

毀灭人类的核武器



前 言

在影响 20 世纪的诸多武器中，杀伤力、破坏力最大的当属核武器了。随着科学技术的飞速发展，核武器从原子弹发展到氢弹，从氢弹发展到增加辐射弹、电磁脉冲弹、核爆炸激励的定向能武器等，如今又开始研制第四代核武器。

在此之前，没有任何一件武器能有它那么大的威力和震慑作用。作为热兵器发展的极致，核武器相对于传统兵器已是质的跨越，有和无之间的差异不再是一场战争的胜负，而是一个国家或民族的彻底存亡。正因为原子弹（核武器）的特殊性，它成为大国武力的象征，成为战争最终真正的“撒手锏”。

20 世纪下半叶，出现了一种新的战争理论——“核威慑论”。1945 年 8 月 6 日和 9 日，两团蘑菇云从日本的广岛、长崎轰然升起，人类历史有了第一次迄今也是唯一一次核战争。当时 2 枚核弹的爆炸相当于 400 万门 76.2 毫米火炮齐射时产生的威力。正是它们夺去了十几万人的生命，几乎摧毁了那两座城市。

作为人类有史以来最大规模的血腥屠戮，在核武器的魅影闪现后戛然而止。核武器出现给人类和整个世界蒙上了一层阴霾。在核武器面前人类是脆弱不堪的。美俄现存的核武器，足以把全人类毁灭好几次，可以在 4 秒内使数百座大城市变为废墟，让数以亿计的人丧生。

据统计，今天地球至少存有 6 万件核武器，威力等于或超过 100 万个广



岛原子弹，或相当于 130 亿吨炸药，这个数字完全可以把地球毁灭好几十次，而分配到每个人身的炸药竟有 2 吨之多。在战争史上，或许没有哪个时代能像核时代那样，把威慑使用得如此频繁和广泛，也没有任何时代能像核时代那样使威慑具有如此之高的地位，发挥出如此巨大的作用。

当人类已打开了核武器这个“潘多拉魔盒”，要再想把核“魔鬼”放回去是何等艰难。在这种背景下我们缓缓打开了核武器知识的大门……

本书主要包括核武器的概述、种类以及制造过程，核武器的家族介绍，各国对原子弹的探索之路，核武器的危害与防护，核武器的未来等内容，通俗易懂，趣味性强。由于作者的能力有限，本书在章节安排和内容取舍以及文字表述等方面可能有不妥甚至错误之处，请大家批评与指正。



从原子能到核武器

原子能的发现

核武器，这个在武器界中“叱咤风云者”，它的出现完全改写了 20 世纪武器的发展史，实现了武器发展从热兵器时代向热核兵器时代的飞跃，它的破坏力让世界都震惊。它的研制过程复杂曲折，颇具神秘色彩。要了解核武器的发展史，就要从原子能的发现说起。

1894 年，牛津大学名誉校长、英国前首相索尔兹伯里在一次讲演中说：“每种元素的原子是什么，是不是一种运动，或是一件东西，或是一个旋涡，或是一个具有惰性的点？它的可分性是否有限度？……所有这些问题都像过去那样一直深深地笼罩在黑暗之中。”尽管如此，许多科学家一直在原子物理学领域辛勤耕耘。

现在我们都知道：世界上的万事万物都是由分子组成的，而分子又是由原子构成的。原子极小，最小的氢原子直径仅为一亿分之一厘米。若将 1 亿个世界上最大的原子排成一条直线，也仅有 4 厘米长。在阳光下可以看到的每一粒灰尘里，都有几十亿个原子。但在科技手段尚不太发达的 19 世纪，若想弄清如此极小的原子的奥秘，绝非易事。

由于原子太微小了，用肉眼和显微镜是不可能看到的。使科学家能够对原子内部观察第一眼的工具，是由威廉·克鲁克斯爵士发明的克鲁克斯管。克鲁克斯管有许多形式，通常都是玻璃做的，在管子相对的两端各嵌



