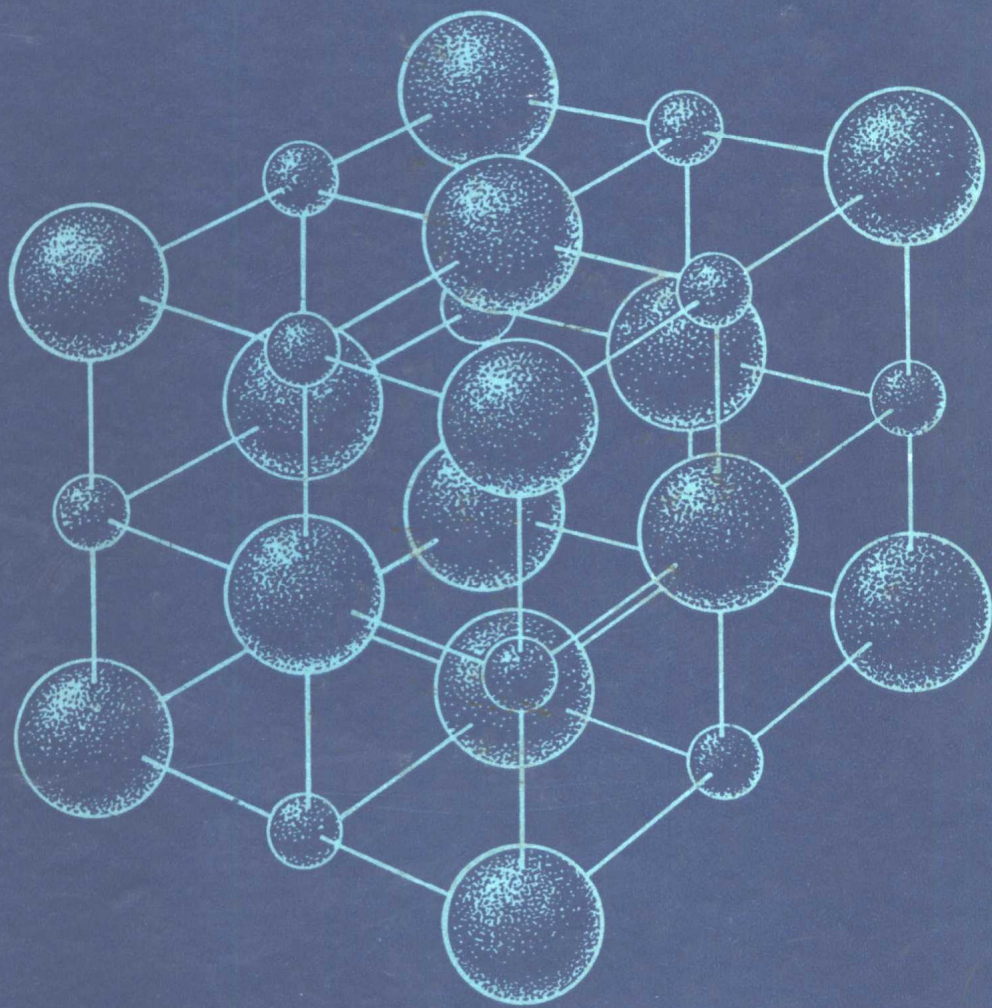


F·布雷夏 J·阿伦茨 H·迈斯利希 A·图尔克 著

# 化学基础



冶金工业出版社

# 化 学 基 础

F. 布雷夏 J. 阿伦茨 著  
H. 迈斯利希 A. 图尔克

吴学文 顾宝德 孙蕴文 译  
向培森 查治楷 区惠双

冶金工业出版社

## 内 容 提 要

本书根据美国学术出版社1980年出版的纽约市立大学F. 布雷夏等四人所著《化学基础》(Fundamentals of Chemistry)第四版译出。全书二十五章, 主要内容包括: 原子, 分子, 离子, 周期率, 化学平衡, 气体, 溶液, 热化学, 电化学, 化学动力学, 核化学, 环境化学, 有机化学等。书后附有九个附录和习题答案。

本书取材新颖, 概念清楚, 深入浅出, 用形象化的比喻和图例解释抽象概念, 并辅以大量例题和练习题, 便于具有高中文化水平的青年和在职人员学习, 也可供化学工作者和高等院校非化学系师生参考。

## 化 学 基 础

F. 布雷夏 J. 阿伦茨 著  
H. 迈斯利希 A. 图尔克  
吴学文 顾宝德 孙蕴文 译  
向培森 查治楷 区惠双

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷99号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张 48 1/4 字数 1161 千字

1985年 8 月第一版 1985年 8 月第一次印刷

印数00,001~11,350册

统一书号: 15062·4177 定价9.80元

## 译者序

本书译自美国学术出版社 (Academic Press) 1980年出版的《化学基础》(Fundamentals of Chemistry) 第四版。原书作者为纽约市立大学 (The City College of the City University of New York) 的F.布雷夏 (Frank Brescia), J.阿伦茨 (John Arents), H.迈斯利希 (Herbert Meislich) 和A.图尔克 (Amos Turk)。此书内容广泛, 取材新颖, 概念清晰, 说理透澈, 是一本较好的大学普通化学教材, 尤其适合具有高中文化水平的人进一步自学的需要。

本书各章节的编排顺序、内容深浅、举例说明及习题布置等, 都力求符合由浅入深, 由简至繁, 重点突出, 精讲多练, 注重基本概念, 启发学生自己积极思维的教学原则。

