

# 化学

## — 中心科学

上册

[美] T.L.布朗 H.E.小李梅 著

科学出版社

# 化学—中心科学

上册

〔美〕 T. L. 布朗 H. E. 小李梅 著

阎长泰 徐国宪 蒋本杲 译  
樊悦朋 吴 骥 吴正和

科学出版社

1987

## 内 容 简 介

本书是美国各大学广泛采用的，供理、工、农、医各科一年级学生使用的普通化学教科书。其特点是文图并茂，在阐述化学的基本概念、基本原理和基本知识时，密切结合实际，与人类活动和生活环境相联系，使读者了解化学在人类活动中的地位与作用。本书分为上下两册，每章之后附有大量习题并于每册后附有自学指导，便于自学提高。

本书可作大专学校低年级学生和中学教师的参考书，也适宜科技人员及科技管理人员自学。

Theodore L. Brown, H. Eugene LeMay, Jr.  
CHEMISTRY, THE CENTRAL SCIENCE  
Prentice-Hall, Inc., 1977

## 化学——中心科学

### 上 册

【美】T. L. 布朗 H. E. 小李梅 著

阎长泰 徐国宪 蒋本泉 译  
樊悦朋 吴 疆 吴正和 译

责任编辑 王玉生 刘胜利

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经营

\*

1987年 8 月 第 一 版 开本：787×1092 1/16

1987年 8 月 第一次印刷 印张：30 1/4

印数：0001—5,400 字数：700,000

统一书号：13031·3605

本社书号：4116·13-4

定价：7.10 元

## 译 者 说 明

这套书是根据美国伊利诺伊大学布朗 (Theodore L. Brown) 教授和内华达大学小李梅 (H. Eugene LeMay, Jr.) 教授合著的 *Chemistry; The Central Science, Solutions to Exercises in Chemistry; The Central Science*, 与加利福尼亚州立大学希尔 (James C. Hill) 教授著的 *Student's Guide to Brown and LeMay's Chemistry; The Central Science* 翻译过来的。原著都是1977年出版的。这套书的特点是概念清楚, 文字生动, 内容深入浅出, 理论联系实际, 例题恰当, 习题充分。这是一套便于自学的好书, 是一套普及化学基本知识的优良读物, 也适于化学专业和非化学专业大学低年级学生、中学教师、科技工作者和科技管理干部阅读参考。

在译文中出现的“化学种”一词是译者们自己拟定的术语。因为原书中“Species”一词所代表的包括化合物、分子、离子及其他等等, 而这些从化学观点看, 在某种特定条件下都是独立的个体, 为了不与“物质”、“品种”、“种”、“类”等词混淆, 就用了“化学种”一词, 含义是在化学概念上它们是一“种”, 是否恰当, 请读者予以指正。

参加本书翻译工作的是山东大学化学系阎长泰、徐国宪、蒋本杲、樊悦朋和山东大学外文系吴骧、吴正和六同志, 最后由徐国宪、阎长泰二同志校订。由于水平所限, 错误之处在所难免, 恳请读者不吝赐教, 以便再次印刷时改正。

## 序 言

一本教科书的序言，几乎总是最后写成的部分。只有当这本书定了稿，作者才有可能向读者宣布，他所完成的任务想要达到什么目的。因此，对学生来说是开头部分，但对作者来说，在某种意义上却是一个漫长的，有时则是困难的旅程的终点。我们花费了三年以上的时间来编写这本书。初稿既成之后，修改，再修改；收进新的材料，去掉一些材料，或者将某些内容转放到别的章节内；与同事、学生、编辑们进行讨论；还研究了大量工业方面的文献；又在图书馆和实验室里花费了许多时间。在所有这些活动中，我们反复向自己提出同一个问题：假若你们是学生，那么，你们在学习化学时需要些什么？你们应当从你们所使用的教科书中得到些什么？我们自信已经找到了关于这个问题的某些有价值的新答案，并打算在这篇序言中把这些答案，以及我们编写这本书的观点和打算告诉你们（和你们的老师）。同时也希望把我们认为如何最好地利用这本书的想法告诉你们。

你们大都在学习化学，因为，化学是为你们所制订的教学课程的重要部分。这个课程可能是农学、牙科卫生学、电机工程学、地质学、微生物学、冶金学、古生物学或者是许多其它有关的学习领域之一。人们会自然地提出一个问题：为什么化学会与这么多不同学科都有重要的联系？这是因为化学在本质上是中心的科学。在任何一个涉及物质世界某一方面的人类活动领域内，必不可免地要关心所牵涉到的种种物质的基本特征——它们的耐久性，与其它物质的相互作用，在已知的一系列条件下发生的变化。不论所涉及物质是脚下的石头，欧洲文艺复兴时期油画家所用的颜料，还是生下来就患有镰状细胞性贫血症的婴儿的血液细胞，都是如此。在你目前所渴望的职业中或者你以后将要追求的职业中，化学都可能是举足轻重的。如果你对于工作中用到的化学概念十分了解，并在需要时会正确使用它们，那你将会成为一个很好的专家，一个有知识的和富于创造力的人才。