一块金属板。两块金属板与一个电路相连，所以一块板是阳极，另一块板是阴极。若把管内的空气抽得越来越稀薄，充电时管内就充满了种种不同颜色的光辉。由于这种光辉像是来自阴极，所以把它叫作阴极射线。克鲁克斯管经过适当的改造，把管的一端做成平面，并涂上磷来加强荧光，就成为今天电视的显像管了。

英国科学巨匠、剑桥大学卡文迪许试验室的主任汤姆逊一直想要解开阴极射线的谜底，于是他做了一系列实验。

在第一个实验里，汤姆逊在克鲁克斯管内的阳极上包了一层化学制品。这种制品一旦受到阴极射线的撞击就会发荧光。接着，他在阴极射线的路径上放了一个金属十字架。在阳极上，他看到了十字架的阴影。从实验中，汤姆逊得知阴极射线是走直线的。

2

第二步，汤姆逊在阴极射线的路径上放了一个精巧而又能转动的蹼轮（一种像排气扇的轮子）。阴极射线能够使轮子转动。通过这一实验，汤姆逊了解到阴极射线是物质的粒子造成的，而不仅仅是一束光线。

在第三个实验里，汤姆逊在克鲁克斯管周围加上一个磁场。他把磁铁的北极和南极放在管子的两边。他观察到磁场使阴极射线或在阴极作用下运动粒子的轨道弯曲了。这个结果显示，粒子是带负电荷的。

在第四个实验里，汤姆逊把荷电板放在阴极射线的两边，量取使之弯曲所需的荷电量。由此他可以算出粒子的重量。汤姆逊发现阴极粒子的重量约为已知最轻的元素氢原子的 $1/2000$ 。

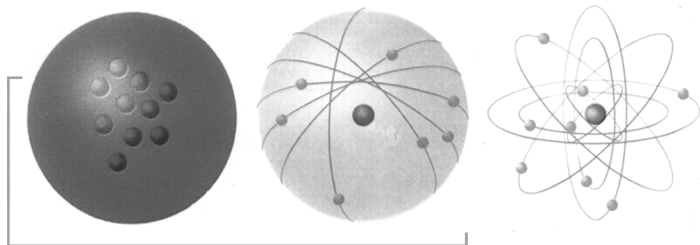
最后，汤姆逊用不同的阴极把微量的不同气体放在各个管子内。他发现在每一种情况下，粒子所发生的作用都是一样的。因此他猜想，这些粒子是一切物质所共有的，而且始终是一样的。

就这样，汤姆逊得到了许多有关阴极射线的知识。他知道它们走的是直线，它们是物质的粒子，它们带负电荷，重量非常轻，而且在一切元素里都可以发现它们。他深入研究这五个事实。

1897年4月30日，汤姆逊就阴极射线作了一个说明。他在皇家学会提出的报告中写道：“阴极射线是带负电的粒子。”由于这些粒子是来自原子里面，因此他得出结论：“原子不是不可分割的。带负电的粒子能够在电力



的作用下从原子中分裂出来。这些粒子不管是从哪种原子中分裂出来的，质量全都相同，而且带同样的负电荷。它们是一切原子的构成部分。”



原子模型——葡萄干面包模型

大家都相信，原子是物质的最小单位，原子里面再没有别的东西，它是不能分割的。现在，按照汤姆逊的说法，他发现了能够在每一种原子中都能找到的粒子。他把这些粒子叫作电子，意思是带电的粒子。电子很轻，汤姆逊后来测出电子仅占原子总重量的 $1/1400$ 左右。

汤姆逊根据这些实验结论假设了一个原子模型——葡萄干面包模型。他认为原子是一个带正电的球（面包）。在这个球里面散布着很小的带负电的电子（葡萄干），这些电子排列成一层一层的环。1906年，汤姆逊因测出电子的电荷与质量而获诺贝尔物理学奖。

神秘的 X 射线

1896年初，分布在世界各地的几位世界一流的科学家不约而同地收到了几张非常特别的照片。一张照片显示的是一枚在箱子里的指南针；另一张照片是一套在一个开着的盒子里的天平砝码。最惊人的是一张显示一双手的骨骼结构的照片！这是德国维尔茨堡大学的威廉·伦琴教授寄出的。几天之间，他成了举世闻名的发现神秘 X 光的人。

