

自然科学小丛书

原子结构

张学铭

北京出版社

自然科学小丛书
原 子 结 构

张 学 铭

*

北 京 出 版 社 出 版
(北京崇文门外东兴隆街 51 号)

新华书店北京发行所发行
北 京 印 刷 二 厂 印 刷

*

787×1092 毫米 32 开本 3 印张 45,000 字
1981 年 1 月第 1 版 1981 年 1 月第 1 次印刷
印数 1— 9,000

书号: 13071·113 定价: 0.23 元

085805

编辑说明

《自然科学小丛书》是综合性科学普及读物，包括数学、物理、化学、天文、地学、生物、航空和无线电电子等学科。主要介绍这些学科的基础知识，以及现代科学技术成就。编写上力求深入浅出，通俗易懂，使它具有思想性、知识性和趣味性，可以作为中学的课外辅导读物，并适合具有初中文化水平的广大读者阅读。

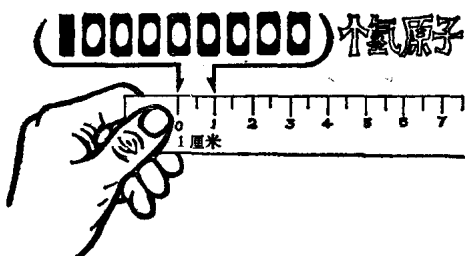
目 录

前 言	(1)
一 人类是怎样认识原子的?.....	(3)
原子概念的由来(3) 漫长而曲折的道路(5)	
道尔顿和他的原子论(8) 阿佛伽德罗的贡献	
(11) 是谁打开了原子的大门?(12)	
二 卢瑟福的核式原子模型	(16)
卢瑟福和他的老师(17) “炮弹被纸反弹回来”	
(19) “原子有核”与“行星绕日”(21) 氢原子	
光谱带来的难题(23)	
三 玻尔的氢原子结构理论	(27)
两个大胆的假设(27) 对氢原子光谱的解释	
(29) 电子与原子相撞(32) 72 号元素的发	
现(34) 玻尔也遇到了困难(35)	
四 电子的波粒二象性	(37)
光的本性是什么?(37) 光电效应的启示(40)	
电子的波动性(43) 电子云(44)	

- 五 四个量子数的妙用 (49)
电子运动状态的描述(49) 三个量子数(51)
再加一个量子数(57)
- 六 核外电子排布的规律性 (59)
似相容又不相容(59) 能量愈低愈稳定(62)
一个重要的补充(67) 外围电子与化学反应
(69)
- 七 走进原子核的世界 (75)
核电荷数与原子序数(75) 在核的内部(78)
“孪生兄弟”(79) 核内质子与中子的转化(82)
人工核反应(84)

前 言

原子是一种极小的微粒。如果把一亿个氢原子一个接一个地排列起来，也只是一厘米



那么长。这么小的微粒，不用说是人的眼睛看不到它，就是在放大数千倍的显微镜下，也难以分辨。

原子如此之小，那么它是否还可以分为更小的微粒呢？这个有趣的问题，在历史上是经历了漫长的年代，才得到解决的。过去，有许多著名的科学家都曾认为，原子是不可再分的最小微粒。直到十九世纪末期，由于科学上一系列的重大发现，以无可争辩的事实，证明了原子的可分性，这才使人们从错误观念的束缚中解放出来。实验表明，原子并非最小微粒，它不仅是可分的，而且具有复杂的结构。

原子结构理论正是在实验的基础上诞生的。它的

出现，就象一把钥匙，为人们打开了禁锢多年的原子大门。这不仅极大地促进了物理学、化学的发展，而且对于整个自然科学来说，也具有划时代的意义。

纵观原子科学发展的历史，从两千多年以前的古代原子论，到近代道尔顿原子学说，从本世纪初提出的原子结构模型，到现代的量子力学原子结构理论，人类对于物质结构的认识，经历了曲折的过程。

