

物·理·药·学

〔美〕 A. N. 马丁 著 赵士寿 吳鴻俭 主译

内 容 提 要

本书以物理化学和胶体化学的原理为主,结合药学、特别是药剂学的具体应用编写而成。内容从复习因次、单位和若干数学原理开始,沿着原子和分子结构、物态以及溶液和胶体分散体这一途径进行讨论。其中对药剂体系的性质以及药品的配方、调剂和稳定性等要旨较为重视,并对现代药学的最新进展作了较为详细的介绍。

本书适于药学院校师生和药学工作者阅读,对与药学有关学科的工作人员也有一定参考价值。

PHYSICAL PHARMACY
Physical Chemical Principles in
Pharmaceutical Science

Alfred N. Martin

Henry Kimpton 1960

物 理 药 学

——药学科学的物理化学原理

赵士寿 吴鸿俭 主译

上海科学技术出版社出版(上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业许可证出093号

上海新华印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本850×1156 1/32 印张22 18/32 插页4 排版字数603,000

1965年2月第1版 1965年2月第1次印刷

印数1—7,000

统一书号 14119·1172 定价(科六)3.80元

譯 者 序

1949年，“物理药學”在国外已被提出作为药學中的一門新課程(据 G. L. Webster, Am. J. Pharm. Educ., 1960, 24, 398)。7年后，在第11版(1956)的 Remington's Practice of Pharmacy 中开始有它的簡略內容。到了1960年，A. N. Martin 把它写成一本內容丰富的教科書，即目前我們翻譯的这本书。

本书以物理化学和胶体化学为綱，結合药學、特别是药劑学的具体应用編写而成。从第一章到十六章(及二十二章)是本书的基本理論部分，它不同于一般物理化学教科書，尽可能地与药學內容相結合。第十七章以及涉及胶体化学的第十八章至二十一章更收集了大量的药劑学的理論資料，对药劑学工作者特別有益。

以教科書的形式，首次深入浅出地将物理化学和胶体化学与药學相結合，可算是原著的最大特点。药學工作者通过它可以提高自己的理論水平，并能窺見物理药學的概况；物理化学工作者能借此获得有关自己的学科在药學专业中所起的重要作用的实际材料。由于本书具有这些特点，对于药學院校師生和药學专业的各工作崗位的同志，以及对与药學有关学科的工作者，都是一本有益的参考書。

本书的翻譯有以下几点說明：

1. 譯名主要按《化学化工術語》、《物理学名詞》、《医学名詞汇编》、《英汉化学化工詞汇》等書；个别原文名詞无适当汉文譯名可用者，由譯者拟定譯名，如 Micromeritics 暫譯“微粒學”等。

2. 外国人名以原文写出，不加譯音。

3. 原書密行部分以小字代替。

4. 有廣告性质的名称从略，如原書第九章表6(226頁)只選譯了非成藥的 pH 值。

5. 原文中的錯漏字在譯文中作了訂正。
6. 原文中文義不夠明確的已加譯注。
7. 原書索引也譯成漢文，並注有頁碼。

由於譯者水平所限，譯文中錯誤之處一定不少，希望讀者批評和指正為幸。

趙士壽 吳鴻儉

1964年7月於上海第一醫學院藥學系

原序节譯

本书力图将药科学理論与实际結合起来，是为学习本科課程的学生編写的。在延长学制的药科学課程中，依次学习解析几何和微积分，继之学习物理化学和(或)物理药科学，将在美国若干药学院系中实行。但在目前，本书的内容是控制在这样的水平，即无须靠物理化学的知識或比大学初等数学(指大学代数和三角——譯者)更高的知識，也能为一般高年級的药科学学生所易于理解。书內較深部分均用小字排印，讀者初学时或可省略。

《物理药科学》是从复习因次、单位和若干数学原理开始，然后沿着原子和分子結構、物态以及溶液和胶体分散体这一途径进行討論。在全部内容中，对药剂体系的性质和药品的配方、調剂以及稳定性等要旨，均加以重視；对測定物理和化学性质所用的仪器和方法，作了說明；对新的科学术语和概念也作了介紹，使学生能理解和探討现代药科学的新进展；并使学生熟悉研究的方法和成果，以便将来能独立設計和进行药科学的研究。