化学与专业目标的这种联系是很重要的，这一因素为你提供学习化学的充分理由。然而，还有一个更为重要的理由。由于化学处于如此中心的地位，并且几乎和我们接触的物质世界的每一方面都如此密切地联系着，以致这门科学已经成为文化这一整体的组成部分。化学渗入我们的生活，远比诸如“通过化学制备更好的东西，来争取更好的生活”之类的宣传口号要深刻得多。我们除了采取显而易见的种种方式来使用化学研究成果和生产的产物——塑料袋、儿童玩具、柜台板、除草剂、杀虫剂、照相胶片之外，还通过摄入的食物、驾驶的汽车、以及所接受的医药治疗等等途径，间接地利用成千上万种化学产品。在过去的若干年里，我们日益认识到，化学药品的使用对我们的环境有着长远而可怕的影响。事实上，许多科学家确信，我们已经严重地污染了地球，并且已经粗心大意地播下了未来污染的种子，以致差不多葬送了文明的前途。是否真是这样，尚待深入考察。然而，如果你是个有责任感的公民，那你一定会感到有必要把有关化学和使用化学药品的许多复杂问题的知识告诉人们。因为既得利益与公众政策有密切

的利害关系，所以，公众所得到的往往是互相矛盾的信息和要求。如果你理解了有关的基本原理，并在阅读和研究时把它们牢记在心，那么，你就能更充分地识别和剖析你所面临的种种复杂问题。

懂得了上述道理，你就会急欲开始学习化学。既然你已经作好了学习的准备，所以我们现在就可以来谈谈如何让这本书对你最有助益。你不妨先用几分钟时间粗略看一下目录。我们觉得，书中所选定的章节顺序，有助于使化学科学自然地展开。不过，在课堂上各章的讲授次序将由教师来决定。如果讲授次序与书中不同，你也不必担心。本书采取的编写方式，容许教学时选择不同的章节顺序，有时也容许完全略去某几章。只是要注意，散置在全书中的某几章讨论了我们所居住的世界——空气、地球以及地表水——的化学问题。在这几章中，我们力图把我们熟悉的（和有时并不那么熟悉的）地球环境方面的问题和在其它章节（通常是稍前的章节）中已介绍过的化学事实与原理联系起来。你的任课老师可能因为时间不够而未讲授这几章中的某些或全部材料。我们建议你，对这些内容无论如何还是要阅读一下，它们会帮助你了解化学概念和观察据以与现代生活联系起来的许多方式。

如果你在书中某处碰到一个原来已知道但却记不起来的术语或概念，可以使用书末的索引。好的索引是不多见的，我们在这本书中努力为你提供尽可能完整而准确的索引。要常常使用它。（当你读完这一课程，以后使用本书作参考时，也要记住这个索引。它能帮助你比用任何其它方法都更快地找到你所需要的东西。）

许多学习化学的学生所遇到的困难，常常可以追溯到所使用的教科书中的错误说明和混乱解释。本书曾经由许多人非常认真地加工过，以保证它尽量清楚、简洁和没有混淆不清之处。不过，你若要有效地把本书作为学习的工具，你就会发现，单纯读某一章是远远不够的。我们建议，最好在讲课之前你提前阅读所指定的每一章。这将使你在教师讲述之前就知道了那些重要概念及术语。此后，你必须更加仔细地阅读指定的全部章节，以保证能够理解所遇到的新术语和新问题。我们在书中插入许多例题练习，以便使你能够清楚地了解各种类型的解题方法。你应当仔细研究这些练习，注意它们的每一个方面，特别要注意那些包含有数字的题解练习。

每章末的复习内容都是该章整体的一部分，它是为了帮助你判明自己是否确已学好每章指定的所有内容而设计的。总结部分指出该章的最重要的内容，有时在总结中写入了略为不同的东西，意在除使你理解该章所提供的知识以外，再增添一些额外的内容。你应该知道的关键术语则是为给你提供方便而集中在一起的。学习要求部分放在章末是让你有可能自我测验。你应当确保能够达到每一个学习要求。实现这一点的最好方法是，陈述一个定义然后核对它，写出一个公式然后核对它，或者解出一道题再加以核对。当然，可能你的教师没有讲授某章中的一部分内容。这时，你可以略去学习要求中的这些内容，但还应当阅读全部总结，并学习所有的关键术语。通过学习那些甚至不要求学习的术语和概念，你便能轻而易举地扩大你的化学词汇。

