



成功笔记系列丛书

普通化学

成功笔记

成功笔记系列丛书编写委员会◎编



面向二十一世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

普通化学

第五版



NOTES TO SUCCESS

哈尔滨工程大学出版社

成功笔记系列丛书

普通化学成功笔记

(配浙大普通化学教研组第五版教材·高教版)

成功笔记系列丛书编写委员会 编

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书是配合浙江大学普通化学教研组编写的《普通化学》一书而编写的辅导书。全书按教材的章节顺序编排,对教材中的重点、难点进行了细致的总结和讲解,并给学生留下了自己进行总结和小结的空间,旨在帮助学生掌握《普通化学》的基本知识,达到将书“读薄、读透”的目的。

图书在版编目(CIP)数据

* 普通化学成功笔记/《成功笔记系列丛书》编写委员会编:—哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2007
(成功笔记系列丛书)
ISBN 978-7-81073-958-0

I.普… II.成… III.普通化学-高等学校-教学参考资料 IV.O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 023003 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 4.25
字 数 50 千字
版 次 2007 年 4 月第 1 版
印 次 2007 年 4 月第 1 次印刷
印 数 1—2 000 册
定 价 8.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

成功笔记系列丛书编委会

主 任 罗东明

副主任 李刚俊 王卫国

编 委 陈 明 杨怡琳 胡乃文

王彩霞 刘剑秋 石 岭

经过精心的策划和组织,与高等学校优秀教材相配套的成功笔记系列丛书出版面世了。

一直以来,课堂上“老师讲、学生记”已经成为学校教学约定俗成的习惯。但是,很多学生因为忙于记录而忽略了对知识的理解和吸收,影响了课堂听课效果。而且近几年来教学方法和手段也在不断地发展和变化,多媒体教学和双语教学等也越来越广泛,而在这些过程中学生也根本来不及记录笔记。

本套丛书的编辑出版正是为了解决学生遇到的以上问题。丛书以大学课程的教学大纲为依据,以国内通用的权威教材为基础,收集、整理了部分课程的笔记,总结和归纳了相关知识点,帮助学生从机械记录老师板书或教案的工作中解脱出来,有更多的时间和精力、更大的自由来灵活掌握老师的讲解,汲取更多的知识。本套丛书有如下特点:

1. 优秀教师编写。笔记与教材内容紧密结合,而更强调知识体系的连贯性和完整性,对教材中的主要内容进行细致讲解,知识结构清晰明了。丛书是集中了多位在教学第一线的优秀教师多年教学过程中对知识的总结和概括,而不是书本的简单重复,帮助学生真正做到将书“读薄,读透”。

2. 随文安排加宽的空白处(即 Margin 部分),给学生以听课过程中随堂补充记录对知识的补充、说明、理解、例题、习题的空间,这样一方面便于学生课上结合笔记学习,提高学习效率;另一方面,也便于学生课后对老师讲授的内容进行有效、有序的复习。并且书中的每一章最后都有小结及学习体会部分,方便学生进行自我总结和自我归纳,加深理解。

3. 版本小巧,携带方便。

希望本套丛书的出版能够真正地帮助同学们的课堂和课后的学习,使其摆脱临摹老师的板书和教案的负担,有更多的时间扎实、认真地对课堂知识进行理解和吸收,从而走向成功之路。

由于时间仓促,本书还有很多的不足之处,欢迎读者提出宝贵的意见和建议,来信请寄哈尔滨工程大学出版社。E-mail: cbs_shil@hrbeu.edu.cn

第1章 热化学与能源	1
1.1 反应热的测量	1
1.2 反应热的理论计算	2
1.3 常见能源及其有效与清洁利用	6
1.4 清洁能源与可持续发展	6
本章小结与学习体会	8
第2章 化学反应的基本原理与大气污染	9
2.1 化学反应的方向和吉布斯函数变	9
2.2 化学反应进行的程度和化学平衡	11
2.3 化学反应速率	13
2.4 大气污染及其控制	16
本章小结与学习体会	17
第3章 水化学与水污染	18
3.1 溶液的通性	18
3.2 水溶液中的单相离子平衡	20
3.3 难溶电解质的多相离子平衡	21
3.4 胶体与界面化学	22
3.5 水污染及其危害	23
本章小结与学习体会	25
第4章 电化学与金属腐蚀	26
4.1 原电池	26
4.2 电极电势	27
4.3 电动势与电极电势在化学上的应用	28
4.4 化学电源	29
4.5 电解	30
4.6 金属的腐蚀与防护	32
本章小结与学习体会	34
第5章 物质结构基础	35
5.1 原子结构的近代概念	35
5.2 多电子原子的电子分布方式和周期系	37
5.3 化学键与分子间相互作用力	40

