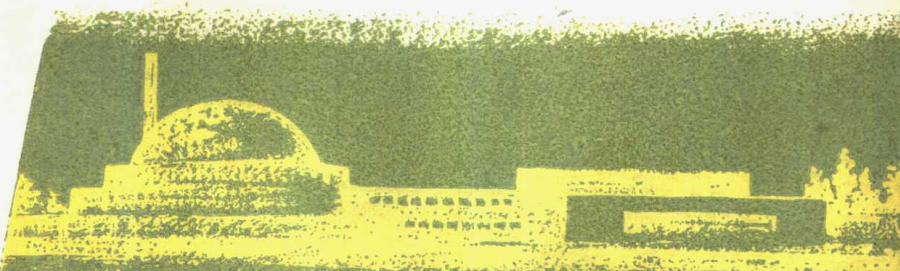
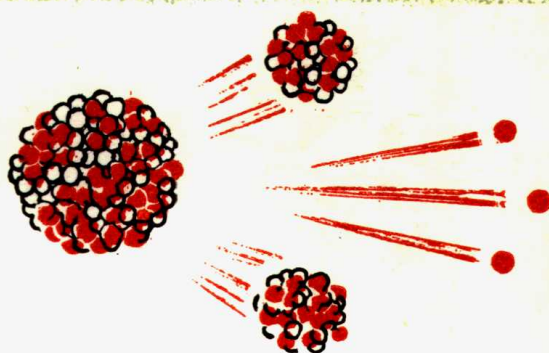




漫话中子



IRANKEXUE XIAOCONGSHU

自然科学小丛书

北京出版社

自然科学小丛书

漫 话 中 子

袁 汉 谔

北 京 出 版 社

自然科学小丛书
漫 话 中 子
袁 汉 镔

*

北 京 出 版 社 出 版
(北京崇文门外东兴隆街51号)
新华书店北京发行所发行
北 京 印 刷 一 厂 印 刷

*

787×1092毫米 32开本 4.5印张 69,000字
1983年12月第1版 1983年12月第1次印刷
印数 1—6,000
书号: 13071·154 定价: 0.38元

编辑说明

《自然科学小丛书》是综合性的科学普及读物，包括数学、物理、化学、天文、地学、生物、航空和无线电电子等学科。主要介绍这些学科的基础知识，以及现代科学技术成就。编写上力求深入浅出，通俗易懂，使它具有思想性、知识性和趣味性，可以作为中学的课外辅导读物，并适合具有初中文化水平的广大读者阅读。

目 录

前言	(1)
一 中子的发现	(5)
出现了新问题(5) 查德威克的实验(10) 有益的启示(13)	
二 中子的地位	(17)
中子与人的关系(17) 中子与原子核(19) 地球上有多少中子(21)	
三 认识中子	(24)
中子怎样分类(24) 能长能短的多用尺(28) 认识中子的途径(31) 怎样观测中子(36)	
四 中子的生老病死	(39)
中子源(39) 自由中子的衰变(45) 中子的慢化和扩散(48) 中子的年龄与实际寿命(52) 中子虽死犹生(55)	
五 释放核能的媒介	(59)
打开核能宝库的金钥匙(59) 中子的换代倍增	

	与链式反应(64) 安全干净的核电站(66) 中子 与“凤凰”再生(68) 聚变堆也离不开中子(71) 自然界的古反应堆(74)	
六	多才多艺的侦察员	(78)
	强有力的分析手段(78) 探索地下宝藏的尖兵 (83) 查测物质水分含量的能手(86) 现代工业 的火眼金睛(89) 考古学家的好助手(94)	
七	中子与生物	(97)
	中子对生物机体有害吗(97) 癌症病人的希望 (100) 卓有成效的中子育种(103) 奇妙的促进 作用(105)	
八	中子弹	(108)
	原子弹和氢弹(108)中子弹的秘密所在(112)是 炸弹还是炮弹(114)中子弹的威力和作用(116)	
九	超冷中子与中子瓶	(119)
十	中子星	(125)
	中子星的发现(125) 恒星的演化和中子星的形 成(127) 脉冲星与中子星(130) 中子星数“绝” (132) 尚未完全解开之谜(134)	
	后记.....	(138)

