

Physical Chemistry

物理化学

李西平 司云森 主编

云南大学出版社
YUNNAN UNIVERSITY PRESS

物 理 化 学

李西平 司云森 主编

云南大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

物理化学/李西平, 司云森主编. —昆明: 云南大学出版社, 2006

ISBN 7-81112-149-2

I. 物... II. ①李... ②司... III. 物理化学—高等学校—教材 IV. O64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 077390 号

物理化学

李西平 司云森 主编

组稿编辑: 徐 曼

责任编辑: 张丽华

封面设计: 刘 雨

出版发行: 云南大学出版社

印 装: 云南国浩印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 24.5

字 数: 675 千

版 次: 2006 年 8 月第 1 版

印 次: 2006 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-81112-149-2/O · 52

定 价: 34.50 元

社 址: 云南省昆明市一二·一大街 182 号

云南大学英华园内 (邮编: 650091)

发行电话: 0871-5033244 5031071

网 址: <http://www.ynup.com>

E-mail: market@ynup.com

内 容 提 要

本书是根据教育部 1995 年审定的高等工科院校“物理化学课程教学基本要求”，结合工科院校有关专业特点以及近几年来物理化学教学实践而编写的。

全书内容包含：准备知识、热力学基础、化学反应热力学、溶液—多组分系统热力学、化学平衡、统计热力学基础、电化学、化学动力学、相平衡、表面化学、胶体化学等十一章。重点阐述基本概念及基本理论，各章均安排有针对性较强的例题、思考题和习题。

本书可作为有色金属、钢铁冶金、金属材料、环境工程、精细化工、再生资源、矿物加工、矿产勘查及机械热加工等各专业教材之用，也可供其他相关专业作教材或参考书。

前 言

教育部正在实施“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”。昆明理工大学应用化学系为配合此举，积极投入化学系列课程改革的实践，进行了多种形式的教改，如将物理化学提前到本科生第二、第三学期开课等。为适应教学改革和教学的需要，我校应用化学系物理化学教研室组织了这本《物理化学》教材的编写工作。

本教材力求做到能满足该课程本身的基本要求，能发挥其化学学科的理论基础作用，能达到各相关专业基础课的要求，能反映当代科学技术发展的新内容，能适应教学改革的需要。为使教材在基本理论和原理及其在化学中的应用能得到更清晰的描述，并避免一些不必要的重复，将热力学部分编为“热力学基础”“化学反应热力学”两章；为使教材能同时适应物理化学课提前或不提前开课等多种类型教改的需要，注意了与后续课程的联系，在基本理论方面加入了一些便于衔接的内容，并把章节的顺序作了调整。教材在各章节标题后加了英语标题，对一些专用词汇也给了英语注释。书中物理量的符号和单位采用国际单位制（SI），标准态压力采用 100kPa。

鉴于各个专业有不同的要求和侧重点，同时考虑教学学时的弹性变动，按照因材施教的原则，书中对部分章节标以“*”号。这部分内容可由主讲教师根据教学的实际需要出发，进行取舍。

本书由李西平、司云森主编。各章执笔人分别是李西平（第一、五、八、十一章），杨继舜（第二、三、十章），司云森（第四、六、七章），陈秀敏（第九章）。全书由李西平、司云森统稿。

由于编者水平有限，书中错误和不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者
2005 年 12 月

目 录

绪 言	(1)
第一章 准备知识	(6)
第一节 化学计量与有效数字	(6)
第二节 理想气体	(9)
第三节 理想气体混合物	(11)
第四节 实际气体的状态方程	(13)
第五节 实际气体的液化与临界状态	(15)
第六节 对应状态原理和压缩因子图	(17)
思考题	(20)
习 题	(20)
第二章 热力学基础	(22)
第一节 热力学基本概念和术语	(22)
第二节 热和功	(24)
第三节 热力学第一定律	(29)
第四节 理想气体的热力学性质	(33)
第五节 热力学第一定律在相变化中的应用	(38)
第六节 热力学第一定律在真实气体节流过程中的应用——焦耳—汤姆生效应	(40)
第七节 热力学第二定律	(42)
第八节 熵变的计算	(48)
第九节 亥姆霍兹自由能及吉布斯自由能	(52)
第十节 热力学函数的基本关系式	(58)
思考题	(62)
习 题	(63)
第三章 化学反应热力学	(66)
第一节 热化学与反应焓	(66)
第二节 反应焓与温度的关系——基尔霍夫规律	(73)
第三节 热力学第三定律与标准熵	(76)
第四节 温度对吉布斯自由能的影响——吉布斯—亥姆霍兹方程	(79)
* 第五节 非平衡态热力学与耗散结构	(82)
思考题	(85)
习 题	(85)

