

大学普通化学

上册

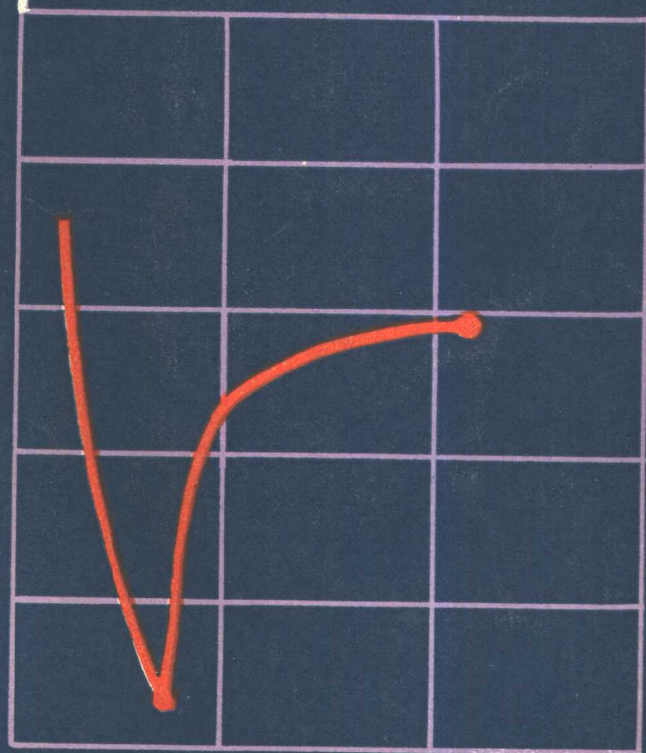
〔美〕

C·W·凯 南

J·H·伍 德

D·C·克莱因费尔特

著



人民教育出版社

大学普通化学

上册

[美] C. W. 凯南 J. H. 伍德 著
D. C. 克莱因费尔特

天津大学普通化学教研室

华中工学院化学教研室 译

西安交通大学化学教研室

浙江大学普通化学、无机化学教研室审校

人民教育出版社

本书系根据 C. W. 凯南等著《大学普通化学》(1976 年第 5 版)译出。原书是为化学系及其它系科学生学习普通化学而编写的教科书,内容丰富,图文并茂,能反映近代化学的发展概况。

本书中译本分三册出版。上册共八章,内容包括化学基本知识、物质结构基础等;中册共十一章,内容包括物质各种聚集状态、溶液、胶体、化学平衡、核化学、热化学及化学热力学、电化学、光谱及分子结构等;下册共十章,内容包括金属、络合物、非金属、有机化合物及生物化学等。

本书可作为高等院校化学、化工专业学生学习普通化学和无机化学课的教学参考书,也可供从事化学教学或其他化学工作者参考。

GENERAL COLLEGE CHEMISTRY

fifth edition

C. W. Keenan, J. H. Wood, and D. C. Kleinfelter

Harper and Row, 1976

大学普通化学

上册

[美] C. W. 凯南 J. H. 伍德 著
D. C. 克莱因费尔特

天津大学普通化学教研室

华中工学院化学教研室 译

西安交通大学化学教研室

浙江大学普通化学、无机化学教研室审校

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 13.5 插页 1 字数 300,000

1980 年 10 月第 1 版 1981 年 8 月第 1 次印刷

印数 00,001—20,500

书号 13012·0515 定价 1.05 元

译者序

原书《大学普通化学》(General College Chemistry)是美国田纳西大学教授凯南(C. W. Keenan)、伍德(J. H. Wood)和克莱因费尔特(D. C. Kleinfelter)等著的教科书(1976年第5版)。本书加深了物质结构的近代概念,引进了化学热力学和化学动力学,对核化学也另列一章,还增加了生物化学方面的内容。在无机化合物各章中,运用自由能图以预测化学反应的方向。本书对基本原理、基本概念的叙述由浅入深,细致生动,并注意联系实验事实,使读者容易接受。本书的又一特点是很多章都附有一节专题,有助于扩大读者的知识面。

我们本着“洋为中用”的原则,把这本书译出。除了对极个别字句酌情作了删改外,尽可能按原文翻译。但化学物质的命名则按我国命名原则叙述,未按原文译出。

原书系一册,译文将分上、中、下三册出版。为此,把原书后面的附录和习题答案根据内容分散附在每册书的后面。

原书第1、2、3、4、5、6、19、23、24及28章由西安交通大学化学教研室翻译;第7、9、10、11、12、20、21、22、26、27章及原序由华中工学院化学教研室翻译;第8、13、14、15、16、17、18、25、29章、结束语及附录由天津大学普通化学教研室翻译。译稿经三院校相互校阅后,由西安交通大学化学教研室统稿。全书由浙江大学普通化学、无机化学教研室审校。由于水平所限,译文难免有错误,请读者批评指正。

译者
1979年

11-27/29

原 序

化学是以其广度与深度著称的一门知识领域。它是曾被深入细致地研究的最早的科学之一,在其不断成长的今天,它是现代正在变革我们生活方式的知识蓬勃发展的一部分。对于试图在化学学科获得坚实基础的学生,本教科书为他们就化学全貌提供一般的介绍。本书取材适用于两类学生,一类是打算只读一门化学课程的学生,一类是按教学计划(其中包括学习其他化学课程或以大学化学为先修科目)学习的学生。