如前所述，在 19 世纪末，阴极射线是物理学的前沿问题。许多知名的物理学家都在研究阴极射线，伦琴教授也不例外。

1895年11月8日，伦琴像往常一样把一张黑色的硬纸板卷在克鲁克斯管外面，使射线不至于从边上漏出来，然后用管工作。后来，他关了灯，



离开了实验室。不一会儿，他忽然想起自己忘记关闭电源，将跟克鲁克斯管连接的感应圈停止工作，便返回实验室。他来不及开灯，就摸回桌边来纠正自己的疏忽。不料就在这时候，他看见旁边另外一张桌子上有件东西在放着不很明亮的冷光。那放冷光的物体原来是一张涂了铂氰酸钡的纸。铂氰酸钡是一种能放荧光的物质，只要旁边有强光向它照射，它就会放出自己的冷光来。

可是实验室里不是漆黑的吗？克鲁克斯管虽然还在发冷光，那样微弱的冷光却绝对不能使发光物质发生荧光现象。再说，克鲁克斯管外面还卷有黑纸板呢。那么究竟是什么，使这张光屏在黑暗中发光呢？

伦琴是一个思维敏捷、思考周密的科学家。他开始研究是什么使得这张纸板发光。他首先想到了阴极射线。他的直觉告诉他，可能有一种看不见的光线照在这种荧光纸上。这种射线肯定不是阴极射线。因为阴极射线在空气中所能透过的距离不超过 2.54 厘米，而克鲁克斯管距荧光纸很远，不止几厘米。但这种射线很可能与阴极射线有关。因为他切断电源，荧光消失了，再接通电源，光亮又重现了。

经过几个星期的连续实验和理论分析，他推想，当阴极射线（实际上是电子流）撞击玻璃壁时，是否会形成一种未知的射线呢？这种新射线可以穿透玻璃，通过整个房间，而当它撞击在化学药品上时便发出荧光。他拿了种种不同的物质隔在管子与罩子的中间，木头和铅使光线弱了一点；放上一块铅，光线就完全看不见了。这种射线能穿透平时不透光的轻质物质，如纸张、木片、铝片等，而且射线被吸收的数量与吸收体的厚度及密度大致成正比。由于骨骼的密度和厚度比肌肉大，因此用这种射线照射人



X射线的发现者——伦琴



体时，能留下骨骼的阴影。根据这一特点，伦琴拍摄到他妻子手指骨骼的照片，这是历史上第一张 X 光片。

由于当时人们对这种射线一无所知，伦琴就用未知数 X 来命名它，称它为 X 光或 X 线。后人为纪念伦琴，也称它为伦琴射线。

有关资料表明，在伦琴发现 X 射线之前，曾几位科学家也偶然发现过这种现象，可是他们认为它是干扰，只是想方设法去排除它，因而错过良机。而伦琴却能认真对待这种偶然性的发现，透过现象看本质，从中找出事物内部的必然联系。

结果，伦琴因发现 X 射线而成为第一位诺贝尔物理奖获得者（1901 年）。因此，谁善于捕捉意外事件，谁能透过大量纷纭复杂的偶然性现象揭示其必然性规律，谁就能有所发现、有所发明，登上科学的高峰。

伦琴发现 X 射线后，全球物理学界很快掀起了一股研究 X 射线热。法国科学界的泰斗彭加勒看了伦琴的实验报告后得出这样一个结论：既然 X 射线发生在荧光现象特别强烈的地方，那么，一切强烈的荧光物质都可能发射 X 射线。由于彭加勒是权威，许多法国物理学家对此深信不疑。1896 年 2 月，法国科学家贝克勒尔想通过实验证明这一结论。他先试着用不同的荧光材料做实验，看它们是否也发出 X 射线。他实验了 10 天，但无结果。后来，他用黑纸将照相底片包得严严实实，把强荧光物质铀盐（硫酸双氧铀钾）撒在黑纸上，并把这包东西暴露在日光下数小时。结果，他在底片上看到了预期的黑影。他错误地认为是日光导致了这一效应。当他准备重复做这一实验时，正逢巴黎阴雨连绵，他就将用黑纸包着的照相底片放在一个黑的抽屉里，铀盐还在上面。几天后，决定冲洗底片。由于没有日光照射，他预期影像会很弱，不料影像反差很大。这一事实和彭加勒的结论背道而驰。贝克勒尔不迷信权威，决心搞个水落石出。经过一系列实验，他发现荧光物质并不能穿透黑纸而使照相底片感光，而铀及其化合物却毫无例外地都能穿透黑纸，在照相底片上留下自己的痕迹。显然，铀及其化合物会自动放射出一种不同于 X 射线的新射线。科学家把这种奇异的现象叫作天然放射现象，把物质的这种性质叫作天然放射性。贝克勒尔由于发现了铀元素的天然放射性，而获得了 1903 年诺贝尔物理奖。