本书尽可能收載了科学中的最新进展，其中包括一些統計学的应用、价鍵的新理論、等渗的现行概念、新的酸-碱理論和活度概念、pH 数种定义和緩冲作用的应用、药物的溶解度和增溶作用、金属离子和分子的絡合作用、稳定性的加速試驗方法、药物吸收和排除速度的研究、粉末的微粒学和固体剂型的物理学以及混悬液和半固体的流变学等。

在第四章物态的討論之后，介紹了热力学的一些初步原理。在以后各章节中即穿插热力学在药剂研究方面的应用。最后一章更詳細地介紹了热力学的发展，而很多前已介紹的基本方程式，在此按热力学的原理加以推論。由于对药物分解和吸收动力学的透彻理解需要微积分的知識，就在速度表现过程一章之前介紹了微积

分的綱要，并附有多种图解和实例。为了帮助学生提高解题这种重要技能，全书备有实例，并在每章之末附有习题和答案。

物理药学这门课程可以作一个或二个学期讲授；可以在一门简短的物理化学之后讲授，或用它代替物理化学；可以安排在调剂和制剂生产的课程之前，以避免在这些专业课程中讲授物理化学概念和应用的必要；也可以在新教学计划的一年把理论与实际（即物理药学与制剂工艺学）合并起来，成为一门课程来教。

不论作为一个学期或二个学期的课程，教师从本书中选择相应的教材是不会碰到什么困难的。他可以着重某些问题，自小学部分选择更多资料而精简其他。有关实用的资料，常从文献报告中容易查得，它们分列于各章章末作为参考文献，并可对有兴趣的学生作为额外指定参考。因此，教师无需化费课堂讲授基本理论的时间来讨论实际应用的问题。每章之初都有该章的详细目录，可帮助教师计划一个或二个学期的课程。下列文献所列的论述对教师也是有帮助的：Proceedings Teacher's Seminar on pharmacy, 1955, p. 97; Am. J. Pharm. Ed., 21, 367, 1957; Proceedings Teacher's Seminar on Pharmaceutical Chemistry, 1958, p. 103。

除各章附有参考文献外，附录中另列物理药学方面书目，以免在每章之末重复列入必要的基本参考书。这个书目对要开设物理药学这门课程的院系图书委员会也有用处。

本书将在教师、学生和药剂工作者中流行。对著者这样处理题材，他们当中必定会有不同意见。因此希望，通过他们的批评和建议，若干年后，《物理药学》能修改成为一本更好的书，以应药学生理论方面的需要。

Alfred N. Martin

希腊字母

大楷	小楷	英文注音	汉文注音	大楷	小楷	英文注音	汉文注音
A	α	Alpha	阿耳法	N	ν	Nu	纽
B	β	Beta	貝塔	Ξ	ξ	Xi	克西
Γ	γ	Gamma	伽馬	O	o	Omicron	奧密克戎
Δ	δ	Delta	台尔塔	Π	π	Pi	派
E	ϵ	Epsilon	艾普西隆	P	ρ	Rho	洛
Z	ζ	Zeta	齐塔	Σ	σ	Sigma	西格馬
H	η	Eta	艾塔	T	τ	Tau	陶
θ	θ	Theta	西塔	Υ	υ	Upsilon	宇普西隆
I	i	Iota	約塔	Φ	ϕ	Phi	斐
K	κ	Kappa	卡帕	X	χ	Chi	喜
Λ	λ	Lambda	兰布达	Ψ	ψ	Psi	普西
M	μ	Mu	謬	Ω	ω	Omega	奧密伽

