



青少年科学馆丛书
QINGSHAO NIAN
KEXUE GUAN CONG SHU



原子能

的开发利用

YUANZINENG
DE KAIFA LIYONG



揭开未解之谜的神秘面纱，探索扑朔迷离的科学疑云；让你身临其境，保受益无穷。书中还有不少观察和实践的设计，青少年读者们可以亲自动手，提高自己的实践能力。

本书编写组◎编



中国出版集团
世界图书出版公司

图书在版编目 (CIP) 数据

原子能的开发利用/《原子能的开发利用》编写组编.
广州: 广东世界图书出版公司, 2009. 11
ISBN 978-7-5100-1193-1

I. 原… II. 原… III. 核能-青少年读物 IV. TL-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 204902 号

原子能的开发利用

责任编辑: 程 静

责任技编: 刘上锦 余坤泽

出版发行: 广东世界图书出版公司

(广州市新港西路大江冲 25 号 邮编: 510300)

电 话: (020) 84451969 84453623

http: //www. gdst. com. cn

E-mail: pub@gdst. com. cn, edksy@sina. com

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京楠萍印刷有限公司

(通州区潞城镇七级工业大院 邮编: 101117)

版 次: 2010 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 13

书 号: ISBN 978-7-5100-1193-1/Q · 0013

定 价: 25.80 元

若因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系退换。



前 言

自从1945年8月扔向日本的两颗原子弹爆炸以来，原子能科技经历了一个狂风暴雨般的发展历程。从世界的总体上来说，原子能走上了一条从战争迈向和平的道路。有史以来用于战争的核弹只有两颗，而现在世界上有四百多座核电站在日夜不停地发电，还有更多的与原子能相关的科技成果被和平利用。可以这样说，原子能带给人们的虽然有恐慌和忧虑，但最多的还是利益和希望。

日益紧张的能源，使人们不得不考虑新的能源形式，核能是继太阳能、风能之外的一个很有发展潜力的能源形式。一个世纪以来对核能的探索，已经取得了喜人的成就，核裂变技术已经非常成熟，而且许多国家已经掌握了这项技术。不仅如此，与原子能相关的技术应用已经直接或间接地深入到我们生活中。近几年来，许多国家也在合作进行核聚变能源的利用，并且取得了一定的成果，有望在不久的将来，核聚变也成为能源工业中的重要角色。在这种环境下，我们有必要系统地对原子能进行一番了解。

本书是一本科学普及读物，从原子能理论艰难的历程着手，将原子能以及与原子能相关的知识较为系统地阐述给读者。在介绍原子能基本知识的基础上，又介绍了核武器的产生和发展、核电站的发展和原理、核安全



原子能的开发利用◆◆◆

相关的常识以及在原子能利用中的经验和教训，最后介绍原子能的其他利用形式及对原子能未来的展望。全书循序渐进、深入浅出的理论性的解释和论述，适合于一般读者阅读，同时书中也对与原子能相关的人物和事件做了生动的描述，把曾经发生过的故事讲述给大家，还配以相应的插图，以便读者对一些概念等有一个直观的认知。



目 录

Contents

艰难的阶梯		反应堆猜想	68
想象中的原子	1	费米和第一座反应堆	71
原子的再分割	4	点燃天火	76
“原子”概念的翻新	5	核武器	
分子的发现	6	地下原子弹	79
分子的运动	8	给总统的一封信	83
元素周期率	10	世界“原子弹之父”——奥本海默	86
X射线的发现	15	“两弹元勋”——邓稼先	88
天然放射	19	曼哈顿计划	90
电子的发现	22	沙漠中升起的太阳	93
射线中的能量	24	破坏力极大的“三弹”	96
玛丽·居里	26	核潜艇	101
原子核的发现	34	核冬天	109
查德威克	39	核能发电	
质子和中子的发现	43	能源幻想	113
对原子核的狂轰乱炸	47	谁是接班人	114
同位素	49	盘点地球上的能源	116
铀核裂变的发现	52	核时代开始	118
链式反应	55	超出预料	119
质能转换的基础——相对论	62	是燃烧，不是爆炸	121
能量来源的奥秘	66	和平利用的开始	124