每章末的习题是为了检验你对该章内容的理解而设计的。除一些一般性习题外，都根据标题进行分类。列出一般性习题的目的，是为了当难以确定习题属于某一标题时，检验你的解题能力。在这一类型中，某些习题需要应用多于一个标题范围内的材料。一般说来，标有括号的习题比其它习题稍为难解一些。我们准备了一个习题解答指南，它

包括所有章末习题的详细解答，你应当在自己独立解出习题之后，才去查阅这个指南。

(中译本已将习题解答指南和自学指导分别插进每章之后和上、下册之后。——译者注)

最后，你应该注意到，在第二十五章后面有几个附录。这些附录是为了采用多种方式帮助你而设计的。你应在开始学习这门课程之前，就把这些附录粗略地翻阅一下，以便对它们有所了解。尤其要注意章末对许多习题所提供的答案。

你的教师可能让你购买《学生自学指导》，它是为了与本书一起使用而设计的。这本书是萨克拉门托加利福尼亚州立大学的希尔 (James C. Hill) 教授编写的，它组织巧妙，编写得体，是本书很好的补编。你将会发现，它渗透着有益的思想、解题的技巧以及对本书内容的新见解。我们很高兴吉姆 (Jim) 已答应编写这本自学指导；我们觉得它是在使用本书时宝贵的学习辅助材料。

绝大多数普通化学课程都包括实验课和课堂教学。这是有非常充分的理由的。化学是一门实验性的科学；化学的整个理论结构都建立在实验室试验的基础上。在学习化学时，应当努力把课堂上和教科书上学习到的内容，与在实验室的试验课中所进行的操作与观察联系起来。配合本书使用的一本非常优秀的实验指南，已由里诺内华达大学化学系的尼尔逊 (John H. Nelson) 和肯普 (Kenneth C. Kemp) 教授编写出来了。我们相信，这也是你学习化学时一个重要的学习工具。

在作为化学家而进行的多年实践过程中，我们体会到，化学提供了令人振奋的智力上的挑战，化学是人类文化遗产中异常丰富而又多变的部分。我们希望，你们必定要面临的所有关于化学课程评分等级的争论，不会影响我们大家学习化学的积极性和对化学的正确评价。事实上，我们是通过你们的教师来帮助你们学好化学。我们确信我们已经很好地做了这项工作。在任何情况下，我们都会感谢你们给我们的来信，无论是告诉我们书中的缺点，从而使我们可以修改得好些，还是告诉我们书中的优点，以使我们知道哪些地方对你们帮助最大。

布朗 (Theodore L. Brown)

伊利诺伊大学化学学院

厄巴纳

小李梅 (H. Eugene LeMay Jr.)

内华达大学化学系

里诺

# 目 录

序 言	( vii )
第一章 绪论：一些基本概念	( 1 )
1.1 化学的出现：历史的回顾	( 1 )
1.2 科学方法	( 5 )
1.3 测量和米制	( 7 )
1.4 测量的不确定性	( 13 )
1.5 因次分析——解题的一种方法	( 15 )
复习	( 17 )
习题	( 18 )
第二章 我们的化学世界：原子、分子和离子	( 23 )
2.1 物质的状态	( 23 )
2.2 物质的分类	( 24 )
2.3 混合物的分离	( 24 )
2.4 纯物质	( 27 )
2.5 原子理论	( 29 )
2.6 原子结构	( 31 )
2.7 原子结构：历史的展望	( 33 )
2.8 周期表：预习	( 37 )
2.9 分子和离子	( 39 )
2.10 无机化合物的命名	( 42 )
复习	( 46 )
习题	( 48 )
第三章 质量守恒：化学计量学	( 55 )
3.1 质量守恒定律	( 55 )
3.2 化学方程式	( 56 )
3.3 化学反应	( 59 )
3.4 对配平方程式的理解：简介	( 61 )
3.5 原子量和分子量	( 61 )
3.6 原子量和分子量——历史的观察	( 62 )
3.7 质谱仪	( 64 )
3.8 化学摩尔	( 65 )
3.9 从分析得到的最简式	( 68 )
3.10 从配平方程式所得的定量知识	( 69 )
3.11 体积摩尔浓度和溶液化学计量学	( 73 )
复习	( 77 )
习题	( 79 )



