

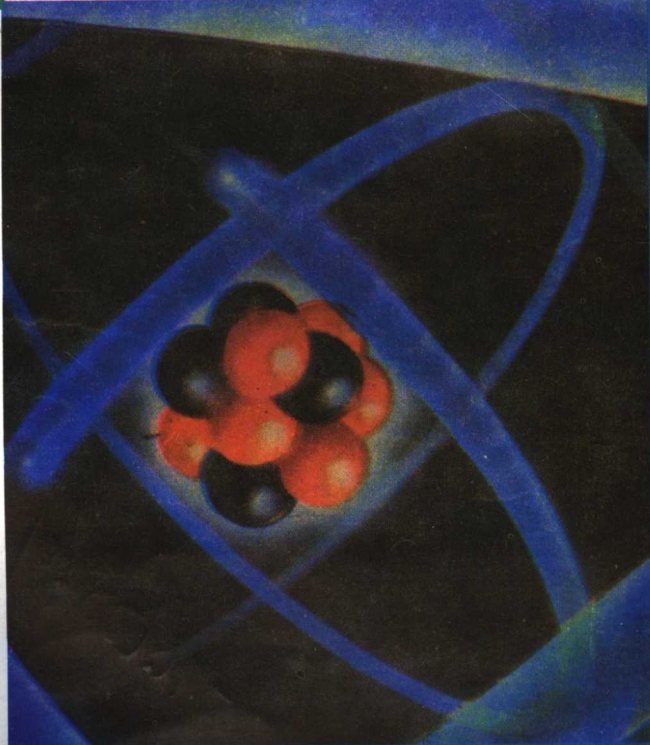
求知文库

中华人民共和国国家教育委员会办公室
中小学教材审定委员会办公室 推荐
荣获第七届“金钥匙”图书奖

看不见的舞台

——物质的微观世界

刘兵
编著
齐鲁出版社



中华人民共和国国家教育委员会
中小学教材审定委员会办公室 推荐

· 求知文库 ·

济南出版社

看不见的舞台

——物质的微观世界

□ 刘 兵

· 科学出版社

主 编

华 剑

副主编

胡晓林 方 鸣 慕 京

看不见的舞台

——物质的微观世界

刘 兵 编著

济南出版社出版发行

国家教委图书馆工作委员会装备用书

滨州教育印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 3 印张 60 千字

1992 年 9 月第一版 1996 年 8 月第 4 次印刷

印数 39001—6500 册

ISBN 7—80572—609—4/N·1 定价：3.20 元

目 录

（求知文库）

看不见的舞台

引子	(1)
一、原子论：从古代到近代	(4)
1. 原始的思辨	(4)
2. 科学原子论	(7)
二、来自原子内部的信息	(9)
1. 神秘的射线	(10)
2. 放射性的发现	(12)
3. 电子的发现	(15)
三、原子模型	(18)
1. 葡萄干点心模型	(18)
2. 与原子打台球	(19)
3. 新的困惑与新的理论	(22)
四、进入原子核	(25)
1. 现代“炼金术”	(26)
2. 云室中的证据	(28)
3. 不带电的中子	(30)
4. 原子核模型	(33)
5. 相似的“元素兄弟”	(34)
五、威力巨大的原子能	(37)
1. 人造的放射性物质	(38)
2. 中子与核反应	(40)

目 录

（求知·博）

看不见的舞台

3. 原子核的裂变····· (43)
4. 链式反应····· (45)
5. 原子弹的故事····· (47)
6. 双刃的利剑····· (50)
7. 热核聚变····· (52)
- 六、奇妙的量子世界····· (55)
 1. “量子”概念的诞生····· (57)
 2. 又是波动又是粒子的光
····· (60)
 3. 物质粒子的波动性····· (63)
 4. “‘上帝’掷出的骰子”
····· (67)
 5. 不确定的原理····· (70)
- 七、粒子家族····· (74)
 1. 正电子与反物质粒子
····· (74)
 2. 难以捕捉的中微子····· (79)
 3. 核力的传递者····· (82)
 4. “粒子粉碎机”····· (84)
 5. 粒子的分类····· (87)
- 八、走向统一····· (90)

引 子

“不看不知道，世界真奇妙”。当我们环顾周围丰富多彩的世界时，我们不禁为自然界鬼斧神工的造化而惊叹。夏夜，当你仰望万里星空，看着璀璨的繁星在远方闪烁，壮阔的银河横跨天际，如果你是个富于幻想的人，你也许会联想起牛郎织女的美丽传说。但另一方面，如果你同时又是一个科学想象力丰富的人，你也许会想象自己置身于深邃而又神秘的太空中，看到日月星辰在轨道上按照人类所发现的规律一丝不苟地运行，看到银河中的一个一个“太阳系”，甚至看到在地球上用肉眼所难以看清的无数河外星