第四章 溶液—多组分系统热力学	(87)
第一节 引言	(87)
第二节 偏摩尔量	(87)
第三节 化学势	(91)
第四节 气体热力学	(93)
第五节 拉乌尔定律和亨利定律	(97)
第六节 理想溶液	(98)
第七节 稀溶液	(100)
第八节 非理想溶液	(105)
第九节 分配定律	(108)
思考题	(108)
习 题	(109)
第五章 化学平衡	(113)
第一节 化学反应的平衡条件	(113)
第二节 化学反应的平衡常数	(114)
第三节 纯凝聚相与理想气体的反应	(119)
第四节 化学反应等温方程	(121)
第五节 平衡常数的计算	(123)
第六节 平衡移动	(126)
第七节 平衡组成的计算	(132)
第八节 同时平衡	(134)
思考题	(137)
习 题	(138)
第六章 统计热力学基础	(141)
第一节 概 论	(141)
第二节 分子的运动形式及能级公式	(143)
第三节 粒子的能量分布和独立粒子系统的微观状态数	(145)
第四节 最概然分布	(146)
第五节 玻耳兹曼分布定律	(147)
第六节 配分函数与热力学函数的关系	(152)
第七节 热力学三大定律的本质	(154)
第八节 配分函数的计算	(155)
第九节 统计熵的计算	(158)
第十节 统计热力学原理应用示例	(160)
思考题	(164)
习 题	(164)

第七章 电化学	(166)
第一节 引言	(166)
第二节 电化学基本概念和法拉第定律	(167)
第三节 离子的电迁移和迁移数	(169)
第四节 电解质溶液的电导	(173)
第五节 电解质溶液离子的平均活度和平均活度系数	(179)
第六节 氧化还原反应	(183)
第七节 可逆电池及其电动势	(185)
第八节 电极电势和可逆电极	(190)
第九节 浓差电池和液体接界电势	(195)
第十节 电动势法的应用	(198)
* 第十一节 电势 - pH 图	(202)
* 第十二节 熔盐电池	(204)
* 第十三节 固体电解质电池	(206)
第十四节 电解与极化作用	(208)
第十五节 电解时电极上的电化学反应	(215)
第十六节 金属的电化学腐蚀与防护	(217)
第十七节 化学电源	(219)
思考题	(222)
习 题	(223)
第八章 化学动力学	(226)
第一节 引言	(226)
第二节 化学反应的速率方程式	(228)
第三节 反应速率方程的积分形式	(230)
第四节 反应级数的确定	(235)
第五节 温度对反应速率的影响	(240)
第六节 基元反应速率理论简介	(243)
第七节 典型的复合反应	(247)
* 第八节 多相反应动力学	(254)
* 第九节 溶液中的反应	(258)
第十节 催化作用	(261)
* 第十一节 光化学反应	(266)
思考题	(269)
习 题	(270)
第九章 相平衡	(273)
第一节 相 律	(273)
第二节 单组分系统相图	(276)
第三节 二元系气—液平衡相图	(279)