Contents

5.4 晶体结构	44
本章小结与学习体会	46
第6章 元素化学与无机材料	47
6.1 单质的物理性质	47
6.2 单质的化学性质	48
6.3 无机化合物的物理性质	49
6.4 无机化合物的化学性质	50
6.5 配位化合物	51
6.6 无机材料	52
本章小结与学习体会	53
第7章 高分子化合物与材料	54
本章小结与学习体会	55
第8章 生命物质与人体健康	56
本章小结与学习体会	57

第1章 热化学与能源

1.1 反应热的测量

1.1.1 几个基本概念

1. 系统与相

(1) 作为研究对象的那一部分物质称为系统。

(2) 系统之外,与系统密切联系的其他物质称为环境。

按照系统与环境之间有无物质和能量交换,可将系统分为敞开系统、封闭系统、孤立系统。孤立系统是一种科学的抽象,对于科学研究有重要意义。

(3) 系统中具有相同的物理性质和化学性质的均匀的部分称为相。相与相之间有明确的界面。

按相的组成,系统可分为单相系统和多相系统。

应用相的概念需区分相与聚集态不同;相数与物质种类数;相与界面的关系。

2. 状态与状态函数

(1) 用来描述系统诸如压力 P 、体积 V 、温度 T 、质量 m 和组成等各种宏观性质的综合表现,称为状态。

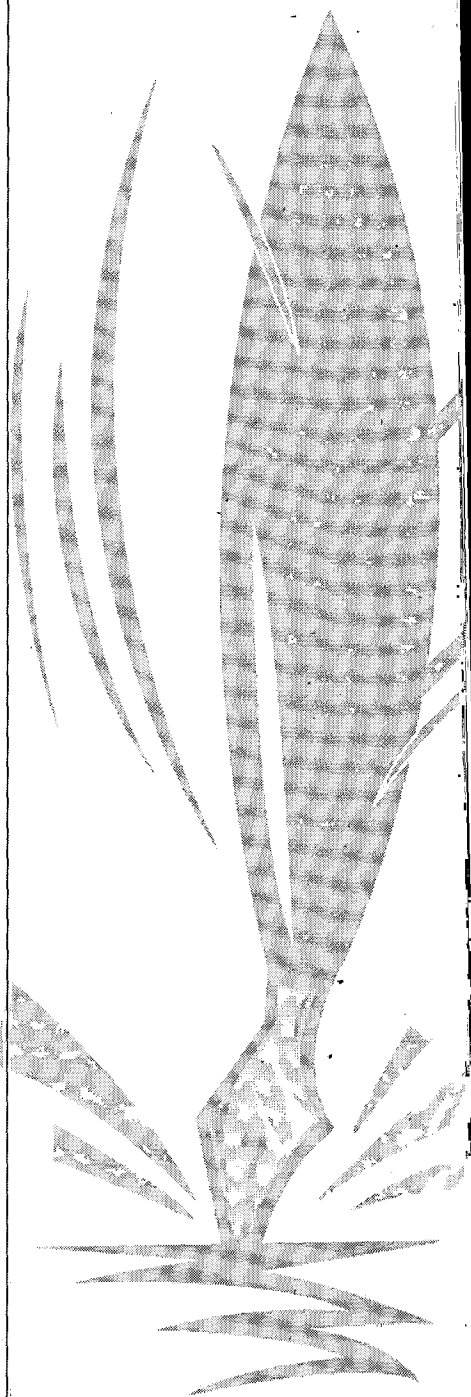
对一系统,各种性质都有确定数值,该系统的状态便被确定;反之,当系统状态已确定时,该系统的各种性质也必都有确定的值。

