

彩图科技
百科全书

国家科技进步奖

神奇的 微观世界

我的第一套科普书

SHENQI

GUAN SHI JIE

《彩图科技百科全书》编辑部编

上海科学技术出版社



神奇的 微观世界

《彩图科技百科全书》编辑部编

上海科学技术出版社

图书在版编目(C I P)数据

神奇的微观世界/《彩图科技百科全书》编辑部编.

—上海:上海科学技术出版社,2014.1

(彩图科技百科全书)

ISBN 978-7-5478-1958-6

I. ①神… II. ①彩… III. ①原子—青年读物 ②原子—少年读物 ③分子—青年读物 ④分子—少年读物 IV. ①O56-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第206054号

责任编辑 赵 伟

封面设计 耿天华

神奇的微观世界

《彩图科技百科全书》编辑部 编

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版

(上海钦州南路71号 邮政编码200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行

200001 上海福建中路193号 www.ewen.cc

北京市科星印刷有限责任公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 8

字数:150千字

2014年1月第1版 2014年1月第1次印刷

ISBN 978-7-5478-1958-6/N·69

定价:29.80元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向印刷厂联系调换

《彩图科技百科全书》编辑委员会

名誉主编

周光召

科学顾问

李政道

主 编

张存浩 陈 竺

编辑委员

(以姓氏笔画为序)

甘子钊 李启斌 杨玉芳 汪广仁 陈宜张
郑 度 赵寿元 郭慕依 傅继梁 潘际奎

分册主编

甘子钊 李启斌

分册编辑委员

(以姓氏笔画为序)

冯珑珑 厉光烈 孙昌璞 陆 栋
陈敏伯 姚子鹏 胡中为 褚君浩

《彩图科技百科全书》编辑部

总策划

胡大卫 翁经义 吴智仁 应小雄 张跃进

策划编辑

潘友星 段 韬 濮紫兰

科学编辑

(以姓氏笔画为序)

丁荣源	卞毓麟	毛文涛	王 模	邓荣辉	冯永清
叶 宏	叶 剑	乔馥娟	伍唐生	应兴国	张 悌
张毅颖	杨志平	沈 岩	季英明	段 韬	胡 炜
赵玲丽	钱开鲁	曾 文	鲍国华	潘友星	濮紫兰

美术设计与统筹

卜允台

美术编辑

邵福建 罗履明

出版说明

我社于2005年出版的《彩图科技百科全书》是一套面向广大公众的彩图版科学技术百科全书。该书由各学科逾340位专家历时近10年编撰完成，因其原创权威的内容、独特的知识体系划分和编撰形式，荣获2008年度国家科技进步奖二等奖、新闻出版总署首届“三个一百”原创图书工程、第二届国家图书馆文津图书奖、上海图书奖一等奖、2007年度上海市科技进步奖二等奖等奖项，创造了很好的社会价值，带来了不同凡响的社会影响。

当前，随着科学技术革命的日新月异，科技力量成为国与国之间国力竞争的焦点，科学普及和传播的重要性愈益凸显。青少年是祖国的未来，加强青少年科普教育，是我国科学技术普及工作不可或缺的重要组成部分。

针对目前青少年科普图书现状，我社在《彩图科技百科全书》基础上，特别策划“彩图科技百科全书”丛书。这是一套供青少年阅读的彩图版科学技术百科全书，它试图以当代科学的眼光，描绘一幅关于自然世界和人造器物世界的长卷画面，让青少年读者基本了解现代科学技术知识的总体概貌，形成合理的知识架构，掌握基本的科学观点、科学方法和科学精神。

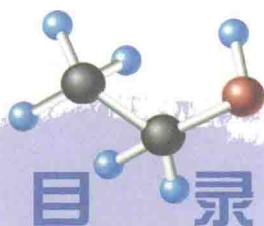
本套丛书根据青少年读者阅读特点和认知规律，精选适合青少年阅读的条目，整理成20个主题，独立成册。每分册条目均从客观对象而非抽象概念入手，深入浅出地对条目的主题进行跨学科、综合性和探索性的描述。条目内容通过释文和示图