第四节	液态部分互溶的二元系	(284)
第五节	完全不互溶的双液系统	(285)
第六节	简单低共熔混合物的固—液二元系相图	(286)
第七节	生成化合物的固—液二元系相图	(289)
第八节	生成连续固溶体的二元系	(291)
第九节	固态部分互溶的二元系	(293)
第十节	三元系相图	(295)
第十一节	生成简单共晶的三元系	(296)
*第十二节	部分互溶的三液体系统	(299)
*第十三节	三元水盐系相图	(301)
*第十四节	高级相变	(302)
思考题	.....	(303)
习 题	.....	(304)
第十章 表面化学	.....	(309)
第一节	表面吉布斯自由能与表面热力学的基本方程	(309)
第二节	弯曲液面的附加压力—拉普拉斯方程	(314)
第三节	润湿现象与杨方程式	(317)
第四节	分散度对物质性质的影响	(321)
第五节	气体在固体上的吸附	(324)
第六节	溶液表面的吸附作用	(332)
思考题	.....	(337)
习 题	.....	(337)
第十一章 胶体化学	.....	(339)
第一节	胶体系统的分类及特征	(339)
第二节	胶体系统的制备与提纯	(341)
第三节	胶体系统的光学性质	(342)
第四节	胶体系统的动力性质	(344)
第五节	溶胶系统的电学性质	(346)
第六节	溶胶的胶团结构	(350)
第七节	溶胶的稳定与聚沉	(351)
第八节	高分子化合物溶液	(353)
思考题	.....	(359)
习 题	.....	(359)
附 录	.....	(361)
附录 1	某些物质的临界参数	(361)
附录 2	某些气体的范德华常数	(362)
附录 3	热力学数据表	(363)
附录 4	各种气体自 25℃ 至某温度的平均摩尔恒压热容	(373)

附录 5	某些气体的摩尔恒压热容与温度的关系	(374)
附录 6	水溶液中某些离子的标准摩尔生成热	(376)
附录 7	物质的标准摩尔燃烧热	(376)
附录 8	基本常数	(377)
附录 9	希腊字母表	(377)
附录 10	元素的相对原子质量四位数表	(378)
参考文献	.....	(380)

绪 言

一、物理化学的目的和内容

在自然界中,物质运动的形式各不相同,物质的变化千姿百态又错综复杂,但归纳起来不外乎有物理变化和化学变化。在化学变化的同时,往往也伴随着物理变化。例如,化学反应常常伴随着热、电、光、声等物理现象;而温度、压力、浓度等物理性质的变化会影响化学反应的进行,例如光的照射会引起化学反应发生;原电池中电极和溶液之间进行的化学反应是产生电流的原因,而电流也可引起化学变化(电解)。这些都说明化学变化与物理变化是紧密地相互联系、相互影响、互相制约的。在长期研究物理变化对化学变化影响的过程中,物理学和化学相互影响、相互渗透,逐渐形成了一门边缘学科——物理化学(Physical Chemistry)。因此,物理化学就是从研究物质运动的物理现象和化学现象的联系入手,应用物理学的原理和方法,通过数学演绎,研究化学变化普遍规律的科学。物理化学是研究化学的原理、方法及化学系统的一般规律和理论的科学,是化学的理论基础,所以物理化学又称为理论化学。根据当今物理化学的发展,它包括以下的内容:化学热力学,化学动力学(含反应机理、催化理论、分子反应动力学),结构化学(含量子化学)。分门物理化学有:化学热力学、电化学、光化学、胶体和表面化学等。

研究物理化学,其目的就是为了解决生产实际和科学实验向化学提出的理论问题,从而使化学更好地为生产实际服务,因而物理化学主要担负的任务是探讨和解决以下三个方面的问题:

(1) 化学反应的方向和限度问题。一个化学反应在指定的条件下能否进行,向什么方向进行,它将达到什么限度?对一个指定的反应,能量的变化究竟有多少?外界条件如温度、压力、浓度等的变化对反应的方向和限度(即平衡的位置)有何影响?如何控制外界条件使反应向人们所预定的方向进行,从而使化学反应获得的产率最大,提供的能量最多,取得的效率最高等等。这些问题的研究是属于物理化学的一个分支——化学热力学(Chemical Thermodynamics),它主要解决化学反应的方向和限度(平衡)的问题,研究反应的可能性问题。

(2) 化学反应的速率和机理问题。一个化学反应进行的速率有多快,即在单位时间内能产生多少产物?化学反应是如何进行的(即反应的机理)?外界条件(如温度、压力、浓度、催化剂等)对反应速率有何影响?如何选择最佳途径控制反应进行的速率?这些问题的研究属于物理化学的另一个分支——化学动力学(Chemical Kinetics),它主要解决化学反应的速率和机理,即反应的现实性问题。