有些普通化学教科书, 往往只注意精炼而论述不够生动活泼, 使原本是千姿百态、引人入胜的化学变成了死记硬背的枯燥无味的化学。本书在论述中则力求同日常生活, 工农业生产, 医药卫生, 环境保护等方面联系起来, 收到理论联系实际和学以致用效果。在讨论现代化学理论时, 尽可能作一些必要的历史回顾, 因而使学生能够在了解问题的来龙去脉的基础上用发展的眼光看待现有的理论。本书的一个特点是深入浅出, 有时还引用典故或诗句, 妙趣横生, 可惜限于译者的水平, 不可能都传神地译出。

书中有若干处采用易于理解的现实事物来说明抽象概念的例子。例如: 用图书阅览室中书籍的散乱放置比喻熵的增大, 用游乐场中人数的增减来说明勒夏特利埃原理, 用小伙子们掰腕力来比喻两电极的反应等。书中还有许多形象化的图例, 用以帮助人们掌握抽象概念。

全书各章都包括: 内容提要、正文和注解、主要名词和学习目的, 自测题和大量附加练习题。书后有学生使用本书所必需的附录和习题答案。这些都为学生自学提供了方便条件。注解和化合物命名法均用小字排印, 可视为非必读材料。

译者希望以此书为我国立志自学成才的广大青年和在职人员提供一本较新的普通化学读物, 也为高等学校非化学系的师生提供一本化学参考书。参加本书翻译工作的有(按章节顺序) 吴学文(原序, 9, 11~13章), 顾宝德(1~6章), 孙蕴文(7~8, 17章), 向培森(10, 14~16章), 查治楷(18~21, 24~25章, 附录及答案), 区惠双(22~23章)。全书由查治楷和吴学文校阅, 在翻译过程中得到熊观琴和任崇信等同志的支持和帮助, 在此深表谢意。由于译校者水平所限, 错误在所难免, 恳请读者予以批评指正。

译者

一九八三年八月

## 原 序

本书第四版是一部全新的课本。

我们向自己提出下述化学入门中经常争论的问题，并提供一些我们希望是新颖的解决方法。

**问题** 化学这门课应该怎样介绍？应该采用“高起点法”，即原子结构→化学键→周期律→化学计算和摩尔→……？还是以用“低起点法”较好，即带历史追述性的处理方法，通过对气体的研究讲解分子量和原子量，然后论述化学计算和摩尔，再后才是原子结构？

**答案** 我们采取不拘一格的办法。先介绍化学家的语言和工具，从教学法观点看来可使后面内容易于消化。所以在书中便早早地提出了简略的原子结构，而更多的论述则在稍后进行。这种简略的开端可以为学生用质谱法测定原子量和分子量作好准备。紧接着是化学计算和摩尔，气体，溶液和摩尔浓度介绍（又是简略的）。这样的开场布局还可使实验课易于进行，因为早期提出的材料可以作为许多实验的基础。再下去是热化学和原子结构的更详细论述。我们就是这样做的。

**问题** 描述化学怎样安排？什么时候在什么地方安排？安排多少？

**答案** 我们大约在第一学期的期中在周期律这一章开始安排，其中有元素的描述化学一节。我们尽了最大努力把这一节写得生动有趣。较多的描述性材料结合在论述化学原理的其它各章中，如化学键，酸和碱，电化学等。更多的这类材料则作为某些章的主要内容，如溶液中离子的分析，核化学，过渡元素，有机化学，聚合物等。最后，环境化学一章是描述化学的渊藪，其中有较老的材料（如炼铁和炼铝），也有较新的材料（如污染化学和臭氧层化学），同其它特殊专题一样，其中的例证材料可以从全课中提取出来。更重要的是，这一章是整个一年普通化学课的进程的终点，它向学生展示，前面各章的各种不同专题是如何结合成为“一统化学”而可应用于实际的化学课题中的。

**问题** 应该怎样论述化学键？是经典方法和量子力学方法相继论述，还是把较现代的论述放在后面？

**答案** 每种方式都有优点，每种理由都有很多支持者。为了便于选择，我们采用了化学键的经典论述，安排在第一学期。应用更深奥的量子力学进行论述则安排在本书的较后部分。但是，如有人愿意，也可在入门的章节之后立即把后面的材料提前使用。

**问题** 在普通化学中应该讲授多少热力学（如果要的话）？

**答案** 我们肯定要涉及到热力学方面的内容。我们的许多读者虽然不会成为职业化学家，但多数会从事其他科学工作，所有的人都要生活在科学世界里，而很多人不会再去学物理化学或热力学课程。我们不打算对提出的热力学公式都加以证明，但一定要给予物理的解释，这可能比严密的数学推导更有价值。书中较早地介绍了第一定律。我们不是从物理角度而是从化学角度论述了熵。这一概念是通过宇宙趋向无序引出的。熵与热的关系稍后些提出。对第二定律作了定性和定量的说明。也论及了自由能，在相转变中还作了较简单的讨论。然后在以后各章应用了这些概念，主要是用于化学平衡、电化学、动力

学、络合离子和环境化学。

**问题** 应该怎样介绍一个新主题？是先介绍所有的实验证明（那太多了！），还是先说明原理（由上至下的灌输），有什么好办法能摆脱这一困境？

**答案** 我们还是再次试用两次论述的办法。这一点在气体研究、化学键、溶液性质和热力学的论述中表现得很为明显。首先，我们描述一系列简单的实验，引出可以理解的但却是定性的答案。然后，在下一个阶段再从理论上和实践上对该课题作适当深度的探讨。本书其他很多章节也在一定程度上采用这种写法。