原子能的开发利用◆◆◆

高温气冷堆	126	核电风险最小	165
压水堆	129	谁是环境杀手	166
沸水堆	131	核垃圾的处理	168
重水堆	133	敬而远之	170
安全壳	135	越来越乐观	173
核废物	140	核能的未来	
中国的核电	141	海上核电站	176
秦山核电站	144	海底核电站	177
大亚湾核电站	148	地下的核反应堆	179
核安全		卫星上的反应堆	180
核电站的安全性	151	通古斯大爆炸的启示	182
反应堆不等于原子弹	153	人造小太阳	187
“中国迸发症”	155	增殖堆	191
三道防线和四道屏障	156	聚变将带来巨变	193
三里岛事故	158	孵化中的“夸克”	199
切尔诺贝利核电站事故	161		



艰难的阶梯

想象中的原子

1

公元前5世纪，中国的墨翟曾提出过物质微粒说，他称物质的微粒为“端”，意思是不能再被分割的质点。

但在战国时代，有一本著作《庄子·天下篇》中却提到了物质无限可分思想：“一尺之槌，日取其半，万世不竭。”意思是说，一个短棍今天是一尺，明天取一半，余二分之一尺，后天取一半，余四分之一尺，以此类推，永远没有尽头。当然，这里并没有提出，也不可能提出用什么方法分割的问题。但在那个时代，我国古代学者就能用思辩的方法来这样提出问题，是难能可贵的。



德谟克利特

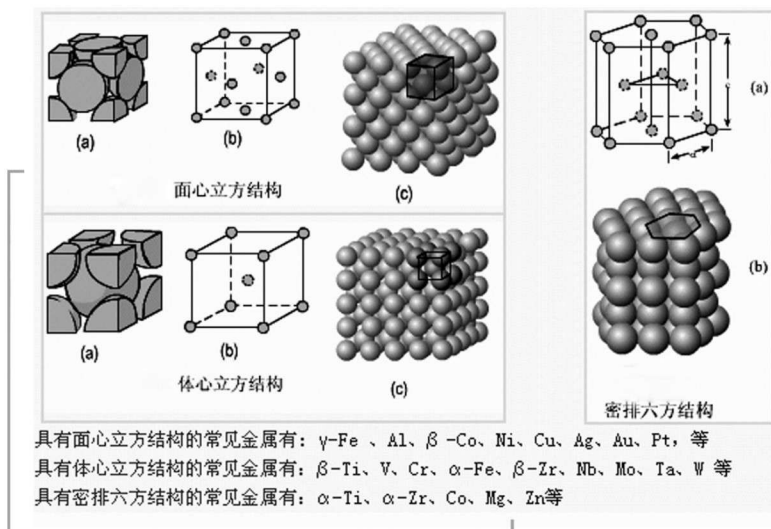
公元前4世纪，古希腊人德谟克利特提出了“原子”的概念，



也认为这是一种不能再被分割的质点。后来古希腊学者伊壁鸠鲁又把这一概念大大地推进了一步。

古代的原子论者认为：一切物质都由最小粒子的原子组成，原子是不可分割的；原子是客观的、物质性的存在，它是永远运动着的。

德谟克利特和他的老师留基伯共同创立了古希腊的原子论，认为一切事物的本源，是原子和虚无的空间。按照这种想法，人的感觉器官所感觉到的自然界物质的多样性，都是由原子的多种排列和各种不同的结合方式产生的。德谟克利特说“根据现实的感觉，有甜与苦、热与冷、芳香和色彩的存在。但在本质上，仅有原子与空间的存在。我们认为似乎是本体的每一样物体，仅仅只有原子与空间才是真正的实质。”德谟克利特用原子论观点分析了一系列物理现象。他认为，无论是物质从一种状态过渡到另一种状态，从固体过渡到液体或气体以及相反的变化，还是物体的味道、颜色等等，并不是由于物体内部成分的改变，而是取决于原子的形状、大小、排列的变化和结合方式。