天然放射性的发现，引导人类走进了原子世界的大门。

居里夫人和卢瑟福的贡献

铀元素的天然放射性吸引了一大批年轻的物理学家。来自波兰的玛丽·居里此时刚刚大学毕业，正同丈夫法国物理学家比埃尔·居里一道从事放射性研究。他们在巴黎一间简陋的棚屋里，在落后的手工作坊条件下，钻研世界物理学最前沿的课题。居里夫人研究的第一个思路是，看看有什么因素能够影响射线。她发现热，以及化学结合，甚至 X 光都不能影响铀的这种射线。第二步她打算找出铀以外的哪些元素有这种射线。在试验过已知的每一种化学元素以后，她发现只有一种元素——钷是放出射线的。她把这种放出射线的的能力叫作“放射性”，把这类元素叫作“放射性元素”。1903 年，居里夫妇因发现钷及其化合物的天然放射性，与贝克勒尔共享诺贝尔物理奖。

现在居里夫人决定试验所有能搜集到的矿石的放射性。她设想只有包含铀或钷的矿石会显示出放射性，其他的不会。可是经过两年的不懈努力，他们发现：沥青铀矿和铜铀云母这两种矿石的放射性比铀本身强得多。居里夫人据此判断，这两种矿石中可能含有比铀的放射性更强的元素。居里夫妇用极简陋的工具，采用化学方法，把沥青铀矿加以烹煮、过滤，将已知的元素逐步分离出来，他们这样苦干了 1460 个日日夜夜，终于从数以吨计的矿石残渣中，提炼出两种少量的新元素——镭和钋。

1911 年，居里夫人因发现了镭和钋两种元素，并确定了镭的性质，又获得了诺贝尔化学奖。

1898 年，当时杰出的物理学家卢瑟福已在英国剑桥大学卡文迪许实验室工作了 3 年，成绩卓著。他现在开始研究非常热门的放射性现象。他首先研究了铀和钷发出的各种辐射，并命名了两种辐射：一种很容易被吸收，被命名为 α （阿尔法）辐射。另一种穿透能力强一些，被命名为 β （贝塔）辐射。后来法国人维拉发现了第三种辐射，被命名为 γ （伽马）辐射。卢瑟福在研究中发现， α 射线是带正电的高速粒子流，其速度约 20000 千米/秒。



以这样的速度，只用 2 秒就可绕地球一周。 β 射线是带负电的高速粒子流，实质上就是电子流。

1900 年，卢瑟福发现从放射性元素钍中放出一种放射性气体。不久，居里夫妇发现镭也放出一种放射性气体。卢瑟福找到一位叫索迪（1921 年因对放射性和同位素的卓越研究而成为诺贝尔化学奖获得者）的化学家，请他搞清楚这种放射性气体到底是什么。索迪经实验证实，这种气体是氡气（一种惰性气体）。显然，放射性元素会缓慢地自行蜕变成一种新元素，



居里夫人发现镭和钋

这是 20 世纪物理学的重大发现之一。1908 年，卢瑟福正是由于研究了放射性物质的自行蜕变而获得诺贝尔化学奖。在此之前，人们一直认为，原子是结构简单的最小微粒，如同建筑大厦中的每一块砖。现在看来，原子本身还有复杂的结构，并且会发生变化。