学生对普通化学课最主要的不满在于它是一段一段的——许多不同课题的大杂烩。很多人在学有机化学之前，一直不明白化学是怎么“连到一起的”。从某种意义上说，他们是对的，但是这种一段一段的分隔只是存在于书本和课堂中，而不存在于科学中。我们尽一切努力将化学所固有的连续性的概念灌输给学生。

最后六章最有效地揭示了这种连续性，如果教学计划允许，我们希望教师尽可能从中选用。

本书还对学生提供以下方便：

每章有开头语，交待论述层次和主要内容。

阐述比较充分，易于阅读，删除了某些过于专门的课题，如卡诺循环和 $p-d$   $\pi$ 键。

课本中还有很多例题。

每章最后列有主要名词和学习目的。

每章都有自测题，供学生自我考核用。每道题都规定了分数，加起来为100。答案在全书之后。自测题概括全章的基本内容。

除了自测题之外，还有大量的附加题，其范围从简易练习到相当难解的问题，均包括在其中。在全书之后给出了数字答案。

## 学生须知

读一本教科书有好多种方法。但是，我们已赋予本书以某些便于阅读的特性，学生应该充分利用这些有利条件。建议每章读两遍，第一遍是要很快了解论述主题，第二遍认真精读，现分述如下：

第一遍 先读每章的开头语，它交待了论述层次和主要内容。然后聚精会神但却是较快地浏览一遍，以便较详细地事先了解到在课堂上将听到些什么内容。看一下例题，这会使大家对将来要做的各类习题有所准备。在每章之末列出了全章的主要名词和学习目的，以便学生巩固这些知识。学生在听课之前做这些事会大有裨益，将使课堂讲授更加清楚易懂。

第二遍 要精读全章，阅读时特别注意例题。在看答案之前自己先试解一下，但不要花很长时间，哪怕是略费心思也将有助于更好地理解问题。然后细心地看书上的解，要确保每一步都弄懂。读完全章后，做自测题并自己打分。做自测题没有时间限制，答案在书后。

接下去就该按照教师的布置做附加的家庭作业了。计算题的答案可以与书后的答案核对。要尽可能多做题。想一想练习在体育运动、表演艺术或语言技巧中要起多么大的作用，它在化学课中的作用也是一样的。

# 目 录

第一章 研究化学的一些基本用语.....	1
1.1 化学家使用的科学方法 (1) 1.2 计量和国际单位制 (3) 1.3 测量中的有效数字 (7) 1.4 换算系数 (10) 1.5 精确度和准确度 (11) 1.6 纯物质 (13) 自测题 (14) 附加题 (14)	
第二章 原子、分子和离子.....	16
2.1 引言 (16) 2.2 物质守恒定律 (16) 2.3 定比定律 (18) 2.4 原子学说 (18) 2.5 原子和电子 (21) 2.6 卢瑟福的原子说 (24) 2.7 化学式 (27) 2.8 方程式 (29) 自测题 (29) 附加题 (30)	
第三章 原子量和分子量.....	33
3.1 引言 (33) 3.2 摩尔 (33) 3.3 原子量和质谱测定法 (36) 3.4 气体的分子量 (40) 3.5 摩尔关系: 相同质量, 不同单位 (44) 自测题 (46) 附加题 (46)	
第四章 化学式、方程式和命名法.....	49
4.1 化学式 (49) 4.2 质量组成和浓度 (53) 4.3 化学式的书写 (55) 4.4 二元化合物的命名法 (56) 4.5 化学方程式 (60) 4.6 化学方程式提供的定量信息 (61) 4.7 过量反应物 (64) 4.8 百分产率 (65) 自测题 (66) 附加题 (67)	
第五章 气体.....	72
5.1 气体的性质, 气压计 (72) 5.2 波义耳定律 (75) 5.3 查理定律, 开尔文温度 (77) 5.4 化合体积定律和阿伏加德罗定律 (79) 5.5 理想气体定律 (82) 5.6 气体的分子量 (85) 5.7 气体的化学反应 (86) 5.8 道尔顿分压定律 (88) 5.9 理想气体, 分子运动学说 (90) 5.10 格雷姆定律 (92) 5.11 分子速度的分布 (94) 5.12 对理想气体行为的偏差 (95) 自测题 (99) 附加题 (99)	
第六章 热化学.....	105
6.1 引言 (105) 6.2 热的测定 (105) 6.3 反应热的测定, 热化学方程式 (107) 6.4 盖斯定律 (110) 6.5 生成热 (113) 6.6 键能 (115) 6.7 热力学第一定律 (118) 6.8 $\Delta E$ 和 $\Delta H$ 的差别 (121) 自测题 (122) 附加题 (123)	
第七章 原子的电子层结构.....	128
7.1 光的性质 (128) 7.2 物质波 (131) 7.3 元素的光谱 (134) 7.4 原子中电子能量的量子化 (136) 7.5 谱线的发生源 (139) 7.6 变动不居的电子和原子轨道 (141) 7.7 原子的电子排布 (147) 7.8 顺磁性 (151) 自测题 (153) 附加题 (153)	
第八章 化学周期律.....	157
8.1 从德伯赖纳到门捷列夫 (157) 8.2 周期律和周期表: 元素的类型 (159) 8.3 化合价的周期性 (161) 8.4 原子和离子的大小 (163) 8.5 电离能 (166) 8.6 电子亲合能 (167) 8.7 单质 (168) 自测题 (180) 附加题 (181)	
第九章 化学键的类型.....	183
9.1 键合的类型 (183) 9.2 路易斯键合理论 (185) 9.3 离子键 (187) 9.4 离子型固体的形成 (188) 9.5 共价键, 共价 (190) 9.6 极性共价键, 电负性 (194) 9.7 重键 (196) 9.8 八隅体规则的例外 (197) 9.9 氧化数 (200) 9.10 路易斯式的补充 (202) 9.11 共价键的	