两种方式展开，通过大量原创精美的图片以图说形式解释抽象的科学技术知识，力求融科学性、趣味性于一体。

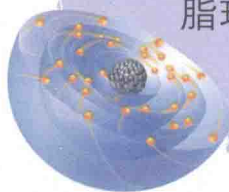
这些设计和努力，是希望为青少年读者勾画出科学技术现代疆界的基本轮廓。然而，要把这个轮廓勾画完整，还要容易理解，不是一件容易的事。特别是，要用彩图示意，既要吃透科学内容，又要有好的艺术构思，是编纂工作中的难点。编纂者诚恳地希望通过本丛书的出版，能为青少年现代科学素养的提高添砖加瓦，同时，也希望汲取反馈意见和建议，进一步提高编纂水平，更好地为广大青少年读者服务！

《彩图科技百科全书》编辑部

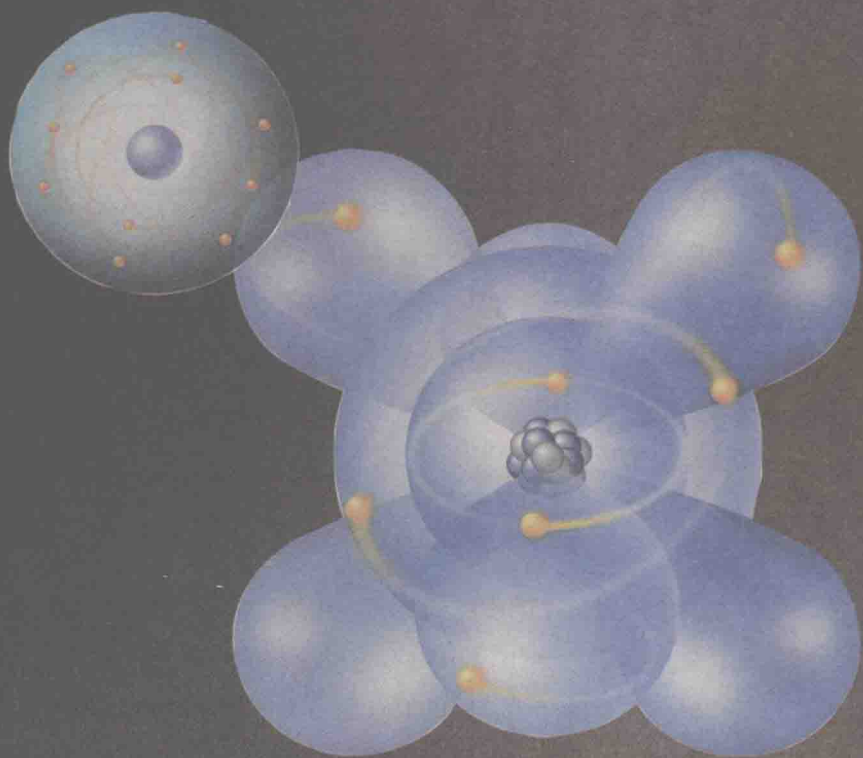
2013年8月



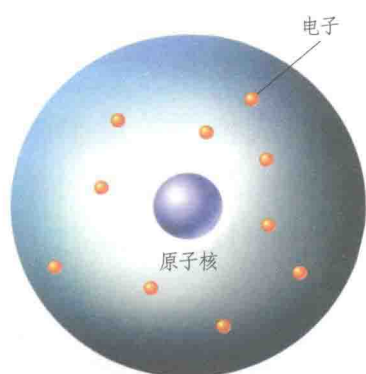
原 子.....	2
元 素.....	8
分 子.....	16
手性分子.....	24
自 由 基.....	30
布朗运动.....	36
化 学 键.....	42
化学反应.....	48
催 化 剂.....	54
胶 体.....	60
氢.....	66
稀有气体.....	72
碳.....	78
氮.....	84
氧.....	90
磷.....	96
硅.....	102
烃.....	108
脂环化合物.....	114



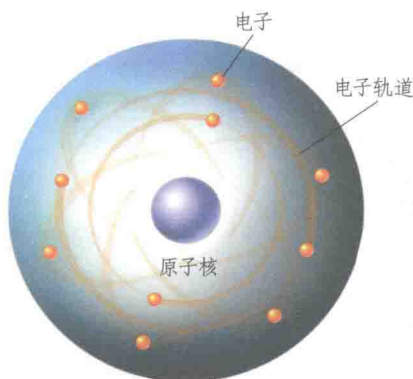
本书将带你走进神奇而美妙的
微观王国，一窥原子和分子的真
面目。原子是组成物质的最小微
粒吗？什么是自由基？诸如此类
的问题都能在书中找到答案。