1906 年，卢瑟福开始研究原子内部结构。卢瑟福认为，要了解原子内部的情形，最好的办法是把它炸开。他们选择阿尔法粒子作为炸开原子的炮弹。平常叫阿尔法粒子的微粒实际上就是氦的原子核。它包括 2 个质子和 2 个中子。由于没有电子来跟质子的正电荷平衡，所以阿尔法粒子带有正电荷。但在当时，人们并没有原子核的概念，更谈不上质子和中子。

射击阿尔法粒子的炮是微微一小点儿的镭。镭是放射性元素，它连续不断地放射出阿尔法粒子。镭放在一个沉重的铅容器里面，仅开一个小口，让阿尔法粒子射出。

在第一个实验里，卢瑟福和助手盖革、马斯登把镭放在一块被阿尔法击中就会闪光的荧光屏前面。通过发出的闪光，他们能够数出阿尔法粒子对荧光屏的撞击次数。接着他们在镭与荧光屏之间悬一块很薄的、厚度不到 $1/40000$ 厘米的金箔。这东西虽然很薄，但是原子非常小，金箔还是比原



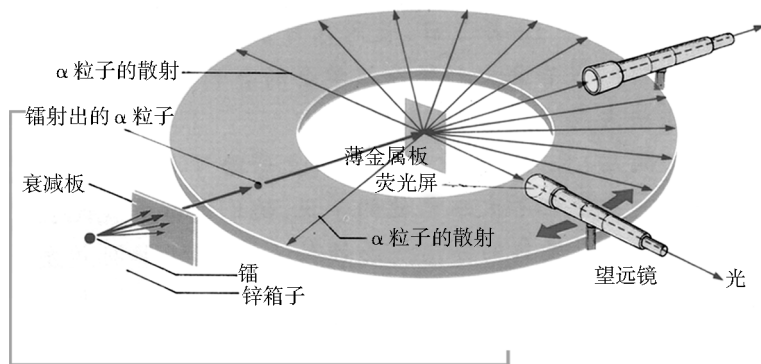
子厚 2000 倍以上。

如果你用一颗小石弹（阿尔法粒子）击向一张巨大的弹子台上紧紧地堆在一起的弹子（金原子），你想会怎么样？你也许会认为石弹一定穿不过去。可是，这却不是卢瑟福和盖革在这个试验里所得到的答案。他们照样看到了荧光屏上的闪光。阿尔法粒子能够穿过去！其中绝大部分是笔直穿过去的。但是，有极少数的粒子偏移过大。

两位科学家把荧光屏移到两边和金箔的前面。使他们惊讶的是，他们在各种角度都发现了闪光。更惊人的是，阿尔法粒子不仅穿了过去，有些还朝四面八方蹦开，甚至笔直向镭蹦回去。卢瑟福描述说，这是我一生中所遇到的最难以置信的事件。它几乎像你用一发子弹向一张薄纸射去，而它弹了回来却击中了你一样不可思议。

经过思考后，卢瑟福认为这种向后的散射一定是一次单独碰撞的结果。但计算后，他又发现这种情况的产生只可能有一种理由，那就是一个原子的绝大多数质量集中在一个微小的核上。

在反复实验研究的基础上，卢瑟福于 1911 年公布了他的原子模型构想，原子有一个很重的中心，叫作核。离核很远绕着核飞快旋转的是电子。每一个电子都在一种确定的轨道上运行着。电子的运行有各种不同的速度。最外层的电子每秒大约走 1000 千米，靠近核的每秒走近 15 万千米——光速的一半。



卢瑟福的实验示意图



卢瑟福拿原子的结构跟太阳系比。他说，原子核是原子的中心，正像太阳是太阳系的中心一样。电子隔着很远的距离沿轨道绕着中心旋转，正像行星隔着很远的距离沿着轨道绕着太阳旋转一样。如果原子的大部分是一个空壳，这就说明了阿尔法粒子为什么能够穿透金箔。如果原子内部有一个虽然很小、可是却带正电荷的核的话，这就会使一些带正电的阿尔法粒子偏离轨道，甚至弹回去。

