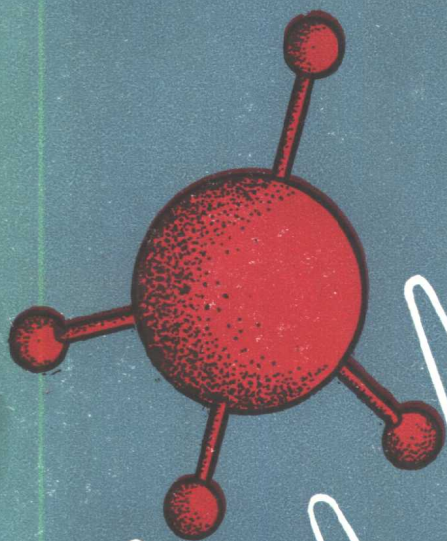




原子量、分子量和摩尔



张学铭 著

HUAXUE FUDAOYUAN CONGSHU
化学辅导员丛书

科学普及出版社

化学辅导员丛书

原子量、分子量和摩尔

张学铭 著

科学普及出版社

内 容 提 要

本书为《化学辅导员丛书》之一，是为配合中学生的课内学习而编写的。

原子量、分子量是初中化学的基本概念；摩尔是近年来在国际上推广使用的新的计量单位，又是高中化学的重点和难点。为了帮助中学生深入理解和掌握原子量、分子量和摩尔的概念，提高计算技能，本书以浅显通俗的语言，典型的例题与实验，生动的插图，深入浅出地介绍了原子量、分子量概念的建立和发展过程，原子量、分子量和阿佛加德罗常数的实验测定方法，同位素的发现和原子量基准的变革，摩尔及其在溶液计算、平衡计算和热化学计算中的应用。全书配合中学化学教学比较紧密，有助于学生在学习中解决疑难问题。

本书供中学生和具有中学文化水平的其他读者阅读，也可供中学化学教师参考。

* * *

化 学 辅 导 员 丛 书 原子量、分子量和摩尔

张 学 铭 著

责任编辑：刘 渔

封面设计：齐恩铭

*

科学普及出版社出版（北京白石桥紫竹院公园内）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京印刷一厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：3 字数：62千字

1983年2月第1版 1983年2月第1次印刷

印数：1—26,500册 定价：0.31元

统一书号：13051·1327 本社书号：0511

《化学辅导员丛书》编委会

主 编：王 夔

编 委：刘 知 新 程 名 荣 田 凤 岐

张 学 铭 曹 居 东

4-154/03

编辑说明

《化学辅导员丛书》是为了帮助中学生学好化学基础知识而编辑的。丛书的选题来自中学化学课的重点和难点,针对性较强,与中学化学教学配合比较密切,是在校的中学生和知识青年学习化学的良师益友。

在丛书的编写上,力求以通俗易懂的语言,深入浅出的论述,富有启发性的讨论,联系生产和生活实际的举例,典型题目的练习,生动的插图以及学生能亲自动手的实验,体现出知识性、科学性、启发性、趣味性和实践性的特点;从而巩固和加深学生课内所学的知识,训练思维方法和基本技能,培养分析和解决问题的能力,正确地理解和掌握中学化学的重点和难点。

这套丛书的读者对象是在校中学生和具有中学文化水平的知识青年,也可供中学化学教师参考。

《化学辅导员丛书》编委会

目 录

引言	1
一、原子学说的建立与原子量概念的诞生	8
道尔顿的功绩	8
世界上最早的原子量表	11
是原子量还是当量	14
二、分子与分子量概念的引入	16
从气体的体积比得到启发	16
阿佛加德罗的贡献	18
五十年后	21
三、原子量与分子量是怎样测定的	24
从固体的比热测定原子量	24
从元素的当量测定原子量	26
从物质的分子量测定原子量	29
利用气体相对密度测定分子量	31
利用溶液的依数性测定分子量	36
现代的测定方法——质谱法	43
四、同位素的发现带来了改革	47
同位素是怎样发现的	47
原子量基准的变革	50
原子量的新含义	51
五、物质的量的单位——摩尔	53
从克分子、克原子到摩尔	53
物质的量与阿佛加德罗数	56
物质的量与质量	62

物质的量与体积	64
六、化学上应用最广的计量单位——摩尔	71
两种计算方法的对比	71
在溶液计算中的应用	73
在平衡计算中的应用	79
在热化学中的应用	86
附录：国际原子量表	89