如本书的前几版一样,大学普通化学把叙述化学(科学的事实)与理论化学(解释)相互穿插,这两者使我们对过去的发现加深理解,并对未来的发现提供途径。这个修订本的特点包括:较早地引入化学式和方程式的写法;提前给出简单有机化合物的摘要介绍;在某些方面,例如动力学、溶液平衡和热化学中例题的应用有所增加;以及重新改编了分子结构与化学键的早期表述。从第1章就开始的书写化学式与方程式技能的逐步提高,目的在于对开始实验课练习有所补益。在第7章中对常见有机物的叙述提供了学生及早需要的化合物的系统描述,这些是化学家用以解释诸如化学式的确定、气体定律、溶剂、弱酸与弱碱、分子量的测定以及热化学计算这样一类课题。化学键现在放在第4和第5章介绍;关于轨道理论的材料主要放在第5章,如有需要,也可推迟作为后面的重点内容。

此修订版的另一些特点是对于学生和教师查找和引证资料有一些新的帮助:前一版所列的标题和副标题的详细纲目现已增加号码顺序,以便迅速和容易查阅;书中每一例题之后都提到本章之末内容类似的习题;较难的习题用*号加以区别;以及附录中增加了运算技巧和方法方面的内容。

在书末有易于查找的答案部分,对于约占三分之二的计算题给出了答案,这一作法是根据调查前几版读者的意见而采取的。

较重要的术语第一次引用时即成黑体字(译文字下加着重号)。只要有可能,就在该处对这个术语给出完整的定义。有许多概念的处理是随着学生学习的进展而逐步深入的。例如,在第1章介绍方程式的写法,在第2章有所加深,在第6章便详细阐述,而且,对于某些复杂的方程式,则在附录中以专门一节来处理。与此类似,电化学在第7章首先提到,接着在后续几章中介绍其它例子,第18章则专门对这个问题进行系统的论述,在后面的几章中又运用所有这些基础来阐明溶液中的氧化-还原反应。我们觉得这种复杂性逐步增加的阶梯式或螺旋式的讲述是妥善的教学方法。在一本入门性的教科书中,这样做比按课题严格划分有更多的可取之处。

许多插图和几乎全部照片的目的在于帮助引出这样一个论点:化学是一门以具有重现性的观察结果为基础的实验科学。虽然有些图和照片确实引人注目,但主要还是以其技术意义而被选用的。除去偶而提到诸如韦勒(Wöhler)、维尔纳(Werner)、卢瑟福(Rutherford)、玻尔(Bohr)、巴特勒特(Batrllett)及其他人的杰出的科学发现的简明历史之外,有兴趣的材料以专题部分增加在适当的地方。这些专题作为引人深思的旁白而被列入本书,以提供有关历史背景

材料,或提示重要课题的发展方向。

本教科书比大多数拟在一年内讲完的课程拥有稍多的材料,但是我们感到这样,除了给教师在侧重不同内容时留有选择余地这一明显的优点之外,还有一定的好处。对于中学化学基础较差的班级,难度较大的内容可以附带地提到,以加强所必须得到的重要概括。例如,在无机化学各章中,定性地运用自由能图以简单地预测化学反应的自发性是容易掌握的。对于基础好的班级,轨道理论的详细叙述,离子平衡,热化学,反应的推动力,光谱学以及有机结构和机理都可作为重点,利用具有现成参考数据和例证的丰富的叙述材料来说明或检验理论的预示。

本书所用的数据一般来自最新版的《物理和化学手册》(*Handbook of Chemistry and Physics*, R. C. Weast, Editor), 和《朗氏化学手册》(*Lange's Handbook of Chemistry*, J. A. Dean, Editor)。命名法及技术惯用语主要以美国化学会出版社出版的《作者手册》(*Handbook for Authors*)为指南。每章末所选的补充读物目录,其中部分被认为是我们所知的最有用的参考材料,部分是对学生和教师提出其它资料的来源。系统查阅的有关文章只限于近期出版的《化学教育杂志》(*Journal of Chemical Education*)、《化学》(*Chemistry*)和《科学美国人》(*Scientific American*)。

有两个因素对完成此修订本作出了重大贡献。参加本书的新的合著者不仅带来了新的观点,而且为修改工作承担了巨大任务。其次,我们的编辑 J. A. 伍德代表我们向其他学校的一些同事们征求了对修订的意见,并在修订中为其中一些教授和其他人安排了复阅手稿,这种行家的意见的范围超过了我们以前收受到的许多倍。我们感激这些以他们的专门评价使我们得益的人,也感激使此事成为可能的 J. A. 伍德。对我们化学系同事们的有专长的帮助,以及对我们的妻子们在编写和校对中的帮助,表示我们个人的最大感谢。