(3) 物质的结构和性能之间的关系问题。物质的性质从本质上说是由物质内部的结构所决定的。对于化学反应,无论是热力学问题还是动力学问题,本质上都取决于分子或原子的性质以及它们的相互作用。因此,必须了解物质的内部结构。只有深入了解物质的内部结构,才能真正理解化学变化的内因,而且可以预见到在适当的外界条件下,物质结构将发生什么样的

变化。这些问题的研究属于物理化学的另一个分支——结构化学 (Structural Chemistry)，它主要从微观的角度解决化学反应的本质问题。

以上三个方面的内容往往是相互联系、相互制约而不是孤立的，所以，化学热力学、化学动力学和结构化学一起构成了物理化学的三大支柱。不过，结构化学已另设课程进行讲授，它不包括在本课程内。

二、物理化学的研究方法

物理化学是自然科学的一个分支，那么一般的科学研究方法对物理化学也是完全适用的。认识来源于实践，实践是检验真理的唯一标准，物理化学的基本原理都是来自于生产实践和科学实验，同时，物理化学的理论、定律和公式也必须在实践中检验。由此可知，物理化学的主要方法是实验的方法。物理化学的发展史证明，物理化学的发展是符合“实践——认识——再实践”的认识过程的。因此，在物理化学的研究中，必须重视实验的重要性，任何不重视物理化学实验的做法都是错误的。

物理化学的研究方法，除必须遵循一般科学方法外，又有其特殊的研究方法，这就是热力学方法、统计力学方法和量子力学方法。在本课程中主要应用热力学方法，对统计力学方法仅作初步介绍。热力学方法是一种宏观方法，它是以大量质点所构成的系统作为研究对象，从经验所得的热力学两个基本定律出发，通过严密的论证和逻辑推理，根据系统初态（变化初的状态）和末态（变化后的状态）的宏观性质（如温度、压力、浓度和体积等），运用热力学函数，即可判断变化的方向和找到平衡（即限度）的条件；热力学只知道系统宏观状态的始末，不去追究其内部结构，即“知其然，不知其所以然”；热力学方法简单易行，答案肯定，结论十分可靠，因此得到广泛应用，至今还是许多科学的基础。它的不足之处就是不能深入物质的内部结构，因而只知道变化的结果，而不能说明所起变化的内在原因。而统计力学是应用统计的方法，由个别粒子的运动行为来推断大量粒子系统的规律，它把微观粒子的运动和系统的宏观性质联系起来了，因此它是联系宏观和微观的桥梁。量子力学的方法是一种微观的方法，它是运用量子力学原理研究微观粒子的运动行为，探讨物质的微观结构，但这种方法对计算复杂系统来说，目前还比较困难。

总而言之，物理化学的研究方法可以总结为两类：一是宏观归纳方法，即由大量实验所得实验数据进行分析、归纳，概括为定律或原理，从而得出宏观规律的理论，例如热力学第一、第二定律就是由前人从实验中总结出来的。二是微观演绎方法，即根据已有的知识，提出假设和模型，再通过数学运算和演绎、推理，提出微观规律的理论，如化学反应速率理论、溶液理论等。这两种方法各具特点和应用范围，它们相互联系、相互补充。正是由于宏观与微观研究方法的结合，使人们对物质世界宏观规律的认识，深入到了微观的本质。

三、物理化学的形成、发展和展望

1. 物理化学的形成

物理化学的形成距今约一百多年的历史，但物理化学这一名词的提出很早。约在 1752 年，俄国的化学家和物理学家罗蒙诺索夫第一个提出了物理化学这一词：“物理化学是一门学科，它根据物理学的原理和实验来说明在复杂物质中经化学处理后所发生的各种变化。”当时，他

还开班为他的学生讲授他编著的《物理化学教程》。但此后的很长一段时期内，虽然有很多科学家从事物理化学这一领域的研究工作，物理化学还没有真正形成一门学科。到 19 世纪的中后期，大规模的工业生产推动着自然科学的各个学科迅猛发展，同时，原子——分子学说、气体分子运动论和元素周期律已经确立，化学中积累的大量经验材料还需要进一步总结归纳，这时，物理化学开始形成。

