

# 中子的发现

杜东生

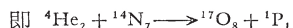
人类探索物质结构的奥秘走过了漫长而曲折的道路。科学家们历尽千辛万苦，用智慧的钥匙打开了微观世界一道又一道的大门，建立了一个又一个的里程碑。这些里程碑犹如一座座光辉灿烂的灯塔，指引着人类探索大自然奥秘的航船绕过各种暗礁，到达胜利的彼岸。中子的发现就是这许多里程碑中重要的一块。为了说明中子发现的背景和它的深远意义，我们必须追溯到两千多年以前的事。

公元前五世纪，古希腊哲学家德谟克利特提出了原子论，认为物质中存在着不能再分的最小单位——原子。物质就是由原子构成的。当时这种观念只是一种抽象的观念，人们并不知道原子是怎么回事。在神学占统治地位的漫长的中世纪中，原子论完全被遗忘了。一直到文艺复兴之后，古希腊的哲学才重见光明。经过了十七世纪机械的原子论和十八世纪化学原子论，在电子发现后半世纪即直到1908年卢瑟福才用 $\alpha$ 粒子在原子的散射实验确立了原子的有核模型。又经过了大约20年的艰苦努力才建立了正确的原子结构理论。这时人们才明白，原子的中心是一个很重的核，核外有电子围绕着。核的半径只有原子半径的十万分之一。电子与核之间靠电磁力相互作用。电子和核的运动遵从量子力学规律……这样，一门崭新的科学——原子物理学发展和完善了。此后，电子技术、半导体、计算机、自动控制和激光等学科逐渐在原子物理学基础上发展起来了。当然，在科学家们研究原子结构时并没能预料到它对工业技术的发展会产生如此巨大的影响。

原子物理学的建立只是向微观世界迈开的第一步，在原子结构理论确定之后，科学家们又开始向新的里程碑挺进了，这就是探索原子核的奥秘。

早在1896年，贝克勒尔就发现铀能放出穿透性很强的射线。1898年居里夫妇又发现了钋和镭也具有同样的放射性。这些射线的能量比已知的原子光谱的能量大几千倍至几十万倍。这样巨大的能量显然不可能是原子变化放出的电磁能，一定是原子核内部的变化放出来的。这说明打碎原子核来研究它的构造需要很高能量的“炮弹”。

1919年卢瑟福用镭放出的 $\alpha$ 粒子轰击氮原子核，氮核受撞击之后转变成氧原子核同时放出一个质子



这是第一次人工实现的原子核嬗变。此后，不少科学家相继研究了其他一些轻核的反应过程。这些研究工作使一门年轻的学科——核物理学慢慢发展起

来，并为中子的发现奠定了实验的基础。 $\alpha$ 粒子轰击氮核会产生质子，说明质子是原子核的碎片。另一方面，从元素周期表上看，原子核的质量大体为质子质量的整数倍。这些事实促使一些人猜想原子核是由质子构成的。但这种猜想遇到了严重的困难：原子核的电荷数（以质子电荷为单位）并不等于它的质量数，而约等于质量数的一半或少些。这说明原子核内可能存在着质量与质子大体相等但不带电荷的中性粒子。这种猜测是卢瑟福1920年首先提出的。他推测这种中性粒子可能是质子和电子的结合体。但这种想法导致了原子核是由质子和电子构成的观念。这与当时已被实验证明是正确的量子力学理论相冲突。按照量子力学的原理，象电子这样轻的粒子不可能停留在象原子核那样小的空间范围内。另外，原子核对 $\beta$ 放射性不稳定，除质子外所有的原子核都要随着 $\beta$ 放射性而消失。再则，这种核结构观点，不能由质子和电子的角动量正确地给出原子核的角动量。那么，核内的中性粒子究竟是什么东西呢？这仍然是个谜。