C. W. 凯南

J. H. 伍德

D. C. 克莱因费尔特

记住,你在学校中学到的许多珍贵知识,都是前辈的成果,是世界各国人民呕心沥血、辛勤劳动的产物。现在这一切作为遗产传给了你,望你予以继承、珍惜和丰富,并在有朝一日又可靠地传给后人。这样,我们这些凡人就在这种共同创造的永恒业绩中获得永生。

A. 爱因斯坦

上册 目录

原序

第1章 叙述化学和理论化学初步介绍.....1

1-1 引言.....1

科学计量.....5

1-2 米制.....5

叙述化学基础.....9

1-3 物质的性质.....10

1-4 物质和能量的变化.....10

专题 1-1 国际单位制(SI).....14

1-5 有关物质和能量的定律.....15

1-6 化学反应的标记.....17

专题 1-2 定组成定律的局限性.....17

早期的理论化学.....18

1-7 道尔顿的原子论.....18

1-8 化学用语.....20

第2章 原子结构概述·周期表.....26

亚原子粒子存在的证据.....26

2-1 带电物体的性质.....26

2-2 电子的实验证据.....27

2-3 原子核.....28

2-4 原子的重量和大小.....36

周期关系.....40

2-5 电子在原子中的排布.....40

2-6 周期表.....45

第3章 原子结构详论.....50

3-1 电磁辐射.....50

3-2 原子光谱.....51

3-3 氢原子能量的玻尔方程式.....56

3-4 能量亚层.....59

3-5 物质的波动性.....60

3-6 海森伯测不准原理.....60

3-7 波动力学模型.....61

3-8 轨道与电离能.....72

专题 3-1 化学理论工作者的工具——
计算机.....73

第4章 化学键.....78

4-1 原子是怎样结合的.....78

4-2 电子的转移.....80

4-3 电子的共用.....83

4-4 离子键和共价键的比较.....85

4-5 原子、分子和离子的大小.....89

4-6 共价化合物的图示.....94

4-7 具有离子键和共价键的化合物.....97

第5章 共价键理论.....102

5-1 引言.....102

5-2 σ 键.....103

5-3 杂化轨道.....105

5-4 关于分子几何构型的价层
电子对互斥(VSEPR)模型.....109

5-5 π 键.....114

5-6 共振.....116

5-7 共价化合物的八电子规则的局限性.....119

第6章 根据化学式和方程式进行的计算.....122

6-1 化学式的书写.....122

6-2 化合物的系统命名介绍.....126

6-3 氧化和还原.....123

6-4 化学反应中的重量关系.....130

6-5 伴随化学反应发生的能量变化.....134

6-6 化合物的百分组成.....136

6-7 从实验数据计算化学式.....137

第7章 化合物的分类.....145

7-1 有机化合物和无机化合物.....145

7-2 电解质和非电解质.....149

7-3 离子方程式.....153

专题 7-1 炼金术.....154

7-4 离子的来源.....155

7-5 酸和碱.....158

第8章 一些常见物质的化学性质.....169

8-1 燃素理论.....169

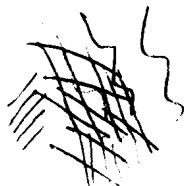
8-2 氧.....170

8-3 氢.....175

8-4 金属活泼顺序.....180

8-5 水.....182

8-6 臭氧和过氧化氢.....184



目 录

8-7 氢的有效使用.....189	还原方程式199
附录 1 数学运算.....193	附录 7 表.....201
1-1 数字表示法.....193	表 A-1 基本常数和等值.....201
1-2 开方.....194	表 A-4 常见金属化合物在水中的溶解度...201
1-3 有效数字.....194	表 A-5 四位对数表.....202
1-4 因数-单位法.....196	元素周期表204
附录 2 熟悉化学式的自学训练法198	上册习题答案206
附录 3 离子-电子法配平氧化-	

叙述化学和理论化学初步介绍

1-1 引言

初学化学的人有一种迫切的期望，想更多地寻找有关物质转变成另外一些完全不同物质的方法及其变化的原因。通过化学我们熟悉了天然的和人工合成的无生命物质的组成和用途，以及包括我们自己机体在内的生物的生命过程。我们周围世界的化学远景是很吸引人的。那是几世纪以来观察和实验的结果，这些实验和观察是牢固地建立在人类需要解释事物和寻求规律的基础上的。

化学研究常常涉及由一种物质作用于另一种物质而生成一种或几种完全不同物质的变化。对于这种研究有两种互为补充的方法，即叙述的方法和理论的方法。叙述化学记录物质的特性，藉以与其它物质相区别，叙述物质相互作用的条件，并概括出生成的任何一种新物质的特性和用途。理论化学则设法解释发生变化的原因，这些解释集中在物质最微小粒子的物理性质上，这些粒子小到看不见，但是通过间接的测量方法对这些微粒已有了很多了解。

1-1.1 当代化学观点

虽然好几代以来化学已经成为普通教育的一部分，现在由于各行各业中受过教育的人愈来愈多地认识到化学观点的价值，因此化学正起着更大的作用。仅因为在通俗读物中报导了大量的化学知识，许多人就可能正在不自觉地接受这个观点。公认化学影响我们生活方式这是十分合理的评价。在过去的五十年内世界人口已经增加一倍，可以预计在以后的三十年内人口将再增加一倍(参阅图 1-1)。就我们所知，人口加速增长的主要原因之一就是在医学和农业领域里应用了化学知识。保健药品及控制疾病和传染病的抗生素的进展大部分是以化学研究为基础的。通过应用化学知识发现了肥料和杀虫剂，这些肥料和杀虫剂已经能够生产足够的粮食以供应日益增长的人口需要。