性质 (204) 9.12 共振 (204) 9.13 分子的形状 (206) 9.14 偶极矩 (210) 自测题 (212) 附加题 (213)	
<b>第十章 物质的分子间力和聚集态</b> .....	217
10.1 物质的状态 (217) 10.2 我们能从液体学到什么? (219) 10.3 分子间力(220)	
10.4 液体和玻璃体 (224) 10.5 晶体 (227) 10.6 晶格和单元晶胞 (229) 10.7 配位数 (232) 10.8 化合物晶格 (235) 10.9 实际晶体 (237) 10.10 胶体和吸附剂 (238) 自测题 (242) 附加题 (243)	
<b>第十一章 状态的变化, 焓和自由能</b> .....	246
11.1 状态和过程 (246) 11.2 状态的变化 (246) 11.3 蒸气压 (249) 11.4 沸腾和凝结 (251) 11.5 熔化和凝固 (252) 11.6 相图 (252) 11.7焓 (256) 11.8 焓与热 (257) 11.9 热力学第二定律 (262) 11.10 自由能 (263) 自测题 (266) 附加题 (267)	
<b>第十二章 溶液</b> .....	270
12.1 什么是溶液? (270) 12.2 溶液成分的计量 (271) 12.3 溶解度 (274) 12.4 溶解度与压力 (277) 12.5 溶解度与温度 (279) 12.6 溶解度与分子结构 (280) 12.7 离子晶体的溶解度 (281) 12.8 净离子方程式 (284) 12.9 溶液的蒸气压 (286) 12.10 蒸气压与成分 (288) 12.11 溶液的依数性 (291) 12.12 蒸气压下降 (291) 12.13 凝固点降低和沸点升高 (292) 12.14离子溶液的依数性 (296) 12.15 渗透压 (297) 12.16 分子量的测定 (298) 自测题 (300) 附加题 (301)	
<b>第十三章 化学平衡</b> .....	304
13.1 引言 (304) 13.2 化学平衡定律 (307) 13.3 自由能与平衡 (310) 13.4 生成自由能 (312) 13.5 用浓度表示平衡条件 (314) 13.6 $K$ 随方程式形式的变化 (315) 13.7 平衡的合成 (317) 13.8 勒夏特利埃原理 (318) 13.9 多相平衡 (322) 13.10 溶液的平衡 (324) 13.11 平衡常数的计算 (325) 13.12 据平衡常数进行的计算 (328) 13.13 生命是否存在于平衡之后? (331) 自测题 (332) 附加题 (334)	
<b>第十四章 酸和碱</b> .....	339
14.1 早期定义 (339) 14.2 布朗斯特-劳莱理论 (341) 14.3 两性现象; 自偶电离 (350) 14.4 酸碱反应的类型 (352) 14.5 质子转移的机理 (355) 14.6 路易斯酸碱理论 (355) 14.7 路易斯酸举例 (357) 14.8 酸的命名 (359) 14.9 分子结构与布朗斯特酸性 (362) 14.10 布朗斯特酸的制备 (363) 14.11 布朗斯特酸-碱反应的一些应用 (366) 自测题 (369) 附加题 (370)	
<b>第十五章 离子平衡</b> .....	374
15.1 化学平衡定律的适用性如何? (374) 15.2 水的自偶电离 (374) 15.3 pH和pK (375) 15.4 强酸和强碱 (377) 15.5 弱酸和弱碱 (378) 15.6 共轭酸-碱对 (382) 15.7 多质酸和多质碱 (384) 15.8 酸-碱反应的勒夏特利埃原理 (387) 15.9 缓冲溶液 (389) 15.10 难溶盐 (393) 15.11 络合离子 (397) 自测题 (399) 附加题 (400)	
<b>第十六章 溶液中离子的分析</b> .....	403
16.1 重量分析 (403) 16.2 容量分析与滴定 (404) 16.3 酸碱指示剂 (405) 16.4滴定曲线 (406) 16.5 滴定举例 (409) 16.6 平衡氧化-还原方程式 (412) 16.7 当量重量和当量浓度 (415) 16.8 无机物定性分析 (417) 自测题 (422) 附加题 (423)	
<b>第十七章 电化学</b> .....	427
17.1 引言 (427) 17.2 电极反应 (427) 17.3 原电池 (431) 17.4 电池的通用符号	