引言

——定量化学的开端

化学这门科学的建立，如果从波义耳提出化学元素概念算起，仅有三百多年的历史。

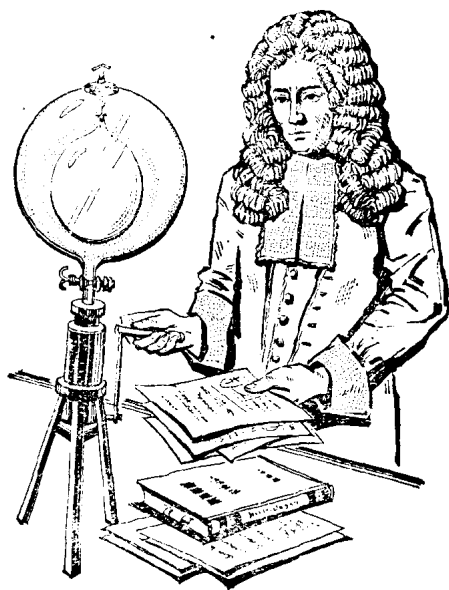


图 1 波义耳在实验室

1661年，英国化学和物理学家波义耳在他的名著《怀疑派的化学家》中指出，元素是某种原始的、简单的、纯净的

物质，它是用一般化学方法不能再分解的实物。这个论述虽很简单，但其意义却十分重大。因为在这之前上千年的历史时期里，炼金术士们一直想用加热的化学方法把一种元素变为另一种元素，波义耳的论述宣告了这一幻想的破灭，从而结束了持续上千年的炼金时代，使化学走上了科学的道路。

尽管波义耳的元素概念是科学的，但在当时的实验条件下，却还不能很好地分辨哪些是元素，哪些不是元素。波义耳本人就曾错误地把火也当成是一种元素，导致了燃素学说的产生，使刚刚摆脱了炼金术束缚的化学，又走了一段相当长的弯路。

燃素学说认为，能燃烧的物质都含有“燃素”，物质燃烧时发出的火光，就是物质放出的“燃素”。如果物质在燃烧时真的放出了“燃素”，那么，燃烧后物质的重量就应该减轻。然而，事实并非如此。当人们把一定重量的金属烧成灰渣，再去称量时，却发现比燃烧前的金属更重了（图2）。对此，燃素学说解释不了。可是在事实面前，这个学说一时并没有被推翻，许多燃素说的维护者，在近百年的时间里，都企图千方百计地修补这个破绽百出的学说。然而，这如同修补沙滩上一座没有根基的房屋一样，无论怎样修补也是难以巩固的。

燃素学说统治化学近百年之久，直到十八世纪后期，著名的法国化学家拉瓦锡终于向燃素学说提出挑战。从1772年开始，拉瓦锡用了五年的时间做了多种金属、非金属和有机物的燃烧实验。在实验中，他使用天平精确地称量燃烧前后的物质。拉瓦锡的成功之处就在于，他不仅注意到金属燃烧后增加了重量，而且还注意到燃烧容器中的空气减少了重量。使他感到惊喜的是，这两个重量几乎是相等的！例如，

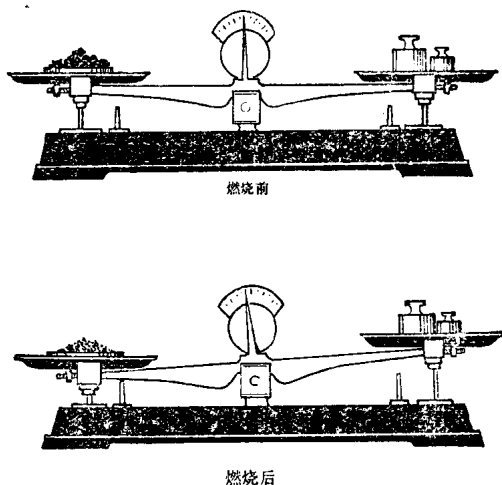


图 2 金属在燃烧后增重

他做的两次锡燃烧的数据是：

	第一次	第二次
燃烧后锡增加的重量 (份数)：	3.12	10.00
因锡燃烧空气减少的重量(份数)：	3.13	10.06

拉瓦锡又通过进一步实验证明：空气中减少的气体就是氧气。

原来，金属燃烧后增重，是因为金属跟空气中的氧化合，生成了氧化物，火光并不是什么“燃素”，只不过是这一化学反应所产生的现象。

1777年，拉瓦锡以他精细的实验成果，向巴黎科学院提出了科学的燃烧学说。拉瓦锡的卓越贡献，不仅为人们揭开了多年来未解开的燃烧之谜，而且，他那出色的实验结果还



图 3 拉瓦锡在实验室

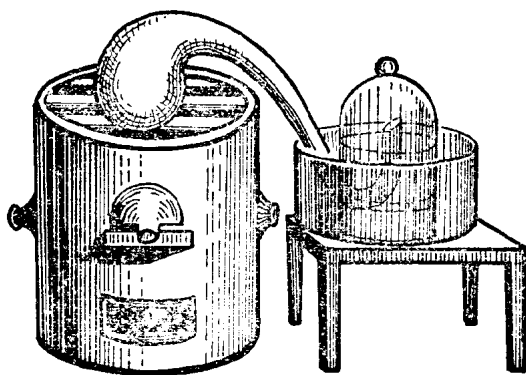


图 4 拉瓦锡所用的仪器装置（此图是根据拉瓦锡夫人绘制的插图复制的）

清楚地表明：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，化学这门科学便由对物质的定性研究进入到定量研究的新阶段。在拉瓦锡之后，化学家们在实验中普遍使用了天平，并由此获得了许多新发现。