物理常数

重力加速度, g	980.7 厘米秒 ⁻²
Avogadro数(阿佛加德罗数), N	6.024×10^{23} 克分子 ⁻¹
Boltzmann常数(波茨曼常数), $k = R/N$	1.38×10^{-16} 尔格·度 ⁻¹ ·分子 ⁻¹
1卡	4.184 绝对焦耳
电子的电荷, e	4.80×10^{-10} 静电单位
	1.60×10^{-20} 电磁单位
1电子伏特, eV	1.60×10^{-19} 绝对库仑
	1.60×10^{-12} 尔格
法拉第, F	23,060 卡·克分子 ⁻¹
	$(9.650 \pm 0.010) \times 10^4$ 绝对库仑·克当量 ⁻¹
气体常数, R	23,060 卡·伏特 ⁻¹ ·当量 ⁻¹
	8.315×10^7 尔格·克分子 ⁻¹ ·度 ⁻¹
	8.315 焦耳·克分子 ⁻¹ ·度 ⁻¹
	1.987 卡·克分子 ⁻¹ ·度 ⁻¹
标准大气压	0.0821 升·大气压·克分子 ⁻¹ ·度 ⁻¹
冰点, $0^\circ C$	1.013×10^6 达因·厘米 ⁻²
$\ln(\log_e)$	273.16°K
Planck常数(普朗克常数), h	$\log \times 2.303$
光在真空中的速度, c	6.624×10^{-27} 尔格·秒
理想气体在标准状况下的容积	3.0×10^{10} 厘米·秒 ⁻¹
	22.414 升·克分子 ⁻¹

目 录

譯者序

原序节譯

第 一 章	緒 論	1
第 二 章	物质結構	35
第 三 章	放射性	65
第 四 章	物 态	76
第 五 章	药物分子的某些物理性质	109
第 六 章	溶 液	131
第 七 章	依数性和分子量的測定	156
第 八 章	电解质溶液	178
第 九 章	离子平衡	210
第 十 章	緩冲系統和 pH 的比色測定	257
第 十 一 章	等张緩冲溶液	282
第 十 二 章	电动势和 pH 的电学測定	305
第 十 三 章	氧化-还原系統	330
第 十 四 章	溶解度和有关现象	341
第 十 五 章	絡合作用	397
第 十 六 章	微积分学綱要	435
第 十 七 章	速度表现过程	460
第 十 八 章	胶 体	526
第 十 九 章	界面现象	551
第 二 十 章	微粒学(Micromeritics)	583
第 二 十 一 章	流变学;乳状液、混悬液和半固体分散体	608
第 二 十 二 章	热力学	653
一般参考书		682
索 引		693

第一章

緒論

科学的概念和方法

因次和单位

长度和面积

体积

质量

密度和比重

其他因次和单位

力

压力

功和能

一些数学原理

牵涉因次的計算

指数

对数

变量

图解方法

統計方法和誤差的分析

可測誤差

不可測誤差

精密度和准确度

算术平均值

离散度的量度

有效数字

灵敏度

质量当量和体积当量

总調配誤差

对学生的建議

今天的药师比过去任何时候更需要具有扎实的药理学和有机化学知識，并对他所調制的新药的物理性质和化学性质具有明确的理解。

药师無論从事研究、教学、制造、出售药品或其他有关的工作，必定会感到需要借重基础科学。这是由于药学是一門由其他学科中的某些原理和方法所組成的应用科学。从事于高深研究的药师一定要在不同科学的边际間工作，因此，如果要掌握自己专业上的迅速进展并作出貢獻，他还必須对物理学、化学和生物学等領域的进展有所了解。

药学同其他許多应用科学一样，经历了叙述性时期和經驗时

期,現正進入定量的和理論的階段。

藥學的科学原理並不象某些人所想象的那樣複雜,它們肯定不会超出今天訓練有素的藥師所能理解的范围。在以下的篇幅中,通过基本理論和實驗发现而至实际結論,这样引导讀者的方式应为一般高年級的藥学学生所易接受。

“物理”或“理論”藥学这个名称,曾在藥学的領域中用以專論应用于藥学实践中的科学的定量原理和理論原理。物理藥学現在試图通过藥学本身大量原理的发展来完善藥学的实际知識,同时它也将帮助藥師、藥理学家和藥物化学家推测各种藥物的溶解度、稳定性、配伍禁忌、吸收速度和作用時間等。这些知識可使藥学科学家在寻找新藥、新剂型以及在改进用藥的方式方法上具备更好的条件。