(2) 用于描述系统状态的物理量 X 称为状态函数。

在系统状态变化时,状态函数的改变量只与系统的始、末态有关而与过程无关。

3. 物质的量及其单位

物质的量是描述系统基本单元数的物理量,其符号为 n_B 。



基本单元可以是原子、离子、分子及其他粒子或这些粒子的特定组合。

物质的量是七个基本量之一,单位是摩尔(mol)。

1.1.2 反应热的测量

化学反应时所放出或吸收的热叫做反应的热效应,简称反应热。

1. 计算公式

$$q = -c_s m_s (T_2 - T_1) = -c_s m_s \Delta T = -C_s \Delta T$$

2. 测量装置

现代常用的量热设备是弹式热量计(Calorimeter)。

3. 测量方法与步骤

(1)将准确称量的反应物(固态或液态)装入钢弹内,通入氧气,密封;

(2)将钢弹安放在一金属容器中,然后向此容器内加入足够的已知质量的水,使钢弹淹没,并使钢弹与环境绝热;

(3)精确测定环境的起始温度(T_1);

(4)用电火花引发反应,使测量系统(包括钢弹及内部物质、水和金属容器等)的温度升高,测量环境的终态温度(T_2)。

4. 计算

$$\begin{aligned} q &= -\{q(\text{H}_2\text{O}) + q_b\} = -\{C(\text{H}_2\text{O})\Delta T + C_b\Delta T\} \\ &= -\sum C \cdot \Delta T \end{aligned}$$

$\sum C$ 叫做量热计常数(Calorimeter Constant),为弹液(如水)和热量计部件(如杯体、钢弹、温度计、搅拌棒和引燃丝等)热容之和。例如盛水 2 000 g 的弹式热量计的常数为 $10.1 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

1.2 反应热的理论计算

1.2.1 热力学第一定律

1. 能量守恒定律

在任何过程中,能量既不能创造,也不能消灭,只能从一种

形式转化为另一种形式,在转化过程中能量的总值不变。

2. 热力学第一定律

将能量守恒定律应用于热力学中即称为热力学第一定律。

3. 热力学能

热力学能是指系统内分子的平动能、转动能、振动能、分子间势能、质子间键能、电子运动能、核内基本粒子间核能等能量的总和,即系统内能。

热力学能的符号为 U , 单位为 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。 U 是状态函数, 无绝对数值。