(434) 17.5 电功 (436) 17.6 电动势的测定 (436) 17.7 自由能与电动势 (437) 17.8 电极的正负号 (439) 17.9 半电池电位 (439) 17.10 能斯特方程 (447) 17.11 浓度的测定 (451) 17.12 电动势与平衡 (454) 17.13 反应方向的预测 (456) 17.14 氧化剂和还原剂强度 (458) 17.15 分解电压(459) 17.16 预测电极反应 (461) 17.17 几种实用电池 (462) 自测题 (466) 附加题 (467)	
<b>第十八章 化学动力学</b> .....	472
18.1 确定浓度随时间的变化 (472) 18.2 影响反应速率的条件 (473) 18.3 一级反应的半衰期 (477) 18.4 反应速率的碰撞理论 (479) 18.5 反应速率的过渡状态理论 (482) 18.6 反应机理 (484) 18.7 催化作用 (488) 18.8 链式反应 (490) 自测题 (493) 附加题 (494)	
<b>第十九章 核化学</b> .....	498
19.1 放射性 (498) 19.2 物质与能量的相互转变: 核能 (501) 19.3 核结构 (503) 19.4 核的稳定性 (505) 19.5 核反应 (506) 19.6 放射性衰变的速率 (515) 19.7 放射化学 (516) 自测题 (520) 附加题 (520)	
<b>第二十章 共价键概念</b> .....	525
20.1 原子轨道的重叠 (525) 20.2 单独键合的多原子分子(529) 20.3 原子轨道(AO)的杂化 (530) 20.4 再论形状与杂化 (533) 20.5 多重键分子中的杂化 (535) 20.6用 d 轨道杂化 (540) 20.7 延伸 $\pi$ 键和共振理论 (541) 20.8 分子轨道 (MO) 理论 (543) 20.9 分子轨道能级 (545) 20.10 金属键 (550) 20.11 MO能带理论与金属性质 (550) 20.12 绝缘体和半导体 (551) 20.13 结语 (553) 自测题 (554) 附加题 (554)	
<b>第二十一章 过渡元素与配位化合物</b> .....	557
21.1 引言 (557) 21.2 络合物的形成 (558) 21.3 配位数 (559) 21.4 维尔纳配位理论 (560) 21.5 配位数和形状 (561) 21.6 生物化学药品中的金属离子: 实际应用 (564) 21.7 配位化合物命名法 (566) 21.8 配位化合物的键 (568) 21.9 络离子的稳定性 (572) 自测题 (575) 附加题 (575)	
<b>第二十二章 有机化学—结构及官能团</b> .....	578
22.1 碳怎么会这样独特? (578) 22.2 烷烃 (580) 22.3 烷烃的命名 (581) 22.4 构象 (584) 22.5 重键: 顺-反异构现象 (586) 22.6环烷 (588) 22.7 苯及芳香族化合物 (589) 22.8 苯的结构 (591) 22.9 碳氢化合物化学 (593) 22.10 手征性 (596) 22.11 官能团 (599) 22.12 多官能团化合物 (610) 22.13 后记 (615) 自测题 (616) 附加题 (618)	
<b>第二十三章 聚合物及生物化学</b> .....	624
23.1 小分子和大分子 (624) 23.2 天然高聚物的分解: 重复单元(625) 23.3 高聚物的缩合合成 (626) 23.4 加聚作用 (628) 23.5 单体单元的连接 (628) 23.6 聚合物的性质 (631) 23.7 蛋白质 (634) 23.8 核酸 (636) 23.9 后记 (644) 自测题 (645) 附加题 (646)	
<b>第二十四章 辐射作用与物质</b> .....	649
24.1 分子能量 (649) 24.2 光谱的一般特征 (651) 24.3 电子激发: 紫外 (uv) 光谱 (652) 24.4 振动激发: 红外光谱 (658) 24.5 核自旋激发: nmr (核磁共振) 波谱 (660) 24.6 辐射化学和光化学 (664) 24.7 质谱分析 (667) 自测题 (671) 附加题 (672)	
<b>第二十五章 环境化学</b> .....	677
25.1 地球化学循环 (677) 25.2 氧-碳循环 (677) 25.3 氮的循环 (680) 25.4 环境恶化 (681) 25.5 环境污染 (682) 25.6 资源的耗减——热力学考虑 (688) 25.7 铁 (692) 25.8 铝 (694) 25.9 腐蚀 (696) 25.10 自然条件的扰乱: $O_2$ , $O_3$ , $CO_2$ (697) 25.11 空气污染的	

---

控制 (700) 25.12 水的净化 (703) 自测题 (708) 附加题 (708)	
附录 A 物理概念复习	711
附录 B 数学复习	716
附录 C 元素气态原子的电子结构	721
附录 D 25°C (298.15 K) 的标准生成焓 ( $\Delta H_f^\ominus$ , 千焦/摩尔) 和标准生成自由能 ( $\Delta G_f^\ominus$ , 千焦/摩尔)	722
附录 E 气体定律的数学处理	724
附录 F 基本常数	728
附录 G 水的蒸气压	729
附录 H 部分量和单位符号	730
附录 I 对数	731
答案	733
元素周期表	759

# 第一章 研究化学的一些基本用语

本章介绍一些化学术语，着重介绍化学家常用的测量单位，然后讨论有效数字、换算系数以及准确度、精确度的含义，最后介绍纯物质的概念。

可以参考本书附录中有关物理概念和数学方法以及各种数据表。

## 1.1 化学家使用的科学方法

我们无论在自己的房间，还是在图书馆，或是在室外阅读这本书时，都能看到周围的事物。其中大多是物品，它们的形状或结构具有某些特殊的功能，或者某些可以辨认的属性，如一把椅子，一只水杯，一本可供阅读的书，一块引人观赏的岩石。这些东西都是**物体**。现在假设把这些物体都破碎成小块，那么，椅子就不再是一把椅子，而成了木屑；杯子就成了碎瓷料；书就成了纸片；岩石就成了粗砂。木屑、瓷料、纸和砂就不再称为物体，而是**材料**。材料是**物质**的一些实例，而物质正是组成宇宙的要素。

