

国际单位制与化学引论

[英] R. B. 赫斯洛普 著
G. M. 威尔德



广西人民出版社

国际单位制与化学引论

〔英〕 R·B·赫斯洛普 著
G·M·威尔德

周宁怀 译
蒋学源 校

广西人民出版社

国际单位制与化学引论

R·B·赫斯洛普 著
〔英〕G·M·威尔德

周宁怀 译 蒋学溥 校

☆

广西人民出版社出版

(南宁市河堤路14号)

广西新华书店发行 广西民族印刷厂印刷

*

开本850×1168 1/32 6.875印张 164千字

1984年11月第1版 1984年11月第1次印刷

印 数 1—4500册

书号: 7113·456 定价: 0.94元

内容简介

本书是英国著名化学教育家赫斯洛普等为化学专业的学生介绍国际单位制的一本专著。全书以普通化学基本理论为纲,通过概念的阐述和例题的演算具体说明SI的原理和使用规则。对目前较为陌生的SI单位如摩尔、(物质的量)浓度单位、焦耳、帕斯卡等均作了详细讨论。对一些理论问题的叙述作了独特处理,在例题演算中推荐采用量值算法;在量和单位的表述上,按国际纯粹与应用化学联合会的要求进行了规范化;在容量分析中完全废弃当量浓度而统一使用(物质的量)浓度等等。这些都是值得注意和借鉴的。本书对我国推行SI将有积极的作用。适于广大化学工作者和化学教师参考也可作为大专院校学生学习普通化学的参考书。

R.B.HESLOP & G.M.WILD

SI UNITS IN CHEMISTRY

AN INTRODUCTION

APPLIED SCIENCE PUBLISHERS LTD

LONDON 1975

国际单位制与化学引论

R·B·赫斯洛普
〔英〕 著
G·M·威尔德

周宁怀 译 蒋学源 校

序 言

本书是为学习化学的学生熟悉国际单位制（通用符号 SI）而写的。自1960年开始确立 SI 以来，它已得到广泛的采用。SI 能使科学技术中的运算简化从而节省时间。作者认为只有当代入物理公式的是物理量（即测量值 $\times$ 单位）时，SI 的优越性才能充分地体现出来。本书第一章介绍了这种方法，称之为量值算法，并在全书的例题中采用。

在编写时，我们自然把内容的重点放在化学的定量关系上。建议把本书和普通化学教科书结合起来学习。各章的例题都经精心设计，以使数学运算尽可能简单，让学生首先能够理解，然后掌握熟练的运算技巧。

最后，我们向麦克诺小姐致以深切的谢意，她在原稿的打字中作了出色的工作。

R. B. 赫斯洛普

G. M. 威尔德

1971年元月于曼彻斯特

目 录

序 言

第一章 物理量和单位…………… (1)

基本物理量 导出物理量 物理量的测量 数值的印刷 一贯单位制 三量纲单位制及其缺点 电流定作 第四个基本量 采用更多基本量的优点 国际单位制 SI导出单位 SI单位的分数单位和倍数 单位的词头 采用SI后单位的主要更动小结 量值计算法 含有对数的公式 数据表的表头 练习 I

第二章 原子结构 I 原子核…………… (13)

原子核 同位素 同位素质量和原子量 质量的非加和性; 核的束缚能 核子束缚能与质量数的关系 核裂变和聚变反应 放射性蜕变 蜕变常数; 半衰期 用放射性碳计龄 练习 II

第三章 原子结构 II 电子云…………… (25)

电磁波 光子 自由电子似波动 自由电子波长的理论计算 氢原子光谱 受束缚电子也似波 氢原子中能级和原子光谱的关系 电离势 氢的原子轨道 氢以外其它轻原子的轨道能量 构造原理 1~20号元素的第一电离势 练习 III

第四章 气体定律 气体分子运动论…………… (37)

波义耳定律 查理定律 理想气体状态方程式 气体常数 阿佛加德罗常数 气体密度和摩尔质量 格拉罕姆扩散定律 道尔顿分压定律 气体分子运动

论 气体压力和分子动能的关系 实际气体的行为
范德华方程式 临界现象 临界常数和范德华常数的关系 练习IV

第五章 离子晶体..... (53)