不同金属的原子排列方式

关于德谟克利特的学识，后人有许多传说。据记载，德谟克利特诞生时，他的家庭正在款待国王。国王为了报答他家的盛情，就把身边几



个学问渊博的人，留在了他家，以便教育和培养德谟克利特。这个故事未必属实，但德谟克利特的丰富的学识和深刻的思想确实是超人的。

德谟克利特的性格与众不同，他对财产一点儿也不重视。德谟克利特的父亲死后，兄弟们分配土地遗产，他什么也不要，只要一些现金以便作为周游世界、探求知识的路费。他到各地听了许多著名学者的讲学，一心思考着学术问题。回到家乡后，他笑话别人碌碌无为；别人却说他不务正业，整天想入非非，是个“疯子”，并请了当时的知名医生给他看病。这位医生与德谟克利特很谈得来，他的“诊断”结果说，德谟克利特并没有病，说德谟克利特有病的人才是有“病”的。从此，这位知名医生与德谟克利特结下了深厚的友谊。

德谟克利特对那些自以为了不起的人，不以为然。他认为，看重自己无可非议，但觉得自己“了不起”，就是荒谬的。一个人对于自己的狭小的生活圈子来说，也许觉得很重要；但对于整个宇宙来说，只不过是阳光下的一粒尘埃。可见德谟克利特的眼光是何等远大。

古代对物质结构奥秘的探索，只能靠想象，靠思考。那时自然科学还没有从哲学中分离出来，原子只是哲学上的猜想，没有条件靠精密的实验加以证实。尽管原子说是一种很深刻的见解，但终究还是没有科学进行论证的一种猜测。至于一种物质能否转变为另一种物质，在那时候，科学技术水平还没有达到相应的高度，物质的内幕在理论上也没有揭开，所以只不过是想象而已。

原子是不是真的存在呢？在整个封建时代，没有人去证实它。当时，化学为了适应封建主的特殊要求，走进了炼金术和炼丹术的泥坑，致力于寻求点石成金和长生不老的秘方。不仅如此，它还受到了封建的神学思想的束缚。当时，科学由古代社会的图书馆和科学院搬进了中世纪的教堂。于是，对“圣典”条文的研究代替了对自然的研究。从物质结构的争论，转移到另一种争论，去争论什么一个针尖里能住得下几个天使，以及天使吃些什么东西等等。就在这样的历史条件下，原子学说在长达二十个世纪的时期里竟为人们所遗忘。



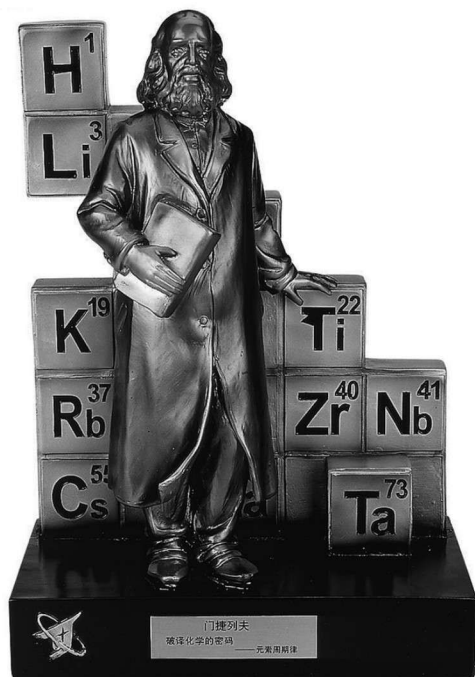
原子的再分割

1869年俄国人门捷列夫(1834~1907年)发现元素的周期律,实际上就是向“原子不可分割”论埋下了一颗炸弹。当人们着手研究元素以及由它所形成的单质和化合物的性质为什么会随着元素原子量的递增而有周期性的变化,以及同族元素性质为什么相似的原因时,必然会对“原子不可分割”论产生种种疑点:

元素和元素间为什么有这样紧密的联系呢?如果每个原子都是光秃秃的一颗不可分割的最小微粒,各自独立,互不相关,那么,元素间还有什么联系?门捷列夫又怎么能找到元素周期律的呢?