前 言

1932年2月17日，英国物理学家詹姆斯·查德威克，在寄给英国《自然》杂志的一篇短文中，第一次向人们宣布发现中子，这是一件震动科学界的大事。

从发现中子到现在，整整五十多年过去了。五十多年，这在人的一生中，也许可以算得上一段不太短的时间；可是在人类认识自然、探索自然的奥秘的漫长岁月里，却只是短暂的一瞬。在这段时间里，科学已经向前迈进了惊人的一大步，世界已经进入原子能的时代。在这个过程中，中子扮演了一个非常重要、非常出色的角色。在我们今天认识的有三百多个成员的基本粒子家族中，中子不愧为其中的佼佼者，它能力超群，贡献巨大，是一直活跃在各个科学技术领域里的神通广大的多面手！

中子由于不带电荷，与各种物质粒子不发生静电作用，因此有很强的穿透能力。它能穿透多种物质，不仅铜墙铁壁挡不住它，而且还能毫不费力地钻到原

子核里去，引起原子核的变革，把一种物质变成另一种物质。这真比古代所说的炼金术士还要高明得多。

中子的活动范围非常广阔，小到用现代最高倍数的电子显微镜也观察不到的微观世界，大到比地球和太阳还要大许多倍的宇宙天体，它是无处不在；它不仅在我们周围存在着，就连离我们有一百多亿光年^①的遥远太空里，也到处有它的踪影。法力高强的孙悟空，一个跟头能翻过十万八千里，一百多亿光年的太空，是老孙一连翻上几百亿、几千亿甚至几万亿个跟头也无法到达的地方！

中子的发现，促使原子核物理的发展进入一个崭新的阶段；它象一把钥匙，打开了通向原子核奥秘的门户，使人们有可能比较直截了当地了解原子核的各种性质，大大地扩展了人们的视野，启发和引导人们进一步去发掘微观世界的秘密。在现代物理学的发展过程中，中子的发现确实起了很重要的历史作用。因此，有人把中子的发现看成是核物理及其应用历史上的一块闪光的里程碑。

正是由于中子的发现，才使苏联物理学家伊凡宁柯和德国物理学家海森堡有可能在很短的时间内，就

^① 光年是计算星体间距离的单位。光的速度约每秒三十万公里，光一年所走的距离叫一光年，约等于十万亿公里。

解决了当时核物理学中的一个长期得不到解决的重要问题：原子核的组成问题。在发现中子之后不久，这两位科学家先后提出了原子核是由质子和中子组成的模型。这个模型成功地解释了许多实验现象。多少年来它一直是原子核理论的一个基本依据。

正是由于中子的发现，使意大利物理学家费米在1934年用中子作炮弹去轰击各种原子核，制成多种人工放射性元素；使德国科学家哈恩和施特拉斯曼，在1938年用中子轰击重元素铀，从而发现了原子核的分裂；也正是由于有这一系列的发现，才出现了利用裂变实现自持链式反应的思想，才有1942年世界上第一个人工核反应堆的诞生，并从而开始了人类历史上大规模利用原子能的时代。

现在，中子的应用已远远超出了当初核物理研究的范围，扩展到工业、农业、国防、科学技术和国民经济许多重要的部门，而成为一种多用途、有特色的科研、生产的“工具”。中子除可用于生产同位素和引起核裂变、核聚变外，人们已成功地利用中子来分析各种物质中所含的微量元素和杂质，查找地下矿藏和石油资源，测量土壤和各种原材料的水分，培育优良的农作物新品种，探明各种物质内部的结构，还利用中子治癌，测定各种古物的年代以及侦破一些疑难的案

件……。有不少部门，甚至把采用核技术（其中也包括中子技术）作为该部门技术现代化的一种标志。



图 1 了不起！连我老孙
也得甘拜下风

显然，中子确是一种不同凡响的基本粒子，它神通广大(图 1)，只要了解和掌握它的特性，好好加以利用，它就会出色地造福于社会，为人类文明作出巨大的贡献。

一 中子的发现

出现了新问题

要讲中子的发现，先得讲一点有关的历史。

早在公元前五世纪到前四世纪，人类在探索物质世界的物质结构的过程中，古希腊的唯物主义哲学家留基伯和德谟克利特，就认为宇宙间万物是由大量不可分割的微小物质粒子所组成。这种粒子称为原子，有关的学说称为原子说。