1887 年，“物理化学之父”、德国著名化学家 W. Ostwald 和荷兰化学家 Van't Hoff 共同创办了德文的《物理化学杂志》，标志着物理化学真正形成为一门独立的学科。在《物理化学杂志》的创刊号上，同时还摘要发表了瑞典化学家 S. A. Arrhenius 的“电离学说”。这三人都都是物理化学的重要奠基人，由于他们对物理化学的卓越贡献和研究工作中的亲密合作关系，被称为“物理化学三剑客”。

从 19 世纪后半叶到 20 世纪，在工业生产和化学各学科的研究领域中，物理化学的基本原理得到了广泛的应用，发挥了指导作用。如物理化学的研究成果，对接触法制备硫酸、合成氨工业以及其他许多重要基本化学工业整个生产工艺流程的建立起了重要的作用。在基本有机合成工业、石油化学工业、化学纤维工业、合成橡胶工业以及其他国民经济部门中，物理化学研究的重要性正在日益增长。

另一方面，从 19 ~ 20 世纪的物理化学研究来看，物理化学的形成是许许多多科学家长期艰苦工作的结果，在其形成过程和早期研究工作中，就体现了化学和物理学交叉渗透的重要性，科学家们的科学精神及其研究方法、思维方式仍值得我们借鉴。

近几十年来，自然科学各个领域的发展十分迅速，各学科之间相互渗透、相互促进。现代光谱学、激光、分子束、计算机等高技术手段的涌现和应用，有力地推动了物理化学研究领域向着深度和广度发展。其发展趋势和主要特点是：宏观研究与微观研究相结合，更多向微观层次深入；体相研究与表相研究相结合，更多地向表相延伸；静态研究与动态研究相结合，更多地向动态研究发展；从平衡态向非平衡态、从线性向非线性、从纳秒向飞秒发展；理论与实践的结合更紧密。物理化学与其他学科相互渗透、交叉、融合，逐步形成许多新学科生长点。因此，目前物理化学的理论和实践研究进入了一个崭新的时代。

2. 物理化学的发展和展望

物理化学在 20 世纪发展很快，取得了许多重大成果。作为极富生命力的化学基础学科，物理化学又是新的交叉学科形成和发展的重要基础。现在的物理化学已形成了庞大的理论系统，下表列出了物理化学的主要分支：

化学热力学		相平衡、电化学、光化学 表面化学、胶体化学
化学动力学		
物质结构	结构化学	
	量子化学	

20 世纪物理化学的四大分支学科：化学热力学、化学动力学、结构化学和量子化学并列构成了物理化学的基础理论系统。它们又与物理、化学、生物、冶金材料科学等领域相结合，形成了物理化学的新分支学科，如物理有机化学、生物物理化学、化学物理、生物热力学、生物电化学、生物热化学、材料热力学、材料电化学、环境电化学、冶金物理化学等等。

当前,物理化学研究最活跃的领域和前沿是:分子动态物理化学(分子反应动力学、分子激发态光谱学);结构化学与分子光谱学;催化科学与表面物理化学;理论化学(包括量子化学、化学统计力学、分子力学、远离平衡态的非线性物理化学)。

纵观物理化学的发展,可以看出,它是一门既古老又极富生命力的学科。作为一门学科,其战略地位和重要作用是十分明显的。

四、物理化学的学习方法

物理化学是化工、冶金、材料、选矿、地质等专业的基础理论,是这些专业的基础理论课。因此,无论在知识的深度和广度上来说,对今后学习其他课程都具有重要意义。

为了学好物理化学课程,初学者都应根据自己的经验摸索出一套适合自身特点的学习方法。针对物理化学的特点,提出以下几点供读者参考。

(1) 要注意逻辑推理的思维方法。初学者往往感到物理化学的概念、理论太抽象,难以捉摸。其实这些概念、理论都是从客观实践中概括、归纳出来的。学习时如能与客观实际联系起来进行思考、推理,而且能运用所学的知识解决实际问题,则不但不会觉得物理化学难学,而且会感到生动有趣,会对理论的实质产生更深一层次的认识。例如,热力学中内能和熵作为状态函数存在,是由热力学第一定律和第二定律这种基本原理推理而得到的,随后导出第一定律和第二定律的数学表达式,由此出发而得到一系列很有用处的结论。因此在物理化学中,分析、综合、抽象、概括等逻辑思维方法比比皆是。而且在推理过程中很讲究思维的严密性,所得的结论有一定的适用条件,这些适用条件是在推理过程中自然形成的。这种逻辑思维的方法如能在学习过程仔细领会并学到手,必将终身受益。