晶体的X射线分析 布喇格方程 离子晶格 晶格能 半径比规则 阴、阳离子数不等的离子晶格 离子半径 阿佛加德罗常数的测定 生成晶体的热化学 波恩-哈柏循环 练习V

第六章 热化学..... (67)

量热计 焓 热力学第一定律 恒容量热器 键离解能 气态原子的标准焓 平均键能 共振能 溶解焓和稀释焓 中和焓 练习VI

第七章 化学平衡..... (79)

平衡方程式 熵作为热能的容量因素 熔化和汽化时的熵变 标准熵 热力学第二定律 吉布斯函数 气体混合物的平衡 气相离解反应 压力对气相平衡的影响 通过平衡状态的测量来确定 G° 多相平衡 温度对平衡的影响 吕查德里原理 练习VII

第八章 化学动力学..... (98)

反应速率的表示方法 反应速率的单位 反应级数 实验测定反应速率 反应速率方程式和速率常数 反应级数的测定 半衰期 反应中的分子数 反应机理 温度对反应速率的影响 练习VIII

第九章 溶液的性质..... (113)

渗透 蒸气压下降 沸点上升 凝固点下降 电解质溶液的依数性 非理想溶液的凝固点 分配定律 挥发液体的均相混合物 亨利定律 练习IX

第十章 水溶液中的离子平衡..... (126)

溶解度 离子活度 溶度积 溶度积规则 弱电解质 酸的电离常数 酸的电离指数 水的离子积

常数 碱的强度 pH值——氢离子指数 水解 缓冲
作用 酸碱指示剂；指示剂常数 练习X

第十一章 氧化还原……………(142)

基本概念 可逆的化学电池 可逆电极 电池的电动
势 标准氢电极 标准氧化还原电势 标准电动势
氧化力的比较 标准电动势和 ΔG° 氧化还原反应的
平衡常数 电极电势和离子活度的关系 浓差电池
练习Ⅱ

第十二章 电解质导电……………(154)

电解质导电的本质 离子的淌度 电解质的摩尔电导率
的测定 强电解质溶液的 λ 随浓度的变化 单组分淌度
的科拉西规律 指定离子在总电流中导电百分数的确定
电导滴定 微溶盐溶解度的测定 弱电解质的电导率
弱电解质电离度的测定 练习Ⅲ

第十三章 偶极矩与电负性……………(166)

分子在电场中的极化 键的离子性百分数 多原子分子
的偶极矩 电负性 电负性和键的极性 练习XIII

第十四章 滴定……………(173)

标准溶液 酸碱滴定原理 基准 溶液的标定 反滴
定 氧化还原滴定的原理 高锰酸钾滴定法 碘滴定
法 基于KI溶液氧化为 I_2 的容量法 沉淀(滴定)分析
法 练习XIV

第十五章 有机化合物的定量分析……………(186)

A 固体和液体的元素分析

碳和氢的分析 杜马法测定氮 基耶达测氮法 硫的
测定 氯和溴的分析 氧的分析 求算经验式 求
分子式

B 气态碳氢化合物和气体混合物的分析

测定气态碳氢化合物的分子式 气体混合物的组成
练习XV

附录	表XXIII一些物理常数.....	(196)
	表XXIV 一些常用的非SI单位	
	关于(物质的量)浓度和质量摩尔浓度的注释	
练习答案		(197)

第一章 物理量和单位

基本物理量

我们学习化学时，常常需要计算各种物理量。在众多的物理量中，一般公认七个量（表 I）是量纲独立的基本量。选定这些量作为基本量的理由，将在本章的后面讨论。然而，这种选择只是人为的，不是唯一的。请注意表 I 中物理量的符号是用斜体印刷的。

表 I 基本物理量及其符号

长度	<i>l</i>
质量	<i>m</i>
时间	<i>t</i>
电流	<i>I</i>
热力学温度	<i>T</i>
物质的量	<i>n</i>
光强度	<i>I_v</i>

