

责任编辑 李艳辉
封面设计 祝东平

高等学校哲学专业试用教材

自然科学基础之六

化学基础

李庭梅 阮慎康编著

中国人民大学出版社出版



高等学校哲学专业试用教材

自然科学基础之六

化 学 基 础

李庭梅 阮慎康 编著

中国人民大学出版社

高等学校哲学专业试用教材

自然科学基础之六

化 学 基 础

李庭梅 阮慎康 编著

•

中国人民大学出版社出版

(北京西郊海淀路39号)

中国人民大学出版社印刷厂印刷

(北京鼓楼西大街石桥胡同61号)

新华书店北京发行所发行

•

开本：850×1168毫米32开印张：10.75 插页1

1990年11月第1版 1990年11月第1次印刷

字数：268 000 册数：1-3 500

•

ISBN 7-300-00855-0

B·108 定价：4.95元

前 言

本书是哲学系本科自然科学基础课教材之一。在编写过程中着重考虑了文科的特点，同时参考了国内外高等院校的许多种化学教材和有关专著。

考虑到哲学专业的特点和本课程学时较少的情况，本书着重选取那些与哲学、社会等联系比较密切的材料，在叙述中注意结合化学发展的历史过程，力图用辩证唯物主义观点去阐明化学中的一些基本概念、基本定律和理论。考虑到哲学系学生数学和物理学的背景，本书避免艰深复杂的数学论证和推导，着重化学基本概念和原理的定性阐述，使学生基本上了解物质世界的化学图景；本教材还通过化学对人类社会产生的巨大作用，使学生认识到化学与人类的辩证关系。为了使了解化学发展的动态，书中还通俗易懂地介绍了一些化学的新成果和新进展。

全书共九章。第一章讲述了科学化学的确立和发展；第二、三、四章探讨了原子、分子结构，化学反应基本原理、元素周期律等基本理论；第五、六章介绍了地球上的无机物、简单有机物等基本内容；第七、八章则分别介绍了生物圈中的有机物、合成高分子化合物；第九章讲述了化学与社会发展的相互作用及其发展趋势。本书中标有*符号的内容较深，可作教学的参考。

本书的出版得到各级组织的关怀和有关同志的支持、帮助。初稿完成后，承蒙北京大学龚曼玲副教授、陈景祖副教授、中国

科学院周庆复副研究员等仔细审阅，提出了宝贵的修改意见，在此谨致衷心的感谢。

本教材在中国人民大学哲学系试用了几年，限于编者水平，缺点和错误在所难免，衷心期望专家和读者赐教，以便今后作进一步修改。

编者 一九八八年

目 录

第一章 科学化学的确立和发展	1
§ 1.1 波义耳把化学确立为科学	2
§ 1.2 氧化燃烧理论的确立	8
§ 1.3 原子-分子学说的建立	5
第二章 原子结构和元素周期律	12
§ 2.1 人类对原子内部结构的初期认识	13
§ 2.2 核外电子运动的特殊性	15
§ 2.3 核外电子的排布和元素周期系	28
第三章 化学键和分子结构	49
§ 3.1 离子键理论	51
§ 3.2 共价键理论	54
§ 3.3 金属键理论	69
§ 3.4 分子间作用力	73
第四章 化学反应的基本原理	79
§ 4.1 化学热力学简述及化学反应方向的判断	79
§ 4.2 化学反应速度与化学平衡	86
§ 4.3 溶液中的电离平衡	100
§ 4.4 氧化还原与电化学	117
第五章 地球上的物质——无机物	133
§ 5.1 从周期表看元素性质变化的规律	133
§ 5.2 地球上最重要的元素——氧	146

§ 5.3 地球上最重要的金属元素——铁·····	156
§ 5.4 络合物·····	160
第六章 地球上的物质——有机物·····	168
§ 6.1 有机化合物和有机化学·····	168
§ 6.2 开链烃·····	181
§ 6.3 芳香烃·····	195
§ 6.4 醇、酚、醚·····	205
§ 6.5 醛和酮·····	214
§ 6.6 羧酸和酯·····	220
第七章 生物圈中的有机化合物·····	247
§ 7.1 碳水化合物·····	247
§ 7.2 蛋白质·····	262
§ 7.3 核酸·····	279
第八章 合成高分子化合物·····	290
§ 8.1 基本概念·····	291
§ 8.2 高分子化合物的合成和结构·····	294
§ 8.3 塑料·····	297
§ 8.4 合成纤维·····	302
§ 8.5 合成橡胶·····	306
第九章 化学与社会·····	312
§ 9.1 化学与人类文明·····	313
§ 9.2 化学与能源·····	318
§ 9.3 化学与材料·····	324
§ 9.4 化学与环境·····	327
§ 9.5 现代化学发展的特点和趋势·····	332