系。的确，在宇宙深处，隐藏着无数令人心驰神往、有待我们去探索的奥秘。这是一个宏大的世界，代表了一种极端的方向。然而，你可曾想到过，在另一个相反的极端方向上，也就是说，对同样为肉眼所无法看清的微观物质的探索，也会向我们展示一个更加神奇、更加不可思议、更加激动人心的世界？

顾名思义，所谓微观，当然就是非常小的意思。不过，像“微”与“小”这种日常语言经常带有一定的模糊性。比如说，显微镜下的细菌是非常微小的，它们是不是生活在微观世界中？又比如说，当你觉得这本书枯燥无味，一生气将它撕得粉碎时，究竟要“粉碎”到什么程度，这些“碎片”才算进入了微观世界？在科学领域中，对概念的定义要非常准确，容不得半点含糊。例如，有一名叫《在 10^{-13} 厘米以内》的优秀科普著作，讲的是有关“基本”粒子的知识，这显然属于微观世界的范畴，而它则把讨论的范围限定为，以厘米作单位，在小数点后加13个零的尺度内。至于本书，为了通俗起见，不妨从另一个角度考虑，将标准适当放宽一些，把讨论范围限定在分子和原子的层次以下。

在我们进入正题之前，先要提醒读者注意的是，微观世界与我们所熟悉的宏观世界是有很大区别的。对这个光怪陆离然而又真实存在的世界我们要有充分的思想准备。我们不能把在宏观世界中获得的经验无条件地外推到微观世界中，我们无法用肉眼“看”到原子，无法

用手去触摸原子的“软硬”，无法用鼻子嗅到原子的“气味”，尤其是，许多习以为常的观念甚至一些经典物理学的规律在微观领域中也不再适用。实际上，正是这一现实给科学家们探索微观世界带来了巨大的困难。但另一方面，正是由于科学家们历尽坎坷，揭示了微观世界独特的规律，才带来了一场物理学的革命，极大地开拓了人们的视野，更新了人们的观念，解放了人们的思想。从这种意义上来说，作为一个现代人，如果对微观世界一无所知，那几乎就像不知道哥白尼的日心说和达尔文的进化论一样，他的知识肯定是不完善的。

我们可以打这样一个比喻，假使你要想了解一家饭店的情况，通常有两种方法。一种是坐下来将这个饭店菜谱上的每一道菜都品尝一遍，这样做固然能全面地了解这个饭店的情况，但却要花费大量的金钱和时间。另一种方法则是利用有限的金钱和时间有选择地品尝这家饭店的特色菜。鉴于有关微观世界研究领域的巨大和本书篇幅的限制，我们将采取第二种办法，即选择了一些最基本的概念、最重要的事实及最有趣的问题予以论述，重点放在介绍有关微观世界的特殊性以及微观世界与人们所熟悉的宏观世界的差异，从而起到增长知识和开拓视野的作用。

好了，从现在开始，让我们一起到微观世界中去漫游吧！

一、原子论：从古代到近代

1. 原始的思辨

当我们环顾四周时，我们看到的物体都是所谓的宏观物体，要想了解微观世界的情况，就必须把宏观物体“打碎”，或者说“分解”，然后才能进行研究。实际上，早在古代，人们就已在思考这样的问题了。在我国古代著名的《庄子》一书中，有这样一段话：“一尺之棰，日取其半，万世不竭”。意思是说，如果有一根一尺长的木棍，每天都把它截去一半的话，日复一日，一万代也

不会有终结。这确实是很了不起的思想！当然，你可以做一下简单的计算，在头几天，甚至还可以用手去掰这根木棍，但当截到第十天的时候，剩下的就已经是一千零二十四分之一尺的薄木片了。在当时，远远没有合适的工具能把这一“取其半”的过程再继续下去。那么，怎么办呢？难道只有眼巴巴地等待着新工具的问世吗？

当然不必。别忘了，人还有一个了不起的大脑。当工具（或者用现代术语来说就是“实验手段”）还不完善时，人们可以在头脑中对所研究的对象进行抽象的思考。当你翻开任何一本科学史时，都会发现在古代萌芽阶段的“科学研究”都是这种思辨性的。