在这本小册子里，主要就是谈谈原子结构理论的历史发展过程和现代原子结构理论的一些基本知识。

一 人类是怎样认识原子的？

在人类生活的世界上，到处都充满着物质。那巍然屹立的高山，那波涛汹涌的大海，那千姿百态的树木花草，那埋藏于地下的煤炭和石油……，所有这一切，不都是运动着的物质吗？世界是由物质构成的，没有物质也就没有世界。

可是，世界上那形形色色、千变万化的物质，又是由什么构成的呢？这个自然科学中最根本的问题，在古代就引起了人们的注意。

原子概念的由来

在我国，战国时代（公元前四世纪），人们对于物质结构的探讨，就十分活跃。不同学派持有不同见解。庄子的《天下篇》中写道：“一尺之棰，日取其半，万世不竭”。意思就是，一尺长的短棍，若每天截取一半的话，是永远也截取不完的。这就是说，物质是无限可分的。以墨子为代表的另一派则提出了相反

的主张，认为物质不是无限可分的，分到最后总会有个“端”，到了“端”也就不能继续分割了。这种物质有“端”的说法，就接近于原子的概念。

在历史上明确提出原子概念的，是古希腊的哲学家德谟克里特（公元前 460~370 年）。他是一个善于观察自然现象，而又爱动脑筋的人。当他看到，植物在粪土上长得特别旺盛的时候，他就在想，是不是粪土中的什么小微粒进入到植物中去了？当他发现，盐溶解在水里以后，盐不见了，水却有了咸味，他就想到，是不是盐的小微粒分散在水里了？当他看到，鱼在水里游动的时候，他就断定，水这种物质，绝不是结构紧密的整体，就象沙堆是由沙粒构成的那样，水也是由水的微粒构成的。只有这样，当鱼游过来后，水微粒向两边散开，鱼才会自由地游来游去。

德谟克里特对大量的自然现象加以分析和推测之后，便得出了这样的结论：物质都是由一些坚硬的、不可再分的微粒构成的。他给这种小微粒起名叫做原子（按照希腊文的原意，就是不可再分的意思）。这就是原子概念的由来。

但是，德谟克里特的原子概念提出后，并未得到重视和发展。因为，这种朴素的古代原子论，是靠观察、推测而得出的结论，并没有被科学实验所证实，

未能得到公认。

在当时的社会条件下，统治者极力宣传宗教迷信和唯心主义。他们总是以“神意”、“天意”来解释自然界的存在，以“上帝造物”的邪说来骗人，当然就不能容许有什么“原子论”的存在。就这样，德谟克里特的卓越见解被湮没了，他的大部分有科学价值的著作，后来都被烧毁。人类对原子的认识，便经历了一条漫长而曲折的道路。

漫长而曲折的道路

在古代，由于人们不知道物质到底是由什么构成的，因而也就不能正确了解物质发生变化的根本原因和规律，于是就妄想把普通的金属或矿物烧一烧变成黄金。这就出现了历史上的“炼金时代”。黄金不仅贵重，而且当时还有一种说法，就是“服金者寿如金”。意思是说，黄金是不怕火炼、久存不朽的，人服了它也会长生不老。

今天，人们听到这些，一定觉得荒唐可笑。可在那时，这些说法却真正打动了那些统治者的心，就连那些最虔诚的教徒，一想到发财和长寿，也坐立不安了。于是，不论在豪华的宫院里，还是在肃穆的教堂中，都升起炉火，大搞炼金术。炼金时代竟然在历史

上持续了一千多年。最终是一炉黄金也未炼成，而有些急于祈求长寿的人，大胆地服了一点炼金的“半成品”，却提前丧了命。

从科学上看，炼金术士们的幻想，的确是愚蠢的，但我们还不能把炼金时代，看作是一个完全愚蠢的时代。因为，在这一千多年的过程中，确实也为人类积累了不少化学知识，而这些知识的积累，恰恰又为结束这个时代创造了条件。