第一章 科学化学的确立和发展

化学作为自然科学中的一门重要学科，主要是研究物质的组成、结构和性质；研究在原子和分子水平的变化规律以及变化过程中的能量关系。它是人类认识自然、征服自然、从自然中得到自由的一种武器。可以说，从人类学会使用火，掌握了火这个变革物质的强大自然力时，就开始了人类最早的化学实践活动。化学首先来源于生产，它的产生一开始就是由生产决定的。从最初的制陶、金属冶炼、以至本草药物、纸的发明使用、火药的应用等等，可以看出化学的产生和发展是与人类最基本的生产活动紧密联系在一起的。

但是，化学真正被确立为一门科学，则是在欧洲资产阶级产业革命以后。尤其是资本主义工业革命，使社会生产达到了前所未有的高度，纺织、冶金、机械等工业部门的大发展促进了化学工业的成长，给化学科学提供了日益丰富的研究对象和物质技术条件，并开辟了日益广阔的研究领域。采矿、冶金工业的发展推动了无机化学、分析化学的发展；纺织、印染工业促进了氯气漂白、有机染料等方面的化学研究；炼焦工业的废气和煤焦油的综合利用，使有机化学大大向前迈进了一步。总之，生产的需要推动了化学的产生和发展，并给化学研究提供必要的实验设备和丰富的实践材料；生产实践又是化学知识的基本源泉，是检验一些化学理论的重要标准。化学的一些基本理论，如科学的元素概

念、氧化燃烧理论、原子-分子论等等都逐渐地建立起来，化学从此逐渐发展成一门独立的科学。

§ 1.1 波义耳把化学确立为科学

化学作为一门研究物质变化的科学，它的前身是炼金术。所谓炼金术，就是想把贱金属（铅、铜等）转变成贵金属（金、银等）。其指导思想是性质决定物质，认为改变物质的外部性质，就能改变物质本身，就能炼出金丹来，这当然是不可能的。提倡把化学从炼金术中解放出来，确立为一门科学的是英国著名的化学家波义耳（R. Boyle, 1627—1691）。

之所以说波义耳把化学确立为科学，是因为他在理论上提出了以下新见解。这些见解集中地反映在他于1661年出版的《怀疑派化学家》一书中。

首先，他为化学确立了独立的目标，认为化学寻求的不是制造贵金属和有用药物的实用技巧，而是应该从那些技艺中找出一般原理；不应该把化学只看作是炼金家和医生应做的事，而是把它看作自然哲学的研究对象。这是科学史上第一次明确地把化学与炼金术以及其它实用工艺加以区别的见解。

其次，波义耳用自己的观点解释了物质的组成和化学变化。他继承了古代原子论的思想，把构成自然界的材料看作是一些细小致密、用物理方法不可分割的粒子。粒子可结合成大小和形状不同的粒子团，粒子团是参加化学反应的基本单位，也是决定物质性质的根本原因。物质成分的变化（粒子团的运动变化）决定物质性质的变化而不是相反。这些见解从根本上颠倒了亚里士多德和以前的医化学家以及炼金家们的错误观点，为正确理解化学反应提供了科学的立足点。

第三，波义耳把科学实践提到化学研究的首要地位。他认

为，“没有实验，一切新东西不能深知”，他提出，“一切要从实验中来”，“空谈无济于事，实验决定一切”，波义耳本人曾设计并亲自做了成千上万个实验，试验了许多元素和化合物的性质，并在研究化学实验的过程中建立了一套科学的实验方法。他是元素磷的发现者、定性分析的先导者、气体测量方法的建立者。化学是一门实验性很强的科学，而波义耳则是化学实验的创始人。

更重要的是，波义耳第一次提出化学元素的概念。他指出，“元素是组成复杂物体和在分解复杂物体时，最后所得到的那种最原始、最简单、一点也没有掺杂的物体”。他还指出，“化学的目的是认识物体的结构，而认识的方法是分析，即把物体分解为元素。”波义耳在这里所指的复杂物体是化合物。他的元素定义虽然指出了元素的基本特征，但是没有把元素与单质区分开。化学研究的对象就是化学元素的性质、结合和变化，只有了解什么是化学元素，摒弃统治化学千年之久的四元素说、三元素说，才能使化学研究走上正确的轨道。波义耳提出科学的元素概念，为人们研究万物的组成指明了方向，并为化学真正发展成为一门科学提供了重要的理论基础。