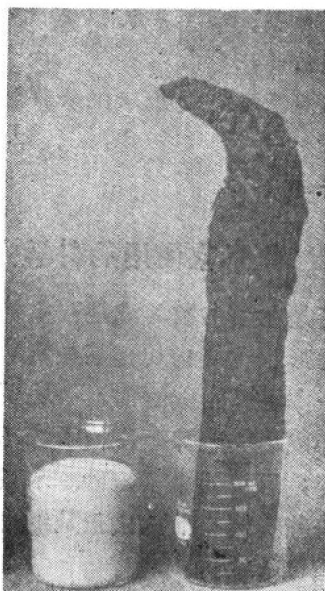
**化学**是研究物质的性质和变化的学科。

我们如果把上述所有碎片重新收集起来，进行回收，分别放在适当的箱子里，就会把碎书、碎报纸和碎的牛奶纸盒放到同一个箱子里。因为我们知道，尽管它们来自不同的物体，但是它们都是同一材料——纸。纸与木屑也有些相似，它们都能燃烧。碎瓷有点象砂，因为它们都含有不能燃烧的硬颗粒物质。这样，只要注意到这些相似性，就开始把材料分了类。分类法使我们认识到，同一属类的不同材料必定具有某些共同之处。我们可能会想到所观察到的各种材料都具有复杂的内部结构，而且实际上是若干种更简单的、更基本的物质的组合。由此推理，如果两个材料相似，也许它们的相似性是由于它们确实具有某些相同的基本组分所致。

这样的设想需要实验，我们可能有时会产生这样的印象，“科学方法”需要一系列步骤，首先是“单纯”的、无偏见的观察，然后提出假说、理论，最后成为科学定律。但这决不是如此简单。其实，一个胸无预设概念的科学家简直就摸不清该做什么实验。反之，在设想和实验之间总是有来回交替的。

现在考虑，我们应该做些什么来验证木头和纸具有一些相同成分这一设想。假设用现有最锋利的刀片把木头和纸的微屑切得越来越小，可惜我们得到的却是一堆细小的纸纤维和另一堆木头粉末。加热也许是一种较好的方法。当在没有空气的情况下加热一张纸时，纸就变形，炭化，散发气体，最后剩下一堆黑色残渣——碳。用同样方法处理木头，得到相同的最终产物。这样，实验证明了纸和木头具有某种相同的物质，即碳。也许更重要的是，这些结果使我们联想起许多其他的实验。例如，所有燃烧的东西都含有碳吗？我们把糖加热并发现它是含碳的。镁也是一种易燃物，但是把镁在没有空气的情况下加热，它只是赤热并熔化，既不产生碳，也不产生其他新物质。对“所有燃烧的东西都含有碳吗？”

这个问题的答复是“不”——一个例外就足以推翻这个规定。但是通过上述实验使我们又产生了另一个想法，即是否存在象镁和碳这样一类特殊物质，它们不能被分解，而是其他所有化合物赖以组成的基本结构成分呢？许多实验证实了这个想法，我们把这些不能分解的物质称为元素。



糖在没有空气的情况下加热生成碳

已知有105种元素<sup>①</sup>。它们的名字参照了行星、古代神（天主教）、现代科学家、国家、

表 1.1 一些元素的名称来源

元 素	名 称 来 源
铀 (Uranium)	天王星 (Uranus)，它曾是太阳系中已知最远的行星，而铀曾是一系列已知元素的最后一个元素（但以后又发现了更远的行星和更重的元素）
汞 (Mercury)	Mercury，墨丘利，是罗马神话中为众神传信并掌管商业、道路等的神。他很活泼。元素汞在室温条件下是一种流动的有光泽的金属。它流动很快，看起来象活的一样，因而它的另一名称叫水银 (quicksilver)
钷, 钷, 钷 (Curium, einsteinium, fermium)	M.居里 (Curie), A.爱因斯坦 (Einstein), E.费米 (Fermi)
钫, 锗, 钷 (Francium, germanium, polonium)	法国 (France), 德国 (Germany), 波兰 (Poland)
锆, 钇, 铈, 铈, 铈 (Berkelium, yttrium, ytterbium, erbium, terbium)	锆以加利福尼亚州的伯克利 (Berkeley) 命名, 其他几乎都源于瑞典的伊特贝 (Ytterby)
铕 (Europium)	欧洲 (Europe)
氙 (Xenon)	希腊语 Xenos, 一个陌生人
氢 (Hydrogen)	希腊语 hydōr (水) 和希腊语 genēs (生成)

<sup>①</sup> 这是1979年国际上公认的元素数目。新发现的补充元素已经申请，但有待于国际承认。

城市、洲和各种希腊和拉丁语的含义(表1.1)。每个名称也由一个或两个字母的符号表示,通常是英文名称的缩写,有时是拉丁文名称的缩写<sup>①</sup>。整个表列于本书最后一页。

许多化学问题的答案需要用数字关系来表示。例如,大家也许想知道一定量糖中含有多少碳,需要多高的温度糖才能分解,以及反应完全需要多长时间。这些问题只有通过测定才能得到回答。