虽然现在卢瑟福对原子的构造有了初步的认识，但是，还有许多问题需要解答。原子核是由什么组成的？电子的负电荷是靠什么来平衡的？卢瑟福又做了另一个试验来解答这些问题。这个试验跟第一个试验相似，只是这一次阿尔法粒子的目标是一些氮气，而不是金箔。他使用的一个很重要的装置就是由威尔逊（1927年诺贝尔物理学获得者）研制的云室。云室是一个充满水蒸气的壶。当壶里的活塞突然被拉低时，就会使里面的空气膨胀，温度降低。在这一瞬间，如果一些带电荷的粒子通过云室，水蒸气就会凝结在它们的路径上。拍下的照片会显示出粒子路径上水滴的痕迹。

正像卢瑟福所预期的那样，在这个用氮气做的试验里，绝大多数阿尔法粒子笔直通过氮原子的壳，只有极少数粒子撞上核，蹦开了。这进一步证明：原子除了中央有一个小核外，大部分是空的。卢瑟福还注意到，当他用阿尔法粒子撞击氮气时，产生了一个带正电荷的氢原子。我们现在都知道，氢原子通常核里面仅有一个质子，而没有中子，外面有一个绕核旋转的电子。如果把电子移走了，氢原子就只剩下一个带正电的质子。但是在当时，就是像卢瑟福这样世界顶尖的科学家也没有认识到这一点。这个实验给卢瑟福一个很大的启示：每一种元素的原子都有一个或更多的这种带正电荷的氢原子，卢瑟福把这种带正电荷的氢原子叫作质子。

在上述研究的基础上，卢瑟福提出了一个更完整的原子模型：原子的中央是由很重的带正电的质子构成的核。远离这个核的是很轻的带负电的电子。电子绕着核转，像行星绕着太阳转一样。

原子核与原子相比太小了，将1万多个原子核排成一条直线，也仅有原子的半径那么长。如果将原子放大1万亿倍，原子就会像一所大厅那么大，而其中的原子核直径也仅有1毫米，跟一个芝麻粒差不多大小。而电子却在



离它们几十米之外的地方绕着它高速旋转。表面上看起来非常密实的物质，如铁、钻石，实际上大部分都是空无一物的空间。具体地说，原子重量几乎都集中在原子核上，而原子核的体积却仅占整个原子体积的十万亿分之一。也就是说，几百立方米的物体，真正的物质所占的空间差不多仅有1立方厘米。因此粒子在物质中飞行和宇宙飞船在太空中航行差不多。毫无疑问，卢瑟福的原子模型比汤姆逊的葡萄干面包原子模型前进了一大步，但是仍然不够完善。

一个重要的理论缺陷是围绕在原子核周围的电子之间的作用力是斥力。根据数学计算，当两个或更多的电子彼此距离相等、在轨道上绕核旋转时，它们将进入振荡（不稳定）状态，原子会因此而破碎。可是实验证明原子并未破碎，卢瑟福的原子模型是正确的，这又如何解释呢？就在这时，一个关键性的人物登场了。

伟大的物理学家——玻尔

1911年9月，一个年轻的丹麦物理学家来到了剑桥。他就是后来成为上世纪仅次于爱因斯坦的伟大的物理学家玻尔。

玻尔出身于丹麦一个中产阶级家庭。祖父是很有声望的中学校长，外祖父是很有地位的银行家，父亲是哥本哈根大学生理学教授，母亲是很有才智的贤妻良母。玻尔在小学、中学和大学中一直是出类拔萃的。1911年他获得了哥本哈根大学的哲学博士学位。接着他又获得出国进修的资助。他选择了英国剑桥大学。



伟大的物理学家——玻尔

年轻的玻尔来英国求学时，起初在汤姆逊领导的卡文迪许实验室工作。



那时汤姆逊已是物理学界的大人物。汤姆逊第一次接见他时，他向汤姆逊坦率地介绍了自己对放射性、磁学等一些领域的想法。他还向汤姆逊提出了其电子理论中的错误。但不知是由于太忙，还是由于生气，汤姆逊对玻尔的想法并不关心。