到了十七世纪中叶，英国化学家波义耳就提出了科学的元素概念。他在《怀疑派化学家》这部名著中指出，元素是某种基本的、简单的、纯净的物质，是用化学方法不能再分解的物质。这就打破了炼金术士们的幻想，说明用熔炼的化学方法，是不能把普通金属变为黄金的。

波义耳的元素概念，虽具有科学性，但在当时的实验条件下，还不能很好地分辨哪些是元素，哪些不是元素。波义耳本人就错误地把燃烧时发出的火光当成了元素，并导致后来出现了燃素学说。燃素学说在化学上也统治了近百年之久，这就是历史上的“燃素时代”。

按照燃素说，物质在燃烧时发出火光，就是放出了“燃素”，那么，物质在燃烧后，应该重量减轻。但

事实上，金属在燃烧后生成的灰渣，却比燃烧前更重了。对此，燃素说无法加以解释。

十八世纪后期，法国著名的化学家拉瓦锡，使用天平做了许多燃烧实验。他从实验中发现：金属燃烧后，增加的重量，恰好就是容器里空气减少的重量，并进一步从实验中证明，空气中减少的气体就是氧气。

1777年，拉瓦锡总结了自己的研究成果，向巴黎科学院正式提出了他的燃烧学说。他指出，物质在空气中燃烧，是物质跟空气中的氧发生了化合反应，因而重量增加；物质燃烧后增加的重量，恰好等于空气中氧气减少的重量；火并不是什么“燃素”，只不过是这类化学反应有发光放热的现象。拉瓦锡的学说，不仅推翻了燃素说在化学上的统治，而且他的实验结果证明，在化学反应中，反应物的总重量跟生成物的总重量是相等的。这就是人们常说的，物质不灭定律或者叫质量守恒定律。从此以后，化学这门科学便发展到，不仅是研究性质变化，还要注重研究量的变化的定量阶段。化学开始成为一门精确的科学了。

继拉瓦锡之后，法国化学家普鲁斯特通过上千次的化学实验发现，任何纯净的化合物，不管它的来源如何，其重量组成都是固定不变的。这就是1799年提出的定比定律，也叫定组成定律。此外，这个时期

化学上还发现了当量定律、倍比定律等。

所有这些化学基本定律的发现，无疑对于科学的发展都起了促进作用。但是，这些定律只是说明物质及其变化的客观规律是什么，却不能告诉人们，为什么会存在这样一些规律。

要使这些定律得到科学的解释，那就必须重新回到两千多年前的老问题上来：物质究竟是由什么构成的？这个历史上早就提出的问题，急待人们去解决。

道尔顿和他的原子论

最先在物质结构方面做出了卓越贡献的，是著名的英国化学家道尔顿。这位乡村教师出身的化学家，是以研究气体为终生爱好的。他通过对气体的研究，不仅发现了有关气体的一些重要定律，而且从密度不同的气体可以均匀扩散的现象中得到启发，提出了著名的道尔顿原子论。

他认为，一切物质都是由极小的微粒原子组成的，但原子并不都是一模一样的小球；不同的物质含有不同的原子；不同的原子具有不同的性质、大小和不同的原子量。在这里，他首先创立了原子量的概念。

道尔顿原子论的重大意义，不在于他重申了两千多年前就提过的原子概念，而在于他提出了不同原子

具有不同原子量的观点。正因为如此，当1803年道尔顿在一次学术会上宣读论文之后，便立刻引起了科学界的震动。人们听了他的论述，思想豁然开朗，因为有了原子量的概念，使化学上一些定量的实验现象和基本定律都得到了合理的解释。这是化学发展史上的一个重要里程碑。恩格斯曾高度评价这一成就，他说，化学的新时代开始于道尔顿的原子论。

当然，任何一个科学家和他所取得的科学成果，都不可能是完美无缺的。道尔顿和他的原子论，也不例外。

道尔顿的原子论问世以后，原子量的测定便作为一项时髦的工作，在世界化学界展开了。走在这项工作最前面的，不是别人，正是道尔顿自己。可是，当你仔细看看他在1808年发表的这张原子量表（图1）时，就会发现，其中大部分原子量是错误的。