对化学观点有新认识的其它两个原因是我们生活方式和周围环境中发生的显著变化。我们的粮食、衣服和基本必需品愈来愈多地由化学方式而不是用古老方式来生产。即使像人造奶油或洗涤剂这样的日常用品也都有复杂的化学历史，从牙膏到汽油等物品的广告中所采用的假化学语言也使我们了解到看来是非常相似的物质之间可能存在重要的化学区别。目前，对生态学和环境的注意导致对化学问题更广泛的关心，超过了一般人们过去经历的任何事物。正加在我们头上的无情公式是：

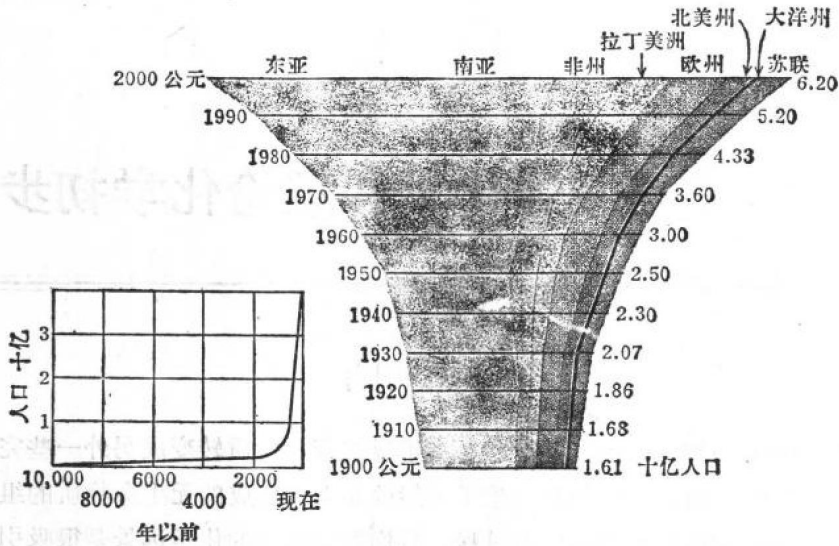


图 1-1 世界人口的变化。左图表示许多世纪以来人口变化的趋势以及目前发生的人口的爆炸性增加。右图更详细地表示出最近人口的增长和对最近将来的估计。

出处: "How Man Pollutes His World" National Geographic Society, 1970.

人口 + 生产 = 污染

生活在我们这个星球上的人口增长数加上用于提高生活水平的物质资源利用的增长率, 已经导致周围环境发生了危险的变化。这些变化是物理和化学两个方面的, 但对人类健康有着深远后果的则是化学的方面。由除草剂残余物引起供水的沾污, 燃料燃烧时所发生的不需要的化学反应引起大气的污染, 工业过程的废物造成动植物的死亡, 这些都是由于化学所引起的典型的现代

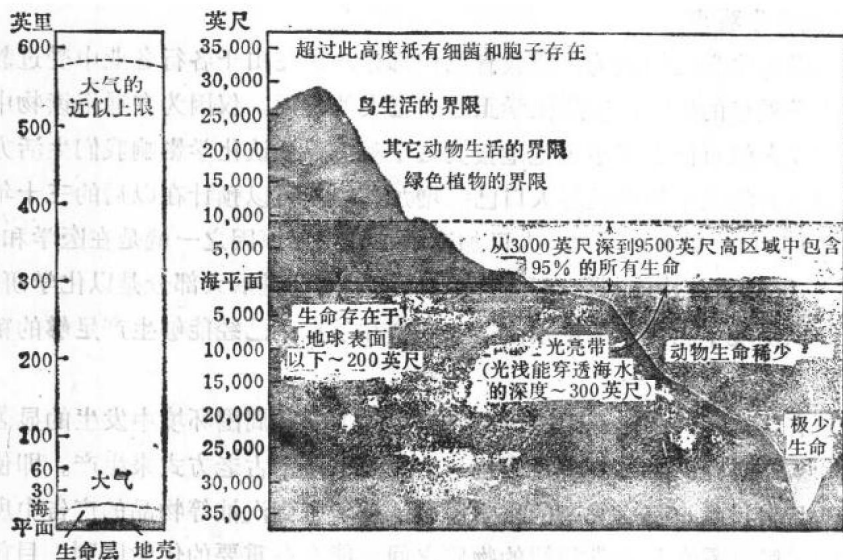


图 1-2 生物层, 生命的区域; 左图表示相对于海平面, 地壳及大气层中地球上生命存在的区域。右图示意地表示生物层的某些细节。

出处: "How Man Pollutes His World" national Geographic Society, 1970.