§ 1.2 氧化燃烧理论的确立

随着资本主义工业革命的进程，冶金和化学工业得到不断发展，燃烧在生产和科学实验中的运用越来越多，人们对燃烧的性质给予比较多的注意，化学家们开始研究燃烧反应的实质。1700年左右德国人史塔耳（G. E. Stahl, 1660—1734）提出了一种燃素学说，他认为任何能燃烧的物体里都含有一种名叫燃素的物质。当物质燃烧时，该物质就失去燃素，燃烧的过程就是失去燃素的过程，燃素失去后就剩下没有燃素的灰烬。例如，金属燃烧

时即失去燃素而成为煅渣。

金属 - 燃素 = 煅渣 (实际即氧化物)

如果要从矿石中提炼金属,则必须加上多燃素的可燃物才行。例如,加煤即可。

矿石 + 煤 = 金属

这种说法风行一时,似乎可以解释一切燃烧现象,煅烧金属燃素逸去,变成煅渣,煅渣与木炭共燃,又从木炭中取回燃素,金属重生。

燃素说的提出,把当时大量零星的化学知识集中在一起,用统一的观点加以说明,并引导人们注意于实际化学反应的研究。

燃素学说统治化学家的思想达100年之久,几乎统治了整个18世纪的化学。但它自身存在着严重的矛盾;主要是金属燃烧后,失去燃素,重量增加。而有机物燃烧后,失去燃素,重量变轻,即有机物的灰烬比可燃物轻。这样燃素说对有机物的燃烧和无机物的燃烧不能给出同样完善的解释,即说不清燃素到底是具有正重量还是负重量。

对于燃烧现象的正确认识是伴随着气体化学而前进的。18世纪下半期,化学知识的积累和化学实验从定性研究到定量研究的发展,使人们相继发现了多种气体,认识到空气有复杂的成分,为科学的燃烧理论开辟了道路。

随着二氧化碳和氢气的发现,英国著名科学家普列斯特列(J. Priestley, 1733—1804)和瑞典化学家舍勒(C. W. Scheele, 1742—1786)分别于1774年和1773年左右发现了氧这个重要的气体,令人遗憾的是他们都是燃素论的笃信者,以致“当真理碰到鼻尖上的时候还是没有得到真理”。普列斯特列把氧气称为“无燃素空气”,认为氧气本身不含有一点燃素,所以吸取燃素的能力极强,因而才引起激烈燃烧。他们未能对燃烧现象作

出正确的解释，没有得出燃烧是物质跟空气里含有的氧气起反应的科学结论。

可是，并不迷信燃素学说的法国化学家拉瓦锡(A. L. Lavoisier, 1743—1794)却能尊重实践，沿着一条科学的途径向真理逼近。

1774年普列斯特列来到巴黎与拉瓦锡谈到他所发现的氧的实验，拉瓦锡马上重复了这个实验，并通过实验证实燃烧并不是放出燃素，恰恰相反，是燃烧物质和空气中的氧所起的化合反应。3年后，他向法国巴黎科学院提出了《燃烧理论》的报告，彻底推翻了燃素说，建立了科学的氧化燃烧理论。这是化学科学史上的一次飞跃。

拉瓦锡是科学化学的奠基人，他提出的燃烧学说是化学科学的重要理论，而他所写的《化学纲要》一书，是近代化学形成时期最重要的一部理论著作，它标志着化学作为一门科学已经形成。拉瓦锡在书中不仅对种种化学现象进行归纳总结，提出了比波义耳更明确的元素概念，即用化学方法不能再分解的物质为元素，而且列出了33种元素表，并建立了一套化合物的命名法。尤其重要的是，拉瓦锡精确地运用天平，把化学研究建立在定量的基础上，并提出了化学反应前后质量不变的质量守恒定律，这是研究化学反应的出发点。

§ 1.3 原子-分子学说的建立

一、原子论

在古代，人们就已经开始探索物质的结构问题，如物质是怎样构成的，物质能否无限地分割下去。公元前4世纪，古希腊哲学家德谟克里特(Demokutes, 公元前384—322)根据他对周围自然界的观察提出：万物都是由极小的不可分割的微粒结合

起来的，他把这种微粒叫做“原子”，意思是不可再分的原始粒子。由于当时的社会生产力同以实验为基础的科学水平相距很远，因此，只能凭观察和臆测来建立关于物质结构的一般概念。