(2) 要自己动手推导公式。物理化学课程中的公式较多,而且每个公式都有其适用的条件,要记住那么多的公式及适用的条件是很困难的。这个问题的有效方法就是必须自己学会推导公式。在公式推导中,要注意数学推导过程只是获得结论的必要手段,而不是目的。不要只注意繁杂的推导过程,而忽视了结论的使用条件及其物理意义。实际上对于物理化学的众多公式,只要记住几个基本定义和基本公式,其他一切公式均可由此导出(如热力学第一定律的数学表达式就是一个最基本的公式),而且在推导公式的过程中每一步所需增加的适用条件自然就产生了,最终所得的公式有什么限制条件也就很明确了,根本无须死记硬背。

(3) 勤于思考,多做习题。在学习过程中,应注意各章节之间的联系,知道来龙去脉,把新学的概念、公式与已经掌握的知识联系起来。在每次听课前,复习上次课程的内容。只有通过前后联系,反复思考,才能逐步达到把所学的知识融会贯通。与此同时,要多做习题。演算习题是培养学生独立思考问题和解决问题的重要环节之一,通过解题可以加深对课程内容的理解和记忆。

(4) 重视物理化学实验。物理化学是理论与实验并重的学科,理论的发展离不开实验的启示和检验。通过实验可以训练学生的基本的操作技能,掌握一些重要的实验方法,培养动手进行科学研究的能力;通过实验可以进一步培养学生分析问题和解决问题的能力以及独立工作的能力,进而巩固所学的理论知识,并能够运用学过的理论和知识创造性地变革现实,努力去发现新的现象和新的规律。

由于本课程独具典型的学科交叉性,对人才素质和思维能力的提高更具奠基性作用,随之

也伴有知识点的宽广性与原理的费解性。故初学者首先必须端正学习目的，并培养对课程的激情，以便有持续的求知欲。继而再选择适应自己行之有效的学习方法并积极去实践，无疑对自身创新能力获益匪浅。可以说：知识 + 兴趣 + 方法 + 实践 = 创新能力。

无论教师还是学生，在讲授或学习物理化学课程时，都应当把一般科学方法与物理化学特殊方法放在重要位置，这就是中国的古训俗语：“授人以鱼，不如授人以渔。”此外，还应该注意挖掘物理化学学科本身所隐含着的丰厚的哲学思想和自然辩证法，这对丰富教学内容，激发兴趣，点燃创新火苗，都有极大促进作用。

第一章 准备知识(Preparation knowledge)

本章以国际单位制为重点,介绍物理量表示方法及其运算,理想气体状态方程及理想混合气体的行为,并在实际气体及理想气体偏差的基础上,简单介绍实际气体状态方程,物质的临界参数及对应状态原理。

第一节 化学计量与有效数字(Stoichiometry and Significant Figure)

物理化学是一门严格定量的学科,因此,有必要对物理量的单位、换算及其数字的运算等作简要的讨论。

一、SI 单位制(SI System of Unit)

物质的物理性质与运动状态的参数称为物理量,如密度、质量、压力、速度等都属物理量。物理量是数值与单位的乘积,它有基本量与导出量之分。在所有物理量中选用几个彼此独立的量作为最基本量。基本量的单位称为基本单位。按一定的定律和规则将几个基本量联系起来的量称为导出量。导出量的单位称为导出单位,如在厘米·克·秒制中的速度就是导出量。任何一个基本量可用一特定的字母表示,称其为量纲,如长度的量纲为 L , 质量为 m , 时间为 s , 温度为 T 。应用这些基本量表示物理量特性的式子,称为量纲式,如速度的量纲式为 $[L \cdot s^{-1}]$, 密度为 $[m \cdot L^{-3}]$ 。

1960 年由 40 个国家参加的国际会议提出了一种新的单位制,叫做国际单位制,简称 SI 单位制(来自法语 Le Systeme Internatinal d'unite's)。