## 1.2 计量和国际单位制

假如我们带着人类的全部知识,到另一个有类似人居住的行星上去,任务是把地球上科学(特别是化学)的好处带给他们。假定我们没带任何计量仪器,即没有尺子、温度计、标准砝码等,我们能完成这个任务吗?因为科学一定要以计量为依据,所以我们必须设法用任何一种可能得到的材料复制地球上的计量装置。我们确信,在宇宙其他部分的化学元素和地球上的一样(这种确信基于无可置疑的科学证据)。那么让我们回顾一下我们自己的计量制,并探讨其普遍适用的问题。

米制是作为法国革命的一项重要改革在1799年提出的,后来逐渐传播到大半个世界。首先传到科学领域,然后进入商业和日常生活中。讲英语的国家除外,这些国家到现在才向这个体制统一。米制在1875年巴黎米制大会上的一个国际协定中被确定,后来又进一步补充和修改。目前确定下来的法制单位称为**国际单位制**(简称SI)。

国际制有七个基本单位,其他单位均可由这七个基本单位导出。最后一个单位(坎德拉)在本书中不会涉及,在此引入它仅仅是为了使这套单位完整。七个基本单位如下:

量	单 位	符 号
长 度	米	m
质 量	千克,(公斤)	kg
时 间	秒	s
温 度	开〔尔文〕	K
电 流	安〔培〕	A
物 质 的 量	摩〔尔〕	mol
发 光 强 度	坎〔德拉〕	cd

SI规定,在这些符号后面既不能用句点也不能用复数。所以我们应写“烧杯装有5g汞”(不是“5g.汞”或“5gs汞”)。秒(secon)的SI符号为s,但常用制外符号sec代替。

SI中的较大或较小的单位由表1.2所示的词头来表示。从 $10^3$ (千)到 $10^{-12}$ (皮)是化学家最常用的单位。

① 一些较常见的元素符号为:氢H、碳C、氮N、氧O、氟F、钠Na、镁Mg、铝Al、硅Si、硫S、氯Cl、铁Fe。

表 1.2 SI 词头

倍数或分数	词 头	符 号
$10^{12}$	太〔拉〕	T
$10^9$	吉〔咖〕	G
$10^6$	兆	M
$10^3$	千	k
$10^{-1}$	分	d
$10^{-2}$	厘	c
$10^{-3}$	毫	m
$10^{-6}$	微	$\mu$
$10^{-9}$	纳〔诺〕	n
$10^{-12}$	皮〔可〕	p
$10^{-15}$	飞〔母托〕	f
$10^{-18}$	阿〔托〕	a

**例题 1** (a) 1毫克是多少皮克? (b) 1厘米是多少微米?

**解** (a)  $10^{12}$ 皮克 = 1克,  $10^3$ 毫克 = 1克

$$\text{故} \quad 1 \text{毫克} \times \frac{1 \text{克}}{10^3 \text{毫克}} \times \frac{10^{12} \text{皮克}}{1 \text{克}} = 10^9 \text{皮克}$$

1毫克是 $10^9$ 或10亿皮克<sup>①</sup>。

(b)  $10^2$ 厘米 = 1米,  $10^6$ 微米 = 1米

$$\text{所以} \quad 1 \text{厘米} \times \frac{1 \text{米}}{10^2 \text{厘米}} \times \frac{10^6 \text{微米}}{1 \text{米}} = 10^4 \text{微米}$$

1厘米是 $10^4$ 或10000微米。

现在先研究上表中的前四个基本单位。

**长度** 旧的米标准是保存在法国巴黎国际计量局里的铂铱合金棒上两条线间的距离。当然,我们不可能精确地复制这个标准,除非我们随身带着它或至少有另一根对照原器测定过的棒。但是,从1960年起,米已被规定为氪-86原子的橙红色辐射波波长的16501763.73倍<sup>②</sup>。如果我们能得到一些氪气,又具有必要的知识和技能,就可能在任何地方复制它。

另一个仍在使用的旧米制单位是埃(Å)。一些便于使用的换算如表1.3所示。

**面积(平方米)和体积(立方米)**是导出单位,因此就不需要新的标准。对于体积,SI制也承认升(L),1升是 $10^{-3}$ 米<sup>3</sup>,或是1立方分米。升以前定义为1公斤纯水在其最大密度时的温度(3.98°C)和一个标准大气压力下所占有的体积。这种关系虽然相当准确,但是不精密<sup>③</sup>。

由于升已被公认为SI的使用单位,所以就有倍数和分数,其中最常用的是毫升(mL)。

① 指数计算参见附录B.2。

② 原子的辐射在第七章讨论。1983年又对米的定义作了新规定:米等于真空中光线在1/299792458秒时间间隔内所经过的距离。(译注)

③ 这些测定的实验装备是不简单的,制造它们需要多种材料。

1 毫升等于 1 立方厘米 (1cm<sup>3</sup>)。

表 1.3 一些常用单位的换算

1 埃, Å = 10 <sup>-10</sup> 米
= 10 <sup>-8</sup> 厘米
= 10 <sup>-1</sup> 纳米
1 英寸 = 0.0254米
= 2.54厘米
1 英里 = 1.609 <sup>①</sup> 公里
1 米 <sup>3</sup> = 10 <sup>3</sup> 升
1 升 = 10 <sup>3</sup> 毫升
= 1.057 <sup>①</sup> 夸脱 (美, 容量单位)
1 英尺 <sup>3</sup> (美) = 28.32 <sup>①</sup> 升
1 千克 = 2.205 磅 (重量单位)