4. 热

热力学中将能量交换形式分为热和功。

(1) 热是系统与环境因温度不同而传递的能量。热的符号为 q , 单位为 J 。 q 不是状态函数, 系统吸热 $q > 0$; 系统放热 $q < 0$ 。

(2) 系统与环境之间除热以外的其他形式传递的能量都叫功。功分为体积功 w , $w = -p\Delta V$; 非体积功 w' 。功的单位为 J 。

功不是状态函数, 系统对环境做功 $w < 0$; 环境对系统作功 $w > 0$ 。

5. 热力学第一定律数学表达式

一封闭系统, 由状态 1 (热力学能为 U_1) 从环境吸收热 q , 对环境做功, 变到状态 2 (热力学能为 U_2), 如图 1 所示, 则有

$$\Delta U = U_2 - U_1 = q + w$$

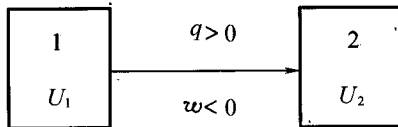


图 1

1.2.2 化学反应的反应热与焓

1. 化学反应的反应热

化学反应中通常把只做体积功, 且始态和终态具有相同温



度时系统吸收或放出的热量叫做反应热。根据反应条件的不同,反应热又可分为定容反应热和定压反应热两种。

2. 定容过程反应热 q_v

$$V_2 = V_1, \Delta V = 0$$

因为

$$\Delta U = q + w$$

所以

$$\Delta U = q - p\Delta V = q_v$$

3. 定压过程反应热和焓

因为

$$\Delta U = q - p\Delta V$$

所以

$$q_p = \Delta U + p\Delta V$$

上式可化为

$$q_p = (U_2 - U_1) + p(V_2 - V_1)$$

即

$$q_p = (U_2 + pV_2) - (U_1 + pV_1)$$

令

$$H = U + PV$$

称为焓,则

$$q_p = H_2 - H_1 = \Delta H$$

$\Delta H < 0, q_p < 0$ 恒压反应系统放热; $\Delta H > 0, q_p > 0$ 恒压反应系统吸热。

4. 化学反应热的计算

(1) 盖斯定律

化学反应的反应热(在恒压或恒容条件下)只与物质的始态或终态有关,而与变化的途径无关,这一定律被称为盖斯定律。

根据盖斯定律,若化学反应可以加和,则其反应热也可以加和。

推理:任一化学反应可以分解为若干最基本的反应(生成反应),这些生成反应的反应热之和就是该反应的反应热。

(2) 标准摩尔焓变

因为 $q_p = \Delta H$, 所以恒温恒压条件下的反应热可表示为反应的焓变 $\Delta_r H(T)$; 反应系统的物质的量确定为 1 mol 时, 反应热称为反应的摩尔焓变 $\Delta_r H_m(T)$; 在标准状态下的摩尔焓变称反应的标准摩尔焓变 $\Delta_r H_m^\ominus$ 。

1.2.3 反应标准摩尔焓变的计算

1. 热力学关于标准态的规定

气体物质的标准态是在标准压力($p_y = 100.00 \text{ kPa}$)时的(假想的)理想气体状态;溶液中溶质 B 的标准态是在标准压力 p_y 时的标准质量摩尔浓度 $b_y = 1.0 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$, 并表现为无限稀薄溶液时溶质 B (假想)的状态;液体或固体的标准态是在标准压力 p_y 时的纯液体或纯固体。

2. 标准摩尔生成焓

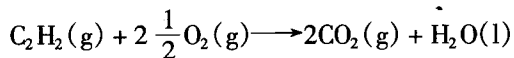
• 指定温度 T 时(通常用 298.15 K 时可省略)由参考态元素生成单位物质的量的纯物质时反应的焓变称为标准摩尔生成焓。生成焓是说明物质性质的重要数据,生成焓的负值越大,说明该物质键能越大,对热越稳定。

参考态元素通常指在所讨论的温度和压力下最稳定状态的单质。也有例外,如石墨(C),白磷(P)参考态元素的标准摩尔生成焓为零。

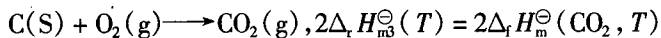
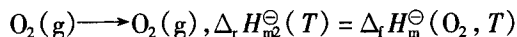
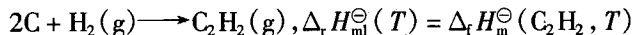
3. 标准摩尔焓变的计算