<b>第四章</b>	<b>化学体系中的能量关系</b>	( 92 )
4.1	能量的本质	( 92 )
4.2	化学反应中的能量变化	( 94 )
4.3	焓	( 95 )
4.4	盖斯定律	( 96 )
4.5	状态函数	( 98 )
4.6	生成热	( 98 )
4.7	能量变化的测量: 量热法	( 102 )
4.8	燃料和食物的燃烧值	( 103 )
4.9	能量使用的发展趋势和前景	( 106 )
	复习	( 108 )
	习题	( 109 )
<b>第五章</b>	<b>气体的性质</b>	( 115 )
5.1	气体特性	( 115 )
5.2	压力	( 116 )
5.3	波义耳定律	( 118 )
5.4	温度尺度: 查理定律	( 119 )
5.5	道尔顿分压定律	( 121 )
5.6	地球的大气	( 122 )
5.7	理想气体定律	( 125 )
5.8	气体分子运动理论	( 129 )
5.9	分子扩散: 格雷厄姆定律	( 131 )
5.10	分子碰撞: 平均自由程	( 132 )
5.11	分子间力	( 133 )
5.12	临界温度和临界压力	( 134 )
5.13	对理想气体定律的偏离	( 135 )
	复习	( 137 )
	习题	( 138 )
<b>第六章</b>	<b>原子的电子结构</b>	( 148 )
6.1	辐射能	( 148 )
6.2	量子论	( 150 )
6.3	玻尔的氢原子理论	( 153 )
6.4	物质波	( 156 )
6.5	原子的量子力学描述	( 159 )
6.6	轨道的图象	( 161 )
	复习	( 163 )
	习题	( 165 )
<b>第七章</b>	<b>元素间的周期关系</b>	( 172 )
7.1	现代周期表	( 172 )
7.2	周期表的历史发展	( 174 )
7.3	周期表和电子构型	( 176 )
7.4	轨道的能量	( 177 )

7.5	电子自旋和泡利不相容原理	(179)
7.6	元素的电子构型	(180)
7.7	原子中的电子壳层	(186)
7.8	电离势	(186)
7.9	电子亲合势	(189)
7.10	原子的大小	(190)
	复习	(190)
	习题	(192)
<b>第八章</b>	<b>化学键</b>	<b>(199)</b>
8.1	离子键	(199)
8.2	离子的大小	(203)
8.3	共价键	(205)
8.4	绘制路易斯结构图	(209)
8.5	共振式	(212)
8.6	八隅体规则的例外	(214)
8.7	键的极性; 电负性	(215)
8.8	氧化和还原; 氧化数	(219)
8.9	配平氧化还原方程式	(221)
	复习	(224)
	习题	(226)
<b>第九章</b>	<b>分子的几何形状; 分子轨道</b>	<b>(237)</b>
9.1	价电子层电子对互斥 (VSEPR) 模型	(237)
9.2	杂化轨道和分子的形状	(243)
9.3	含有重键的分子中的杂化	(247)
9.4	分子轨道	(252)
9.5	双原子分子的分子轨道图	(257)
9.6	金属键	(260)
	复习	(262)
	习题	(264)
<b>第十章</b>	<b>大气的化学</b>	<b>(273)</b>
10.1	外层区域	(273)
10.2	光解	(274)
10.3	电离过程	(276)
10.4	上层大气中的臭氧	(279)
10.5	对流层的化学	(282)
	复习	(291)
	习题	(293)
<b>第十一章</b>	<b>液体、固体和分子间力</b>	<b>(301)</b>
11.1	液体和固体的分子模型	(301)
11.2	液体的性质	(302)
11.3	分子间力	(307)
11.4	结晶固体	(311)

11.5 非晶形固体.....	( 319 )
11.6 液晶.....	( 320 )
11.7 相变.....	( 322 )
复习.....	( 324 )
习题.....	( 326 )
<b>第十二章 溶液.....</b>	<b>( 335 )</b>
12.1 浓度的表示方法.....	( 335 )
12.2 溶解过程.....	( 338 )
12.3 溶质和溶剂对溶解度的影响.....	( 341 )
12.4 温度和压力对溶解度的影响.....	( 344 )
12.5 电解质溶液.....	( 345 )
12.6 复分解反应.....	( 346 )
12.7 依数性.....	( 349 )
12.8 胶体.....	( 354 )
复习.....	( 358 )
习题.....	( 360 )
<b>自学指导.....</b>	<b>( 371 )</b>



# 第一章 绪论：一些基本概念

变化也许是我们这个世界唯一永恒的事物。在我们周围，有许许多多我们本身和环境发生变化的例子：树木在秋天改变颜色，铁生锈，雪融化，油漆脱落，种子开花，木材燃烧，我们成长，我们衰老。活着的植物与动物经历着连续的变化，甚至死的植物与动物当它们腐烂时仍在继续变化着。这样的变化长期以来曾使人们迷惑，并促使他们怀着更好地了解他们自身和环境的愿望，来更仔细地考虑自然的演变。