合理的分析虽说在当时很难被有的科学家所接受,而又不得予以承认的,那就是否定“原子不可分割”论,相信原子不是不可分割的,原子有着复杂的结构;正是由于原子内部结构具有某种共同的因素,使元素和元素间的性质有着规律性的联系。元素周期律表明原子还是可以分割的。

门捷列夫的元素周期律开始动摇了原子是“不可分割的”这种根深蒂固的信念,而使这种信念受到摧毁性打击的则是放射性现象的发现。



门捷列夫铜像

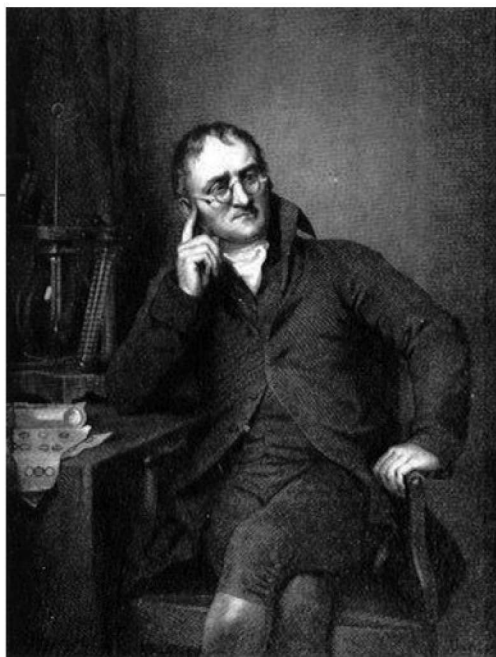


“原子”概念的翻新

物质是由原子构成的这一猜想，虽然早就提出来了，但一直到了18世纪，尤其是18世纪后半期至19世纪中期，工业兴起，科学技术迅速发展，人们通过生产实践和大量化学、物理学实验，才加深了对原子的认识。

把原子学说第一次从推测转变为科学概念的，应归功于英国一个教会学校的化学教员，他就是道尔顿（1766 ~ 1844年）。

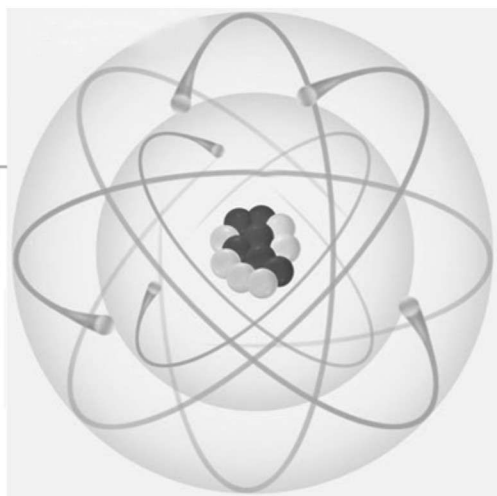
道尔顿由于家境贫寒，从小就在乡村干农活，完全靠自学当上了教员。19岁时，他就当上了乡村小学的校长，后来又在教会学校任教员和在曼彻斯特大学任数学和自然科学教授。



约翰·道尔顿

他一生观察天气的气象记录达20万项之多。道尔顿在业余学习中接触到古希腊的自然哲学，包括关于元素和原子的种种学说，很受启发。

道尔顿首先研究了法国化学家普鲁斯特于1806年发现的有趣结论：参与化学反应的物质质量都成一定的整数比（定比定律）；例如1克氢和8克氧化合成9克水，假如不按这个一定的比例，多余的就要剩下而不参加化合。道尔顿自己又发现：当两种元素所组成的化合物具有两种以上时，在这些化合物中，如果一种元素的量是一定的，那么，与它化合的另一种元素的量总是成倍地变化的（倍比定律）。



