V}_2\text{O}_5(\text{s})$ 与 $\text{SO}_2(\text{g})$ 反应生成 $\text{VO}_2\text{SO}_4(\text{s})$ 和 $\text{V}_2\text{O}_4(\text{s})$ 的热化学方程式为 _____。



◆ 探究点二 反应热的计算

3. (1) [2025·安徽卷节选] 通过甲酸分解可获得超高纯度的 CO。甲酸有两种可能的分解反应:

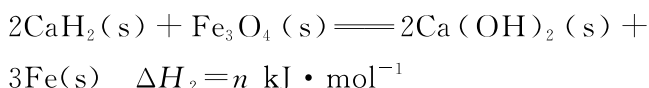
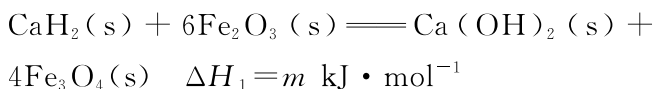
① $\text{HCOOH}(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 $\Delta H_1 = +26.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

② $\text{HCOOH}(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$
 $\Delta H_2 = -14.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

反应 $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ 的 $\Delta H = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

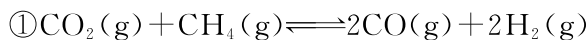
(2) [2025·湖北卷节选] $\text{CaH}_2(\text{s})$ 粉末可在较低温度下还原 $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ 。

已知一定温度下:

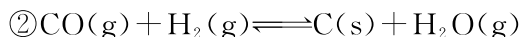


则 $3\text{CaH}_2(\text{s}) + 2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) = 3\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s}) + 4\text{Fe}(\text{s})$ 的 $\Delta H_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (用 m 和 n 表示)。

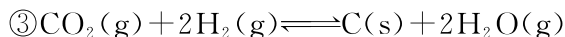
4. [2024·重庆卷] 二氧化碳-甲烷重整是 CO_2 资源化利用的重要研究方向, 涉及的主要热化学方程式有:



$$\Delta H_1 = +247 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H_2 = -131 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H_3 = -90 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

已知 H—H 键能为 $a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, O—H 键能为 $b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, C—H 键能为 $c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $\text{CO}(\text{g})$ 中的碳氧键键能(单位: $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)为 ()

- A. $-206 + 3a - 2b - 4c$ B. $-206 - 3a + 2b + 4c$
 C. $206 + 3a - 2b - 4c$ D. $206 - 3a + 2b + 4c$