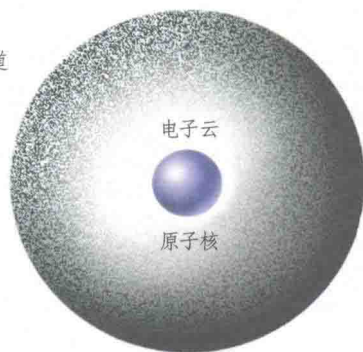
原子



卢瑟福模型



玻尔模型



量子力学模型

原子模型的演变 卢瑟福模型认为，原子由居中心的原子核和核外电子组成，电子绕核不停地运动；玻尔模型指出，核外电子只能处于某些特定状态之中，能量取某些定值，即是量子化的，但玻尔模型没有考虑到电子运动的波粒二象性；量子力学模型认为，电子的运动应该用电子在给定时间内在空间的概率分布来描述，这种概率分布可形象地用电子云来描绘：电子出现概率大的地方，电子云“浓密”，反之，电子云“稀薄”。

原子是物质结构中介于分子和原子核之间的一个层次，是构成单质和化合物分子的最小微粒，半径约 10^{-10} 米。原子由原子核和电子组成，原子核集中了原子全部质量的99.95%以上，半径仅为原子半径的万分之一，带一定数目正电荷，电子在核外空间不停地运动。

原子概念的发展

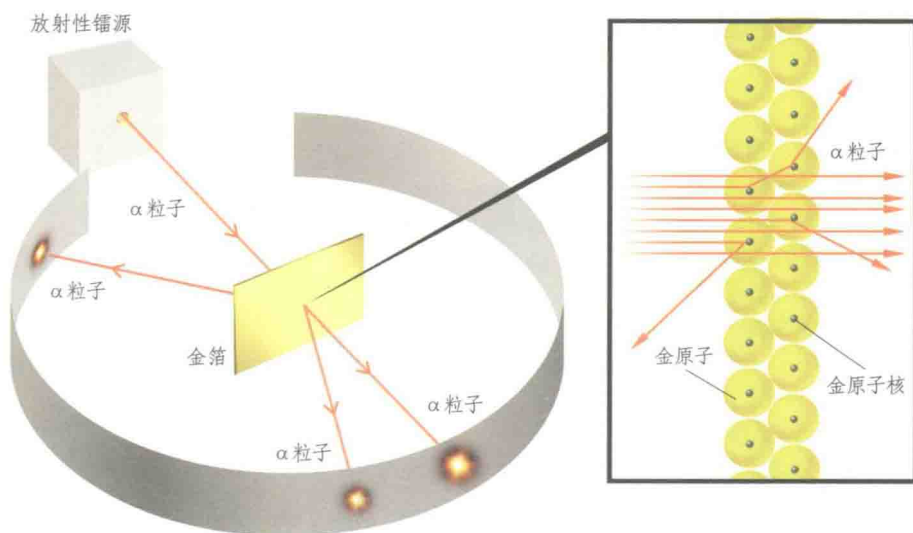
古希腊思想家德谟克利特等人认为，物质不能无限地分割下去，分割到最后会出现小到不能再分割的极微小的粒子，叫做“atomos”，这个希腊词的原意是“不可分割的东西”。