问题。当然,某些这类问题仅在他们的规模上成为现代的问题,仅因为他们游牧部落给他们后代留下污染问题,后来,农村和城市的居民虽然可能生活在局部污染的环境中,但他们并没有足以严重影响整个星球的如此大量的废物。今天随着大工业国家的增长,特别是它们的动力生产和化学工业,在世界范围内的污染量预示着将搅乱自然界的化学平衡。与我们关系最大的平衡发生在靠近地球表面的区域中,此区域称为生物层,即生命存在的区域(参阅图 1-2)。

使用化学药品的一个令人沮丧的方面是并非所有效果都能预见到,然而这对每一种人类活动来说都是共同的。DDT 这个例子已是众所周知的了。DDT 是通过杀蚊战胜疟疾的一种很有效的物质,它的应用比其它任何一种单纯的保健措施拯救了更多的生命。然而在围周环境中存在 DDT 的长期效果之一是它在较高级的生命体中富集(参阅图 1-3),而对某些高级生命体是明显有害的。物质在有机体中富集是一个众所周知的生物化学现象。汞和铅属于我们必须学会管理的若干危险工业废品之列,因为它们会在自然界的食物链中富集的。

如图 1-2 左面部分所示,生物层是接近地球表面的相当薄的区域。从已知的现存动植物分析,化学家们已经认出了一百万种以上的不同物质。与生物无关的物质的标本已经从大气、海洋以及从地壳表面通过打井和其它直接技术取样而得到。从无生命源找到的物质数目可能比从有机体找到的要少,但现在已知的各种单一物质的总数,包括在自然界中发现的和在化学实验室中合成的可能已超过二百万种。

要了解甚至要控制发生在像地球的生物层那样复杂系统中的巨大规模的变化是一种艰巨的课题。但在目前对于采用什么步骤去战胜污染,保护环境这样一些困难问题,多数科学家仍是抱乐观的而不是悲观的看法。特别是化学家们正在不断地发现许多大有希望的、技术上的解决方法。类似于 DDT,但与它有差异的杀虫剂正在制造出来。这些杀虫剂是更容易生物降解的,即它们与周围环境中的其它化学物质(例如水和氧)发生作用,生成无害的产物。这些容易生物降解的物质的长远影响是很小的。一些塑料容器正在研制出来,当将它们丢弃在沟和湖里,而在那里经常停留下来时,它们就分解,而不是无限期地保留其化学本性。了解有关化学的知识是设计减少汽车发动机排出有害物质数量的装置的关键。

几世代以前,化学家们为寻找特殊用途的各类新物质主要以叙述化学和试探性试验为基础进行工作。那时没有理论上的坚实基础来帮助人们去解释为什么不同的物质具有其独特的性质,且帮助人们去发现怎样通过化学反应来制造新物质。有关物质基本性质的理论上的看法和

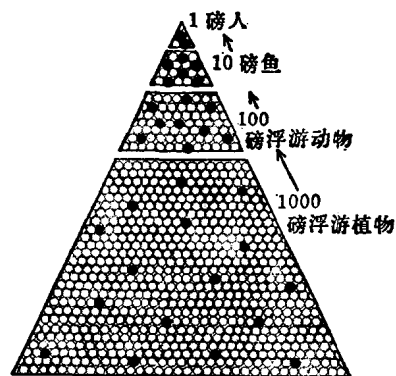


图 1-3 自然界食物链的一部分。需要大量较简单的生命形式来产生少量较复杂的生命形式。由黑色的点所表示的某些沾污物是通过有关的生物化学反应而富集起来的。因此在较复杂的生命形式中,汞、DDT和其它污染物的有害的富集过程有可能在人体组织中积聚起来。

出处: "How Man Pollutes His World"
National Geographic Society, 1970.

疑问并非现在才注意，这类推测在某些已知的最早文字记录中也能找到。但是就大部分人类历史来说，在哲学家们关于物质为什么具有这些特性的想法和有实践经验的人在反复试验的基础上获得的知识之间，彼此并无显著的相互联系。

化学家们和现在所有科学家一样，在一个有智慧的环境中工作，这个环境充满着成功的实验和发现的各种记录，而且富于理论上的解释。新的发现以及理论解释的新的演变正不断地出现，为大家所分享。为了了解世界上现代的科学方法和化学观点，简单地追溯导致现今有把握地应用和控制数百万种化学过程的某些阶段是有益的。

1-1.2 历史上的化学观点

西方文化发展初期，生活于公元前约 500 到 300 年的希腊哲学家们以极大的洞察力从事于从根本上探索和解释许多现象。这些思想家们所研究的问题是：什么是物质最简单的性质？为什么像岩石这样的物质会下落，而火焰会上升？地球是平的还是圆的？物质能否创造或消灭，或者仅在形式上发生变化？活着的生物是否可能从无生命物质中产生出来？陆地上的动物是否是从海里爬出来的鱼类发展而来的？父母亲的特征是怎样遗传给他们子女的？