早在三千多年前，在中国就已经有了朴素的关于世界的物质组成的原始学说，即所谓的“五行说”。这种学说认为，世界上的万事万物都是由金、木、水、火、土这五种基本物质元素构成的。不同的物质元素相遇在一起，通过彼此相互作用，就产生了不同的物质。例如说，土、水、火相互作用可以生成陶器，土（即矿石）、火、木彼此作用可以炼出金属，等等。

二千多年前，在另一个文明古国，即古希腊，也产生过类似的学说。在那里，先是有人提出，世界上的万事万物都是由单一的“元素”所组成，例如像水、火，甚至“数”（一个从数字抽象出来的概念）等等。后来，又有人综合了这些见解，认为水、气、火、土皆为万物之本。就像画家用四种颜料可以调配成各种深浅的色彩一

样，这四种元素按不同比例结合，也可以形成各种不同的物质。

我们可以把上述这些学说称之为“元素说”，当然，它们是很古老、很原始的元素说。这些元素说虽然与我们上面谈到的物质微观结构有一定的联系，但这些学说中的物质本原还都比较直观，因此，一些古希腊的思想家们也感到不满足，转而企图从更深的层次去探索物质的构造。大约在公元前三四百年的时候，古希腊的哲学家留基伯和德谟克利特等人提出，宇宙万物只是由两种东西构成的，这两种东西就是原子和虚空，虚空为原子存在和运动的场所。在希腊语中，原子是不可再分割的意思。这种原子论认为，世界上一切物体的不同，都是由于组成它们的原子在数量、形状和排列上的不同所造成的。一百多年以后，另一位叫伊壁鸠鲁的古希腊思想家又进一步发展了这种原子论。一方面，他也认为可以用原子在虚空中的运动、原子的分离和结合来解释一切自然现象，但他又提出，原子本身不仅有形状的差异，而且还有大小和重量的不同。因此，在某种意义上，可以说伊壁鸠鲁已经按照他自己的方式知道原子量和原子体积了。当然，这些理论还远不是现代意义上的科学理论。

2. 科学原子论

转眼间，一千多年过去了，经过了漫长的中世纪，从16世纪末开始，首先是由一些哲学家恢复和发展了古希腊的原子论。后来，许多自然科学家也加入到这一行列里来。其中，包括像著名的波义耳和牛顿等人。例如，牛顿就认为，一切物质都是由不可再分的原子构成的，不同的原子大小、形状、密度和内部的吸引力也不同。他甚至以此来解释一些当时已知的化学反应。

然而，真正的科学原子论的出现，主要标志是人们对原子量的认识。在这方面，做出了开创性贡献的，是一位名叫道尔顿的英国科学家。道尔顿曾经当过中学教员和家庭教师，除了教授数学和哲学外，他对气象学也很感兴趣，曾在五十多年中日复一日地坚持记录气象观测结果，总数竟达两万多次，可见其意志之坚强。然而，真正使道尔顿名垂千古的，却是他关于原子论的工作。在19世纪初，道尔顿提出，化学作用的最小单位是原子，任何元素都是由同一种类的原子所构成，原子在化学变化的过程中不会改变。同一类元素的所有原子都具有相同的质量，而不同种类元素的原子质量则不一样。因此，原子的质量是元素的一个重要特性，每一种元素都可以用其原子量来代表。进而，他假定已知最轻的元素氢的原

子量为 1, 并由此推算出了 14 种元素的原子量。当然, 由于当时知识水平的限制, 道尔顿在某些例子中所推算出的原子量与我们今天知道的精确值相差较大, 但无论如何, 道尔顿建立的科学原子论真正为科学开辟了一个新的时代, 也对人们在物质结构方面的认识起了相当大的推进作用。在此影响下, 随着有机化学结构理论的提出, 到 19 世纪 60 年代时, 一些化学家们甚至声称: 无论是什么东西, 只要知道了它的化学结构, 就可以按照化学成分把它构造出来。

至此, 由于在原子论基础上发展起来的化学在各方面的成功, 人们对于原子论的信念进一步加深了。但是, 就人们对物质结构的认识来说, 道尔顿的这种原子论是否真的就是最后的结论? 原子是否真的就是不可再分割的构成物质的最小单位?