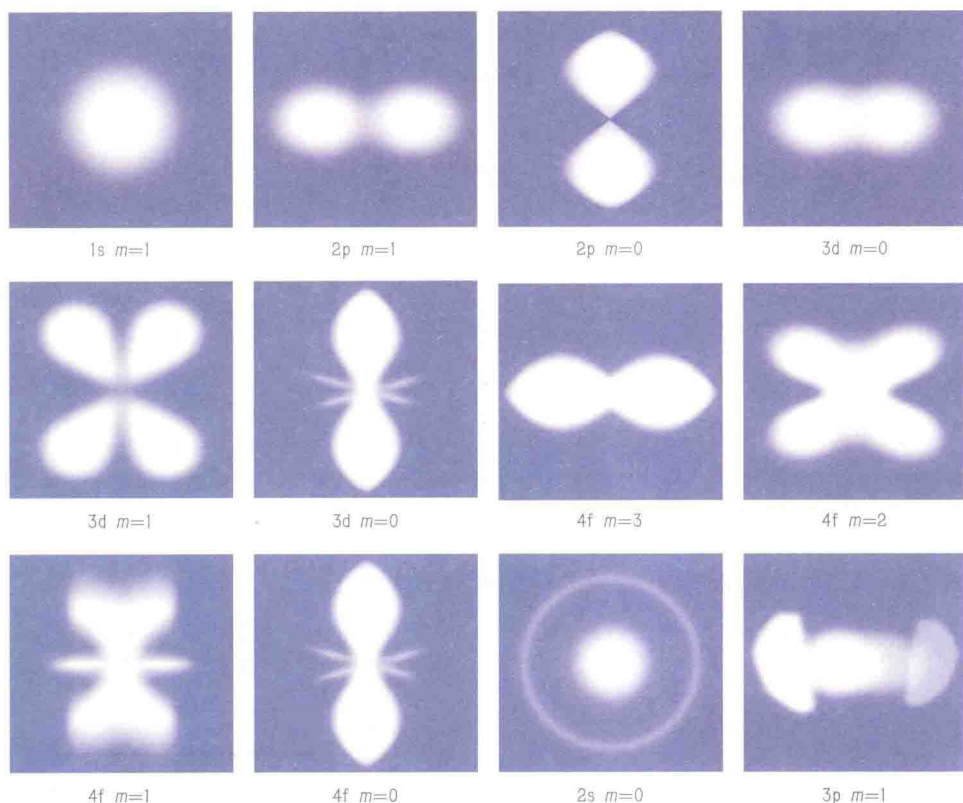
19世纪，英国道尔顿等人提出了近代原子学说，认为一切化

学元素都由不能再分割的微粒组成，称为原子；原子在一切化学变化中均保持不可再分性；同一种元素的原子的性质和质量都相同，不同元素原子的性质和质量都不同；不同元素化合时，这些元素的原子按简单整数比结合成化合物。

电子的发现使人们认识到原子中有带正电和带负电的部分。放射性发现后，认识到放射性元素的原子会因其原子核发射出 α 粒子、 β 粒子等放射线而衰变为另一种元素的原子。因此，关于原子不可分割的说法需要加以修正。同位素的发现改变了同一种元素的原子其性质和质量都相同的说法，因为同一种元素的各种同位素原子的化学性质虽相同，但质量却各不相同。

α 粒子散射实验 这是卢瑟福指导其助手所做的 α 粒子散射实验示意图。从铅盒内的放射源射出的 α 粒子，经过一张很薄的金箔时与金原子发生碰撞而被散射。探测到各种角度处都有不同程度被散射的 α 粒子，但绝大多数 α 粒子无碰撞地直线通过，个别 α 粒子竟被原路弹回。这种现象只有假设金原子所带的正电荷都集中在一个很小的核上，才能得到合理的解释。





原子轨道 原子轨道是量子力学描述原子核外电子运动的原子轨道函数的简称。它可以用三个量子数来描述： n 是主量子数， $n=1, 2, 3, \dots$ ； l 是轨道量子数， $l=0, 1, 2, \dots (n-1)$ ； m 是磁量子数， $m=0, \pm 1, \pm 2, \dots \pm l$ 。不同的轨道形状也不一样。

原子的稳定性

地球上天然存在的元素只有90种，加上实验室里人工制造的元素，元素总数为110余种。地球上数以千万计的化合物，都由这90种元素原子构造而成。当然，各种元素原子参与程度并不均等。按质量计，地壳中丰度最大的10种元素依次是：氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、氢和钛，而生物体中10种主要元素依次是：氧、碳、氢、氮、