原子模型

子是化学作用的最小单位，它在化学变化中不会改变。

道尔顿的原子论同过去的原子论相比，已有雄厚的科学依据。但是，在道尔顿的原子论提出以后，在新的实验事实面前又出现了一个新的矛盾。

为什么元素间的化合总是成整数和倍数的关系呢？道尔顿丰富的想象力，给他以激励。他感到，这一事实暗示物质是由某种可数的最小单位构成的。于是，道尔顿把这些事实总结概括加以分析，提出了关于原子的著名论断：物质是由具有一定质量的原子构成的；元素是由同一种类的原子构成的；化合物是由构成该化合物成分的元素原子结合而成的；原

分子的发现

1809年，法国科学家盖·吕萨克发现，在气体的化学反应中，在同温同压下参与反应的气体的体积成简单的整数比；如果生成物也是气体，它的体积也和参加反应气体的体积成简单的整数比（气体反应定律）。例如，两公升的氢和一公升的氧化合时，生成两公升的水蒸汽。盖·吕萨克想，如果不论哪种气体在同温同压下，在相同体积内部含

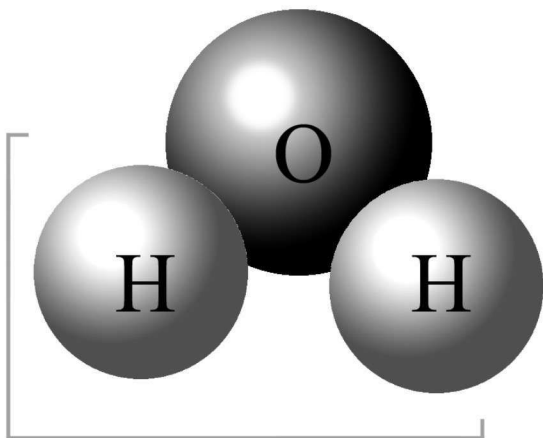


盖·吕萨克



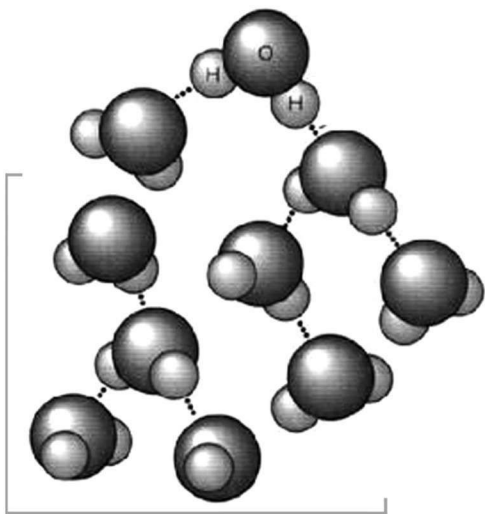
有相同的原子数，不就可以用道尔顿的原子论解释气体反应定律了吗？

可是道尔顿发现，这项假定如果正确，在上述实例中，两个氢原子和一个氧原子应当生成两个“水原子”（后来称水分子），这样，一个“水原子”中不就只能含有半个氧原子了吗？为了解决这一矛盾，1811年意大利科学家阿伏加德罗在原子论中引进了“分子”的概念。他认为，构成任何气体的粒子不是原子，而是分子。单



水分子模型

质的分子是由同种原子构成的；化合物的分子是由几种不同的原子构成的。在上述例子中，氢的分子是由两个氢原子构成的，氧的分子是由两个氧原子构成的，而水的分子是由两个氢原子和一个氧原子构成的。



水分子之间的作用

这样，经过了不同国家的许多人的努力，才逐步地建立了原子分子学说。这个学说认为：

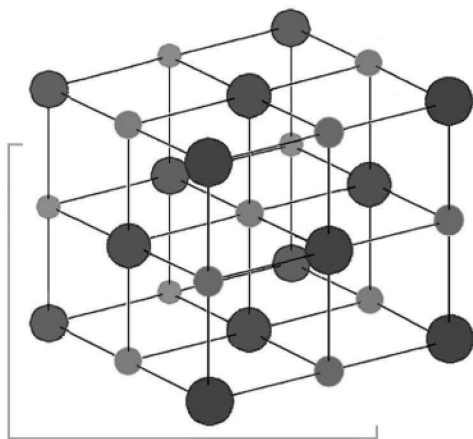
（1）物质是由分子组成的，分子是保留原物质性质的微粒。例如，糖溶解在一杯水里，糖分子遍及全杯水，水就有了甜味。