科学的概念和方法

关于科学方法的論述已有很多,讀者无疑已在普通化学中获得了这方面的知識。某些哲学家和科学家,其中最著名的或許是Aristotle,曾經认为科学家是有一套严密的方法和步驟去研究和解决各种問題的。然而也有人怀疑这种方法的存在,他們认为科学家沒有神秘的公式使用,正如商人和家庭主婦在处理和解决日常問題上也沒有这种公式一样。一位英国的生物遗传学家Darlington曾經指出,科学的进展并不象一架蒸气压路机那样,能够粉碎落在它的道路上的每一个問題,并使之压缩到恰当的位置。相反的,科学的进展象一个不滑动的抽屜,拉出了一边,而卡住了另一边。

我們不想去解决这样一个問題:科学研究是按照一套严密的技术和方法进行,还是按照一种不受制約的“尝试和失败”的偶然方法进行?但是,通过一般的方法来观察科学家所从事的某些工作,或許能够对科学的工作略知端倪。这些工作包括:观察现象,并作出推测性的解答,称为假設;进行實驗,整理数据,使之条理

化,以便进行概括,甚至作成数学公式,亦即定律;综合这些定律,成为统一的理论,以便“解释”各种关系的本质,和预测自然界中的新现象和规律;最后,再通过进一步的实验来证实理论。除了研究工作本身的细致实验和思考以外,在进行假设、组织数据以成概括和数学定律以及在发展成为理论这个程序上,通常还需要不同程度的创造性设想和创造能力。

如果留心观察一下一般科学研究人员进行一项科学工作的过程,可以看到下面几个阶段:一般地说,科学家首先采用尝试和失败的方法去对付一个全新的问题;当他通过不断实验,逐步加强研究工作的计划性,对问题有了更清楚的理解,并且开始认识到各种因素之间的内在联系时,他就通过了早期研究的摸索阶段;最后,当结论与实验的结果互相符合时,他就正式走上解决问题的途径了。

读者应该仔细地阅读本书内容,注意其科学原理和数学结构,因为许多理论探讨和实际应用是以此为基础的。

因次和单位

物质的性质通常可用三个任意选定的量来表示,即长度、质量和时间。对每一种量,我们指定一个特定的单位和—个参考标准。在米制中,单位为厘米(cm)、克(g)和秒(sec)。因此也常称之为cgs制。参考标准是一个基本单位,这个单位使每个可测量(Measurable quantity)与自然界中一些天然的或人为的常数相联系。

可测量如面积、密度、压力和能,都是由上述三个基本性质组成的。在测量操作中,我们对每一种性质指定一个以单位表示的因次。因此长度、面积和体积的量分别以长度的因次(L)、长度平方的因次(L^2)和长度立方的因次(L^3)来量度,相应的单位分别为厘米、厘米²和厘米³。这些基本因次和单位均列于表 1-1。

长度和面积 长度的因次是供距离的量度,以米作为它的参

表 1-1 基本因次和单位

可測量	因次符号	<i>cgs</i> 单位	参考标准
长度(<i>l</i>)	<i>L</i>	厘米(<i>cm</i>)	米
质量(<i>m</i>)	<i>M</i>	克(<i>g</i>)	仟克
時間(<i>t</i>)	<i>T</i>	秒(<i>sec</i>)	平均太阳日

考标准,任意地规定在一根铂铱棒上的二条綫之間的距离为 1 米,該棒保存在法国 Sèvres 地方的国际度量衡局 (International Bureau of Weights and Measures) 內。长度的单位厘米(*cm*)是百分之一米,它的一般分数和倍数在普通化学和药剂学的书中可以找到。在微量范围内,长度常以微米(μ)、毫微米($m\mu$)和埃(*A*)表示。微米等于 0.001 毫米,毫微米等于 0.001 微米,埃等于 0.1 毫微米或 10^{-8} 厘米。