钙、磷、氯、硫、钾和钠。宇宙中最多的原子是氢原子，它占了宇宙全部原子数目的75%左右。

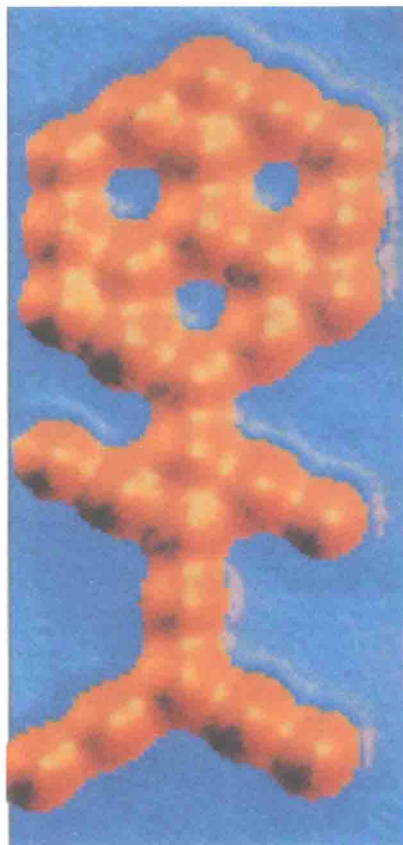
原子作为构成万物的基本单元，必须具有稳定性。原子的稳定性是指原子核的稳定性。非放射性元素的原子核都极为稳定，在一般条件下，不论发生什么物理、化学变化，原子核都保持不变。原子的另一特性是它的同一性，同一种类(原子序数相同)的所有原子的化学性质都相同。

原子的寿命取决于原子核的稳定性。周期表上大部分元素的原子都是稳定的。氢原子是极稳定的，因为其原子核中质子的寿命至少在 10^{32} 年以上。质子的寿命是无限长还是有限长，这关系到大统一理论的正确与否。

原子模型

1911年，英国物理学家卢瑟福通过 α 粒子散射实验发现，在原子里有一个带正电的原子核，它集中了原子质量的99%以上，但它极小，半径只有原子的万分之一。卢瑟福因此提出了原子有核结构模型，认为正电荷集中在原子的中心范围，而电子像行星绕太阳运动一样，被束缚在这个中心周围运动。这一模型虽然能成功地解释 α 粒子散射实验中极少量粒子几乎沿原路返回的现象，但与经典物理有着极为深刻的矛盾。根据经典力学和电磁学理论，绕原子核运动的电子在速度改变时要发生辐射，引起能量损失，最后坍缩到原子核上，但现实中原子大多是稳定的。

原子小人 这是用原子力显微镜将28个原子组装成的一个“原子小人”，图中的红色与蓝色是假彩色，为的是将“原子小人”与其背景分开。



1913年，玻尔把量子假说引入原子有核结构模型，解决了原子不稳定这个困难。他提出两条假设：一是原子中的电子只能处在一系列能量不连续的稳定状态(称为定态)，处于定态的原子，其电子具有一定的能量值；二是当原子中的电子从一种定态跃迁到另一种定态时，会

产生辐射(或吸收)，辐射(或吸收)光子的频率与两种定态之间的能量差成正比。在解释氢原子谱线方面，玻尔模型取得了巨大成功，但把它应用到更复杂原子体系时遇到了一定的困难。量子力学的建立最终给出了原子的精确模型。量子力学模型认为，原子中的电子除了具有粒子性外，还具有波动性，即具有波粒二象性。电子的波动性可以用时空点上的波函数描述，波函数模的平方代表了电子在空间的概率分布。在量子力学中，原子中电子的定态是薛定谔方程的本征态，相应的本征值就是原子中电子的能量。能量相同的所有电子状态称为处于同一能

级。原子的电磁辐射可描述为从一个能级到另一个能级的电子跃迁。

原子的波粒二象性

原子核外电子同时具有波动性和粒子性，虽然不能确切知道它的运动轨迹，但能知道它在核外某处出现的概率。电子在核外空间的概率分布的平方根称为原子中电子的轨道，又称原子轨道。电子在不同轨道上具有不同的能量，这些轨道的能量不是连续的，而是分立的，构成该原子中电子的一连串能级。与最低能级对应的电子状态叫基态，比基态能量高的都叫激发态，电子处于基态或较低激发态的原子吸收一定能量的光子后，电子从较低能级跃迁到较高能级。处于激发态的原子中的电子也会从较高能级跃迁回到较低能级，从而发射一定能量的光子。

由于原子中电子在跃迁时发射或吸收的光子能量只能取某些分立的值，原子光谱的谱线波长也就只能是某些分立的值。不同原子的光谱线有各自不同的波长，光谱线的波长数值就成为不同原子的特征“指纹”。

按照德布罗意物质波的观点，原子自身作为一种微观粒子也具有波动性。原子的物质波波长极短，大约只有电子波长的千分之一，如果利用这一特点制造原子干涉仪的话，它的灵敏度要比现有的计量仪器提高上亿倍。

元素

元素是具有相同核电荷数(质子数)的同一类原子的总称。
1661年,英国玻意耳第一次为化学元素下了一个科学的定义,
认为元素“应当是某种不由任何其他物质所构成的或是互相构