导出物理量

其它的物理量是由基本量导出的。按照定义通过基本量的相乘或相除、积分或微分、或基本量的综合运算而得到的为导出物理量（表 II）。

表 II 导出物理量示例

物理量	符号	定义式	量 纲
速度	v	$v = dl/dt$	长度 $\times$ (时间) $^{-1}$
加速度	a	$a = dv/dt = \frac{d^2l}{dt^2}$	长度 $\times$ (时间) $^{-2}$
力	F	$F = m \times a$	质量 $\times$ 长度 $\times$ (时间) $^{-2}$
功	W	$W = \int F dl$	质量 $\times$ (长度) $^2 \times$ (时间) $^{-2}$
电量	Q	$Q = \int I dt$	电流 $\times$ 时间
电势	V	$V = dW/dQ$	质量 $\times$ (长度) $^2 \times$ (时间) $^{-3}$ $\times$ (电流) $^{-1}$

表 II 第四栏是导出量的量纲。由于速度是长度对时间的微分，因此速度的量纲是长度 $\times$ (时间) $^{-1}$ ，其它量依此类推。

全书用公式来定义导出物理量。例如，读者将可看到，导体的电阻率是由公式(88)来定义的。此式给出电阻率的正确量纲，有人把 1 立方厘米物质的电阻作为该物质的电阻率，这是不正确的，因为电阻和电阻率是量纲不同的两个量。

物理量的测量

当我们测量物体如一根金属棒的长度时，所得到的结果是棒长与标准米尺的长度之比值。

如果：

$$\frac{\text{棒长}}{\text{米尺的长度}} = 0.57$$

则棒长的表示式为：

$$l = 0.57 \text{ m}$$

量的单位的符号，如上例中的 m 是用正体字印刷的。于是上面的

关系式可写成:

$$l / m = 0.57$$

由此可见, 物理量(l)是一个纯数(测量值)和单位的乘积。

数值的印刷

本书按照国际上推荐的规则来印刷数值。用底线上的圆点来表示小数点(某些国家是用逗号, 这也是国际上所通行的)。为了容易读出冗长的数值, 小数点两侧的数目字可以每三个分为一组, 但不能用逗号隔开。例如8 124.467 25如果数值小于1, 则在小数点前加上零, 如0.242 25, 0.081。

很大或很小的数值通常采用指数形式表示。例如: 1.32×10^9 和 3.63×10^{-12} , 此时小数点前只留一位数。当一个量的量值在 10^3 和 10^4 之间且只有三位有效数字时, 写成 1.23×10^3 比 1230 要好, 后一数字可能被认为是四位有效数字。

一贯单位制

每个量纲独立的基本量都有一个选定的单位, 称为基本单位; 所有导出的物理量的单位都由基本单位相乘或相除构成, 而且不引入数值因子, 这样的单位制是一贯单位制。C G S 制是以长度、质量、时间的单位——厘米(cm)、克(g)、秒(s)——作为基本单位的。人们把施于1克物体上, 产生1厘米每秒平方加速度的力称为1达因。所以, 达因是属于C G S 制这种一贯单位制的单位。类似地, 在以米、千克、秒为基本单位的M K S 制中, 使质量为1千克的物体产生1米每秒平方加速度的力称为1牛顿。牛顿是M K S 制的一贯单位, 但在C G S 制中, 它就不是一贯单位了, 因为

$$1 \text{ 牛顿} = 10^3 \text{ g} \times 10^2 \text{ cm} \times \text{s}^{-2} = 10^5 \text{ 达因}$$

三量纲单位制及其缺点

在CGS制和MKS制里各种公式都是以三个独立的量——长度、质量、时间为基础的，称为三量纲制。这类单位制用于电学和磁学是不能令人满意的，因为此时某些物理量按静电学的公式与按电磁学的公式来定义其量纲不同。

例如，在真空中，两个相距为 r ，分别带有 Q_1 和 Q_2 电量的点电荷之间的作用力 F ，在静电学中的公式为：

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad (\text{库仑定律}) \quad (1)$$