面积是长度的平方,以平方厘米为单位。

体 积 体积这个可測量也是由长度导出,它的参考标准是立方米;它的单位是百万分之一立方米或 1 立方厘米(*cc* 或 cm^3)。体积原来规定为升,1 升为 1 仟克水在 1 气压和 $4^{\circ}C$ 时的体积,一般认为相当于 1000*cc*。然而由于未能校正溶解于水中的空气,这二种单位不能严格地相当。自从确定了 1 升实际上等于 1000.027*cc* 后,在毫升(千分之一升)和立方厘米之間有一个差别。但是,这一差别是如此的小,以致在一般的化学和药学的实际工作中可以不加考虑。在本书中体积經常以毫升(*ml*)表示,但在較为确当的地方,有时也采用立方厘米来表示体积。

药师采用柱形和錐形的量杯、滴管、移液吸管和滴定管来量度体积,在药剂学实验室中量杯比其他量器用得更多。喇叭口的錐形量杯沒有柱形量杯准确,所以只有在某些液体不需要量得很准时才使用它。

在选用合适的量杯时重要之点是在它的容量。应当选用容量刚好超过待测液的体积的量杯。在确定体积时的誤差,亦即使弯月面对准量杯的刻度时的誤差,約为 ± 1 毫米。把这个距离按不同大小的量杯换算成体积,并使所量体积的相对誤差不超过总体

积的 $\pm 5\%$ ，Goldstein 等^[1]曾确定各种不同大小的量杯的最小容許体积。这些体积数值在每例中代表誤差在 $\pm 5\%$ 以下，见表 1-2。

表 1-2 柱形量杯的最小容許体积*

量杯的体积(ml)	最小容許体积(ml)
5~10	3
50~100	15
250~500	25

* 据 S. W. Goldstein 等, J. Am. Pharm. Assoc., Pract. Ed., 12, 421, 1951, 改作。

质量 质量的标准是仟克，它是保存在度量衡局中的一块铂铱砖的质量。质量的实用单位是克(g)，它是千分之一仟克。质量常用物体的重量来表示。天平是用来“称量”的，砝碼即为标准质量。质量与重量間的正确关系将在力的一节中討論。

为了精密地和准确地称量药物，药师必須了解在使用調剂天平^①中所固有的誤差。一架 A 級天平，只有保持在良好的状况和定期地检查秤梁的等长性、游碼的准确性以及天平的灵敏度才有用。这些检查在 Goldstein 和 Mattocks^[2]的小册子中均有論述。此外，一架好的天平非要有一付准确的砝碼不可，否則它沒有用处。

密度和比重 在进行质量和体积之間的換算时，药师常用到这些可測量。密度是一个衍生量(derived quantity)，因为它是由质量和体积的单位所組成的。所以它的定义为(在一定温度和压力下)单位体积的质量，在米制中以每立方厘米的克数(g/cm^3)表示。

比重不同于密度，是一个沒有因次的純数字；然而，使用适当的公式^[3]，可以把它換算成密度。比重的定义为物质的密度与水的密度之比，二者除另有规定外，均指在同一温度下測定的数值。

① 分析天平在研究分析方法的化学书中予以討論。虽然现在的討論局限于 A 級調剂天平，但其原理同样地可应用于工业用的溶液天平和重載天平。

比重这个术语按其定义来说是不确切的，更适当地应称之为相对密度。

在实用上比重常规定为一物质的质量与4°C或另一个指定温度下等体积水的质量之比。比重的读数常用下列符号表示：25°/25°、25°/4°、4°/4°；它们分别指物质在空气中在25°C时的质量与25°C等体积水的质量之比；25°C时测定的样品的质量与4°C时测定的标准物（水）的质量之比；最后一个指样品和标准均在4°C时测定。美国药典和美国药方集均以25°/25°表示比重。

比重可以用各种形式的比重瓶、Mohr-Westphal天平、比重计和其他设备来测定。测定和计算的方法在基础化学、物理学和药剂学的书中均有讨论。

其他因次和单位 衍生因次 (derived dimension) 和它们的单位均列于表 1-3。虽然大多数衍生因次的单位和关系是一目了然的，但对于力、压力和能尚需进一步推究。