在标准状态时反应的摩尔焓变叫做该反应的标准摩尔焓变。

以乙炔的完全燃烧反应为例说明标准摩尔焓变的计算过程。



可将此反应分解为四个生成反应



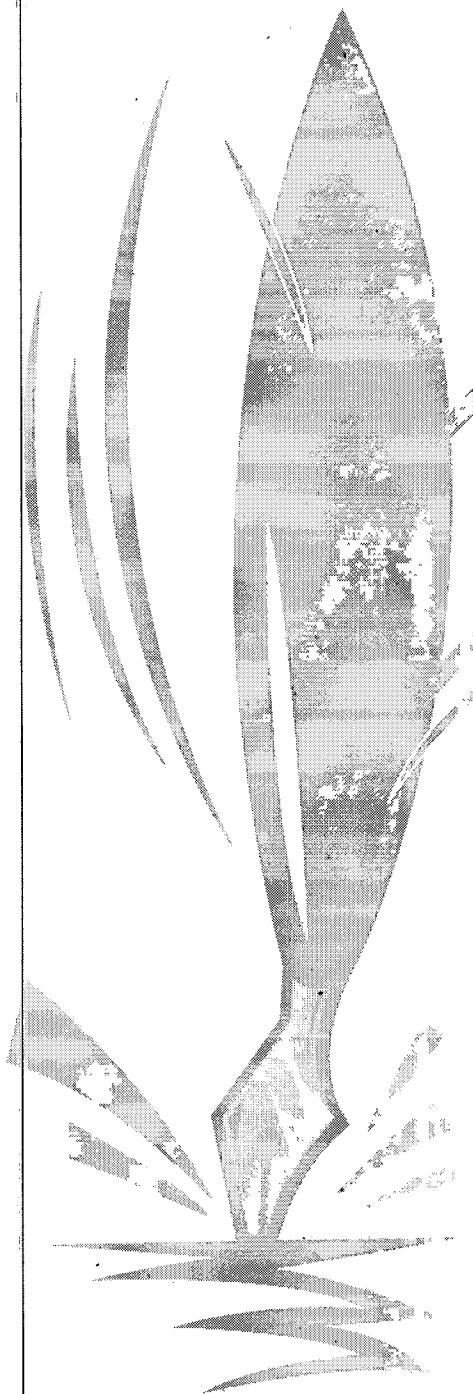
根据盖斯定律得出

$$\Delta_r H_{\text{m}}^\ominus(T) = \sum_i \Delta_f H_{\text{m}}^\ominus(T)$$

则有

$$\Delta_r H_{\text{m}}^\ominus = 2\Delta_f H_{\text{m}}^\ominus + \Delta_f H_{\text{m}}^\ominus - \Delta_f H_{\text{m}}^\ominus - \Delta_f H_{\text{m}}^\ominus$$

其通式为



$$\Delta_r H_m^\ominus(T) = \sum_B \nu_B \Delta_f H_{m,B}^\ominus(T)$$

1.3 常见能源及其有效与清洁利用

1.3.1 世界能源的结构与能源危机

能源根据其形成条件、使用性质和利用技术状况进行分类,分类情况如教材中表 1-2 所示。

1.3.2 煤炭与洁净煤技术

煤炭通常指天然存在的无烟煤、烟煤、褐煤和泥煤,以及人工产品木炭、焦炭、煤球等。

洁净煤技术是一项庞大复杂的系统工程,包括从煤炭开发到利用的所有技术领域,包括煤的汽化燃料、液化燃料和水煤浆燃料。

1.3.3 石油和天然气

略。

1.3.4 煤气和液化气

略。

1.4 清洁能源与可持续发展

1.4.1 能源开发与可持续发展

略。

1.4.2 氢能

氢能是一种理想的最有前途的二次能源,特点是热值高(为煤的 6 倍左右);原料是水,资源用之不尽;无污染。



最理想的制取氢气的方法是用太阳能分解水,核心是寻找适合紫外光分解水的催化剂,21 世纪可能会有重大突破。

目前用过渡金属化合物储氢,寻找更有效的储氢方法是氢能成功利用的重要课题。

1.4.3 太阳能

1. 太阳能

太阳能是指太阳辐射能,是地球上最根本、最丰富的能源。煤、石油中的化学能是由太阳能转化而成的,风能、生物能、海洋能等其实也都来自太阳能。太阳能是非常巨大的。

太阳能的利用方式有三种,包括光转变为热能(通过集热器进行光热转换);光转变为电能(通过太阳能电池进行光电转换);光转变为化学能(光解制氢与氧)。太阳能利用的难题是能量密度较低,太阳能的收集与转换是关键课题。

此外,核能、地热能、生物能、潮汐能、风能等也是目前清洁的新能源开发研究领域。

2. 新能源开发的重点与热点

氢能、太阳能、核能、生物质能是目前重点开发的新能源。太阳能光解制氢及高性能储氢合金的研究是目前的焦点与热点。



本章小结与学习体会



第2章 化学反应的基本原理 与大气污染

2.1 化学反应的方向和吉布斯函数变

2.1.1 影响反应方向的因素

1. 反应的焓变

在一定条件下不需任何外力便可自动进行的反应或过程,称为自发过程。自发过程的特点是过程自发地趋向能量最低状态。

影响化学反应自发性的因素还有混乱度和温度。

2. 反应的熵变

(1)组成物质的质点在一个指定空间区域内排列和运动的无序程度称为混乱度。

(2)系统内物质微观粒子的混乱度的量度称为熵,以符号 S 表示。熵是状态函数,熵有绝对熵。

(3)热力学中,有两条重要的自然规律控制着所有物质系统的变化方向:

①从过程的能量变化来看,物质系统倾向于取得最低能量状态;