此时，在三量纲制中力的量纲是 $(\text{质量}) \times (\text{长度}) \times (\text{时间})^{-2}$ ， r 的量纲为长度，因而 Q 的量纲为 $(\text{质量})^{\frac{1}{2}} \times (\text{长度})^{\frac{3}{2}} \times (\text{时间})^{-1}$ 。

但在电磁学里，处于真空中的两根平行直导线，长度为 l ，距离为 d ，分别通过电流 I_1 和 I_2 ，它们间的作用力由下式表示：

$$F = \frac{2I_1 I_2 l}{d} \quad (\text{安培定律}) \quad (2)$$

由于 F 的量纲不变，为 $(\text{质量}) \times (\text{长度}) \times (\text{时间})^{-2}$ ， l 和 d 的量纲都是 (长度) ，则电流 I 的量纲为 $(\text{质量})^{\frac{1}{2}} \times (\text{长度})^{\frac{1}{2}} \times (\text{时间})^{-1}$ 。已知 $Q = \int I dt$ ，这时， Q 的量纲却是 $(\text{质量})^{\frac{1}{2}} \times (\text{长度})^{\frac{1}{2}}$ 。可见，在三量纲制中 Q 的量纲在静电学里和在电磁学里不一致，这正是采用CGS制和MKS等三量纲制的缺陷。

电流定作第四个基本量

克服上述困难的一种可行的办法是把电流也作为基本量，同时给式(1)和式(2)引入比例常数。再加上另一项改进——有理化——对于球形对称的电磁场引入因素 π ，而对非球形对称电场则忽略此因素。于是(1)式和(2)式分别写成：

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (3)$$

$$F = \frac{2\mu_0 I_1 I_2 l}{4\pi d} \quad (4)$$

式中， ϵ_0 是真空电容率， μ_0 是真空磁导率。

为使这两式所定义的电流单位与实用的电流单位的量值相同，需令 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{kgms}^{-2} \text{A}^{-2}$ ，基于与相对论有关的原因（在此不可能详细讨论） $\mu_0 \times \epsilon_0 = c_0^{-2}$ ， c_0 是光在真空中的速度。据此， $\epsilon_0 = c_0^{-2} / \mu_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{kg}^{-1} \text{m}^{-3} \text{s}^4 \text{A}^2$ 。

二十年来，由四量纲制MKSA（米、千克、秒、安培）导出的(3)式和(4)式在电气工程界已得到采用。

采用更多基本量的优点

在热力学中把温度定为基本物理量（即它不是由质量、长度、时间、电流来定义的）是适宜的。在光学中把光强度作为基本量亦有好处。近来，物理化学家建议采用“物质的量”作为第七个基本量。表I列出公认的七个基本量，与此相应，MKSA四量纲制也就扩展为包含七个基本单位的国际单位制（符号SI）。不仅所有物理量可由表I列出的七个基本量来定义，而且一切单位也由表II示出的七个基本单位来导出。

表 III SI基本单位

基本物理量	单位的名称	单位的符号
长度	米	m
质量	千克	kg
时间	秒	s
电流	安[培]*	A
热力学温度	开[尔文]	K
物质的量	摩[尔]	mol
光强度	坎[德拉]	cd

国际单位制

1960年国际计量大会通过以七个基本单位为基础的单位制，命名为国际单位制。

本书将不涉及第七个基本单位——坎德拉。下面给出另外六个基本单位的定义：

1. 米等于氪-86原子的 $2p_{1/2}$ 和 $5d_5$ 能级之间跃迁所对应的辐射，在真空中的1 650 763.73个波长的长度。

2. 千克等于国际千克原器的质量。一个铂铱原器保存在法国塞凡尔斯（读者或许会感到奇怪：为何不用克，却用千克作为质量单位？采用千克的好处是便于把数十年来使用着的许多“实用”电学单位，象伏特等作为一贯单位而列入国际单位制）。