为什么创立了原子量概念的道尔顿却测不出准确的原子量呢？这除了当时技术条件差，造成较大的实验误差外，主要是由于道尔顿原子论本身存在着缺点。

大家知道，象水这种物质，并不是由原子直接构成的，而是由水分子所构成。水分子才是由两个氢原子和一个氧原子构成的，其分子式为 H_2O 。可是道尔顿的原子论并没有提出分子的概念，所以把水也看做

元素	符号	原子量	元素	符号	原子量
氢		1	锆土		46
氮		5	钡土		68
碳		5	铁		38
氧		7	锌		56
磷		9	铜		56
硫		13	铅		95
镁土		20	银		100
石灰		23	铂		100
苛性钠		28	金		140
苛性钾		42	汞		167

图1 道尔顿的原子量表(1808年)

是由水原子(称“复杂原子”)构成的,而且错误地认为,水这种“复杂原子”,只含有1个氢原子和1个氧原子。这样,根据实验测出的水中氢、氧两元素的重量比,计算出来的原子量^①,当然会是错误的。由于没有分子的概念,道尔顿还把氢气(H_2)、氧气(O_2)、氯气(Cl_2)这些本来由双原子分子构成的物质,也错误地看做是由单原子直接构成的了。道尔顿原子论的这一重大缺点,又是怎样克服的呢?

^① 当时道尔顿采用这种方法测定原子量,现代一般是用质谱仪来测定。

阿佛伽德罗的贡献

1811年，意大利都灵大学物理教授阿佛伽德罗，首先提出了分子的概念，并把分子与原子加以区别。他认为，物质是由分子构成的，分子才是由原子构成的；同种原子可以互相结合为单质的分子，不同原子可以相互结合为化合物的分子；分子与原子不同，它是保持物质化学性质的最小微粒。

在盖·吕萨克对气体研究的基础上，阿佛伽德罗还提出：在同温、同压下，相同体积的任何气体都含有相同数目的分子。这就是著名的阿佛伽德罗定律。根据这一定律，他测定了氢气、氧气、氯气、氯化氢、水等许多物质的分子量，并确定了它们的分子组成。后来的实验证明，这些都是正确的。

毫无疑问，阿佛伽德罗的分子论，弥补了道尔顿原子论的缺陷，对于物质结构理论是一个重大的发展。但出人意料的是，他的理论提出以后，却遭到了包括道尔顿在内的许多名家的反对。道尔顿坚持认为，同种原子之间是相互排斥的，不可能相互结合成什么“分子”。就这样，阿佛伽德罗的这一出色成果，竟被搁置了五十年之久。直到1860年，经过意大利化学家康尼查罗的努力，才被科学界所接受。

从此，在道尔顿和阿佛伽德罗的基础上，又经康尼查罗的充实、总结而提出的原子——分子论，便在化学上正式建立起来了。二十世纪前的化学，就是在这一理论和元素周期律的指导下，不断向前发展的。

原子—分子论的建立，使人类对原子的认识，又前进了一大步，但它仍保留了“原子是不可再分的最小微粒”这一错误观念。这种观念历史久远、根深蒂固，直到十九世纪末期，很多有学问的科学家还坚信不移。所以原子的大门一直在禁锢着，谁也不知道，甚至谁也不想知道，原子的内部世界，究竟是个什么样子。

是谁打开了原子的大门？

在自然科学中，判断是非的最高法庭就是实验。

1879年，有个名叫克鲁克斯的英国人在做放电实验时，发现了一种极不寻常的现象。他在一个接近真空的玻璃管里装了两个电极，当通以高压直流电时，跟阴极相对的玻璃管壁上，便出现了美丽的荧光。令人惊奇的是，当时并没有看到从阴极上有什么光线发射出来。这究竟是怎么回事呢？

后来继续研究这一现象时发现，当管内阴极前面放有障碍物时，对面发光的玻璃上便会出现阴影〔图 2