对变化的了解，与对自然以及物质组成的了解是紧紧地联系在一起。物质是宇宙的有形材料，它是占有空间和具有质量的任何东西。化学是主要研究物质及其所经历的变化科学。因此，开始探讨化学时，集中点将放在物质上。但是，首先让我们概略地描述一个稍为广泛的化学图象。

化学是一门变化着的科学，所以化学家寻求解答的问题也总是在变化着。因此，可以按化学家的所作所为来给化学下定义。这个定义在许多方面是不够令人满意的。然而，它毕竟表明，当化学家从别的领域吸收新的知识，着手处理新问题或以新的方式重新审查旧问题时，化学本身便发生变化。化学家的重要活动之一是合成新的材料或改进旧材料的制造方式。化学的这一方面对我们的生活有巨大的影响。化学家合成了新的纤维、药物、肥料、农药及建筑材料。许多新的化学药品从未取得任何商业上的应用，然而，它们对化学家在回答有关物质及其变化的微妙问题上是很重要的。在设计合成新材料的方法时，对所要求的变化，知道什么因素决定它以多快的速度进行，以及进行到什么程度，是很有用的。这种知识使得化学家可以改进，防止或控制物质的许多变化。例如，在设计汽车排气的净化方法或者以较低的成本制造肥料时，这些知识是必需的。化学家还关心物质的种类及其浓度的鉴定。这种分析可能包括测定在某一制造过程中肥皂的质量、空气中某一污染物的浓度、一种潜在的矿物中金的含量、某一湖泊中汞的含量、某些生理活性混合物中物质的种类或者使用某一药物而在人体中所形成的化学物质，化学家不仅对确定物品是由什么制成的，而且对发现它的组成、结构与其性质的联系方式，都表示关心。例如，使得某一特定物质有毒或有甜味、坚硬、有爆炸性的原因是什么？

本书的意图是介绍基本的化学事实及原理，但不作为最终目标，而是作为一种方法来帮助读者了解物质世界并认识物质世界所提供的限度和机会。希望本书不仅提供了无论在化学或其它领域内进一步学习的坚实基础，而且提供了能够使你对新闻报道及半科学的期刊中的科学情报进行评价的背景。在本章的其余部分将考虑某些对学习有用的基础材料——米制，测量的不确定性、化学习题的解法。还要简略地探索化学的历史和哲学背景以及对问题的科学处理。

## 1.1 化学的出现：历史的回顾

化学有两个来源。首先，它来源于传统技艺，如冶金、酿酒、鞣革及印染，这是从

实践上了解物质的行为。其次,它可以追溯到古希腊的哲学家,他们关心有关物质本性的问题。多年来,化学的发展不但反映人类解决疑难问题和人类自身的独特性的欲望,而且反映人们对了解其环境的愿望,不管这种了解是否有实际应用。

冶金学——制取及使用金属的科学和工艺——是通过传统技艺来发展化学知识的例子。在没有能够解释冶炼操作和指导其进展的任何理论基础的情形下,这项技艺经过了长时间的发展,并且达到相当高级的程度。进展主要是通过反复摸索试验以及通过偶然发现而取得的。早期发现金属的顺序,绝大部分是按照从矿石中取得金属的难易程度而排列的。矿石是指作为金属来源而开采出来的土状混合物。金是最早应用的金属之一,因为它在自然界以未化合的金属态存在,例如块金。直到大约公元前3500年,储量较丰富的铜还没有得到应用。此后才发现了从铜矿石获取铜的方法。这个发现无疑是偶然的。那可能是当某些铜矿石被投入煤火中时发生的。将铜矿石与炭一起加热,可以得到金属铜。直到大约公元前1500年,获取铁的方法还没有发展起来,虽然铁比铜丰富得多。

人们甚至在开始应用这些变化为自身谋利益之前,就可能试图了解物质的变化。我们知道,许多早期的解释都假定有超自然力的存在。和这种方法相反,早期的希腊人企图纯粹在推理的基础上了解物质及其变化。然而,他们并不特别关心应用这些想法来改进他们的技艺。现代科学与希腊人的方法不同,它不仅依赖于推理,还借助于系统收集事实和仔细观察,而且也广泛应用科学观点来指导工艺的发展。