表 1-3 衍生因次和单位

可测量	因次	<i>cgs</i> 单位	与其他因次的关系
面积(<i>A</i>)	L^2	厘米 ²	长度的平方
体积(<i>V</i>)	L^3	厘米 ³	长度的立方
密度(ρ)	ML^{-3}	克/厘米 ³	质量/单位体积
速度(<i>u</i>)	LT^{-1}	厘米/秒	长度/单位时间
加速度(<i>a</i>)	LT^{-2}	厘米/秒 ²	长度/(时间) ²
力(<i>f</i>)	MLT^{-2}	克厘米/秒 ² 或达因	质量 × 加速度
压力(<i>p</i>)	$ML^{-1}T^{-2}$	达因/厘米 ²	力/单位面积
能(<i>E</i>)	ML^2T^{-2}	克厘米 ² /秒 ² 或尔格	力 × 长度

力 人们在日常生活的经验中熟悉力为促进物体运动所需的推动或拉曳。物体的质量愈大和加速度愈大，所用的力必然愈大。因此，力与质量（当加速度为恒值时）和加速度（当质量为恒值时）均成正比。这可用下列关系式表示：

$$\text{力} \propto \text{质量} \times \text{加速度} \quad (1)$$

把这个比例关系转化为等式，亦即转化为一个方程式或含有等号

的数学式,按照代数的定律只要引入一个常数。因此可写为

$$f = k \times m \times a \quad (2)$$

这里 f 是力, k 是比例常数, m 是质量和 a 是加速度。如果选择单位使比例常数变为 1, 亦即 $k=1$, 即得物理学上熟知的力的方程:

$$f = m \times a \quad (3)$$

力的单位是达因, 它的定义为使 1 克质量具有 1 厘米/秒² 的加速度所需的力。

讀者应从物理学上回想到重量是地球作用于一个物体的地心引力, 它应该恰当地用力的单位(达因)来表示, 而不是用质量的单位(克)来表示。重量和质量之间的关系可以得自式(3)。以重量 w 代替力和以 g 代替加速度, 方程式变为

$$w = m \times g \quad (4)$$

虽然物体的重力加速度在地球的各地有所不同, 但它近似地为一常数 981 厘米/秒²。以此数值代入 g , 则 1 克质量的重量可按式(4)计算如下:

$$w = 1 \text{ 克} \times 981 \text{ 厘米/秒}^2$$

和

$$w = 981 \text{ 克厘米/秒}^2 \text{ 或 } 981 \text{ 达因}$$

因此, 具有 1 克质量的物体的重量实际上是 981 达因。由于重量正比于质量, 所以习惯上以质量的单位克来表示重量; 然而在具有这些物理量的问题中必须加以区别。

压力 压力的定义为单位面积上的力, 在科学上常用的单位是达因/厘米²。压力常以大气压(atm)或汞柱的厘米数或毫米数表示, 后者来自测量大气压用的气压计上汞柱的高度。在海平面上大气的平均压力能支持汞柱高度 76 厘米(760 毫米)。气压计的压力可以换算成压力的基本单位达因/厘米², 只要把高度乘 1 厘米² 截面积再乘上在 0°C 时汞的密度 13.595 克/厘米³ 即为汞的质量, 再把质量乘上重力加速度 980.7 厘米/秒² 所得结果除以厘米², 即为 1.0133×10^6 达因/厘米², 这等于 1 气压。

功和能 能常指一个物体作功能力的状况。这个概念实在是

非常原則性的，以致沒有合適的定義可下。能可歸為動能或位能。

能的概念最好通過能的機械當量(功)和能的热當量(热)來了解。當一個恒定的力在物體運動方向作用於該物體時，對物體所作之功即等於力乘位移，同時這體系的能增加了。力和距離的乘積與能具有相同的因次，即 ML^2T^{-2} 。具有能的因次的其他乘積有：壓力×體積，表面張力×面積，質量×速度²和電位差×電量。