（2）分子是由原子组成的，原子则是用化学方法不能再分割的最小粒子，它已失去了原物质的性质。例如，我们平时食用的食盐（氯化钠）的分子是由钠原子和氯原子组成，氯是有毒的，



显然食盐的性质与氯和钠的性质截然不同；另一方面，完全无害的元素碳和氮，组成的化合物却可以是剧毒的气体氰（ CN ）化物。

这个原子分子学说比以前的原子学说又有了很大进展。过去，在原子和宏观物质之间没有任何过渡，要从原子推论各种物质的性质是很困难的。现在，在物质结构中发现了分子、原子这样不同的层次。因而我们可以认为，人们对于物质是怎样构成的问题，认识已经接近物质的本来面貌了。



NaCl 晶体结构图

分子的运动

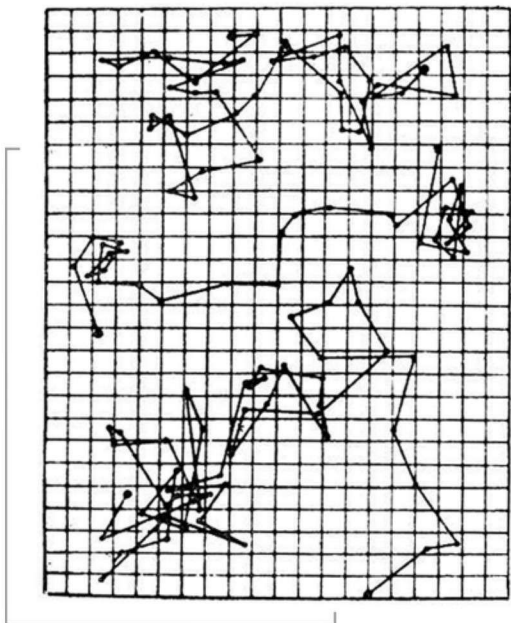


罗伯特·布朗

1827 年英国植物学家布朗首先在显微镜下观察到，水中的小花粉在不停地作不规则的运动。仔细观察，可以发现任何悬浮在液体或气体中的非常小的微粒，都永远处于无休止的没有规则的运动状态之中。这个悬浮的微粒愈小，它的运动就愈激烈；温度愈高，这种运动也愈激烈。后来人们把这种运动叫布朗运动，把像花粉那样的小微粒叫做布朗微粒。布朗运动是永不休止的，它不受外界因素的影响，完全是物质内部运动的反映。



布朗运动说明了什么问题呢？原来，这种运动就是由液体的分子运动引起的。由于液体的分子每时每刻都在作不规则的热运动，这些分子撞击布朗微粒，就引起了布朗微粒的运动。如果悬浮物的颗粒太大，则在每一瞬间撞击到这个大颗粒上的分子数目就太多了，致使这些撞击作用基本上相互抵消了，大颗粒就会保持不动。当悬浮粒小到一定程度时，碰撞到小颗粒上的分子就不那么多，就会从某一个方向出现分子撞击的不平衡，使小颗粒发



布朗运动

生运动。布朗颗粒体积愈小，发生撞击的不平衡的可能性愈大，布朗运动就愈急剧。另一方面，温度愈高，分子无规则运动的速度就愈大，分子撞击引起的布朗运动也随之加剧。由于对布朗运动现象的观察和了解，使得人们深入理解了布朗运动的本质。因此证实了分子的存在和分子运动的存在。