SI 单位制里有 7 个基本单位(见表 1—1),同时规定乘上一个因数 10^x (x 为整数)可以得到它的导出单位。表 1—2 列出的就是这些导出单位的符号、前缀和因数。

表 1—1 国际单位制的基本单位

物理量	英文名称	单 位	单位英文名称	单位符号
长 度	Length	米	meter	m
质 量	Mass	千克	kilogram	kg
时 间	Time	秒	second	s
电流强度	Electric Current	安培	ampere	A
温 度	Temperature	开尔文	kelvin	K
发光强度	Luminosity	坎德拉	candela	cd
物质的量	Quantity of Substance	摩尔	mole	mol

长度单位——米(m),是光在真空中,在 $1/299792458$ 秒的时间间隔内运行距离的长度

(1983 年)。质量单位——千克(kg)，等于国际千克原器的质量(1889 年)。时间单位——秒(s)，等于铯 133(^{133}Cs)原子基态的两个精细能级之间跃迁的辐射周期的 9192631770 倍的持续时间(1967 年)。电流强度单位——安培(A)，是一恒定电流强度，在真空中两条相互平行、相距 1 米、无限长的细直导线中，通以强度相同的稳恒电流，每米长度受力为 2×10^{-7} 牛顿时，导线中的电流强度为 1 安培(1960 年)。热力学温度单位——开尔文(K)，是水三相点的热力学温度的 $1/273.16$ (1967 年)。物质的量的单位——摩尔(mol)，是一物系的物质的量，该物系中所包含的结构粒子数与 0.012kg 碳 12(^{12}C)的原子数相等。在使用摩尔时应指明具体结构粒子，它可以是原子、分子、离子、电子以及其他粒子，或是这些粒子的特定组合体(1971 年)。光强度单位——坎德拉(cd)，为一光源在给定方向的发光强度，该光源发出频率为 540×10^{12} 赫的单色辐射，其辐射强度沿此方向为 $1/683$ 瓦特每球面度(1979 年)。

表 1—2 SI 单位制的符号、前缀和因数

中文名称	英文前缀	符 号	倍 数	中文名称	英文前缀	符 号	倍 数
艾	exa	E	10^{18}	分	deci	d	10^{-1}
拍	peta	P	10^{15}	厘	centi	c	10^{-2}
太	tera	T	10^{12}	毫	milli	m	10^{-3}
吉	giga	G	10^9	微	micro	μ	10^{-6}
兆	mega	M	10^6	纳	nano	n	10^{-9}
千	kilo	k	10^3	皮	pico	p	10^{-12}
百	hecto	h	10^2	飞	femto	f	10^{-15}
十	deka	da	10	阿	atto	a	10^{-18}
	basic unit		1				

* 质量的基本单位是 kg，但在实际换算时常用 g 作为换算基础，如 kilograms(千克)，milligrams(毫克)。

除了以上七种基本单位，国际单位制还包括一些导出单位(见表 1—3)。

表 1—3 SI 单位制的导出单位

物理量	英文名称	SI 单位	单位英文名称	单位符号或换算式
力	Force	牛顿	Newton	$1\text{N} = 1\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
功, 能量, 热量	Work, Energy, Heat	焦耳 电子伏	Joule Electric Watt	$1\text{J} = 1\text{N} \cdot \text{m}$ eV
功率	Power	瓦	Watt	$1\text{W} = 1\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$
压强	Pressure	帕斯卡	Pascal	$1\text{Pa} = 1\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$
电量	Electric quantity	库仑	Coulomb	$1\text{C} = 1\text{A} \cdot \text{s}$
电势	Electric potential	伏特	Volt	$1\text{V} = 1\text{W} \cdot \text{A}^{-1}$
电阻	Electric resistance	欧姆	Ohm	$1\Omega = 1\text{V} \cdot \text{A}^{-1}$
频率	Frequency	赫兹	Hertz	$1\text{Hz} = 1\text{s}^{-1}$
磁场强度	Magnetic intensity	奥斯特	Oersted	Oe

目前，我国已正式把 SI 制确定为法定单位，但是在化学研究中长期以来使用着一些习惯单