虽然这些问题中的一部分已得到解决，但是经过了二十五个世纪以后我们仍被许多同样的疑难问题所迷惑。从最早时期起，就已用两种普遍的方法去寻求有关自然界一些问题的解答。一种方法是通过单纯的思考和逻辑推论，即唯理论的方法。另一种方法是收集大量事实并进行观察，即经验论的方法。在科学上，两种方法中没有一种是完全与另一种无关的：人们在推理之前必须有某些事实；而一个科学家为了解释以经验为根据的观察结果他必须是合乎逻辑的和能够推理的。但是在一定场合下，一种方法可以比另一种方法更侧重些。

在古希腊时代和二十多个世纪以后，在自然现象研究中唯理论是受到重视的方法。在西欧大约从 1100 到 1500 年唯理论不仅受到重视，而且普遍认为古代希腊的推理方法是近乎最完美的方法。在中世纪里自然哲学家研究古代原文和逻辑论证比他们研究自然界本身更加热心。直到十六世纪或十七世纪以后才开始着重信赖以经验为根据的方法，同时正如今天我们所理解的那样，科学开始进入实践。

在西方文化中，科学的觉醒大约发生在 1500 到 1700 年之间。当然在 1500 年以前也有一些有科学头脑的人，就像 1700 年以后存在一些没有科学头脑的人一样。但在这些世纪中科学(和经验论)开始向支配哲学的地位攀登。

在范·赫尔蒙(Jon Baptista van Helmont)(1577—1644)的著作中已经可看出经验论和唯理论的相互影响，他是一位认为空气和水是唯一的两种基本元素的早期化学家。他是最早应用实验方法来研究气体的化学家之一，他创造了气体这个词，并确定二氧化碳气体是燃烧和发酵产物的第一个人。他设计柳树试验来检验他的理论，即植物仅仅由水所组成。在一个有 200 磅泥土的桶中，范·赫尔蒙种植一枝幼小的 5 磅重的树，在五年的时间里仅仅加水而不加别的东西。五年以后 200 磅泥土几乎都保存着，而树重 169 磅，由此他得到结论：“……164 磅的木头，树皮和根仅仅是由水产生的”。

这一历史性的实验同时说明了科学方法的力量和弱点。范·赫尔蒙表明：即使有泥土转变

成树这种物质,那也是少量的,但他并不理解树所增加的大部分重量是由于水和空气中二氧化碳的化学作用所造成的。或许他不可能去考虑这样的可能性,因为在进行实验以前,他已经纯理论地判定树应当会证明是由泥土和加入的水所组成的,而与空气无关。

化学是用推理的和实验的方法来研究物质的结构以及研究在自然过程中和按计划的实验中物质所发生的变化。与所有的自然科学一样,在化学中我们依靠我们设想的经验试验;而且与所有的科学一样(可能除天文学,地质学外),我们把注意力集中在能重现的事实上,即集中于当所有条件相同时其发生的方式也相同的那些事物上。自然界的大多数现象和物质据我们看来是严格地能重现的:1磅碳燃烧产生一定的能量;水在32°F时结冰;在动物的组织中碳水化合物转化为二氧化碳和水等等。

在过去的二或三个世纪中,化学家已经收集了大量能重现的事实。为了在逐渐积累的事实中寻找事物发展的规律,只要有可能,科学家们总是把许多事实概括成简明的叙述,称之为定律(或自然界定律)。科学家通常有兴趣的是对事实和定律通过假说或理论来进行合理的解释,这些理论和假说是用来说明事物为什么会发生,以及它们是怎样发生的。在科学的语言中,假说与理论是类似的,但假说通常是比较不正式的,而且是建立在比较不完整的研究上的。

把化学的事实、定律和理论与其它科学的事实、定律和理论分开来是不可能的,事实上也是不希望的。把对大自然的研究人为地划分为物理学、天文学、地质学、植物学、动物学、化学和其它科学,并非是自然界强加的分类方法,而是人为的分类。化学大量引用各门科学的有益的概念,而化学也对所有其它科学的许多领域中作出了贡献。人们已把化学称为服务性科学,因为化学提供了其它科学中要详细研究的各种物质的描述和理解。对于医学、气象学、家庭经济学、农业或者某一工程领域感兴趣的人来说,化学的事实和理论是非常重要的。不论对科学家或非科学家来说,研究化学能丰富他们对自然界的评价及对化学工业为人类提供新物质的非天然世界的评价。

科学 计 量

1-2 米 制

在各部门科学和许多其它领域内,需要对物质和条件进行精确的测量。对所研究的物质试样的精确尺寸、重量、温度和其它特性必须要有充分的了解和用统一的方法来叙述。一个多世纪以来,米制已成为科学计量中公认的制度。在这段时间中越来越多的国家在各种用途中都正式采用米制。世界上美国是坚持使用另一种传统制即英制的许多主要国家中最后一个国家,但目前也正处于改变过程中。对于制造、购买、出售以及旅行行程等所有世俗用途,看来米制计量在美国和世界上其它地方一样会很快为大家所熟悉。

虽然也认为要熟悉英制,但在本书中将普遍使用米制计量。在附录的表 A-1 中列有米制和

英制之间的某些一般关系式。本章末附有一些习题，以供运用科学计量单位进行练习之用。在附录中还有用因子-单位法进行计算的说明和指数应用的简要说明。如果你对这些数学运算不熟悉的话，那你就应该立即去学习这种方法，因为在整个化学的学习过程中这些方法是有用的。