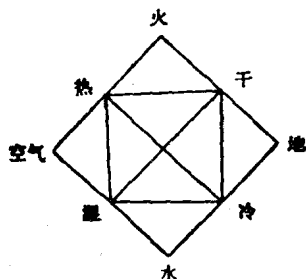


图1.1 用图来表示希腊人的四元素以及隶属于这些元素的四个属性

希腊人——主要是亚里斯多德 (Aristotle, 公元前384—322年) 及柏拉图 (Plato, 公元前427—347年)——曾提出全部自然界是由四种元素——火、土、空气、水——组成。例如,一段没干的木材能够燃烧,产生烟(空气)与火焰(火),余下灰烬(土),也许甚至会短瞬间有树液(水)出现。通过突出元素的基本属性,四元素的观点得到了发展。这些属性是冷、热、干和湿。在它的理想形式,每一元素具有两个相关的属性,如图1.1所示。例如,水是湿而冷的元素。希腊人相信,一种元素可以由于改变其属性而变成任何其它元素。例如,以干的属性取代湿的属性,可使水变成土。

这一概念以及与之相联系的推理持续了1000年以上,影响了整个中世纪的思想。但到达中世纪时,元素和与之相联系的属性的数目已经增长。炼丹士们在这个推理的范围内考虑问题,因而企图把普通的金属变成金子(图1.2)。他们的尝试是根据这种观点,即对这些金属添加必需的“贵”品质或属性,便可能使它们“成长”为金子。在为了引起这种变化而进行的徒劳无益的尝试中,炼丹士们发现了新的化学药品并发展了使用它们的新方法。

希腊人的元素观点在中世纪得到进一步发展,产生了可燃材料具有燃烧属性的看法。与这个属性相联系的元素,根据火的希腊语,叫做燃素。这时,物质的基本属性的观点与元素的观点变得相当混淆。燃素的概念曾被用来说明许多观察到的事物。人们曾相信,只有当物体还含有燃素时才能燃烧。燃素从一物体逸走之后,此物体就不再是可燃的了。

早期的科学家注意到,金属在空气中加热时它们便失去其金属性质,例如它们的光泽,并转变成当时称为金属灰<sup>①</sup>的粉末材料。在适当条件下,铁在空气中加热可变成

① “金属灰”这一术语只有历史意义,化学上不再使用了。



图1.2 炼丹士，一幅丹麦油画家丹聂尔 (David Teniers, 1582—1649) 绘制的十七世纪油画

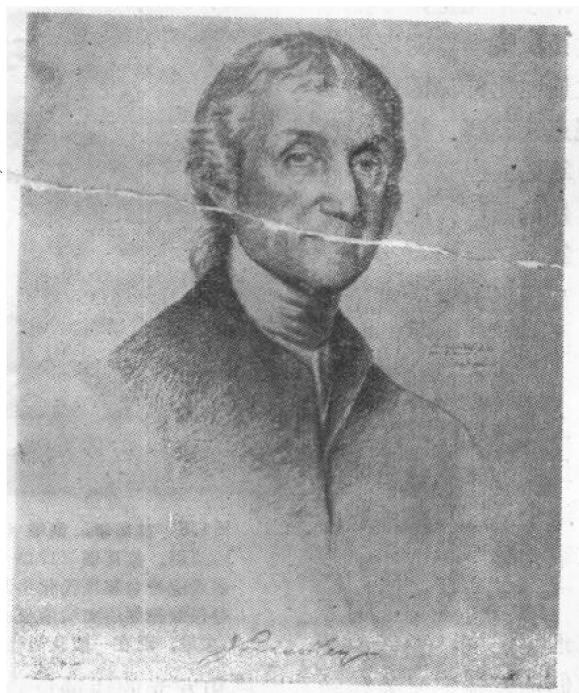


图1.3 普利斯特里 (1733—1804)，他在39岁时对化学发生兴趣，也许是由于他和富兰克林 (Benjamin Franklin) 相识的缘故。因为他与一个酿酒厂为邻，可以从那里得到二氧化碳，他最初的研究是关于这种气体的，后来便扩大到其它气体。他的“去燃素空气” (氧) 的发现最终导致燃素理论的垮台。甚至当强有力的证据使燃素理论陷入严重困境之后，他仍继续顽固地支持这个理论。普利斯特里是一个科学上的保守派，不过在宗教信仰和政治观点方面，他是很开明的

铁锈。铁锈是铁的金属灰。根据燃素理论，失去燃素时金属就变成它的金属灰。在十八世纪，一个叫普利斯特里 (Joseph Priestly) (图1.3) 的英国牧师——一个自学成才的

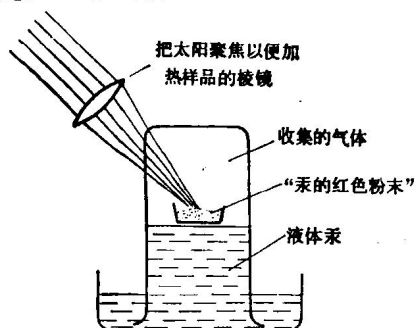


图1.4 表示如何制备“去燃素空气”(氧)的普利斯特里实验

业余科学家——将汞的红色金属灰加热，从而生成金属汞及一种气体(氧)。他的试验示于图1.4。普利斯特里发现物体在这种气体中燃烧，比之在空气中更激烈。他把这种气体称为“去燃素空气”，因为这种气体的性质表示它对燃素有一个特大的容量。