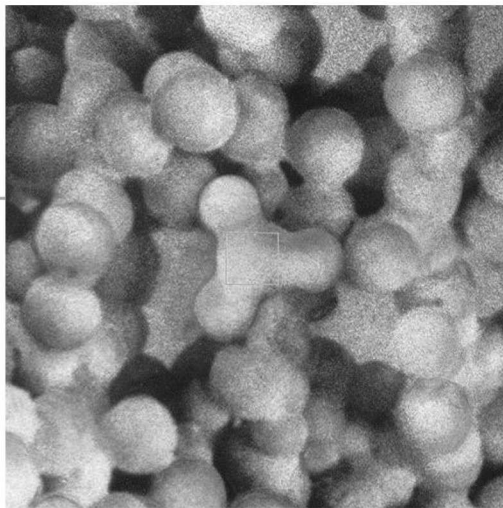
我们熟悉的自然界的物质有三态：固态、液态和气态。可以这样理解：固体的分子排列得比较整齐和紧密，分子运动的范围相对来说是很小的；液体分子的排列就自由些和松散些，因此分子运动的范围就比较大些；气体的分子，表现得最自由，它们往往或多或少地独立运动，与其他的分子无所牵连。永无休止的分子的剧烈运动足以说明气体的性质。后来计算出在一秒钟内，气体中的一个分子和其他分子的碰撞次数就达 50 多亿次。气体分子的运动，就总体来说，它全是不规则的运动。

从 19 世纪中期，开始了气体分子运动论的研究。这一研究取得了巨大的成功，科学家们根据气体分子运动论确定了原子的质量和直径。各种原



子的大小不同，它们只有一亿分之一至一亿分之四厘米。50 万个原子只能排满头发丝细的距离，500 万个原子排成一行，也只不过是一个小句号的范围里。原子的重量只有一千万亿亿分之一克。一杯水的重量与其中的一个原子的重量相比，约等于地球的重量与其上的一小块砖头的重量之比，可见原子是何等的微小。

长期以来，人们并没有用肉眼看见过原子。原子，就是在高倍显微镜下，在近代电子显微镜下也难看见。但是，人们对原子的客观存在不再怀疑。这是为什么呢？因为，发现科学和检验真理的唯一可靠的标准是实践。人类的大量的生产实践，间接地证实了原子的存在，用原子分子学说可以准确无误地解释和指导我们的生产实践。



显微镜下的原子

一直到 1970 年，才有一位美国科学家报道说，他借助扫描电子显微镜第一次观察到了单个的铀和钍的原子。1978 年 2 月，日本一位科学家宣布，他们用具有超高分辨能力的电子显微镜拍摄了世界上第一张原子的照片，看到了几种原子的图像。

元素周期率

根据道尔顿提出的原子观点，人们对元素有了新的认识，认为每一种元素都是由特定的原子组成的；不管这一种元素的数量多少，它都是由原子组成的。这种元素与另一种元素之所以不同，是因为它们的原子的性质



不相同。一种原子与另一种原子的最基本的物理性质的区别，就是原子的重量不同。

1862年，法国地质学家坎古杜瓦首先提出了元素随着原子量的变化，其化学性质呈现周期性变化的问题。

1864年德国化学家迈耶，按原子量递增顺序制定了一个“六元素表”。

1865年，英国化学家纽兰兹按原子量递增顺序，将已知元素作了排列。他发现，到了第八个元素就与第一个元素性质相似，亦即元素的排列每逢八就出现周期性。

纽兰兹从小受母亲的影响，爱好音乐，觉得这好像音乐上的八个音阶一样重复出现，于是把它称为“八音律”，画出了“八音律”表。1866年3月当他在伦敦化学学会发表这一观点时，得到的却是嘲笑和讽刺；他的有关论文也被退稿。7年以后，他的论文又被拒绝发表。虽然纽兰兹的“八音律”表存在着缺点和不成熟的地方，但他发现了元素的性质在排列上有周期性这一研讨方向是完全正确的，而且在这个正确的方向上向前迈进了一大步。一直到18年以后，即在门捷列夫的元素周期表的重要性得到普遍承认后，纽兰兹的论文才得以发表，英国皇家学会才给他颁赠了勋章。



纽兰兹

事实上，在1869年，德国的迈耶和俄国的门捷列夫几乎同时发现了元素周期律。一项科学技术的发现或发明，同时被几个人在不同地方各自独