17世纪以后的欧洲，由于对机器的广泛利用，提高了人们对于物质机械结构和力学性能的认识，机械论哲学也随之兴起，于是人们对物质构造的见解又进入一个新的时期。例如英国著名的物理学家牛顿（I. Newton, 1642—1727）在他的《光学》一书中就从力学的角度发展了物质构造的微粒学说。他认为：原子是物质的最小单位；气体原子间以一种与距离成反比的力相互排斥。他还以此来解释波义耳的气体体积与压力成反比的定律。波义耳也在科学实践中注意到很多现象，例如气体是可以压缩的，液体蒸发和固体升华后可以弥散于整个空间等等，他也提出过物质的微粒学说。道尔顿信奉英国气体化学传统的力学自然观，了解古希腊的原子论，他从研究气体的性质入手，逐渐形成他的原子理论，在多次观察实验的基础上，得出了不同气体是由不同性质和形状的微粒所组成的思想。

道尔顿认为大气中的氧气和氮气之所以能互相扩散并均匀混合，原因就在于它们是由不相同的微粒状原子构成的，不连续而有空隙，因此才能互相渗透扩散。19世纪初，道尔顿把他的原子论思想引进了化学，他认为物质都是由原子组成的，不同元素的化合可能就是不同原子间的结合。他细致研究了当时所建立起来的当量定律和定组成定律，发现只要引入原子的概念并确定各种原子都有独立的原子量，就能圆满地解释这些定律。1803年，道尔顿分析了碳的两种氧化物（一氧化碳与二氧化碳），发现和一定质量的碳相化合的氧的质量之比恰好是简单的整数比1 : 2。这不正是原子个数比的一种表现吗？这使他确信，物质都是以原子的颗粒为单位结合而成的。道尔顿通过深入比较一些化合物的组成，发现了当两种元素可以生成两种以上的化合物时，其中一种

元素在这些化合物中的含量是一个简单的整数比，亦即倍比定律。倍比定律可以说是对原子论的进一步证实。道尔顿的原子论是他善于继承前人的科学思想和成果，把物理学思想和方法引入化学，既高度重视实验，又善于进行理论思维而得到的科学结论。

道尔顿的原子学说的要点（这些内容大部分包含在他的《化学哲学新体系》一书中，正式发表于1808年）是：

（1）一切物质都是由不可见的、不可再分割的原子组成。原子不能自生自灭。它们在一切化学变化中保持其本性不变。

（2）同种类的原子在质量、形状和性质上都完全相同。不同种类的原子则不同。每一种元素以其原子的质量为其最基本的特征（此点是道尔顿原子学说的核心）。

（3）不同元素的原子以简单数目的比例相结合，形成化合物。化合物原子称为复杂原子，它的质量为所含各种元素原子质量之总和。同种化合物的复杂原子，其性质和质量也必然相同。

道尔顿原子论合理地解释了当时的各个化学基本定律。根据原子论的论点，原子是物质参加化学反应的最小单位，物质在发生化学反应时原子的种类和数目并没有发生变化，各原子又有自己确定的质量，因而化学反应前后质量不变（质量守恒定律）。再者，化合物的复杂原子是由为数不多的简单原子组成的，而在复杂原子中所含不同的简单原子的数目和质量都是确定不变的，故复杂原子的质量组成一定（定组成定律）等等。由于原子论能简明而深刻地说明化学定律，从微观的物质结构角度揭示了宏观化学现象的本质，总结了 this 阶段的化学知识，因此它标志着人类对物质结构的认识前进了一大步。同时，原子论引入了原子量的概念，开创了测定原子量的工作，原子量的测定为元素周期律的发现打下了基础。因此，原子论在化学发展上具有重大的科学上和哲学上的意义，它标志着近代化学的开端。

随着化学的不断发展，在许多新的实验现象面前，原子论碰

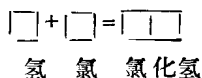
到的矛盾越来越多，说明原子论需要不断地修改、补充和发展。

二、分子学说的建立

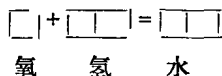
意大利化学家阿佛加德罗 (A. Avogadro, 1776—1856) 于1811年发表了一篇论文。他以法国化学家盖-吕萨克 (J. L. Gay-Lussac, 1778—1850) 实验为基础，为解决盖-吕萨克与道尔顿的争论，进行了合理的推理，引入了分子的概念。