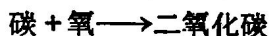
### 现代化学的诞生

1772年，一个叫拉瓦锡 (Antoine Lavoisier) (图1.5) 的富有法国贵族，开始进行燃烧的试验。通过将物体在燃烧的前后称重，拉瓦锡观察到燃烧物体的重量增加。当金属变成它们的金属灰时，容易看到这个效应。拉瓦锡指出，像硫那样的非金属燃烧时，也是如此。此外他还观察到当燃烧是在密封容器中进行时没有重量的变化，在燃烧前后，容器中全部物质的重量是相同的，纵然它们改变了形式。没有燃素损失的证据。反之，实验表明，一种物质燃烧时，它从空气中取得某些东西。燃烧样品所增加的重量，与空气所损失的重量相同。这是燃烧在密封容器中进行时为什么没有净重量变化的原因。这些定量测定不能用燃素观点来解释。拉瓦锡还发现，在他重新命名为氧的去燃素空气中的燃烧，得到在空气中燃烧的同样生成物。因此，结论是空气中含有氧。



图1.5 拉瓦锡，戴维 (Louis David) 的一幅油画。拉瓦锡 (1743—1794) 进行了导致燃素论垮台和现代化学诞生的研究。由于他对仔细控制的实验的信赖以及对定量测定的采用，现在一般认为他是现代化学之父

基于这些观察，拉瓦锡抛弃了燃素论。在他所处的环境下，他提出，一个物体燃烧时，氧离开空气，并结合到燃烧的物体中。根据这个观点，煤(它含有碳)的燃烧是氧与碳之间的反应。这个反应的生成物是叫做二氧化碳的气体物质。这个反应可归纳成：



其中箭头可读成“生成”或“产生”。由于不考虑燃素能够更好地理解燃烧，燃素论便慢慢消失了。今天，我们把燃烧定义为伴随有发热和发光的快速反应。我们还发现，正如拉瓦锡所提出的，绝大多数常见的燃烧反应实际上的确与氧有关。

空气只含20%氧，因此，在纯氧中的燃烧将比在空气中激烈得多。由于宇宙容器充满了纯氧，因而阿波罗1号火箭在1967年1月所发生的导致宇航员格里索姆 (Grissom)、怀特 (White) 和查菲 (Chaffee) 死亡的火灾，燃烧得非常之快。鉴于这一事故，以后

的宇宙容器都使用60%氧与40%氮的混合气体。盖上一条毯子就可以把火扑灭，因为毯子隔绝了氧气。在一个密封室中，人们会因火灾而窒息，因为它把氧从空气中除去了。

通常都把拉瓦锡看作是现代化学之父，因为他信赖仔细控制的实验，并且不仅进行定性观察而且采用定量测定。在他的研究中，拉瓦锡还放弃了这样一个古代观点，即如果一个材料含有某一特定元素，它就必须具有那个元素的属性。他采纳波义耳（Robert Boyle）于1661年提出的一个观点。波义耳提出，元素是基本物质，所有其它物质都可以由元素构成，而所有其它物质也可以分解成这些基本物质。在第二章，将更全面地讨论元素的观点。

## 1.2 科学方法

科学的基础活动是进行细心的观察。这些观察在本质上可以同时是定性的和定量的，并且常常涉及到受控制的实验。科学家寻求可以将他们的观察加以统一的普遍的关系。对种种观察和经验进行总结的一个简洁的文字说明或者一个数学方程式，就叫做一个科学定律。一个熟悉的例子是重力定律，它总结有关上升物体必须落下的经验。我们也企图了解化学方面的定律。一个尝试性的解释称为假说。可以应用这个假说来提出各种预测，但是，只有当这些预测可以由进一步的实验来检验，从而被证实或被驳倒时，这个假说才是有用的。一个能够连续经受住这种检验的假说便称为理论。一个理论可以用于综合一个广泛的领域，并且可以提供解释许多定律的基础。物质的原子理论就是这样的情况，在第二章将开始探讨这个理论。