族 周期	I A	II A											元素符号 — C — 原子序数 碳 — 元素名称 12.011 — 相对原子质量 金属 准金属 非金属 过渡金属 稀有气体	
1	H 1 氢 1.008													
2	Li 3 锂 6.941	Be 4 铍 9.012												
3	Na 11 钠 22.990	Mg 12 镁 24.305												
4	K 19 钾 39.098	Ca 20 钙 40.078	Sc 21 钪 44.956	Ti 22 钛 47.88	V 23 钒 50.942	Cr 24 铬 51.996	Mn 25 锰 54.938	Fe 26 铁 55.847	Co 27 钴 58.933	Ni 28 镍 58.693	Cu 29 铜 63.546	Zn 30 锌 65.38		
5	Rb 37 铷 85.468	Sr 38 锶 87.62	Y 39 钇 88.906	Zr 40 锆 91.224	Nb 41 铌 92.906	Mo 42 钼 95.94	Tc 43 锝 98	Ru 44 钌 101.07	Rh 45 铑 102.906	Pd 46 钯 106.42	Ag 47 银 107.868	Cd 48 镉 112.411		
6	Cs 55 铯 132.905	Ba 56 钡 137.327	La-Lu 57-71 镧系	Hf 72 铪 178.49	Ta 73 钽 180.948	W 74 钨 183.85	Re 75 铼 186.207	Os 76 锇 190.2	Ir 77 铱 192.22	Pt 78 铂 195.084	Au 79 金 196.967	Hg 80 汞 200.59		
7	Fr 87 钫	Ra 88 镭	Ac-Lr 89-103 锕系	Rf 104 钨*	Db 105 铼*	Sg 106 钨*	Bh 107 铼*	Hs 108 铼*	Mt 109 铼*					

元素符号 — C — 原子序数
— 6 — 元素名称
— 碳 —
— 12.011 — 相对原子质量

金属
准金属
非金属
过渡金属
稀有气体

镧系	La 57 镧 138.906	Ce 58 铈 140.115	Pr 59 镨 140.908	Nd 60 钕 144.24	Pm 61 钷	Sm 62 钐 150.36	Eu 63 铕 151.965
锕系	Ac 89 锕	Th 90 钍 232.038	Pa 91 镤 231.036	U 92 铀 238.029	Np 93 镎*	Pu 94 钚*	Am 95 镅*

成的、原始的和最简单的物质”，“应该是一些具有确定性质的、实在的和可觉察到的实物，用一般化学方法不能再分解为更简单的某些实物”。

元素周期表 元素周期表是包含所有自然界存在的和人造的元素简表。元素按原子核内的质子数的递增次序依次一行行排列。周期表的横行称为周期，竖列称为族。

										0
										He 2 氦 4.003
		IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA				
		B 5 硼 10.811	C 6 碳 12.011	N 7 氮 14.007	O 8 氧 15.999	F 9 氟 18.998			Ne 10 氖 20.180	
		Al 13 铝 26.982	Si 14 硅 28.086	P 15 磷 30.974	S 16 硫 32.066	Cl 17 氯 35.453			Ar 18 氩 39.948	
IB	II B									
Cu 29 铜 63.546	Zn 30 锌 65.39	Ga 31 镓 69.723	Ge 32 锗 72.61	As 33 砷 74.922	Se 34 硒 78.96	Br 35 溴 79.904			Kr 36 氪 83.80	
Ag 47 银 107.868	Cd 48 镉 112.411	In 49 铟 114.82	Sn 50 锡 118.710	Sb 51 锑 121.757	Te 52 碲 127.60	I 53 碘 126.904			Xe 54 氙 131.29	
Au 79 金 196.967	Hg 80 汞 200.59	Tl 81 铊 204.383	Pb 82 铅 207.2	Bi 83 铋 208.980	Po 84 钋	At 85 砹			Rn 86 氡	
Rg 111 •	Uub 112 •			Uuq 114 •						

Tb 65 铽 158.925	Dy 66 镝 162.50	Ho 67 钬 164.930	Er 68 铒 167.26	Tm 69 铥 168.934	Yb 70 镱 173.04	Lu 71 镥 174.967
Bk 97 锫*	Cf 98 锪*	Es 99 铈*	Fm 100 镆*	Md 101 镎*	No 102 镅*	Lr 103 铹*