十八世纪末期，有位名叫里希特的数学家，对化学反应中的数量关系发生了浓厚的兴趣。他做了许多酸碱反应的实验，并把每次反应所耗用的酸和碱的重量都仔细地记录下来。结果发现，一种酸和一种碱相互反应时，各自参加反应的重量总是一定的。例如，1000 份重量的硫酸，总是跟 793 份重量的石灰恰好完全反应。如果把硫酸的重量增大一倍，那么石灰的耗用量也增大一倍。这也就是说，1 份重量的硫酸与 0.793 份重量的石灰是反应相当的量。他把这个酸碱反应相当的量，叫做“酸碱的当量”。

在实验的基础上，里希特于 1791 年明确提出，在化学反应中，反应物之间都存在着定量的关系。后来，法国的费歇尔又根据里希特等人的资料，总结出一个比较普遍的化学反应间的当量关系。这也就是最早的当量定律。

1799 年，药剂师出身的法国化学家普罗斯特，又在化学的定量研究中取得了另一出色成果。他先是从碱式碳酸铜 $[\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3]$ 的制取和分解实验中发现，不论采用哪种制法，用 100 份重量的铜总是得到 180 份重量的碱式碳酸铜，而每 180 份重量的碱式碳酸铜加热分解时，又总是得到 10 份重量的水、45 份重量的二氧化碳和 125 份重量的黑色氧化铜。多次实验结果完全一致。随后，他又从世界各地采集了多种矿石和天然水进行实验。上千次的实验证明：任何纯净的化合物，不论它的来源如何，其重量组成都是固定不变

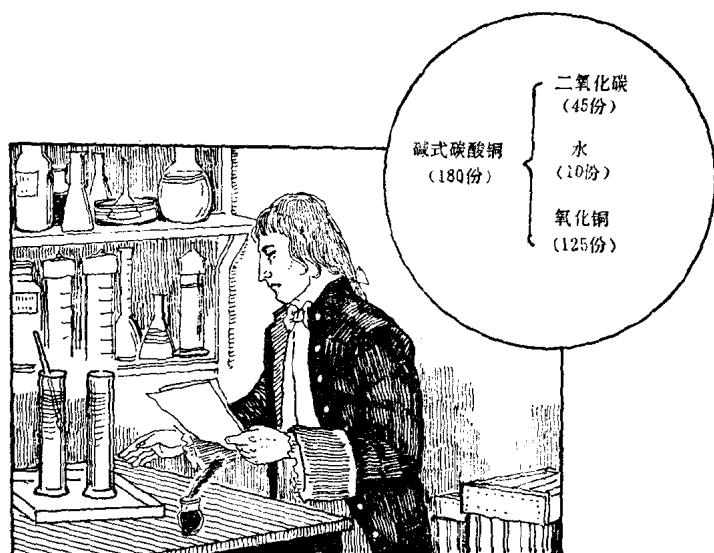


图 5 普罗斯特在实验室

的。这就是定比定律，或叫定组成定律。

1800年，青年实验员戴维测定了三种氮的氧化物(N_2O 、 NO 和 NO_2)的重量组成。根据他的测定结果，可以算出与同量氮相化合的氧，其重量之比为1:2:4。1803年，道尔顿也测定了碳的两种氧化物(CO 和 CO_2)的重量组成，从而发现与同量碳相化合的氧，其重量之比为1:2。事实表明，当甲、乙两元素相互作用生成几种化合物时，其中，跟一定量的甲元素相化合的乙元素的重量，都成简单的整数比。这条定律就称作倍比定律。

质量守恒定律、当量定律、定比定律、倍比定律等，所有这些化学基本定律的发现，无疑对化学的发展，起了重大的推动作用。但这些从实验中总结出来的定律，告诉我们的

只是客观存在的规律是什么，而不能告诉我们为什么会存在这样的规律。要进一步解决这个问题，就必须对物质结构，特别是对构成物质的微粒的质量特征，有一个统一的、科学的认识。这是科学发展的现实向人们提出的一项急待完成的历史使命。原子学说与原子量的概念，正是在这种情况下诞生的。