科学家所采用的分步研究的科学方法，不能保证不失败。不同科学家的处理方法，和他们的性格、环境及训练都有关系。很少有两位科学家以同样的方式来处理同一个问题。科学方法涉及到竭尽一个人的全部思考力量来理解自然界的演变。虽然我们能够在教科书中扼要地或干净利落地讲出科学的结论，但这并不意味着科学的进展是顺利的、确定的或可以预测的。任何科学研究的路途很可能是不规则的和不确定的，进展常常是缓慢的，而且许多大有希望的线索原来却是死胡同。在学习的过程中，我们将会看到，运气（幸运的偶然发现）在科学的发展上起了重要的作用。通常我们略去那些在产生我们目前看法的过程中所出现的怀疑、争论、个性的冲突和概念的变革，还应当记住，我们的理论不是雕刻在石头上的，它们只是暂时的。

### 理论的选择

没有一个假说或理论能够永远经受为了绝对证明所需要进行的全部可能的检验。但是，通过取得与它不符合的实验结果，可以否定一个假说或理论。科学的进展依赖于这种否定，以排除错误的假说与理论。在没有这种反证时，科学家常常把假说或理论中的每一个对现有事实的解释，进行比较，来加以选择，选出其中对事实解释得比较好的。

曾有人提出，当科学家是坦率的而且有足够的想象力来提出几个可供选择的假说以解释所观察到的现象时，科学的进展便非常迅速。然后可以设计实验来检验这些假说，从而把其中的一些加以排除。这种处理要求持续地去寻找可供选择的假说。当你听到一



一个新的科学假说或理论时，应当问你自已，什么实验可以否定那个假说。听到叙述一个新的实验时，你应当问问，它能够否定什么假说。当一个人只用一个假说进行工作时，可能会被这个假说强烈地束缚住。这时，他的研究工作便有可能狂热地专心致力于把自然界推入由这个假说所提供的概念框框之中。

最终，将是科学的社会综合判断在理论之间进行有效的选择。因此，科学家的最重要活动之一就是通过在刊物上发表论文，来公开透露科学研究的成果。科学的权威最终并不是取决于进行这项工作的个人，更确切地说，是取决于别人能否重复其工作并取得同样的结果或者能否在前后一贯的方式下扩展其工作。

## 科学的发展

根据传统的见解，科学的进展是由于实际知识以及把这些知识综合起来的常常是更加广泛而更加有用的定律与理论的逐渐积累。事实上，可以把这种见解作为科学进展含义的一种说明。“有用”这一个词，可以看作是意味着更好地解决问题的能力。它也可能表示，科学的进展涉及到取得更大的工艺的进步。如果确是如此，我们必须问一问，这个进步是否只涉及“物品”数量的增加，抑或是反映对生活水平的考虑。同样，还常常认为，科学的进展牵涉到我们对自然界的控制能力的增长。我们也满怀希望地开始理解到，这种能力还意味着，学习如何同自然界和谐地共存。认为我们的目的是“征服自然”的想法，就表示只顾开发自然界而忽略了我们也是自然界的一部分这一事实。最后，有时把科学的进展看成是逐渐接近自然界的真正图象。事实上，曾经把科学定义为对自然界的真理的归纳性探索。许多人认为，我们的理论越广泛和越有用，就愈真实地反映自然界。这个观点的批评者则认为，科学仅仅追求自相一致性，并因此希望它是真理而已。

然而，还有另外一种见解，它与科学的进化性或积累性发展的观点是相反的。哲学家及历史学家库恩(Thomas S.Kuhn)曾提出，在科学的进展上有过不连续阶段，这些阶段涉及到科学家对自然界的领会和处理方式上的革命性变化。库恩提出，在任何时间，科学家都是按照一套关于自然界究竟是什么样子的观点进行工作的，这些观点相当普遍地作为一般真理被接受。这种称为“观念”(Paradigms)的观点与信念的知识基础对实验尝试加以指导并影响科学家的观察能力。“实际情况”可能为我们的希望所歪曲，或者因为它们不是预期的结果而完全受到忽视。在设计实验时，所提出的问题的类型受到预期的答案类型的制约。所有的人都必须作出判断，科学家也是人，他们也避免不了人们常有的意志薄弱和产生偏见的可能性。当像燃素论这样一个“观念”发生改变时，就出现了科学的革命。

和这样的革命有关的人，常常被认为是由于一瞬间的洞察力或者一种新的理解力，因而表现出观察事物的一种新方式。这些革命往往涉及到年青科学家或对某一特定科学领域是新手的人，因而没有很深地受到占优势的“观念”的约束。这些革命常常为某些观察所触发，这些观察结果不能用当时的理论来解释。库恩提出下列观点：

有时用已知的规律及程序便应当解决的一个正常问题，却抗拒对这个任务能够胜任的一组科学家中最有能力的成员的反复进攻。在另外一些情况，为了正常研究的目的而设计并制成的一个仪器，却不能按预期的方式进行工作，从而揭示了纵然经过反复努