按照原子说的观点，原子是不可分的。尽管从十五世纪下半叶起，近代自然科学就开始发展，十六、十七世纪，人们通过大量的实验研究，证明了原子的存在，但原子不可再分割的观点，始终没有被动摇过。

到了十九世纪末，放射性现象和电子的发现，才动摇了上述观点，打破了原子不可再分的迷信。

放射性现象是 1896 年法国物理学家 柏克 勒尔和



图 1-1 玛·斯·居里
(1867-1934)

波兰著名女科学家居里夫人(图 1-1)先后发现的。居里夫人又于 1898 年发现了钋和镭两种新的放射性元素，其放射性比原先发现的铀、钍的放射性还要高许多倍。

随后，人们通过实验，证明这种放射性分为三部分：一部分带正电，称为 α 射线；另一部分带负电，称为 β 射线；第三部分不带电，在磁场中不偏转，称为 γ 射线(图 1-2)。不久人们又证明了 α 射线就是带二

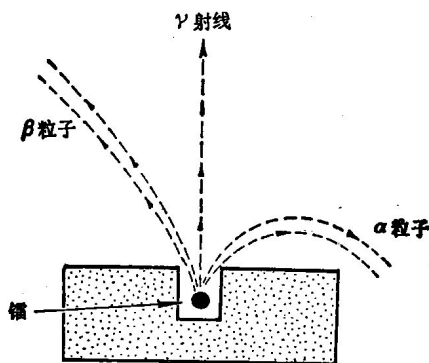


图 1-2 镭射线在磁场中分为三部分

个正电荷的氦离子， β 射线就是电子，而 γ 射线则是

一种波长比X射线还要短的电磁波。

1911年，查德威克的导师、杰出的物理学家卢瑟福(图1-3)和他的助手们在英国做了一个核物理发展史上很有名的实验。当他们用



图 1-3 欧·卢瑟福
(1871-1937)

高能量的 α 粒子流冲击金属箔时，发现了一种奇妙的现象：大多数 α 粒子穿过金属箔之后依然沿直线前进，但有少数 α 粒子却偏离了原来的运动方向，也有个别的 α 粒子被弹射回来。通过实验观察和计算，卢瑟福认为，原子当中绝大部分空间应是空荡荡的，

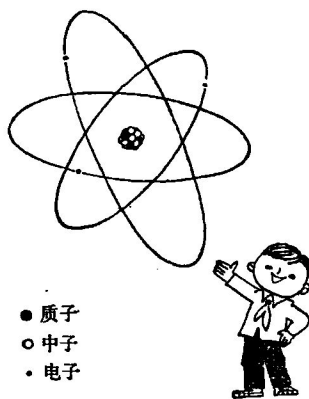


图 1-4 原子结构的行星模型

α 粒子可以轻易通过，同时它又具有一个很小的、既坚硬又很重的带正电的核心——原子核。当时卢瑟福就想到原子可以与太阳系相比：如果将原子核比作太阳，则电子就好比绕太阳旋转的行星。这个图象就是卢瑟福提出的原子结构的行星模型(图1-4)。这个模型的

建立对原子物理学的发展起了重大的作用。至此，人们已经认识到原子是由电子和原子核组成的。

可是原子核究竟是由什么构成的呢？在1919年，当人们发现用 α 粒子轰击氮核能放出质子之后，结合元素周期表上原子核的质量大体为质子质量的整倍数的事实，有人就提出原子核是由带一个正电荷的质子组成的。但这种猜想很快便遇到严重的困难。最明显的一个问题是，除了氢原子外，所有元素的原子核的电荷数并不等于原子核的质量数^①。例如，氦原子核带两个单位正电荷，但它的质量却是氢原子核的四倍。从质量看它似乎应该由四个质子组成，可是，由于每个质子都带有一个单位正电荷，这就产生了一个重大的问题：氦原子核里另外两个质子所带的正电荷到哪里去了呢？

在一系列新的实验事实面前，卢瑟福终于在1920年的一次演讲中，极为出色地作了一个大胆的预言：可能有一种质量与质子的质量相近的中性粒子存在。他说，这种中性粒子如果真的被发现，那么，它一定是一种异乎寻常的，同时又是极难对付的东西，“它能自由地穿过物体，但却不能把它控制在一个密封容