②从系统中质点分布和运动状态来分析,物质系统倾向于取得最大混乱度。

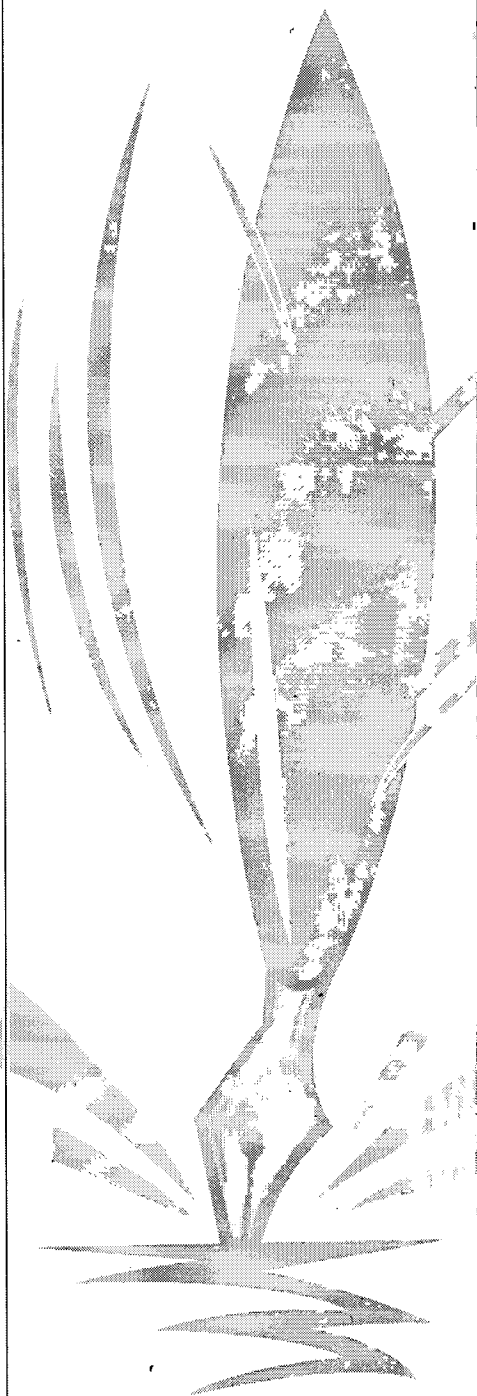
(4)单位物质的量的纯物质在标准状态下的规定熵叫做该物质的标准摩尔熵,以 $S_m^\ominus$ 表示。

化学反应的标准摩尔熵变可按式计算

$$\Delta_r S_m^\ominus(298.15\text{ K}) = \sum_B \nu_B S_{m,B}^\ominus(298.15\text{ K})$$

反应的熵变基本不随温度而变,即

$$\Delta_r S_m^\ominus(T) \approx \Delta_r S_m^\ominus(298.15\text{ K})$$



3. 反应的吉布斯函数变

对于等温过程

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

 ΔG 表示反应过程的吉布斯函数的变化,称为吉布斯函数变。

2.1.2 反应自发性的判断

在恒温恒压下,如果某一反应无论在理论上或实践上可被利用来做有用功(w),则该反应是自发的;如果必须从外界吸收功才能使一个反应进行,则该反应是非自发的。

吉布斯函数判断反应方向的判据是

$$\begin{cases} \Delta G < 0, \text{自发过程} \\ \Delta G > 0, \text{非自发过程} \\ \Delta G = 0, \text{平衡状态} \end{cases}$$

由热力学可知 $\Delta G = w'_{\max}$, 由此可得系统吉布斯函数的减少等于系统对环境做的最大有用功。

2.1.3 反应的标准摩尔吉布斯函数变的计算及应用

1. 298.15 K 时反应的标准摩尔吉布斯函数变的计算

在标准状态时,由指定单质生成单位物质的量的纯物质时反应的吉布斯函数变叫做该物质的标准摩尔生成吉布斯函数,其符号为 $\Delta_f G_m^\ominus$,反应的标准摩尔吉布斯函数的符号为 $\Delta_r G_m^\ominus$,单位为 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;计算公式为

$$\Delta_r G_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = \sum_B \nu_B \Delta_f G_{m,B}^\ominus(298.15 \text{ K})$$

2. 任意温度下反应的标准摩尔吉布斯函数变的计算

任意温度下的反应的标准摩尔吉布斯函数变根据吉布斯等温方程近似为

$$\Delta_r G_m^\ominus \approx \Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) - T\Delta_r S_m^\ominus(298.15 \text{ K})$$

3. 任意态时反应的摩尔吉布斯函数变的计算

恒温恒压下,任意状态下的摩尔吉布斯函数变 $\Delta_r G_m(T)$ 与标准状态下的摩尔吉布斯函数变 $\Delta_r G_m^\ominus(T)$ 之间的关系为

$$\Delta_r G_m(T) = \Delta_r G_m^\ominus(T) + RT \ln Q \quad (\text{等温方程})$$