1. 盖-吕萨克与道尔顿的争论。

在道尔顿考虑其原子学说的同时，法国化学家盖-吕萨克等正在研究各种气体物质反应时的体积关系。他通过各种不同气体反应发现，参加反应的气体和反应后产生的气体的体积都有简单整数比关系。例如一体积氯气和一体积氢气化合成两体积氯化氢：



一体积氧和二体积氢化合生成两体积水蒸汽：



1808年盖-吕萨克把实验结果概括总结成为气体反应体积简比定律：在同温同压下，气体反应中各气体体积互成简单整数比。

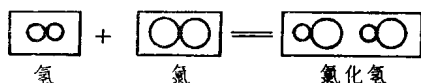
这条经验定律的实质是什么？气体反应前后有的体积有变化，有的没有，但无论如何各气体体积都为简单整数比，这说明相等体积的各种气体中所含的物质的量之间必定有某种内在联系。于是盖-吕萨克就用刚刚诞生的原子论加以解释。他想，很可能是由于化合时原子个数的整数比才造成体积的整数比。如果是这样的话，那么就应该导出这样的结论：“同温同压下的各种气体，相同体积内含有相同的原子数”。盖-吕萨克认为他的观

点是对道尔顿原子论的有力支持，但却遭到道尔顿的坚决反对。道尔顿认为，根据盖-吕萨克的观点会得出半个原子的结论，例如：在由一体积氯和一体积氢生成的两体积氯化氢中，每个氯化氢复杂原子都只能是半个原子的氯和半个原子的氢所组成，这与原子不可分割的观点直接对立。这个问题成了盖-吕萨克与道尔顿的矛盾。

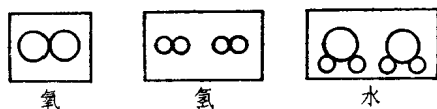
2. 阿佛加德罗的分子学说。

1811年阿佛加德罗为了解决“半个原子”的矛盾，在盖-吕萨克定律的基础上引入了分子的概念。他认为，原子虽然是构成物质的最小微粒，但它并不能独立存在。原子只有相互结合在一起形成一个新的微粒即分子以后，才可能独立存在。如果是同种原子相结合，形成的是单质分子；如果是不同种原子相结合，形成化合物的分子。他强调决不当把单质分子和简单原子混为一谈。为了解释气体反应体积简比定律，他还提出了著名的阿佛加德罗假说：同温同压下，同体积气体含有相同分子数。

用阿佛加德罗假说来看气体反应体积简比定律就很容易理解了。一体积氢气和一体积氯气反应生成两体积氯化氢。实际上就相当于每一个氯化氢分子是由一半氯分子和一半氢分子结合而成，而每种单质气体分子都含有偶数个原子（惰性气体除外），这样半个原子的矛盾就迎刃而解了。这个反应关系如下图所示：



其它例子也可以用类似方法推理而得到圆满解释：



当然假设一个氢分子含有四个氢原子，也可以解释上述问题，但是研究了凡有氢参加的化学反应，从未发现一体积氢能生成多于两体积的气体产物；因此可以确定氢分子是由两个氢原子组成的。

阿佛加德罗的分子假说成功地把道尔顿原子论和盖-吕萨克气体反应定律统一起来，形成了科学的原子-分子学说，建立了物质结构的基本理论。

科学的发展往往不是一帆风顺的，阿佛加德罗的正确思想并未得到当时的化学界和物理学界的承认和重视，反而被冷落了大约半个世纪。当时化学界盛行着一种“电化二元论”。化学权威们认为：相同元素的原子带有相同的电性，彼此应相互排斥，不可能形成同种原子的多原子的分子；不同原子由于不同电性，因而就相互吸引而结合成化学物质。他们是用电的二元学说来解释关于物质分子的构成。“电化二元论”是在当时物理学上关于静电现象的研究相当深入及实现了电能向化学能转变的基础上逐渐形成发展的。由于电化二元论与阿佛加德罗的分子学说在一些地方有不相容之处，再加上当时科学的发展还不足以对分子作出系统的、明确的论证，分子学说就被搁置起来了。

科学的发展是随着社会的发展而不断前进的，尤其是在19世纪20年代后，有机化学的迅猛发展，不断地冲击着电化二元论。在有机化学中一系列卤代反应相继发现，被瑞典化学权威称之为负电性的氯原子居然取代了有机化合物中具有正电性的氢原子，而且化合物的性质没有多大改变。也就是说负电性的氯原子在新的化合物中居然起到了正电性的氢原子的作用。有机化学的大发展，批判了电化二元论，这就为阿佛加德罗的分子学说的复兴和最后确立扫除了障碍。