玻尔对原子结构也有一些想法。按照已有的理论，围绕在原子核周围的电子应处于不稳定状态，但事实并非如此。玻尔想解开这个谜。后来，玻尔来到曼彻斯特拜访卢瑟福。虽然卢瑟福对理论物理学家怀有偏见，但却非常喜欢玻尔。两人一见如故，不久玻尔即成为卢瑟福众多学生中最有才华、最得意的一个。玻尔在晚年回忆时说，卢瑟福耐心倾听每一个年轻人的想法，只要他认为这个年轻人有想法，不管这个想法在他心中多么朴素。卢瑟福对身边工作的每一个年轻人都非常关心，并能够给予热心的指导，这也令玻尔难以忘怀。这种态度与汤姆逊的态度形成鲜明的对比。正是由于卢瑟福具有这种品德，才使他在一生中培养出 11 位诺贝尔奖获得者，这是一个迄今仍未打破的记录。

玻尔在曼彻斯特听了“放射性研究实验方法介绍”，接着开始学放射化学。他突发灵感，在几周之内就想到了放射性物质来源于原子核，而化学性质主要取决于电子的数目和分布。他有一种奇特的感觉：原子核的总正电量决定电子数，而电子又决定化学性质。因此，元素在元素周期表上的位置正好是核的电荷数（后来称之为“原子序数”）：氢排在第一位，核电荷数是 1；氦的核电荷数是 2。依此类推，直到第 92 位的铀。

玻尔现在有了一个思路来回答如何使理论上不稳定的电子稳定在围绕卢瑟福的核旋转的轨道上。卢瑟福对此非常重视，让他回到自己屋里去把它搞清楚。富于创造的玻尔想到引入普朗克（1918 年诺贝尔物理奖获得者）的量子理论来修正卢瑟福的原子模型。因为按照经典力学理论，加速运动着的带电体必然不断地发射电磁波，而原子中的电子似乎也不应该例外。结果通过电磁辐射，原子的能量将不断减少，而原子中的电子也将逐渐坠落到原子核上去，而且这一过程（按照有关计算）将在极短的时间内完成。显然这与事实不符。

玻尔起初设想，原子既然是稳定的，就会存在一些轨道，使电子可以



稳定在上面而不辐射光，不会螺旋形下降而毁掉。他找出这种模型的轨道数目，并发现它们与各种实验数值非常吻合。但是如何解释原子的非连续光谱呢？他的一位朋友建议他利用已有的光谱研究成果来研究原子模型问题。于是他研究了线光谱的规律性，特别是分析了有关的公式与数据，顿开茅塞，找出了轨道电子与光谱之间的关系。他提出：一个由核所吸引的电子通常占据一个稳定的基本轨道，称作“基态”。给原子增加能量，例如加热，电子的反应是跳到一个离核较远的能量更大的一个轨道上。增加更多的能量，电子继续跳到更远的轨道；停止增加能量，电子就跳回它们的基态。每次跳跃时，每个电子发射出一个有固定能量的光子。这种固定能量是由普朗克常数所限定的。即从高能态 W_1 到低能态 W_2 将放出光能 h 。用公式表示即 $W_1 - W_2 = hr$ 式中 h 为普朗克常数； r 为频率。玻尔以量子理论天才地解释了卢瑟福原子模型中悬而未决的问题。

1922年，玻尔由于在研究原子结构和在原子辐射方面的贡献而获得诺贝尔物理学奖。

查德威克捕捉中子

一般说来，辐射的能量来自原子核，可是在之前的实验中，并未放射出质子，难道放射出了中子？查德威克认为这种可能性很大。于是他带领学生做同样的试验。

查德威克用铍辐射源轰击氢、氦、锂、铍、硼、碳、氮、氧，结果表明所有的实验都打出了质子。查德威克据此提出了假设：铍辐射不是 γ 辐射，而是一种质量与质子很接近的粒子的辐射。因为 γ 辐射是光子辐射，不可能从原子核中打出质子。为了解释这种辐射强大的穿透力，必须假设粒子没有净电荷。他假设它就是卢瑟福在1920年讲演中所讨论的“中子”。

查德威克后来做了一系列实验，证明他的假设是正确的。

查德威克的发现，可以很好地解释原子序数与原子量的差异：原子核是由质子和中子组成的，原子核中质子的数目等于原子序数，而质子和中子数目的总和叫作质量数（原子量），如2个质子和2个中子组成了1个氦