① 这几个数字近似到四位有效数字。其他所有数字均是精确值。

**质量** 一个物体的质量常常被认为是其含有物质的量, 尽管这不能算作是一个定义。对物理学家来说, 质量 ( $m$ ) 是由产生一定加速度 ( $a$ ) 所需要的力 ( $f$ ) 来确定的:

$$f = ma \quad \text{或} \quad m = \frac{f}{a}$$

鉴于力也由这个公式确定, 所以这个定义是循环式的, 在假设的行星上是无济于事的。但是, 我们可以进行这样一种实验, 使两个不同的物体受到相同加速度的作用, 如果它们产生同样的力, 就可表明这两个物体具有相同的质量。如这个实验在地球上进行, 加速度就由地球的引力来确定, 这个过程称为称量。当它们产生的力相等时, 可以说这两个质量在重量上是相等的。质量的唯一自然单位是象原子一类的基本粒子, 这些基本粒子太小, 不能准确称量。所以SI制只是采用一个人造标准, 即用铂铱合金制成的标准千克1号。它被保存在法国国际计量局内。因此, 在其他行星上就无法做出精确的复制品来。然而, 我们可以根据一个已知物质的密度做一个十分精确的近似标准。

密度是单位体积的质量, 所以SI导出单位是千克/米<sup>3</sup>, 或更常见的以克/厘米<sup>3</sup>表示, 它与克/毫升一样。装满1升容器所需冰冷水的质量是1千克。所以水的密度是1千克/升或1克/毫升<sup>①</sup>, 因而, 我们可以用1升冷水复制千克。

**时间** 时间的单位——秒, 原来定义为一个平均太阳日的1/86400。当然, 这个定义是不能脱离地球而定的。另外, 地球的自转稍有不规则。1967年, 秒以一个特定原子 (铯-133) 的特有辐射频率重新定义<sup>②</sup>。在任何情况下, 为精确地复制秒, 就必须得到一些铯和一些复杂的实验设备。

**温度** 如果我们把手指浸到沸水中, 就会感到热, 因为热从沸水传到皮肤, 即认为沸水比手指的温度高。相反, 我们接触一块冰, 就会感觉冷, 因为热从手指传到冰上, 所以, 冰比手指的温度低。这样, 温度是物体的一个特性, 它决定热流方向。物体的温度越

① 更确切地说, 水在3.98℃的密度为0.999973克/毫升。

② 频率是时间的倒数, 单位是1/秒。



高，热从该物体流出的趋势就越大。

物质的许多性质随温度的变化而改变，例如比重、颜色、导电能力和刺激神经脉冲的能力。温度用以表示与一些被测特性关系的一系列数值称为**温标**。用来取得这些测定值的仪器是**温度计**（图1.1）。

温度的标准单位是**开尔文**（符号为K，以前称为开氏温度，符号为 $^{\circ}\text{K}$ ）。温度以水、冰和水蒸气三相平衡共存时的温度作为基点。这个温度称为**水的三相点**<sup>①</sup>，其精确值规定为273.16K。

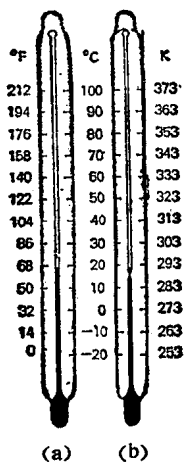


图 1.1  
(a) 华氏、摄氏温度计；  
(b) 摄氏、开氏温度计

SI还有摄氏温度（以前称百分温度），以摄氏度表示（符号为 $^{\circ}\text{C}$ ）。在这种温标中，水的三相点是 $0.01^{\circ}\text{C}$ 。摄氏度与开氏度的大小一样。

设  $t$  为摄氏温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )， $T$  为开氏温度 (K)。在三相点， $t = 0.01^{\circ}\text{C}$ ， $T = 273.16\text{K}$ 。

这两个温标的温差为  $273.16\text{K} - 0.01^{\circ}\text{C} = 273.15\text{K}$ 。

所以，我们可以写成：

$$T - t = 273.15, \quad T = t + 273.15 \quad (1)$$

或  $\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15$

没有一种物质可以冷却到0K，即 $-273.15^{\circ}\text{C}$ 以下。所以，这个温度称为**绝对零度**。每开尔文被精确地定义为水的三相点的 $1/273.16$ 。因此，这个温度标准是一个宇宙标准，而限于地球。

对此，有人可能会问，“那些老的、熟悉的温标，即以水的凝固点为 $0^{\circ}\text{C}$ 和沸点为 $100^{\circ}\text{C}$ ，发生了什么变化呢？那多余的百分之一度又是如何加进去呢？”

“超出百分之一度”（水的三相点与其凝固点之间的差）的原因将在第十一章继续讨论<sup>②</sup>，在此仅作一简短的解释。凝固点 ( $0^{\circ}\text{C}$ ) 是冰和水在标准大气压下共存的温度。三相点 ( $0.01^{\circ}\text{C}$ ) 是冰、水和水蒸气（三相）在没有空气的情况下共存的温度。这个共存仅在一固定压力下发生，所以这个温度更具有实验重现性。旧温标， $0^{\circ}\text{C}$ 和 $100^{\circ}\text{C}$ 仍然存在，并广泛用作标定温度计和其他仪器的实用温标。其中一些温度为：

参数（在标准大气压下）	温度， $^{\circ}\text{C}$
氧的沸点	-182.97
汞的凝固点	-38.87
冰点（冰的熔点）	0.00
水的三相点	0.01
汽化点（水的沸点）	100.00
硫的沸点	444.60
银的凝固点	960.8

① 水的三相点在第十一章叙述。

② 在第五章还将讨论温度。