功、動能及位能的 *cgs* 單位都是爾格。爾格的定義為 1 達因的力作用了 1 厘米的距離所作之功：

$$1 \text{ 爾格} = 1 \text{ 達因} \times 1 \text{ 厘米}$$

在實用上爾格往往太小了，常以絕對焦耳來代替，絕對焦耳等於 10^7 爾格：

$$1 \text{ 絕對焦耳} = 1 \times 10^7 \text{ 爾格}$$

用 *cgs* 制進行功和壓力的計算時，功必須以爾格、壓力必須以達因/厘米²來表示。如用任何其他度量衡制，所用單位必須前後一致。

熱和功是能的當量形式，在某些條件下可以互換。能的热單位是克卡(小卡)，過去它表示 1 克水從溫度 15°C 升高到 16°C 所需的熱。現在規定 1 小卡等於 4.184 絕對焦耳，大卡或仟克卡(kcal) 等於 1000 小卡。

規定溫度的單位為度，在攝氏和 Kelvin 或絕對溫標上，把純水在 1 氣壓下的冰點和沸點分為 100 度。攝氏溫標上的零度等於 Kelvin 溫標上的 273.16° 。

一些數學原理

讀者應熟悉數學的基本概念，因為它們經常應用於物理學等科學。本書其他部分所遇到的許多方程和圖解也都是建築在數學的基礎上的。微積分的基本將在後面專章討論。

牽涉因次的計算 為了從一種單位換算成另一種單位，在物理等科學上常用比率和比例。下列計算說明比例的應用。

【例1】 問3.00 焦耳相当于多少克卡? 首先必須借助于卡与焦耳的关系或比率。我們記得这个关系为1 卡=4.184 焦耳。然后以比例的形式提出下列問題:“若1 卡等于4.184 焦耳,那末3.00 焦耳等于多少卡呢?”列出下列比例关系并細心地用合适的单位表示每一个量。以“ x ”表示未知量。

$$\frac{1 \text{ 卡}}{4.184 \text{ 焦耳}} = \frac{x}{3.00 \text{ 焦耳}}$$

$$x = \frac{3.00 \text{ 焦耳} \times 1 \text{ 卡}}{4.184 \text{ 焦耳}}$$

$$x = 0.717 \text{ 卡}$$

第二种方法是根据等号两边的单位和因次务須相等的要求,这种方法有时較比例法更为方便。

【例2】 問2 升相当于多少加仑? 为了解决这个問題,必須列出一系列的比例。在使用第二种方法中把要求的量 x (加仑)放在方程式的左边,再把它的对应量2 升放在方程式的右边。右边須乘以已知关系的比率式,如1 品脫/473 毫升,才能給出加仑单位。按下法运算就能得到应有单位的结果。

$$x = 2.0 \text{ 升} \times (1000 \text{ 毫升/升}) \times (1 \text{ 品脫/473 毫升}) \times (1 \text{ 加仑/8 品脫})$$

$$x = 0.53 \text{ 加仑}$$

我們会注意到在当量关系中,如1 品脫=473 毫升的关系中,显然沒有顾及有效数字法則。品脫的数量可以測定得与毫升数同样地准确,所以在这里我們假定它为1.00 品脫。同样1 加仑和1 升也是精确地按定义所规定的。所以在这种情况下可以不必考虑有效数字。

指 数 看了表1-4 所举的例子,对指数的各种运算能得到很好的复习。

表1-4 指数法則

$a \times a \times a = a^3$	$a^2/a^4 = a^{2-4} = a^{-2} = \frac{1}{a^2}$
$a^2 \times a^3 = a^{2+3} = a^5$	$a^2/a^2 = a^{2-2} = a^0 = 1$
$(a^2)^3 = a^2 \times a^2 \times a^2 = a^6$	$a^{\frac{1}{2}} = \sqrt{a}$
$\left(\frac{a}{b}\right)^3 = a^3/b^3$	$a^{\frac{1}{3}} \times a^{\frac{1}{3}} = a^{\frac{1}{3}+\frac{1}{3}} = a^{\frac{2}{3}} = a^{\frac{2}{3}}$
$a^5/a^2 = a^{5-2} = a^3$	$a^{\frac{2}{3}} = (a^2)^{\frac{1}{3}} = \sqrt[3]{a^2}$