3. 秒是铯-133原子基态的两个超精细能级之间跃迁，所对应的辐射的9 192 631 770个周期的持续时间。

4. 安培是一恒定电流，若保持在处于真空中相距1米的两根无限长、而圆截面可忽略的平行直导线内，则在此两导线之间产

* 根据《中华人民共和国计量单位名称和符号方案》规定，中文的单位名称中略去方括号的字后即为该单位的简称。单位简称可用于初级读物。在科技书刊中，《方案》建议尽量采用单位的符号。（本书所有的脚注均为译者所加）

生的力在每米长度上等于 2×10^{-7} 牛顿。

5. 开尔文是水三相点热力学温度的 $1/273.16$ 。(废除“度”和它的符号“°”)

6. 摩尔是一系统的物质的量,该系统中所包含的分子,离子,原子,电子的数目与0.012千克碳-12的原子数目相等。

摩尔不是老名词“克分子”的同义语,后者只能用于在指定温度下存在着独立的分子的系统。1克分子的氢是指2.018克由氢分子组成的氢。而1摩尔氢的说法是没有意义的。因为摩尔既能用于计量氢原子又能用于计量氢分子的物质的量。显然,1摩尔 H_2 的质量是1摩尔H的两倍。与此相类似,1摩尔 Al_2Cl_6 的质量是1摩尔 $AlCl_3$ 的两倍。用化学式准确地指明所计量的微粒最为清晰。

SI 导出单位

在 SI 中某些导出物理量的单位是有专门名称的。现把本书中要用到的这类单位列于表 IV。值得注意的是那些以科学家名字命名的单位,在书写或印刷其拉丁文或希腊文全称时采用小写字母,但它们的符号的头一个字母要大写。

表 V 是没有专门名称的 SI 导出单位的示例。

表 IV 具有专门名称的导出单位示例

导出物理量	单位的名称	符号	单位的定义式
能量	焦[耳]	J	kgm^2s^{-2}
力	牛[顿]	N	Jm^{-1}
电量	库[仑]	C	As
电势差	伏[特]	V	$JA^{-1}s^{-1}$
电阻	欧[姆]	Ω	VA^{-1}
压强(压力)*	帕[斯卡]	Pa	$N/m^2 = m^{-1} \cdot kgs^{-2}$

* 原书中压强是列在表 V 的。兹根据第十五届国际计量大会决议,压强单位的专有名称是帕斯卡,故将它移入本表。

表 V 没有专门名称的导出单位示例

物 理 量	单 位	符 号
面积	平方米	m^2
体积	立方米	m^3
密度	千克每立方米	kgm^{-3}
摩尔质量	千克每摩尔	kgmol^{-1}

SI 单位的分数单位和倍数单位的词头

国际一致通过的SI单位的分数和倍数单位的词头列于表 VI

1 nm是 $1 \times 10^{-9} \text{m}$, 1 kJ是 $1 \times 10^3 \text{J}$ 。词头与SI单位 符号*之间不留空隙。质量的基本单位kg是含有词头的复合符号, 这是颇为遗憾的。选定这个基本单位的原因前已说明。

值得注意的是除了 10^{-2} 至 10^2 之间的词头之外, 其它 词头的指数是千进位的。当采用词头后, 不论测量的值多么庞大抑或极其微小, 其量值都能以 1 至1000之间的数字来表示。例如离子半径的典型数据是 $1.56 \times 10^{-10} \text{m}$, 可等价地表示为156pm。显然, 在计算中, 一般用前一种表示方法更方便, 但是后一种写法常用于文字书写和表格中。(见表 VI)

采用SI后单位的主要更动小结

- 作为SI的一贯单位米和千克取代了厘米和克, 但后两者是前者对应的分数单位;
- 力的单位是牛顿 (kgms^{-2});
- 能量、热*、功的单位 统一为焦耳, 因而各种不同定义的卡路里和非SI的能量单位均应废弃;
- SI电学单位取代静电单位和电磁单位;
- *. 摩尔取代克分子数、克原子数、克离子数、克当量数等。

* 原文是基本单位符号, 这里按SI使用规定修正。