核，氦的原子量为 4；7 个质子和 7 个中子组成 1 个氮核，氮的原子量为 14。此外，这一发现使人们很容易理解同位素：原子序数相同、化学性质也相同，但是质量不同的原子，由于在元素周期表中占有同样的位置，故被称为同位素。这些同位素的质子数相同，而中子数不同。

由于中子同 一个质子的质量相当，但不带电荷，它几乎不受核周围的“电子壳”的影响，核本身的电荷力也挡不住它。因此，它可以作为具有惊人穿透力的新的轰击核的炮弹。1935



捕捉中子的查德威克

查德威克因为发现中子而获得诺贝尔物理奖。

如果说放射性的发现使人类跨入原子世界的大门，那么中子的发现则是人类打开原子世界的第二道大门。因为这一发现不仅深化了人们对原子结构的认识，而且在原子能的解释上具有决定性意义。

惊人能量的发掘

原子的全部质量差不多都集中在原子核里，原子核的比重极大。如果将 1 立方厘米纯粹的原子核物质（即质子和中子）集中在一起，那么它的重量将达 1 亿多吨。

在原子核里，质子和中子之间有电的排斥力。此外，在核子之间还有一种很强的作用力。这种作用力就是核力。核力只在非常小的距离内起作用。一般每一个核子只与相邻的核子有核力作用，距离再大一点就不起作用了。尽管如此，核力作用仍然十分强大。据测算，如果一张纸纯粹是由原子核做成的话，则需要 200 辆火车头的拉力才能把它撕破。可见，“核力”是多么强大，原子核内蕴含的巨大能量是多么惊人。



其实，对原子内能量的研究早就开始了。1903年，卢瑟福和索迪研究了放射性衰变所释放的能量问题。其结论是：辐射变化的能比任何分子变化（通称化学变化）的能至少大2万倍，可能大10万倍。卢瑟福开玩笑说，假如能找到一种合适的起爆物，可以设想在物质中触发一个原子蜕变波，这将使整个世界消失在烟雾中。后来索迪写了一本书，名叫《镭的阐述》，书中提到：潜伏并束缚在原子结构中的巨大能量若能把它引出来加以控制，这将是一种改变世界命运的动力！吝啬的自然用一个杠杆小心地控制着所蓄能量的输出，那个能抓住这个杠杆的人将拥有一件武器，如果他愿意，就可以用它毁灭地球。

一位名叫威尔斯的作家、历史学家受《镭的阐述》一书的启发，敏锐地意识到原子结构中能量的重要性。他中止了一系列社会小说的写作计划，写了一本科学幻想小说（称为预言小说更确切）——《获得自由的世界》，于1914年第一次世界大战爆发以前出版。他在书中描写了发生在1956年的战争：英、法和美国组成的联盟反对德国和奥地利的世界战争爆发。当时一些先进国家已能大规模释放原子能作为工业能源，原子弹也造出来了。在这场战争中，世界上的主要城市全被原子弹所摧毁。该书给许多人留下了深刻的印象，但他们只是把它当作小说，并未思考这种事实上会不会发生。不过这本书对原子弹的许多预言与后来的事实是吻合的，而且它也确实对原子弹的诞生起到了促进作用。

1918年，汤姆逊的学生阿斯顿（1922年诺贝尔化学奖获得者）研制成功了质谱仪，用它可以准确地测量原子核的质量。他发现几乎所有的原子重量都十分接近整数，而且它们之间存在着近似的倍数关系。如氢为1.008，由4个氢集中在一起的氦为4.002。令人奇怪的是氦为什么不是4.032呢？氧不是16，而是15.994。这同整数的微小差别意味着什么呢？

阿斯顿经过一系列研究，做出了他的解释：原子核不会分裂开，是因为有像胶一样很强的东西使它们聚集在一起。这种“胶”现在称为结合能。要将几个氢原子聚在一个核中，需牺牲一些它们的质量。他把测量出来的质量与整数之差再被该整数除，得到的分数称为敛集率。他认为，“高敛集率表明聚集得比较松散，因此稳定性低，低敛集率则相反”。