1-2.1 长度单位

现在依次谈一下关于计量标准的人为选择问题。关于长度，在不同时期和不同地方已经使用了许多长度标准。在古苏格兰把一个姆指的宽度叫做一英寸，而国王竟要把三个姆指(高大人的姆指，中等人的姆指和矮小人的姆指)的平均宽度规定为一英寸。在英格兰一度把四颗大麦粒子的长度规定为一英寸，而在另一时期又把三颗大麦粒子的长度规定为一英寸。英尺常常与人的脚的长度相关联，但在不同的地方一英尺分别相当于10、12、13、17甚至27倍现时所用的英寸。同一时期在同一国家中使用了六种标准，商人在买的时候可能使用一种计量单位，而在卖的时候又使用另一种计量单位。

科学计量单位的选择，正像前面所叙述的那样是人为的，不过在科学上已努力选择一种能精确地和重现地进行计量的单位。长度(因而面积和体积)的基本米制单位就是米，最初由法国科学院规定：一米等于北极到赤道距离的一千万分之一^①。但不久就发现这个距离作为比较标准非常不方便。因此，重新规定一米为当时放置在巴黎档案馆(Archives of Paris)中的铂-铱米棒的长度。在1960年国际度量衡会议上再一次重新规定：1米(m)等于氪86的红-橙辐射波长的1,650,763.73倍(参阅原子光谱, 3-2节)。对大多数实验室工作来说，合适的长度单位是厘米(cm)，即标准米的百分之一。

1-2.2 体积单位和质量或重量单位

体积的米制单位自然是根据长度单位来定的；例如，立方米(m³)和立方厘米(cm³或cc)分别为边长1米和1厘米的立方体体积。在确定国际度量衡制中，下一步是统一质量单位。严格地说，质量和重量是两种不同的单位。质量指的是一个物体中物质的数量，而重量指的是地球对一个物体的重力引力(图1-4)。然而用重量这个术语来表示质量在美国是个共同习惯问题。相同质

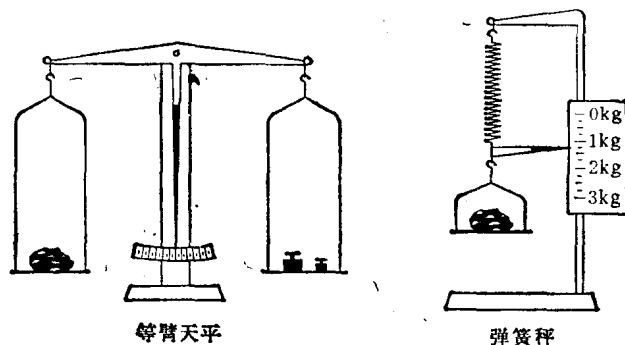


图1-4 等臂天平左盘上物体的质量等于右盘上规定的标准质量；指针的偏移不随重力的改变而变化。弹簧秤指针的偏移随地球表面上地区不同因重力变化而变化。

^① 米制起源于1791年在法国科学院的一个委员会上。1875年美国签署了十七个国家一致同意的米的条约，规定筹备设立国际标准局(位于法国巴黎附近)和国际度量衡会议。从这些会议开始，国际米制逐步发展完善。

量的两个物体在地球表面给定的地点上具有相同的重量。

曾经企图从长度单位和水的性质导出质量的单位,规定1克等于3.98°C时(在此温度时水有最大的密度)1.000厘米³纯水的质量(参阅图10-14)。这个质量的1000倍的一块铂-铱合金被保存在国际度量衡局中,并精制了许多原始标准以便各个标准局使用(图1-5)。后来通过更精确的测量此铂-铱合金标准块,发现此合金的质量等于1000.028厘米³水的质量(在3.98°C时),而不是原来所希望的恰好等于1000厘米³水的质量。要改变已经编入几乎所有国家的度量衡系统的质量单位,代价将会是昂贵的,并将引起混乱。因此把千克(kg)人为地重新规定为铂-铱合金标准块的质量,而不用1000厘米³水的质量。1克(g)是标准千克的一千分之一。

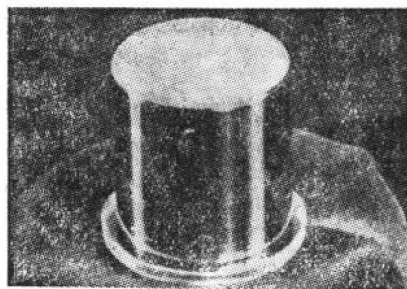


图1-5 美国千克原始标准第20号。直径为39毫米,高度为39毫米。

出处: U. S. Department of Commerce, National Bureau of Standards.