一、原子学说的建立与原子量 概念的诞生

在原子量概念建立以前，原子的概念早已问世。两千多年以前，古希腊著名哲学家德谟克里特就提出：世界万物都是由一些坚硬的、不可再分的微粒构成的。他给这种小微粒起名叫做“原子”（希腊文原意就是不可再分的意思）。但是，这种朴素的古代原子论只是一种推测，并没有科学实验根据，也未能得到公认。直到十九世纪以前，人们对原子的认识，还是非常模糊的。许多人认为，原子都是一模一样的小球，由此便可得出不同物质是由同种原子组成的结论。这样，也就无法对那些涉及定量关系的化学基本定律作出科学的解释。面对这个使化学家们感到困惑的难题，是谁突破难关把化学发展推向新里程的呢？

道 尔 顿 的 功 绩

二百年前，在英国苏格兰的一个村庄里，有个沉默寡言而又勤奋好学的少年，他的名字叫约翰·道尔顿。

道尔顿是一个家境贫苦、自学成才的化学家。他十几岁就被迫辍学，做了乡村教师。他一面刻苦自修，一面努力教书。二十几岁的时候，就学完了许多大学课程，并熟练地掌握了多种外国语。从青年时期开始，道尔顿就对大气的研究产生了浓厚的兴趣。年轻的道尔顿，常常是在下课之后背起

自制的简陋仪器爬上山，在山上不同的高度观测大气现象，收集有关大气性质的资料。就这样，他从二十一岁开始，坚持每天观测，竟达五十七年之久，观测记录达两万次之多。这要付出多大的心血和毅力啊！

道尔顿的心血并没有白费，他以巨大的劳动代价，终于换来了科学上的丰硕成果。他不仅发现了分压定律等有关气体的一些重要规律，而且从气体的扩散等现象的研究中得到启发，否定了不同物质是由同种原子组成的错误看法，得出了只有同种物质是由同种原子所组成，而不同物质是由不同原子所组成的结论，并进而创立了著名的道尔顿原子学说。就是在这一学说中，他首先提出了原子量的概念。



图 6 道尔顿 (1766~1844)

道尔顿的原子学说认为，一切物质都是由原子这种不可再分的小微粒组成的，但原子并非都是一模一样的；不同物质由不同的原子所组成，单质由简单原子所组成，化合物由复杂原子所组成；不同的原子，不仅它们的大小、形状各异，更重要的是具有不同的质量——原子量。

化学上一些基本定律的发现，促进了道尔顿原子学说的建立和原子量概念的诞生，而原子学说的建立和原子量概念的诞生，又象一把钥匙，为人们打开了进一步研究化学定量

关系的大门，使化学上的一些基本定律和实验现象，得到了统一的、合理的解释。

例如，根据道尔顿的原子学说，可以认为化学反应的过程就是原子重新组合的过程，而原子都有一定的质量，故反应前后质量应守恒。又如，道尔顿认为，组成化合物的复杂原子是由一定数目的简单原子所组成，而这些简单原子又有各自的原子量，故化合物都有固定的重量组成。

1803年10月的一天，道尔顿在英国的曼彻斯特市的文哲会上，宣读了自己的论文。尽管这次论述是初步的，但立刻震动了整个英国科学界。许多地方都争先恐后地邀请他去做学术讲演。祝贺信、邀请信，就象雪片一样飞到了道尔顿的手里。

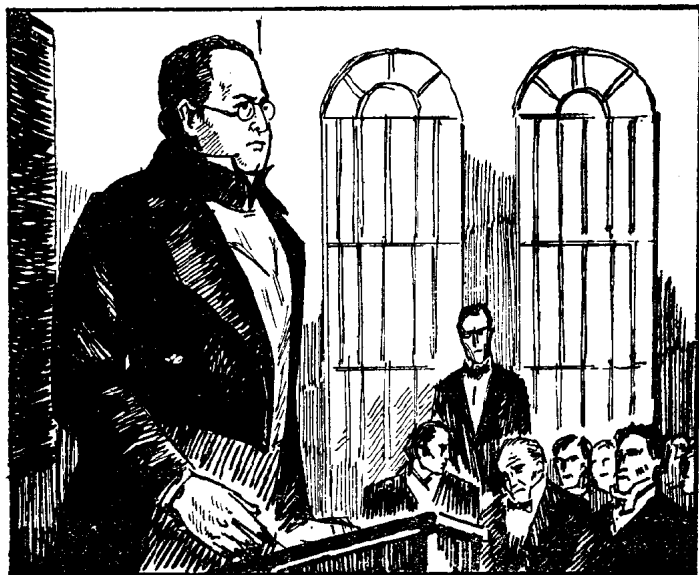


图 7 道尔顿在宣读论文