二、来自原子内部的信息

对于化学家们来说，暂时还不需要进一步去探索原子内部的奥秘，因为他们所关心的化学反应只涉及到原子层次的作用。但关心世界的更基本构成的物理学家则不然。在这里，引导人们步入新领域的，却是对自古以来就引人入胜的电现象的研究。从19世纪上半叶开始，通过像法拉第、麦克斯韦等科学家的努力，系统的电磁学理论已经建立起来。但是，关于电的真正物质基础，例如，电究竟是连续的还是分立的？物理学家们一直在争论之中。因此，此时还不能说对电的运动已经有了深刻的理解。不过，

到 19 世纪末，随着技术的进步，物理学家们成功地制造出了一些不可思议而且极其灵敏的仪器。其中最特殊的一种精巧的仪器，就是阴极射线管。阴极射线管初看上去似乎并没有什么惊人之处，它通常只是一根被抽成真空的玻璃管，其中分别有金属制成的阴极和阳极。当把电极连接在高压电源上时，在对着阴极的管壁上就会有一种荧光出现。人们由此推论，荧光必定是由于从阴极发出的某种射线撞击在玻璃管壁上而产生的。关于阴极射线的本质的研究，一时间成了各国物理学家普遍感兴趣的一个中心议题。但人们未曾想到的是，正是利用这种仪器所进行的研究，把隐藏在原子内部的信息揭示在人们面前。

1. 神秘的射线

在 19 世纪末，有一位叫伦琴的德国物理学家，在德国的大学中从事物理学研究，到 1895 年时，他已经写了 48 篇论文，算得上是成果累累了。但从现在的观点来看，这些论文大多已为人所遗忘，而只是他的第 49 篇论文才真正地击中了金色的靶心。那么，这篇特殊的论文描述的是一个什么样的重要发现呢？

在 1895 年 11 月 8 日的夜晚，伦琴正在用阴极射线管进行实验，实验室是一间密不透光的暗室。他把一张黑

纸包在管子的外面，黑纸挡住了一切可见的光线和紫外线。当伦琴接通高压电源时，他意外地发现，在实验台上涂有铂氰酸钡的纸屏放射出淡淡的荧光。这可真是一件怪事。因为这一现象显然无法用阴极射线的性质来解释，当时人们知道，阴极射线只能穿透几厘米的空气，而伦琴所用的阴极射线管被包在黑纸内，没有光或阴极射线能从里面透出。这个没有想到的现象的出现，使伦琴感到意外和困惑不解。他把厚达 1000 页的书、2—3 厘米厚的木板以及 15 毫米厚的铝板分别放在管子和纸屏之间，结果这些东西仿佛就像透明的一般。当他在管子前面移动手，在纸屏上还看到了自己手掌的骨骼。

在随后的七个星期里，伦琴把自己关在实验室中，紧张地继续进行“秘密”的实验研究，终于确信自己发现了一种新的、具有强大穿透力的射线，它是由阴极射线打到玻璃管壁上所产生的。使用它来照相时，可照出木盒中的法码、有绝缘包皮的金属线等。尤其引人注目的是伦琴夫人的手掌骨照片，手骨和手指上的结婚戒指都清晰可见。由于对这种射线的性质了解还不多，伦琴把它称为“X 射线”。1895 年底，伦琴的论文发表后，几天内，这个惊人的消息就传遍了全世界，引起了一场科学史上罕见的轩然大波。人们纷纷投入了对 X 射线的研究，关于 X 射线的各种研究论文有如雨后春笋一般，一年之内，竟有 1000 多篇论文和 48 种专著和小册子问世。最先引起重视的，是 X 射线在医学上的应用，伦琴夫人的手掌骨照片成了

最轰动的新闻。因为它表明可以隔着皮肉透视骨骼，为医学诊断提供了有力的新手段。时至今日，当我们到医院去作透视检查时，利用的仍然是伦琴当年发现的 X 射线。

伦琴由于发现了 X 射线，他光荣地成了第一位诺贝尔物理学奖的获得者。X 射线的发现，不仅给医疗保健事业带来了新的希望，更重要的是，它加速了人们对原子的更进一步的研究，导致了随之而来的一系列重要发现，敞开了—扇通往微观物理学新世界的大门。

2. 放射性的发现

X 射线的本质虽然一时还不清楚，但科学家们仍为此发现而激动不已。它立即导致了人们对放射性这种新的物理现象的发现。1896 年初，法国物理学家贝可勒尔在听到了有关 X 射线发现的消息后，马上就想到，X 射线可能与他长期研究的荧光有关。实际上，贝可勒尔以及他的父亲和祖父都是以研究磷光和荧光而闻名于世的物理学家，这个家族从事这方面的研究已有 60 多年的历史了，他们的实验室里收集有各种各样的荧光物质。第二天，他就开始着手研究究竟有哪些荧光物质能够发射 X 射线。

贝可勒尔选用了一种他们研究过的铀盐，先把铀盐放在阳光下暴晒，让它能够发出荧光，然后再把它放在用