体积单位——升,最初规定为1千克水在3.98°C时的体积,根据这个定义即等于1000.028厘米³,在1963年将1升重新规定为恰好等于1000厘米³水的体积。随着这个变化,1毫升(ml,1升的千分之一)恰好等于1厘米³。虽然质量单位不再以水的性质为基准,但这些容易记忆的关系对于不超过五位有效数字^②的计量仍然是正确的: 1升(或1000厘米³)水和1毫升(或1厘米³)水其质量分别为1千克和克。

物质的密度定义为单位体积的质量。化学实验工作最普遍使用的单位是克/毫升^③。如表1-1所示,物质的密度范围是很大的。固体的密度相差可在一百倍以上。各种气体之间密度差别也是很大的,但把气体作为一类,可以认为气体的密度大约是液体密度和固体密度的一千分之一。气体的密度常用克/升表示。氢气是密度最小的物质,而钨和铱是密度最大的物质(参阅表20-7)。

表1-1 常温下的密度

物 质	密度(克/毫升)	物 质	密度(克/毫升)
氢(气体)	0.000084	食盐	2.16
二氧化碳(气体)	0.0018	沙	2.32
香油树木	0.16	铝	2.70
软木	0.21	铁	7.9
橡木	0.71	银	10.5
酒精	0.79	铅	11.3
水	1.00	汞	13.6
桉树木	1.06	金	19.3
镁	1.74		

② 在附录1-3中有关于有效数字的讨论。

③ 读成1克每毫升,这种型式的符号中“每”字表示“除”。也可不用横线或斜线而用负指数来表示,即1克毫升⁻¹。在比较高深的教科书和研究杂志中,广泛采用后一种方法。关于指数的讨论见附录1-1。

例题 1-1 包有金属箔的“四分之一磅”的人造黄油块在实验室天平上称重为 113.59 克。取下金属箔，清洗干净，测定该箔重 1.60 克。量得没有包箔的黄油块为：长 12.2 厘米；宽 3.1 厘米；高 3.1 厘米。

(a) 计算黄油块的实际重量和“四分之一磅”之间的百分误差。(注意重量测到五位有效数字。)

(b) 计算黄油块的密度。(注意对长度尺寸至少精确到二位有效数字。)

(参阅习题 15、16、37 和 38)

解：

(a) 金属箔+黄油块重	113.59 克
金属箔重	— 1.60 克
黄油块的实际重量	111.99 克

从附录的表 A-1 中得 1 磅等于 453.59 克

四分之一磅的重量	113.40 克
黄油块的实际重量	— 111.99 克
误差	1.41 克

$$\text{百分误差} = \frac{1.41 \text{ g}}{113.40 \text{ g}} \times 100 = 1.24\%$$

(b) 黄油块质量是 111.99 克，体积是

$$(12.2 \text{ 厘米})(3.1 \text{ 厘米})(3.1 \text{ 厘米}) = 117.24 \text{ 厘米}^3 = 117 \text{ 厘米}^3$$

用于下一步计算前，中间答案 117 厘米³ 是被四舍五入成三位有效数字。如果此体积是最后的答案，它的数值要记成二位有效数，如 120 厘米³ 或写成 1.2×10^2 厘米³。在下一步计算中，未进行除法前质量也四舍五入成三位有效数字：

$$\text{密度} = \frac{\text{质量}}{\text{体积}} = \frac{111.99 \text{ 克}}{117 \text{ 厘米}^3} = \frac{112 \text{ 克}}{117 \text{ 厘米}^3} = 0.957 = 0.96 \text{ 克/厘米}^3$$

1-2.3 以水的性质为基准的单位

水是用来规定温标的标准物质。把水的正常凝固点和正常沸点之间的温差人为地分成 100 等分，因此这样的标度长时期以来被称为百分温标(拉丁语 *Centum*, 一百)。0°C 定义为水的正常凝固点，而 100°C 定义为水的正常沸点(参阅图 1-6)。1948 年为纪念 1742 年提出温标的瑞典天文学家摄尔休斯(Anders Celsius)，把百分温标定为摄氏温标。在老的百分温标和现在用的摄氏温标之间几乎没有差别^④；两者都可用缩写字 °C 来表示。

物体的热能是指从较热物体流向较冷物体的能的形式。常用的热量单位是卡(cal)，1 克水温度改变 1°C(精确的定义是从 15°C 到 16°C)所需要的热量定义为 1 卡。

注意温度和热量是两个完全不同的概念，这一点很重要。温度是强度因素，它度量一个物体

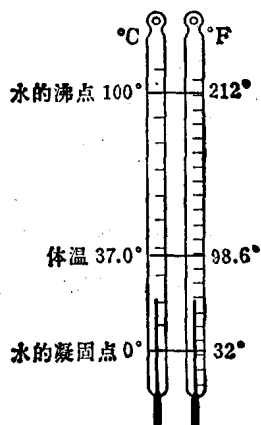


图 1-6 摄氏温标和华氏温标的比较。符号 Δ 表示“温度差”或“温度变化”。

$$100^\circ - 0^\circ = \Delta 100 \text{ 摄氏单位}$$

$$212^\circ - 32^\circ = \Delta 180 \text{ 华氏单位}$$

$$180/100 = 1.8$$

$$^\circ\text{F} = 32^\circ + (^\circ\text{C})(1.8)$$

$$^\circ\text{C} = (^\circ\text{F} - 32)/1.8$$

^④ 在两种温标之间有微小的差别，摄氏温标的固定点是水的三相点(参阅第 12 章脚注^②)，水的三相点的定义是 0.01° 百分温标。