1930年，玻特和贝克发现用 $\alpha$ 粒子轰击铍原子时会产生一种穿透力极强的射线。居里夫妇对这种射线进行了研究，他们用石蜡把铍板和测量仪器隔开，结果发现，当有石蜡插在中间时仪器记录到的效应要比中间没有石蜡时要显著得多。但记录到的是质子，而不是原来那种不带电的射线。当时居里夫妇认为这些质子是由 $\gamma$ 射线的康普顿效应产生的，并认为原来的那种射线就是 $\gamma$ 射线。1932年查德威克对这种射线进行了更细致的研究。他用这种射线去照射各种轻、重不同的物质，结果发现射线的性质与通常的 $\gamma$ 射线有所不同。通常的 $\gamma$ 射线照射到物质上时物质密度越大，对 $\gamma$ 射线吸收越厉害。而这种射线的性质刚好相反，密度越小的物质越容易吸收它。查德威克用这种射线去轰击氢原子时，发现氢原子核被反弹回去。这说明这种射线是有质量的粒子流。根据各种实验中反冲原子核的动量的测定，利用能量动量守恒定律估算出射线中粒子的质量与质子质量几乎相等。查德威克把这种粒子定名为中子。

以后对中子的性质也进行了实验研究。如发现中子也是自旋为 $1/2$ 的粒子，遵从费米统计。自由状态的中子不稳定，要发生 $\beta$ 蜕变而变成质子，半衰期约13分钟……。

中子的发现大大促进了对原子核结构的实验和理论研究。中子发现后不久，伊凡宁柯和海森堡都提出

了原子核是由质子和中子构成的假说，这个假说成功地解释了核的角动量及其统计性质，也成功地说明同位素的存在。当时回旋加速器和静电加速器相继问世，使人类能够用人工方法产生高速的带电粒子流，这样的粒子流能量高，流强大，比天然放射性的射线各方面都更适用于产生原子核反应。科学家们通过各种各样的核反应对核力的性质做了详细研究，发现有如下特点：

### (1) 力程短

当两个核子（质子和中子统称核子）之间的距离小于  $3 \times 10^{-13}$  厘米时，它们之间有很强的作用力，比电磁力要强大得多。但当距离超过  $3 \times 10^{-13}$  厘米时，它们之间几乎没有相互作用。

### (2) 核力与电荷无关

中子与中子之间、中子与质子之间、质子与质子之间的核力是一样的，与核子带不带电没关系。

### (3) 饱和性

原子核的体积大致与它所包含的核子数成正比。这就是说，所有原子核的密度大致都是相等的。较重的原子核的半径比核力的力程大得多，所以每个核子在核内平均只与几个相邻的核子作用，且这个起作用的核子平均数目是一定的，这称之为饱和性。

基于核力的上述特点，日本物理学家汤川秀树提出了核力的介子理论。那时人们已经知道光也是量子化的。带电粒子的电磁作用实际上是通过交换光子实现的。光子的静止质量为零，对应的电磁力为长程力。由于核力是短程力，如果核子间的作用是通过交换某种粒子实现的话，这种粒子必定有较大的静止质量。汤川称这种核力的媒介物为介子。这种介子后来在宇宙线实验中被发现，就是今天的  $\pi$  介子。介子理论能定性地说核力的性质，但定量计算方面有待完善。

实验方面对重原子核裂变的研究取得了重要进展。原子弹、氢弹陆续试验成功，使得建造原子能反应堆成为可能。此后，反应堆、核电站、原子能船等也相继建成。放射性同位素得到越来越广泛的应用。人类向原子能时代迈进。

今天，距中子的发现已经整整五十年了，人类对原子核结构及核力的研究取得了巨大的成就，但人类并没有就此止步，而是又向新的里程碑挺进了！

人类认识微观世界从原子→原子核→基本粒子→层子(或夸克)→亚层子→……。今天，我们正处在研究层子和轻子结构的阶段，比原子核又向前跨进了两个里程碑。

我们有理由相信，向物质更深层次的进军必将使人类进入更加光辉灿烂的时代！