^① 接近于原子质量的整数，称为该原子核的质量数，它等于原子核内的核子数，也即等于原子核内质子数和中子数之和。

器中。”

卢瑟福的预言对查德威克很有启发，他认为应该对不带电的中性粒子作一番认真的探索。此后，他就在卢瑟福领导的实验室里长期从事寻找中子的工作。他和他的助手一起，做了一系列的实验，试图在氢气放电的实验中，在天然放射性元素的蜕变中去验证中性粒子的存在。可是，十年的时间过去了，还是没有找到这种中性粒子的踪影！

1930年，德国物理学家玻特和培克尔在利用 α 粒子轰击锂、铍等轻元素时，发现了一种贯穿能力很强的辐射线，它能穿过很厚的铅板。他们认为这是一种 γ 射线，并用当时已经比较成熟的方法——吸收法测量了这种射线的能量。他们发现，它的能量高于当时所知的任何元素放出的 γ 射线的能量，如果它是 γ 射线的话，它的能量就是5兆电子伏^①左右。

1931年，法国物理学家约里奥-居里夫妇（居里夫人的女儿和女婿）利用钋 α 源作用于铍，也产生了这种射线。当这种射线射入含有大量氢原子的物质（例如石蜡）之后，会放出质子。这种反冲质子在空气中的射程达到26厘米，折算出的质子能量就是5.2

^① 电子伏是物理学中用来量度微观粒子能量的一种单位，它的一百万倍称为兆电子伏。

兆电子伏。如果把这种过程看成 γ 射线在质子上的散射，那么根据散射的能量关系，就可以算出这种“ γ 射线”的能量应当是 50 兆电子伏左右。

这就奇怪了！同一种射线的能量，在玻特等人的实验中是 5 兆电子伏，而在约里奥-居里夫妇的实验中却变成 50 兆电子伏。矛盾出来了。这么高的 γ 能量，在以前还真没见过哩！何况观测到的反冲质子的数量，又比预计的要大好几千倍！问题究竟出在哪里呢？

查德威克的实验

当查德威克看到了约里奥-居里夫妇的研究报告之后，便立即想到这种辐射可能就是 he 寻找已久的中性粒子。为了证实这种中性粒子的存在，他采用各种不同的探测仪器，用各种不同的方法研究这一新的效应。他首先使用一个带有线性放大器和示波器的脉冲电离室作试验。他把钋 α 源和一个直径为 2 厘米的纯铍靶放在一个小容器里，作为产生这种新的辐射的辐射源；容器里的空气可以抽空，这样便可保证钋源放出的 α 粒子能顺利地打到铍靶上(图 1-5)；用来产生反冲质子用的石蜡板就放在这个小容器和电离室之间。反冲质子在电离室中产生的脉冲信号，在经过放

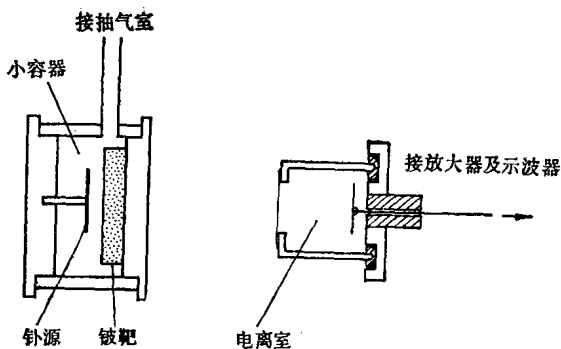


图 1-5 查德威克用来发现中子的实验装置示意图

大器放大之后，就可以在示波器上进行观察。

查德威克的实验证明，用 α 粒子轰击铍时所产生的辐射，不仅能引起反冲质子，而且也能产生其它的反冲核——锂、硼、碳和氮的反冲核。这些反冲核的能量可以根据电离室内脉冲信号的大小或它们的射程来确定。查德威克通过一系列的实验之后，测出氮的反冲核能量为 1.2 兆电子伏。假定引起这种反冲核的辐射线是 γ 射线，那就可以算出，这种“ γ 射线”的能量将不是 50 兆电子伏而是 90 兆电子伏！就是说，这种“ γ 射线”的能量竟然随被轰击的原子核的质量增大而增大，这岂不是越来越离奇了么？

查德威克分析了所有的实验结果之后，得出结论说，要么是在这些相互作用过程中不遵守能量和动量